

НУВГП

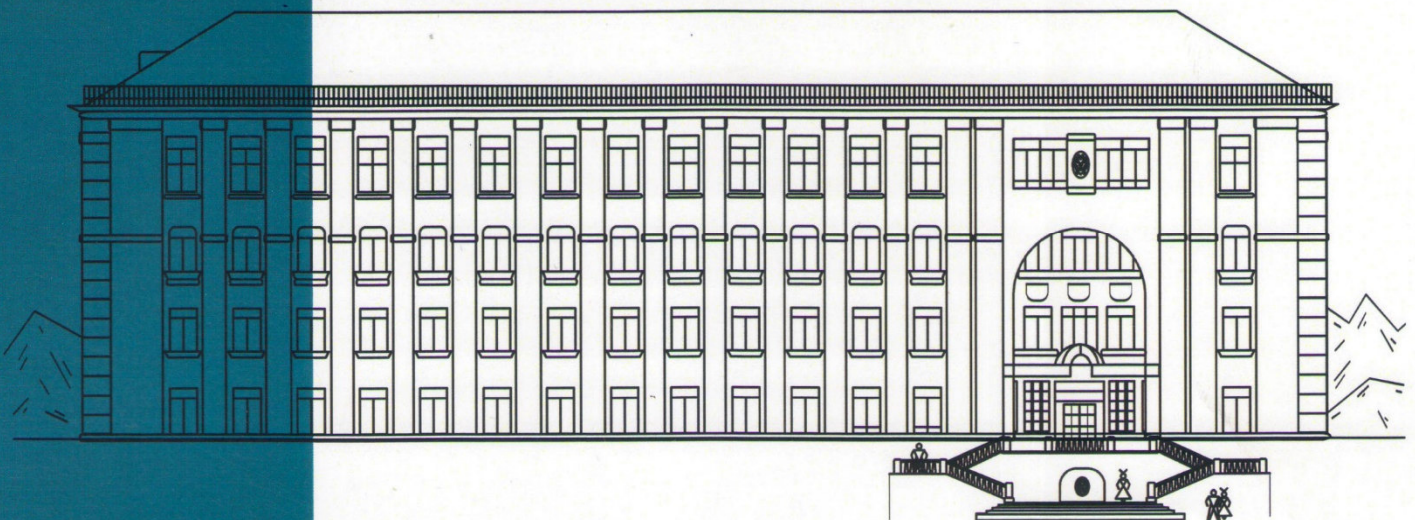


Національний університет
водного господарства
та природокористування

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ

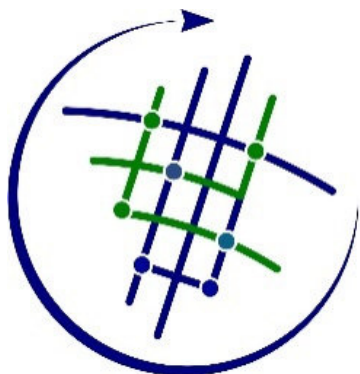
ЧЕТВЕРТА
ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ
«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ
МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ЕФЕКТИВНОГО
ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ
СИСТЕМ»

26-27 КВІТНЯ 2023 року



Рівне 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ



INTERMARIUM
FUNDACJA

IV ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ

У СПІВПРАЦІ З ФОНДОМ INTERMARIUM

«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ МАШИНОБУДУВАННЯ ТА
ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ»

26–27 КВІТНЯ 2023 р.

РІВНЕ – 2023

УДК 621:656.13:347.763:378:001.895

I–66

Рецензенти:

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

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;

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

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

Рекомендовано вченю радою Національного університету водного господарства та природокористування.

Протокол № 5 від 26 травня 2023 р.

Відповідальний за випуск:

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

I–66 Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали тез IV Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції 26–27 квітня 2023 р. [Електронне видання]. – Рівне: НУВГП, 2023. – 196 с.

ISBN 978-966-327-554-3

У збірнику представлені теоретичні та практичні результати напрацювань в царині інноваційних технологій в 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.

УДК 621:656.13:347.763:378:001.895

ISBN 978-966-327-554-3

© Національний університет водного господарства та природокористування, 2023

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1 ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВЕЛЬНОМУ, ДОРОЖНЬОМУ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Ватуля Гліб Ловська Альона Краснокутський Євген	Дослідження напруженого стану контейнера зі стінами із сендвіч-панелей при експлуатаційних режимах навантаження	8
Ватуля Гліб Ловська Альона Краснокутський Євген	Обґрунтування конструкції сендвіч-панелей для виготовлення стін контейнера	10
Войтович Леонід Серілко Леонід Стрілець Олег	Дослідження напруженого стану біля симетричних горизонтальних тріщин на контурі отвору у в'язкопружній ортотропній пластині поляризаційно-оптичним методом	12
Голотюк Микола Налобіна Олена Бундза Олег	Впровадження мехатронних систем «Kanban» на підприємствах	14
Дейнека Катерина Науменко Юрій Москалюк Роман	Експериментальне вивчення інерційних параметрів самозбудження автоколивачів полізернистого завантаження обертового барабана	17
Дейнека Катерина Науменко Юрій Садовський Вадим	Експериментальне вивчення механізму втрати стійкості руху полізернистого завантаження обертового барабана	23
Дейнека Катерина Науменко Юрій Семенюк Юрій	Експериментальне вивчення частотних параметрів самозбудження автоколивачів полізернистого завантаження обертового барабана	29
Козяр Микола Парфенюк Олексій Петрина Софія	Удосконалення конструкцій пристроїв для галтування деталей	35
Кондратюк Олександр Кобиліус Олександр Верещако Олександр	Дослідження циркуляції сипучого абразивного робочого середовища при вібраційній обробці деталей	40
Лук'янчук Олександр Степанюк Богдан	Визначення співвідношення зусиль за різними видами різання ґрунту в багатоелементних робочих органах	43
Оліскевич Мирослав Данчук Віктор	Прогнозне керування енергією вантажного автомобіля в умовах автомагістралі	47
Паламарчук Дмитро Санкін Ілля	Керована противага у крані з шарнірно-зчленованою стріловою системою	52
Рибалко Іван Тіхонов Олександр Полунін Микола	Застосування наноалмазів для підвищення якості відновленого шару наплавленням	55

Серілко Леонід Сасюк Зоя Серілко Дмитро	Розробка накопичувача енергії для офшорних вітроелектростанцій	58
Шимко Андрій Бундза Олег	Механізм для очищення бульб картоплі	60

СЕКЦІЯ 2 ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ І ЛОГІСТИКА

Puzikova Valentyna	Influence of railways on Ukraine's economy	62
Арабаджи Анжеліка	Класифікація автомобільних стоянок	64
Бучак Назар	Сучасні технології на транспорті	66
Вікович Ігор Пруський Євген	Системи супутникового моніторингу вантажоперевезень автотранспортом	68
Волошин Дмитро Волошина Людмила	Особливості формування логістичних систем ремонту вагонів з огляду на управління виробничими ризиками	70
Давидюк Віталій Демидов Денис	Аналіз сучасних транспортних технологій у громадському транспорті	73
Дорошук Вікторія Сорока Валерій	Особливості формування тарифів на перевезення вантажів автомобільним транспортом	75
Запара Віктор Кашеєв Денис Міхполь Владислав	Перспективи покращення взаємодії АТ «Укрзалізниця» та агросектору України в умовах військового стану	77
Запара Ярослав Березіна Юлія Кучер Альона	Трансформація залізничних вантажних перевезень під час воєнного стану	80
Козак Світлана	Дослідження впливу людського фактору на функціонування транспортних систем	82
Ломотько Денис Афанасова Ольга	Контейнеризація зерна, як перспектива експортних перевезень	85
Ломотько Денис Гриценко Наталія Ламанова Олена	Організація роботи вантажної станції та підприємства промислового залізничного транспорту на базі логістичних технологій	88
Мартинюк Софія	Безбар'єрне інформаційне середовище в громадському транспорті для людей з обмеженими особливостями	91
Микитюк Богдан	Шляхи розвитку та покращення велосипедної інфраструктури у місті Рівне	93
Никончук Вікторія Багнюк Анна Бучак Назар	Дослідження ринку міжнародних вантажних перевезень	96
Никончук Вікторія Завацький Віталій	Інтелектуалізація процесу управління транспортною системою	99

Плекан Уляна Цьонь Олег	Внутрішній контроль логістичних процесів автотранспортного підприємства	101
Постранський Микола Король Софія	Тенденції зміни обсягів перевезення вантажів в Україні у період 2017–2021 років	103
Приходько Всеволод Вікович Ігор	Ціноутворення на перевезення вантажів великогабаритними автопоїздами	105
Семенюк Назар Сорока Валерій	Порівняння транспортних коридорів на основі загальних економічних витрат	108
Ткач Владислав	Впровадження електронної черги у міжнародному пункті пропуску «Рава-Руська – Хребенне»: доцільність та можливість	115
Швець Микола Михальчук Назарій	Сторони логістики в ланцюгах постачань	117
Шевчук Роман Пашкевич Світлана	Поняття та особливості каршерингу	119
Яценюк Микола	Аналіз функціонування транспортних коридорів в Україні під час війни	121
Яценюк Микола	Функціонування та перспективи розвитку транспортної системи міста Рівне	124

СЕКЦІЯ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ТА ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Воронков Олексій	Модель технології транспортного процесу перевезення зернового збіжжя	126
Демидов Денис Давидюк Віталій	Організація досліджень транспортних потоків на перехрестях	128
Нерубацький Володимир Хоменко Ігор Гордієнко Денис	Дослідження та розрахунок рівнів вищих гармонік обертальних електричних машин в активно-адаптивних мережах	131
Нерубацький Володимир Гордієнко Денис	Система керування автоматизованим електроприводом постійного струму з частотно-імпульсним керуванням	135
Пашкевич Світлана Денисюк Віктор	Організація злагодженої роботи різних типів пасажирів транспорту в транспортно-пересадочних вузлах	139
Півторак Галина Суслов Владислав	Оцінка доступності транспортних районів міста в системі громадського транспорту	143
Хітров Ігор	До питання транспортного моделювання в програмному середовищі PTV VISSIM	145
Яценюк Микола	Імітаційне мікромоделювання та розробка моделі транспортних вузлів (динамічний розподіл в програмному середовищі Vissim)	146

СЕКЦІЯ 4 БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Гевко Іван Гудь Віктор Матвійшин Агатолій Гевко Богдан	Сенсорний регульований пішохідний перехід з розумним світлофором	150
Гук Валерій Запорожцева Олена	Нова культура мобільності та її зміни	152
Косюк Василь	Екологічні проблеми від автомобільного транспорту в місті Рівне	155
Тхорук Євген	Підвищення безпеки дорожнього руху на основі оцінки аварійності на конфліктних об'єктах	157
Чеберячко Сергій Дерюгін Олег Літвінова Яна	Дослідження професійних ризиків в транспортному процесі вантажних автомобільних перевезень	160

СЕКЦІЯ 5 АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ: КОНСТРУЮВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ

Rogovskii Ivan	WLTP and RDE procedures of vehicles in process of testing	166
Базар Євген	Проблеми переходу від використання ДВЗ на водневий транспорт в Україні і світі	168
Гевко Іван Рогатинський Роман Хорошун Роман Сіправська Марія	Підлоговий стапель для рихтування кузова легкового автомобіля	171
Голенко Костянтин Войчишин Юрій Гончар Володимир	Методика оцінки вентиляції міських автобусів на основі циркуляції повітряних мас	173
Голенко Костянтин Войчишин Юрій Посонський Сергій Старий Артем	Параметри оцінки мікроклімату салонів міських автобусів на основі фізико-хімічних властивостей повітря	178
Кохан Василь	Дослідження мобільності автомобільної техніки в США і країнах НАТО	182
Пахаренко Володимир Голотюк Микола Налобіна Олена	Удосконалення технічного обслуговування машин в АПК	184
Пікула Микола	Оздоблювально-зачищувальна обробка деталей у вібраційно-відцентровій установці	186

Погорлецький Дмитро	Особливості системи дистанційного моніторингу процесів теплової підготовки двигуна транспортного засобу	188
Стадник Олександр Клюйко Володимир	Дослідження залежності ціни вживаних електромобілів від технічних та експлуатаційних показників	191
Хітров Ігор	До питання зручності використання транспортного засобу	194

УДК 629.463

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ КОНТЕЙНЕРА ЗІ СТІНАМИ ІЗ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМАХ НАВАНТАЖЕННЯ

Гліб Ватуля, Альона Ловська, Євген Краснокутський

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

Залізничний транспорт вже тривалий час є найбільш конкурентоспроможною складовою транспортної системи [1; 2]. При цьому одним з найбільш пріоритетних симбіозів залізничного транспорту є контейнерні перевезення. Разом з цим окрім ряду переваг контейнерних перевезень у експлуатації у порівнянні з іншими комбінованими видами транспорту є і суттєві недоліки, які полягають, головним чином, у недостатній міцності складових контейнерів. Це обумовлено значними величинами експлуатаційних навантажень, які діють на них. Тому дослідження, присвячені удосконаленню конструкцій контейнерів з метою зменшення їх динамічної навантаженості при експлуатаційних режимах є досить актуальними.

Для забезпечення міцності несучої конструкції контейнера пропонується виготовлення його торцевих та бокових стін у вигляді сендвіч-панелей. При цьому передбачається створення сендвіч-панелей з двох металевих листів, між якими знаходиться наповнювач у вигляді енергопоглинального матеріалу. Для покращення міцності сендвіч-панелі є доцільним виготовлення металевих листів, які її утворюють, з прямокутними гофрами. Товщину листів визначено за методом Бубнова–Гальоркіна. При цьому лист розглянуто як тонкостінну плиту з відповідними параметрами ширини та висоти.

При визначенні товщини листів сендвіч-панелей, які утворюють стіни контейнера враховано нормативні схеми його навантажень в експлуатації (рис. 1) [3]. На рис. 1 літерою «Р» позначено вантажопідйомність контейнера.

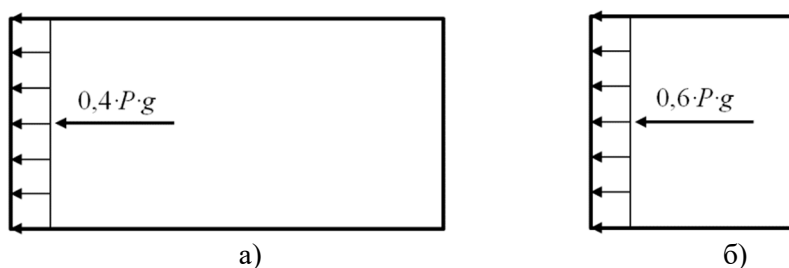


Рис. 1. Схеми навантажень контейнера
а) в поздовжній площині; б) в поперечній площині

Розрахунок здійснено за умови виготовлення листів сендвіч-панелей зі сталі 09Г2С. З урахуванням проведених розрахунків товщина листа бокової обшивки склала 1,6 мм, а торцевої – близько 3,0 мм. Допустимі напруження при визначенні товщини листа бокової стіни прийнято рівними 210 МПа (III розрахунковий режим), а торцевої – 310,5 МПа (I розрахунковий режим) [4].

З урахуванням застосування прямокутних гофр є можливим зменшити товщину листів торцевої та бокової стін до 1,0 мм.

Для визначення міцності несучої конструкції контейнера зі стінами із сендвіч-панелей проведено відповідні розрахунки за методом скінчених елементів у програмному комплексі

SolidWorks Simulation. У якості розрахункового застосовано критерій Мізеса (IV теорія міцності). Просторову модель контейнера створено в SolidWorks (рис. 2).

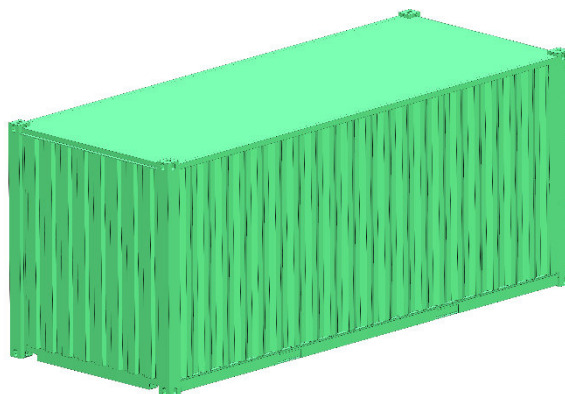


Рис. 2. Просторова модель контейнера типорозміру ICC

У якості скінчених елементів використано просторові ізопараметричні тетраедри.

Визначення міцності контейнера при повздовжній навантаженості проведено за умови розміщення його на вагоні-платформі. Закріплення моделі здійснювалось за фітинги. У якості енергопоглинального матеріалу застосовано піноалюміній, як один з найбільш поширених типів енергопоглинальних матеріалів, що знайшов використання у сучасному машинобудуванні [5].

Результати проведених розрахунків встановили, що максимальні напруження виникають в фітингах контейнера і складають 268,3 МПа, що нижче за допустимі на 13,6%. В зонах взаємодії торцевих стін з кутовою стійкою контейнера напруження склали близько 215 МПа. Отримані напруження на 24% нижче за ті, що мають місце в типовій конструкції. Максимальні переміщення зафіксовані в нижній частині торцевої стіни контейнера і склали 2,6 мм.

Також розрахунок на міцність проведено при навантаженні бокової стіни контейнера у відповідності до схеми, наведеної на рис. 1, б). Максимальні напруження в контейнері зафіксовано в зонах взаємодії бокової стіни з кутковими стійками і склали 178 МПа, що на 15,2% нижче за допустимі. Максимальні переміщення виникають в середній частині бокової стіни і дорівнюють 3,1 мм. Отже міцність контейнера забезпечується.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проектування сучасних конструкцій транспортних засобів модульного типу та підвищенню ефективності функціонування транспортної галузі.

1. Ватуля Г. Л., Ловська А. О., Мямлін С. С., Павлюченков М. В. Дослідження навантаженості зйомного модуля для довгомірних вантажів при перевезенні у складі комбінованого поїзда залізничним поромом. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Динаміка і міцність машин.* 2022. № 1. С. 27–33. URL: <https://doi.org/10.20998/2078-9130.2022.1.264322> (дата звернення: 26.04.2023).

2. Matluba A. Khadjimukhametova, Avaz M. Merganov. Development of the Design and Conditions of Operation of Containers for Transportation of Fruit and Vegetable Products. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 2020. Vol. 8, Issue 5. P. 2277–3878.

3. ДСТУ ISO 8323:2015. Вантажні контейнери. Контейнери універсальні (інтермодальні) для повітряних і наземних перевезень. Технічні умови та методи випробувань. [Чинний від 2016-01-01]. Київ, 2015.

4. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). [Чинний від 2015-07-01]. Київ, 2015.

5. Fomin O., Gerlici J., Gorbunov M., Vatulia G., Lovska A., Kravchenko K. Research into the Strength of an OpenWagon with Double Sidewalls Filled with Aluminium Foam. *Materials*. 2021. Vol. 14 (12). P. 3420. URL: <https://doi.org/10.3390/ma14123420> (дата звернення: 26.04.2023).

УДК 629.463

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СТІН КОНТЕЙНЕРА

Гліб Ватуля, Альона Ловська, Євген Краснокутський

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

Розвиток перевізного процесу в напрямку міжнародних транспортних коридорів 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].

Для забезпечення подальшої ефективності експлуатації контейнерних перевезень важливим є впровадження нових конструкційних рішень при проектуванні контейнерів. Дані рішення повинні бути спрямовані на покращення як їх технічних так і експлуатаційних показників.

Важливо сказати, що в умовах експлуатації можуть мати місце пошкодження контейнерів, зумовлені навантаженнями, які діють на них при перевезенні різними видами транспорту. Одним з найбільш визначальних серед таких є динамічні навантаження. Такі навантаження випробовує не тільки контейнер, а і вантаж, розміщений у ньому. У зв'язку з наявністю власного ступеня вільності вантажу в контейнері може мати місце додаткова навантаженість його конструкції. Наслідками цього є пошкодження контейнерів. Така обставина викликає необхідність здійснення додаткових витрат на утримання контейнерів в експлуатації. До того ж це може впливати і на безпеку та екологічність перевезень.

У зв'язку з цим питання удосконалень контейнерів є досить актуальними. На даний час стіни контейнерів утворюються металевими гофрованими листами. Товщина листів в контейнері типорозміру 1СС дорівнює 1,6 мм [3]. Важливо сказати, що в умовах експлуатаційних навантажень мають місце пошкодження листів обшивки, що зумовлює необхідність здійснення позапланових ремонтів контейнерів.

Для забезпечення міцності стін контейнера пропонується впровадження у якості їх складових сендвіч-панелей. При цьому передбачається виготовлення сендвіч-панелі з двох металевих листів між якими розміщується матеріал з енергопоглинальними властивостями (рис. 1). Таке рішення сприятиме покращенню міцності контейнера за рахунок зменшення його навантаженості.

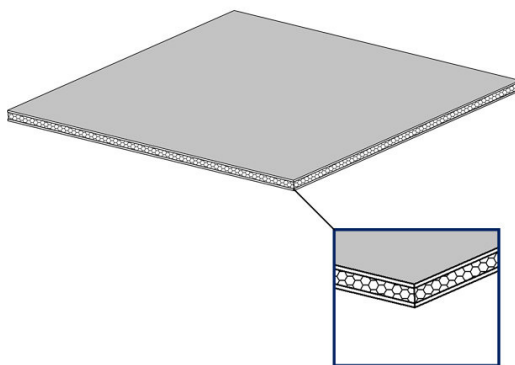


Рис. 1. Сендвіч-панель

Для визначення товщини листа панелі проведено відповідні розрахунки з використанням метода Бубнова – Гальоркіна. Розрахунок реалізовано на прикладі торцевої стіни контейнера, оскільки саме вона зазнає найбільших навантажень при маневровому співударянні вагона-платформи. З урахуванням проведених розрахунків встановлено, що лист повинен мати товщину близько 3 мм. Товщина шару, який утворює енергопоглинальний матеріал, може бути прийнята 33 мм за умови дотримання габариту стіни в межах того, що притаманний типовій.

Для збільшення моменту опору листа можливим є створення його з гофрами. У зв'язку з цим для визначення найбільш раціонального варіанту виконання гофр побудовано просторові моделі листів з урахуванням різного кута нахилу гофр. За допомогою опцій програмного комплексу SolidWorks Simulation [4] визначено моменти інерції відповідних варіантів виконання перерізів листів, а також їх моменти опору.

Проведені дослідження показали, що найбільш доцільним є застосування гофр, які мають прямокутну конфігурацію.

З урахуванням використання гофр є можливим зменшення товщини листа. Визначення товщини гофрованого листа можна здійснити за умови дотримання його моменту інерції не нижче за той, що має місце для прямокутного листа.

Варіант виконання сендвіч-панелі з листів, які мають гофровану конфігурацію, наведено на рис. 2.

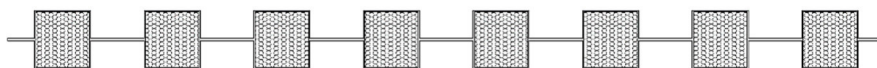


Рис. 2. Варіант виконання сендвіч-панелі

Для визначення міцності сендвіч-панелі, яка утворює торцеву стіну контейнера створено її просторову модель. У якості енергопоглинального матеріалу, який розміщується між листами панелі, застосовано піноалюміній, як один з найбільш поширених енергопоглинальних матеріалів, що застосовуються в сучасному машинобудуванні. Розрахунок на міцність реалізовано методом скінчених елементів в програмному комплексі SolidWorks Simulation.

Результати розрахунку показали, що максимальні напруження виникають в центральній верхній та нижній зонах панелі. При цьому чисельні значення напружень склали близько 258 МПа, що нижче за допустимі на 16%. Максимальні переміщення виникають в середній частині панелі і дорівнюють 3,1 мм.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проектування сучасних конструкцій транспортних засобів модульного типу та підвищенню ефективності функціонування транспортної галузі.

1. Ватуля Г. Л., Ловська А. О., Краснокутський Є. С. Математичне моделювання вертикальної навантаженості контейнера типу хопер, розміщеного на довгобазній конструкції вагона-платформи. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Динаміка і міцність машин.* 2022. № 1. С. 34–39. URL: <https://doi.org/10.20998/2078-9130.2022.1.264323> (дата звернення: 26.04.2023).

2. Andrzej Wróbel, Marek Płaczek, Andrzej Buchacz. An Endurance Test of Composite Panels. *Solid State Phenomena.* 2017. Vol. 260. P. 241–248. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.260.241> (дата звернення: 26.04.2023).

3. Technical specification for steel dry cargo container. Specification NO: «CTX 20 DVDR – Domestic Spec. НН». 2013. 27 p.

4. Козяр М. М., Фещук Ю. В., Парфенюк О. В. Комп'ютерна графіка: SolidWorks. Херсон : Олді-плюс, 2018. 252 с.

УДК 539.4:620.17

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ БІЛЯ СИМЕТРИЧНИХ
ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ТРІЩИН НА КОНТУРІ ОТВОРУ У В'ЯЗКОПРУЖНІЙ
ОРТОТРОПНІЙ ПЛАСТИНІ ПОЛЯРИЗАЦІЙНО-ОПТИЧНИМ МЕТОДОМ**

Леонід Войтович, Леонід Серілко, Олег Стрілець

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

Елементи конструкцій сучасної техніки у вигляді в'язкопружних композитних пластин і оболонок з концентраторами напружень знаходять широке застосування в авіабудуванні, транспортному і хімічному машинобудуванні, промислового і цивільного будівництва. Дослідження механічної поведінки таких тіл при довготривалих навантаженнях є досить важливими.

У даній роботі запропонована методика визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН) біля вершини тріщин які виходять із контуру отвору в модельних ортотропних лінійно-в'язкопружних пластинах, за даними поляризаційно-оптичних вимірів. Технологія виготовлення матеріалу відома [1; 2]. Зміну порядків інтерференційних смуг реєстрували координатно-синхронним поляриметром КСП-10. Моделі навантажувались сталим розтягуючим зусиллям (рисунок).

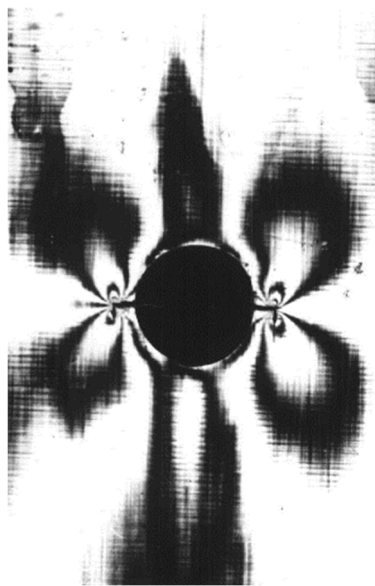


Рисунок. Схема навантаження пластини і порядки інтерференційних смуг

Пластину з круговим отвором радіусом R і симетричними тріщинами довжиною $2l$, які орієнтовані за напрямком горизонтального діаметру отвору, розтягували під кутом α до тріщини, та вимірювали порядки інтерференційних смуг $m(t)$ уздовж полярного радіусу r , від вершини тріщини під кутом θ . Отримали співвідношення зв'язку коефіцієнта інтенсивності напружень K_I і значення порядків смуг m , яке має вигляд:

$$\left(\frac{m}{h}\right)^2 = K_I^2 (P_{11}^2 A_{11}^2 + P_{22}^2 B_{22}^2 - 2P_{11} A_{11} P_{22} B_{11} + 4P_{12}^2 C_{12}^2) + 2K_I \sigma_{0x} (P_{11} A_{11}^2 - P_{11} P_{22} B_{11}) + P_{11}^2 \sigma_{0x}^2,$$

де $P_{ij}(i, j=1,2)$ – функції оптичної повзучості; h – товщина пластини; A_{11}, B_{11}, C_{11} – множники при K_I в рівняннях для напружень в околі вершини тріщини $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \tau_{xy}$ [3]; σ_{0x} – напруження дальнього поля.

Результати експериментів для в'язкопружних пластин з тріщиною при розтязі показали, що КІН змінюються з часом і на характер їх зміни суттєво впливає кут α між тріщиною і напрямком розтягуючої сили. Отримані рівняння застосовані для дослідження КІН біля тріщин на контурі отворів в ортотропних пластинах. Значення порядків інтерференційних смуг $m(r)$ і безрозмірного коефіцієнта K_I/K_I^0 для в'язкопружного розв'язку звели в таблицю.

Таблиця

Значення порядків смуг $m(r)$ і коефіцієнта K_I/K_I^0 для в'язкопружного розв'язку

r, мм	m(r)					
	l/R=0,420			l/R=1,160		
	t = 0	t = 5 хв	t = 30 хв	t = 0	t = 5 хв	t = 30 хв
0,3	4,50	5,10	5,60	4,65	5,65	6,10
0,5	3,53	4,40	4,40	3,80	4,54	4,78
0,7	3,00	3,35	3,65	3,30	3,86	4,10
0,9	2,70	2,88	3,10	2,94	3,39	3,54
1,0	3,64	2,72	2,90	2,82	3,25	3,35
K_I/K_I^0	1,95	2,15	2,31	1,34	1,42	1,48

В таблиці вказані значення порядків смуг $m(r)$ у деяких точках уздовж радіусу, що виходить з вершини тріщини, а також значення безрозмірного КІН K_I/K_I^0 для деяких моментів часу і параметрів l/R .

З даних таблиці видно, що чисельні значення функції K_I/K_I^0 біля тріщин на межі отворів зростають в часі. Показано, що має місце залежність КІН від відношення довжини тріщини до радіусу отвору, а також від механічних властивостей матеріалу пластини. Розроблену методику визначення КІН біля тріщини за даними оптичних вимірів і одержані результати можна використовувати в процесі проектування несучих конструкцій.

1. Малезик М. П., Зубов В. І., Шеремет Г. П., Губар І. М. Еквівалентний анізотропний оптично-чутливий матеріал для виготовлення моделей волоконних композитів. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2004. № 1. С. 86–93.

2. Малезик М. П. Моделювання напружено-деформованого стану поблизу тріщин в анізотропних лінійно-в'язкопружних пластинах. *Фіз.-хім. механіка матеріалів*. 2003. № 2. С. 93–95.

3. Войтович Л. В., Малезик М. П., Чернышенко И. С. Напряженное состояние возле трещин на контуре отверстия в фотоупругой ортотропной пластине при ползучести. *Прикл. механика*. 2010. № 11. Том 46. С. 65–72.

УДК 656.13.681.3

ВПРОВАДЖЕННЯ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ «KANBAN» НА ПІДПРИЄМСТВАХ

Микола Голотюк, Олена Налобіна, Олег Бундза

*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 (рисунок). 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.



Рисунок. 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 аграрної 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 аграрної 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 аграрної 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., Голотюк М. В., Кучер О. О. Оцінка показників надійності транспортних систем. *Вісник НУ «Львівська політехніка». Сер. Динаміка, міцність та проектування машин і приладів.* Львів : НУ «Львівська політехніка», 2018. Вип. 14. С. 234–238.

2. 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., Дорошук В. О., Пахаренко В. Л., Кучерук М. О. Моделювання управління транспортними потоками з використанням інтелектуальних транспортних систем. *Вісник НУВГП. Сер. Технічні науки.* Рівне : НУВГП, 2018. Вип. 3(83). С. 110–118.

УДК 621.926.5:539.215:531.36

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ ІНЕРЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ САМОЗБУДЖЕННЯ АВТОКОЛИВАНЬ ПОЛІЗЕРНИСТОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ОБЕРТОВОГО БАРАБАНА

Катерина Дейнека¹, Юрій Науменко², Роман Москалюк²

¹Рівненський технічний фаховий коледж Національного університету водного господарства та природокористування, вул. Орлова, 35, м. Рівне, 33027

²Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Відомі дані аналітичного моделювання та експериментів дозволили встановити чинники стійкості руху зернистого заповнення камери обертового барабана. Проте реалізація таких факторів є лише якісною умовою втрати стійкості, що не дозволяє кількісно оцінити та прогнозувати прояв нестійкої поведінки.

Метою роботи було встановлення значень інерційних параметрів коливальної системи, що відповідають умовам самозбудження автоколиваний внутрішньокамерного завантаження обертового барабана.

Вважалось, що режим руху полізернистого заповнення камери обертового барабана із пульсаційною деформацією у вигляді періодичного обрушення вільної поверхні є автоколивним. Передбачалось самозбудження автоколиваний заповнення внаслідок втрати стійкості течії. Як фактори нестійкості руху розглядалися перерозподіл у камері та динамічна взаємодія зернистих частинок. Як визначальні параметри коливальної системи було прийнято структуру полізернистого заповнення та характеристики обертового руху барабана.

Припускалось, що факторами нестійкості руху заповнення є дилатансія та взаємодія частинок. Вважалось, що взаємодія між крупними частинками здійснюється у вигляді зштовхування твердих тіл, а взаємодія їх із малими частинками має демпфуючий характер. Припускалось, що камера барабана є довгою, тобто нехтувалось впливом торцевих стінок на рух заповнення.

Як спрощення було прийнято двофракційну структури полізернистого заповнення. Використовувались крупна та дрібна фракція заповнення зі сталими значеннями відносних розмірів у камері. Форма частинок крупної фракції вважалась сферичною. Приймались дискретні значення ступеня наповнення камери в діапазоні 0.25–0.5. Розглядалися лише граничні випадки реалізації структури двофракційного полізернистого заповнення. Перший випадок відповідав відсутності дрібної фракції, другий – повному заповненню частинками дрібної фракції проміжків між частинками крупної фракції у стані спокою.

Параметри режимів руху визначались методом чисельного моделювання на основі експериментальної візуалізації поведінки заповнення через прозору торцеву стінку барабана. Перехідні режими вивчались при неперервній повільній зміні швидкості обертання барабана. Усталені режими визначались шляхом фіксації та подальшої обробки стаціонарних картин руху заповнення у поперечному перерізі камери.

Розглядався випадок двофракційного внутрішньокамерного заповнення обертового барабана. Крупна фракція моделювала молотні тіла барабанного млина, дрібна фракція – подрібнюваний матеріал. Вміст камери барабана заповненням оцінювалось за об'ємним ступенем її наповнення крупною фракцією $\kappa_{lf} = w_{lf} / (\pi R^2 L)$, де w_{lf} – об'єм частинок крупної фракції у стані вільного спокою, R – радіус камери барабана, L – довжина камери. Вміст дрібної фракції у заповненні оцінювався за об'ємним ступенем наповнення проміжків між елементами крупної фракції $\kappa_{ff} = w_{ff} / (0.4\pi R^2 L)$, де w_{ff} – об'єм частинок дрібної фракції у стані вільного спокою, 0.4 – приблизне значення об'ємної частки проміжків між сферичними

частинками однакового розміру крупної фракції у стані спокою.

Дискретні значення об'ємного ступеня заповнення камери крупною фракцією у стані вільного спокою змінювалось у традиційному для барабаних млинів діапазоні $\kappa_{ff}=0.25-0.5$ із кроком 0.05. Значення об'ємного ступеня заповнення частинками дрібної фракції проміжків між сферичними частинками крупної фракції у стані спокою складали $\kappa_{ff}=0$ та 1. Умова $\kappa_{ff}=0$ приблизно відповідає надтонкому і тонкому помелу, а $\kappa_{ff}=1$ – грубому помелу в барабанному млині.

Додатна зсувна дилатансія v характеризує збільшення об'єму зернистого заповнення камери внаслідок переміщення частинок у напрямку, що є нормальним до напрямку зсування. Поточне значення дилатансії $v=w/(\kappa_{ff}\pi R^2 L)$, де w – поточне значення об'єму всього заповнення у стані руху. Мінімальне та максимальне значення дилатансії за період автоколивань $v_{min}=w_{min}/(\kappa_{ff}\pi R^2 L)$ та $v_{max}=w_{max}/(\kappa_{ff}\pi R^2 L)$, де w_{min} та w_{max} – мінімальне та максимальне значення об'єму заповнення за період автоколивань у стані руху.

Біфуркаційне значення дилатансії

$$v_{bif} = v_{semin},$$

де v_{semin} – мінімальне значення дилатансії за період коливань на початку самозбудження автоколивань заповнення.

Приріст біфуркаційного значення дилатансії

$$\Delta v_{bif} = v_{bif} - 1 = v_{semin} - 1.$$

Екстремальне значення дилатансії

$$v_{ext} = v_{semax},$$

де v_{semax} – максимальне значення дилатансії за період коливань на початку самозбудження автоколивань.

Приріст екстремального значення дилатансії

$$\Delta v_{ext} = v_{ext} - 1 = v_{semax} - 1.$$

Розмах автоколивань $R_v = v_{max} - v_{min}$ відповідає різниці максимального та мінімального значення дилатансії заповнення. Відносний розмах автоколивань $\psi_{Rv} = [2(v_{max} - v_{min})] / (v_{max} + v_{min})$ відповідає відношенню розмаху до середнього значення дилатансії протягом одного періоду автоколивань $(v_{max} + v_{min})/2$.

Граничне значення розмаху на початку самозбудження автоколивань

$$R_{vlim} = v_{semax} - v_{semin}.$$

Граничне значення відносного розмаху на початку самозбудження автоколивань

$$\psi_{Rvlim} = \frac{2(v_{semax} - v_{semin})}{v_{semax} + v_{semin}}.$$

Розривний характер релаксаційних автоколивань заповнення камери обертового барабана визначається дисипативними властивостями коливальної системи.

Добротність коливальної системи відповідає відношенню енергії, що була запасена в системі, до енергії, що втрачається у системі, за один період коливань. Добротність розглядуваних автоколивань заповнення обертового барабана

$$QF = \frac{E_k}{E_p},$$

де $E_k = \frac{I_{\min v} \omega^2}{2}$ – кінетична енергія заповнення, що була накопичена за один період коливань;

$E_p = m \Delta h_c g$ – кінетична енергія заповнення, що була витрачена за один період коливань;

$I_{\min v} = I_{p \min v} L_{p \min v}$ – момент інерції заповнення при досягненні мінімального значення дилатансії протягом одного періоду коливань; $I_{p \min v}$ – полярний момент інерції заповнення у поперечному перерізі камери барабана для мінімального значення дилатансії; $m = m_{lf} + m_{ff}$ – маса заповнення;

$m_{ff} = W_{ff} \rho_{ff}$ та $m_{lf} = W_{lf} \rho_{lf}$ – маса крупної та дрібної фракції заповнення; $\rho_{\min v} = \frac{m}{W_{\min}}$ – густина

заповнення для мінімального значення дилатансії; $\Delta h_c = h_{c \max} - h_{c \min}$ – вертикальне зміщення центра мас заповнення протягом одного періоду коливань; $h_{c \max}$ та $h_{c \min}$ – максимальне та мінімальне значення вертикальної координати центра мас заповнення протягом одного періоду коливань.

Величини інерційних параметрів заповнення визначались на основі візуального аналізу картин руху.

Вираз для визначення дилатансії заповнення

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\kappa_{lf} \pi R^2},$$

де S_i – площа елементарної площадки і поперечного перерізу камери барабана, що містить заповнення; n – кількість виділених елементарних площадок у поперечному перерізі камери.

Розрахунковий вираз для полярного моменту інерції заповнення

$$I_p = \sum_{i=1}^n S_i K_{fdi} r_i^2,$$

де $K_{fdi} = 0-1$ – емпіричний коефіцієнт щільності наповнення елементарної площадки і поперечного перерізу камери заповнення; r_i – радіальна координата центра елементарної площадки і відносно центра поперечного перерізу камери.

Вираз для вертикального зміщення центра мас заповнення протягом одного періоду коливань

$$h_c = \frac{\sum_{i=1}^n h_{ci} S_i K_{fdi}}{\sum_{i=1}^n S_i K_{fdi}},$$

де h_{ci} – радіальна координата центра елементарної площадки і відносно горизонтальної осі відліку.

Графіки отриманих результатів експериментального визначення зміни параметрів автоколивної системи зображено на рис. 1–4. При цьому $\kappa_{lf} = 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45$ та 0.5 , а ступінь наповнення проміжків між елементами крупної фракції частинками дрібної фракції становить $\kappa_{ff} = 0$ та 1 .

Графіки зміни приросту біфуркаційного значення дилатансії заповнення Δv_{bif} від ступеня

наповнення камери крупною фракцією κ_{lf} наведено на рис. 1.

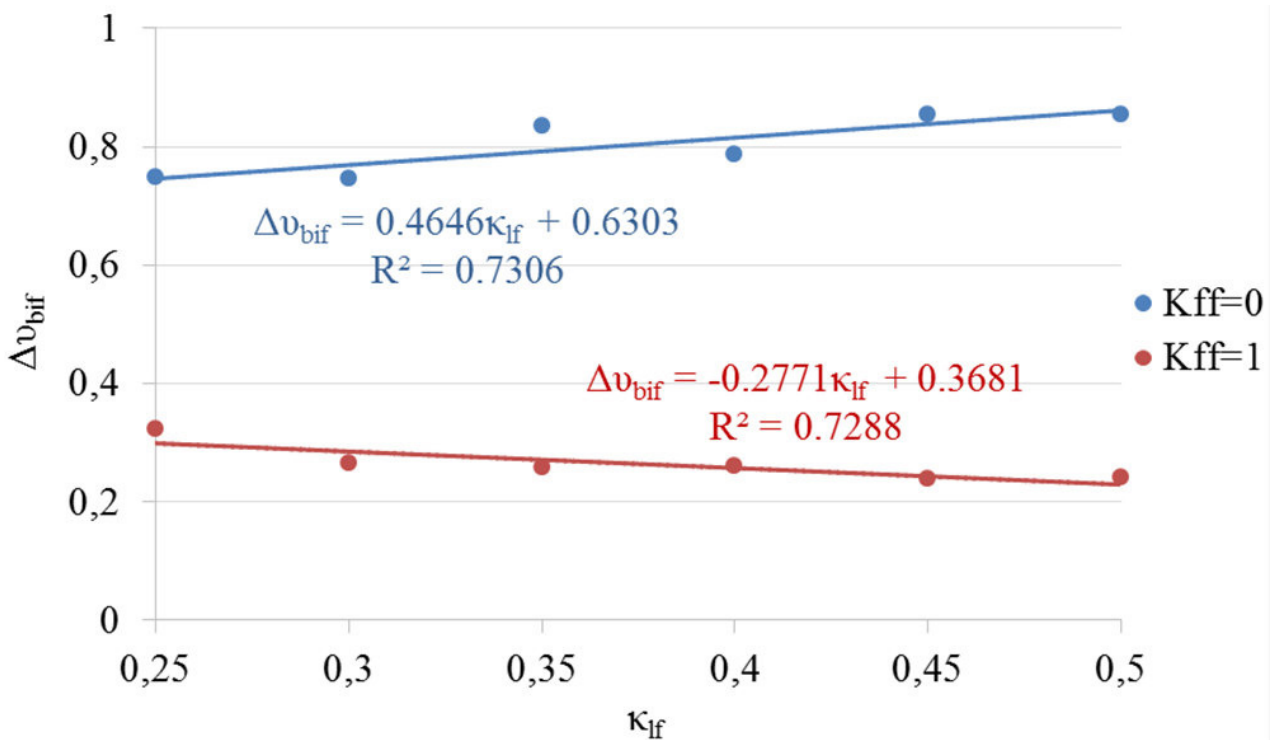


Рис. 1. Експериментальна залежність зміни приросту біфуркаційного значення дилатансії Δv_{bif} від κ_{lf}

Графіки зміни приросту екстремального значення дилатансії заповнення Δv_{ext} від κ_{lf} для $\kappa_{ff}=0$ та 1 зображено на рис. 2.

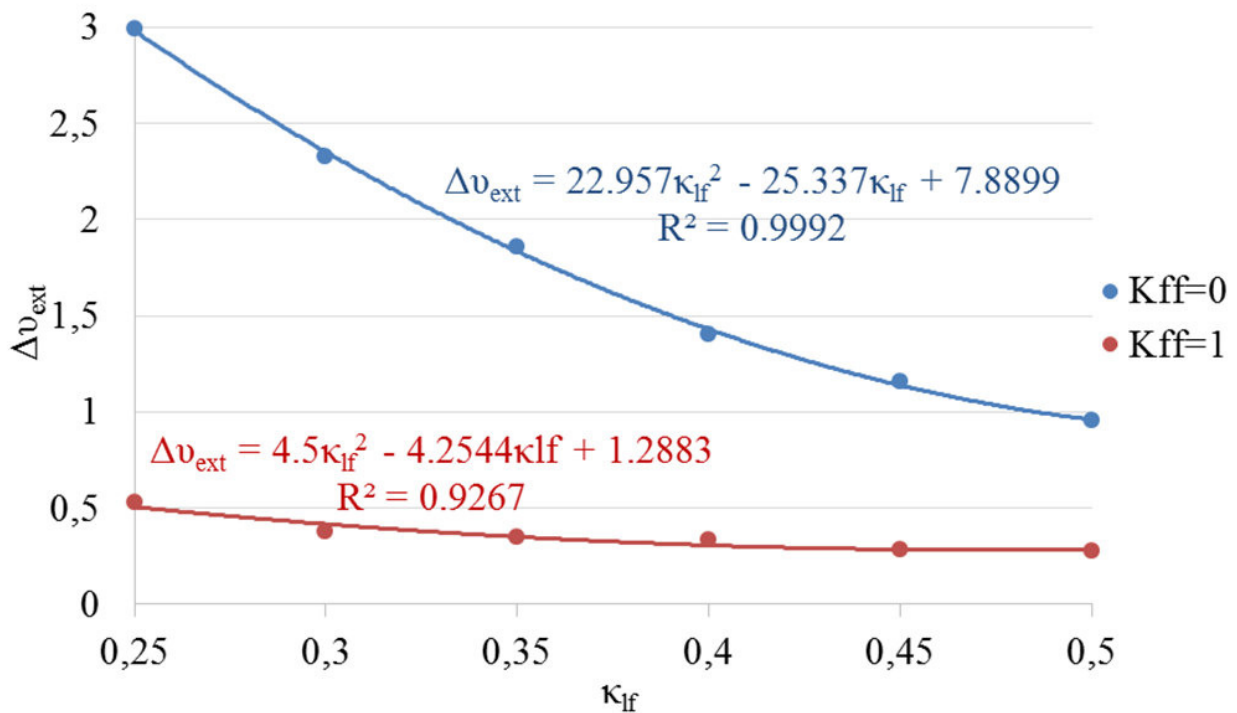


Рис. 2. Експериментальна залежність зміни приросту екстремального значення дилатансії Δv_{ext} від κ_{lf}

Графіки зміни граничного значення відносного розмаху на початку самозбудження

автоколивань $\psi_{R_{olim}}$ від κ_{lf} для $\kappa_{ff}=0$ та 1 наведено на рис. 3.

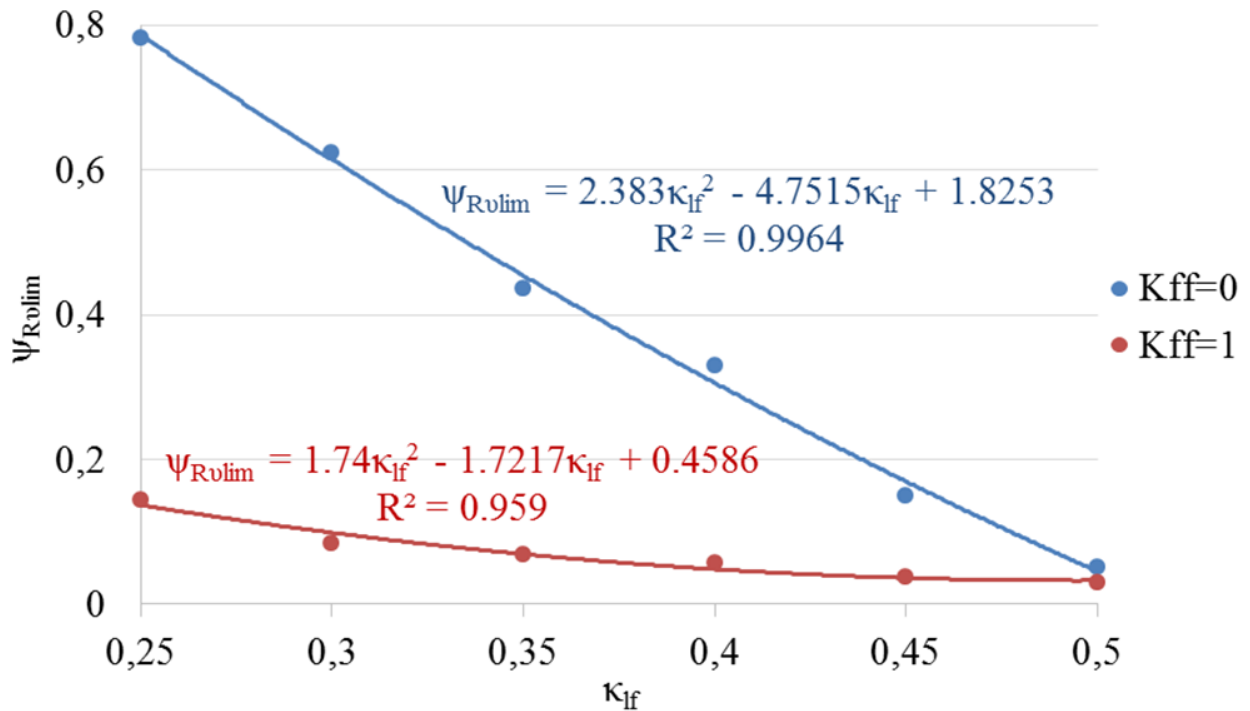


Рис. 3. Експериментальна залежність зміни граничного значення відносного розмаху на початку самозбудження автоколивань $\psi_{R_{olim}}$ від κ_{lf}

Графіки зміни добротності автоколивальної системи QF від κ_{lf} для $\kappa_{ff}=0$ та 1 наведено на рис. 4.

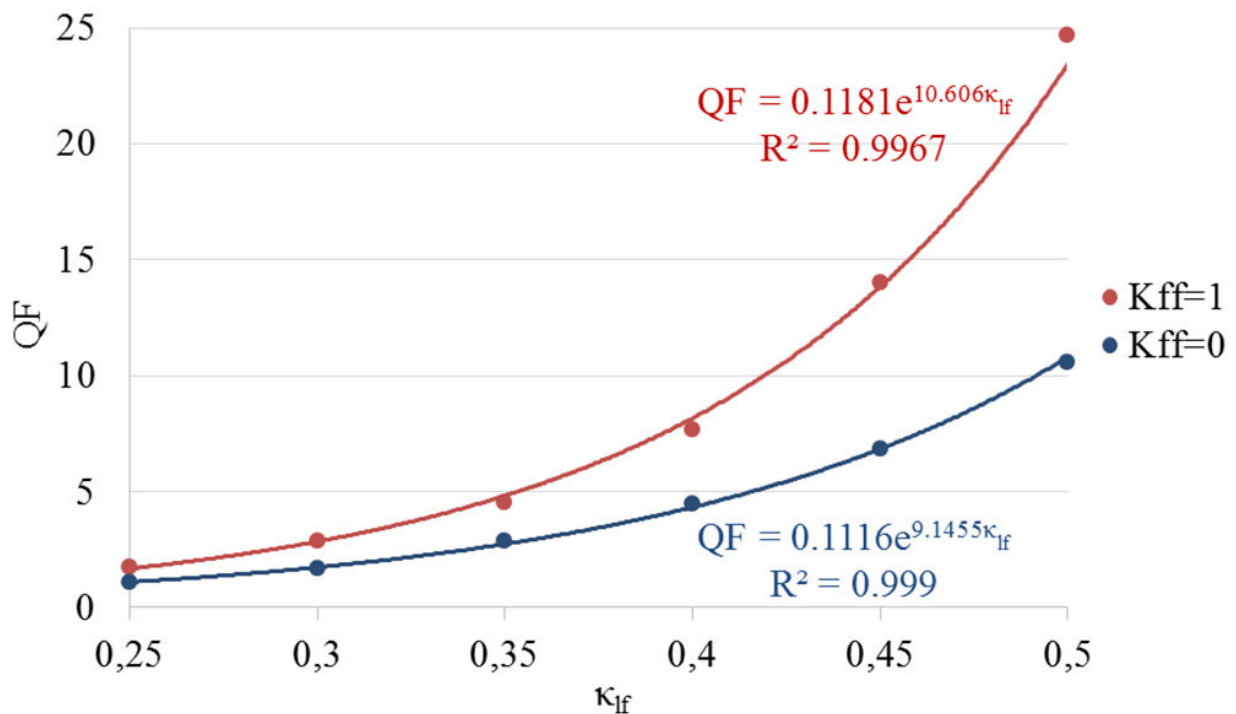


Рис. 4. Експериментальна залежність зміни добротності автоколивальної системи QF від κ_{lf}

Було встановлено суттєвий вплив вмісту дрібної фракції на біфуркаційне значення дилатансії заповнення на початку самозбудження автоколивань (рис. 1). Зі збільшенням κ_{ff} величина приросту біфуркаційного значення дилатансії Δv_{bif} знижується у 2.33–3.56 рази, від

максимального до мінімального значення. Максимальне значення Δv_{bif} , за відсутності дрібної фракції $\kappa_{\text{ff}}=0$, становить 0.749–0.855. Мінімальне значення Δv_{bif} , при повному заповненні проміжків між частинками крупної фракції частинками дрібної фракції $\kappa_{\text{ff}}=1$, складає 0.24–0.322. Таке зниження Δv_{bif} залежить також від ступеня наповнення камери заповненням і посилюється зі збільшенням κ_{f} . Зазначене засвідчує зниження стійкості руху заповнення внаслідок впливу дрібної фракції, що проявляється у зменшенні критичного значення дилатансії на початку втрати стійкості.

Було виявлено істотний вплив вмісту дрібної фракції та ступеня заповнення камери на екстремальне значення дилатансії та розмах автоколивань при втраті стійкості (рис. 2, 3).

Величина приросту екстремального значення дилатансії Δv_{ext} знижується у 3.44–5.66 рази: від 0.953–2.99, при $\kappa_{\text{ff}}=0$, до 0.277–0.528, при $\kappa_{\text{ff}}=1$ (рис. 2). Зниження Δv_{ext} значно послаблюється зі збільшенням κ_{f} : від 5.66 разів, при $\kappa_{\text{f}}=0.25$, до 3.66 разів, при $\kappa_{\text{f}}=0.5$.

Аналогічно, величина граничного значення відносного розмаху на початку самозбудження автоколивань ψ_{R0lim} знижується у 1.75–5.42 рази: від 0.0515–0.783, при $\kappa_{\text{ff}}=0$, до 0.0294–0.145, при $\kappa_{\text{ff}}=1$ (рис. 3). Зниження ψ_{R0lim} також значно послаблюється зі збільшенням κ_{f} : від 5.42, при $\kappa_{\text{f}}=0.25$, до 1.75, при $\kappa_{\text{f}}=0.5$. Зазначене засвідчує зниження стійкості руху заповнення внаслідок впливу дрібної фракції, що проявляється у зменшенні екстремальної величини дилатансії та розмаху автоколивань при втраті стійкості.

Було з'ясовано суттєвий вплив вмісту дрібної фракції та ступеня заповнення камери на добротність автоколивальної системи (рис. 4).

Величина добротності автоколивальної системи QF зростає у 1.62–2.34 рази: від 1.09–10.6, при $\kappa_{\text{ff}}=0$, до 1.77–24.7, при $\kappa_{\text{ff}}=1$ (рис. 4). Зростання QF значно посилюється зі збільшенням κ_{f} : від 1.62, при $\kappa_{\text{f}}=0.25$, до 2.34, при $\kappa_{\text{f}}=0.5$.

Таким чином було встановлено граничні значення динамічних параметрів руху, що відповідають умовам самозбудження автоколивань двофракційного зернистого заповнення камери обертового барабана при реалізації механізму втрати стійкості. Перше значення відповідає відсутності в заповненні дрібної фракції, друге – повному заповненню частинками дрібної фракції проміжків між частинками крупної фракції. Такі величини становлять, відповідно, для біфуркаційного значення дилатансії заповнення – 0.745–0.855 та 0.24–0.322. Для граничного значення відносного розмаху автоколивань заповнення на початку самозбудження – 0.0515–0.783 та 0.0294–0.145.

1. Deineka K. Y., Naumenko Y. V. The tumbling mill rotation stability. *Naukovyi Visnyk Nationalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2018. Issue 1 (163). P. 60–68. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/10>.

2. Deineka K., Naumenko Y. Revealing the effect of decreased energy intensity of grinding in a tumbling mill during self-excitation of auto-oscillating of the intrachamber fill. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 1. Issue 1 (97). P. 6–15. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155461>.

3. Deineka K., Naumenko Y. Establishing the effect of a decrease in power intensity of self-oscillation grinding in a tumbling mill with decrease of intrachamber fill. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 6. Issue 7 (102). P. 43–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.183291>.

4. Deineka K., Naumenko Yu. Establishing the effect of decreased power intensity of self-oscillatory grinding in a tumbling mill when the crushed material content in the intra-chamber fill is reduced. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 4. Issue 1 (106). P. 39–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209050>.

5. Deineka K., Naumenko Yu. Establishing the effect of a simultaneous reduction in the filling load inside a chamber and in the content of the crushed material on the energy intensity of self oscillatory grinding in a tumbling mill. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 1. Issue 1 (109). P. 77–87. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224948>.

6. Deineka K., Naumenko Yu. Revealing the mechanism of stability loss of a two-fraction granular flow in a rotating drum. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 4. Issue. 1(118). P. 34–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263097>.

УДК 621.926.5:539.215:531.36

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВТРАТИ СТІЙКОСТІ РУХУ ПОЛІЗЕРНИСТОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ОБЕРТОВОГО БАРАБАНА

Катерина Дейнека¹, Юрій Науменко², Вадим Садовський²

¹Рівненський технічний фаховий коледж Національного університету водного господарства та природокористування, вул. Орлова, 35, м. Рівне, 33027

²Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

Машини барабанного типу широко використовуються у багатьох галузях виробництва для переробки зернистих матеріалів. Однак головним недоліком такого обладнання є низький механічний коефіцієнт корисної дії внаслідок високих питомих витрат енергії [1]. Це зумовлено порівняно низькою інтенсивністю відносного руху при циркуляції оброблюваного середовища в камері обертового барабана. Значна частка заповнення є пасивною, не зазнає деформації і не бере участі у процесі переробки. Натомість активна рухлива частка складає лише 30–45%. Для активізації циркуляції заповнення, шляхом створення примусового пульсаційного режиму руху періодичним порційним підштовхуванням, застосовуються внутрішньокамерні енергообмінні пристрої у вигляді виступаючих елементів. Проте внаслідок високої абразивності заповнення такі ліфтери швидко зношуються, втрачають функціональні можливості і мають низьку надійність. Проблема зниження енергоємності робочих процесів барабанних машин, і в першу чергу найбільш енергоємного їх типу – барабанних млинів, залишається актуальною [2].

Новим напрямом суттєвого підвищення порівняно низької енергетичної ефективності є застосування автоколивного процесу переробки в барабанних машинах традиційних конструктивних рішень із гладкою поверхнею камери. Самозбудження автоколивань дозволяє привести у періодичний пульсаційний рух і активізувати пасивну частину внутрішньокамерного заповнення та значно посилити інтенсивність взаємодії частинок оброблюваного середовища із робочими органами та оточуючим середовищем.

Першу відеофіксацію автоколивного режиму руху полізернистого заповнення швидкохідного барабана було здійснено в [3] (рис. 1).

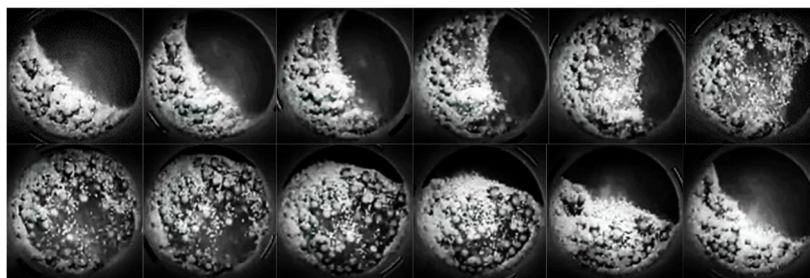


Рис. 1. Послідовні картини автоколивного режиму руху завантаження лабораторного кульового млина для одного періоду коливань [3]

У роботах [4–7] було оцінено ефективність інноваційного автоколивного процесу подрібнення в барабанному млині. Кількісну оцінку динамічних параметрів ударної дії заповнення та енергетичних і технологічних параметрів помелу для одного значення ступеня наповнення камери здійснено в [4]. У [5] розглянуто вплив ступеня наповнення на ефективність автоколивного помелу для одного значення вмісту частинок подрібнюваного матеріалу в заповненні. Вплив вмісту матеріалу на режими руху молоткових тіл та ефективність автоколивного помелу для одного значення наповнення камери досліджувався в

[6]. У [7] вивчено вплив одночасної зміни ступеня наповнення камери та вмісту подрібнюваного матеріалу на процес помелу. Однак умови виникнення автоколиваний зернистого заповнення обертового барабана залишаються нез'ясованими. Це суттєво обмежує можливість виробничого застосування автоколивного процесу переробки зернистих матеріалів в барабанних машинах.

У роботі [8] за допомогою відеозйомки було отримано картини руху на початку самозбудження автоколиваний. Було використано однофракційне заповнення (рис. 2, а, б), що містить лише частинки крупної фракції, та двофракційне (рис. 2, в, г), що містить частинки крупної та дрібної фракції. Відносний розмір частинок крупної фракції у камері становив 0.0104, відносний розмір частинок дрібної фракції складав $0.13 \cdot 10^{-3}$. Ступінь заповнення камери становив 0.25–0.5. Проте умов самозбудження автоколиваний визначено не було.

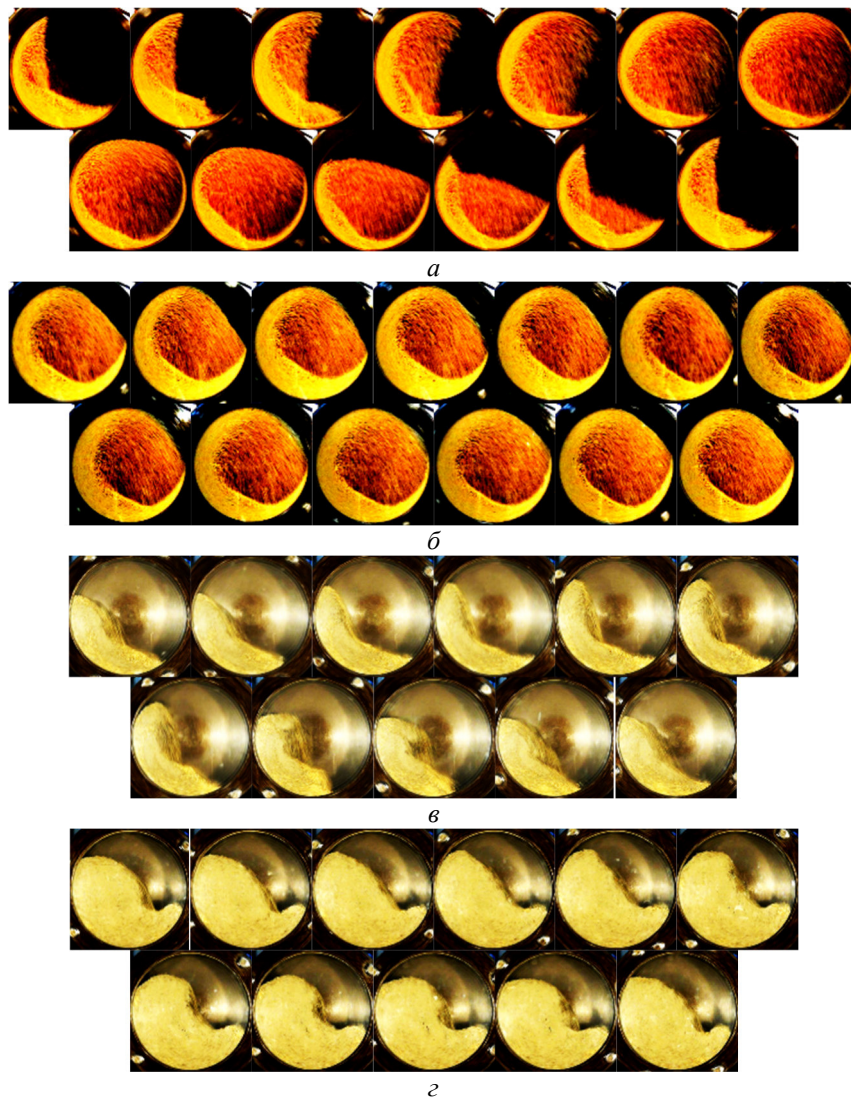


Рис. 2. Послідовні картини руху на початку самозбудження автоколиваний зернистого заповнення обертового барабана для одного періоду коливаний (за [8]): а – однофракційне заповнення при ступені наповнення камери 0.25; б – однофракційне при наповненні 0.5; в – двофракційне при наповненні 0.25; г – двофракційне при наповненні 0.5

Насправді процеси генерування та збереження автоколиваний полізернистого заповнення камери обертового барабана спричинені розвитком коливальної нестійкості та визначаються властивостями специфічного механізму втрати стійкості руху. Реалізація такого механізму досягається лише за умови набуття та підтримування низкою визначальних параметрів

коливальної системи значень у досить вузьких біфуркаційних діапазонах.

Тому задача встановлення якісних характеристик прояву та кількісних величин параметрів функціонування механізму втрати стійкості руху при самозбудженні автоколивань заповнення барабанної машини видається доволі актуальною.

Метою роботи було виявлення характеристик якісного характеру прояву механізму втрати стійкості руху двофракційного зернистого заповнення камери обертового барабана.

Параметри режимів руху визначались методом експериментальної візуалізації поведінки заповнення через прозору торцеву стінку барабана. Перехідні режими вивчались при неперервній повільній зміні швидкості обертання барабана. Усталені режими визначались шляхом фіксації та подальшої обробки стаціонарних картин руху заповнення у поперечному перерізі камери.

Експериментально, методом візуалізації картин течії [8], було встановлено всі основні режими руху автоколивальної системи. За певних умов можливим є виникнення двох неперервних та одного періодичного усталеного режиму руху зернистого заповнення камери стаціонарно обертового барабана.

Тихохідний циркуляційний режим руху виникає у діапазоні швидкості обертання, верхня межа якого дещо перевищує значення кричної швидкості ω_{cr} . Швидкохідний режим у вигляді пристінкового шару утворюється при швидкості обертання, що перевищує ω_{cr} .

При взаємному переході неперервних режимів циркуляційного руху та пристінкового шару може виникати періодичний автоколивний режим [4–7]. За умови збільшення швидкості обертання камери розвивається нестійкість неперервного циркуляційного режиму руху, яка призводить до встановлення періодичних автоколивань заповнення [8] (рис. 2). Із подальшим зростанням швидкості обертання автоколивання загасають внаслідок збільшення частки пристінкового шару та зменшення розпорошення заповнення. У випадку зменшення швидкості обертання камери відбувається зворотна трансформація режимів, яка спричинена розвитком відповідних нестійкостей руху.

При збільшенні швидкості обертання зі стану спокою до утворення пристінкового шару, величина дилатансії змінюється від нуля, переходить через максимальне і досягає нульового значення. Зростання дилатансії спричинено збільшенням розпорошеності заповнення (рис. 2), а спадання – поступовим утворенням пристінкового шару. Зворотне зменшення швидкості характеризується аналогічною залежністю зміни величини дилатансії. Тому до визначальних параметрів коливальної системи, що є чинниками самозбудження автоколивань, разом із дилатансією може бути віднесена і швидкість обертання. Виходячи з причинно-наслідкового зв'язку реалізації режимів руху заповнення, значення швидкості обертання є первинним, а значення дилатансії – вторинним параметром системи.

Найбільший прикладний інтерес становить умова стійкості при самозбудженні автоколивань заповнення. Метод візуалізації дозволив виявити суттєву нелінійність механізму прояву нестійкості при взаємних переходах циркуляційного та автоколивного режимів руху заповнення під час самозбудження та зникнення автоколивань. Ця нелінійність зумовлена особливостями дисперсії середовища та граничними умовами розглядуваної розподіленої коливальної системи. Встановлено, що реалізація механізму нестійкості в значній мірі визначається фракційною структурою полізернистого заповнення та ступенем наповнення камери. При малому вмісті дрібної фракції режим самозбудження автоколивань має жорсткий характер (рис. 2, а, б). За умови малого ступеня наповнення камери, жорсткий режим самозбудження стає яскраво вираженим (рис. 2, а). Натомість при вмісті дрібної фракції, що є співмірним із об'ємом порожнин між частинками крупної фракції, режим виникнення автоколивань набуває м'якого характеру (рис. 2, в, г). За умови значного заповнення камери, м'який режим самозбудження стає явно вираженим (рис. 2, г). Жорсткому режиму самозбудження відповідає суттєво негармонійна форма автоколивань заповнення, м'якому режиму – квазігармонійна форма.

При жорсткому режимі самозбудження автоколивань виникає бістабільність. Біфуркаційні значення швидкості обертання та дилатансії мають два значення – верхнє та нижнє. За умови досягнення швидкості обертання та дилатансії верхніх біфуркаційних значень, відбувається стрибкоподібне виникнення усталених автоколивань із верхнім граничним значенням розмаху (рис. 2, *a, б*). При деякому подальшому збільшенні значення швидкості обертання, до утворення пристінкового шару, автоколивання зберігаються. У випадку зворотного зменшення швидкості обертання та дилатансії розмах автоколивань дещо зменшується. При зменшенні швидкості та дилатансії нижче за верхні біфуркаційні значення, автоколивання зберігаються і їх розмах неперервно зменшується нижче за верхнє граничне значення. Проявляється ефект затягування [49, 52], який характеризується зривом автоколивань, при значенні параметрів коливної системи нижче точки збудження. За умови подальшого зменшення швидкості та дилатансії до досягнення нижніх біфуркаційних значень, розмах досягає нижнього граничного значення. При цьому автоколивання стрибкоподібно зриваються і виникає стійкий циркуляційний неперервний режим руху заповнення.

М'який режим самозбудження автоколивань характеризується моностабільністю. При цьому збігаються верхнє і нижнє біфуркаційні значення відносної швидкості обертання та дилатансії. За умови переходу швидкості обертання та дилатансії через біфуркаційні значення, виникає плавне самозбудження автоколивань (рис. 2, *в, г*). Із подальшим збільшенням швидкості та дилатансії розмах автоколивань, починаючи з нуля, буде неперервно і досить повільно, без стрибків, зростати. У випадку зворотного зменшення швидкості обертання та дилатансії розмах автоколивань поступово та неперервно, без стрибків, зменшується, доходячи до нуля. При досягненні швидкості та дилатансії біфуркаційних значень, автоколивання плавно зникають і виникає циркуляційний режим руху заповнення.

Було виявлено характерні складові різко розмежовані етапи періоду усталених автоколивань заповнення. Встановлення етапів базувалось на аналізі умови енергетичного балансу притоку енергії в систему від зовнішнього джерела та дисипативних втрати енергії у самій коливальній системі. Кожен період коливань становить розривний релаксаційний цикл і містить дві стадії. На протязі одного періоду величина дилатансії змінюється від мінімального, переходить через максимальне і досягає мінімального значенням (рис. 2). Було встановлено два різко розмежованих етапи трансформації стану коливальної системи внаслідок повного обміну енергії за період коливань – повільний та швидкий. Взаємні переходи між такими станами мають біфуркаційний характер.

Пострелаксаційний етап зміни дилатансії від мінімального до максимального значення є повільним. Він пов'язаний із плавним підніманням центра мас заповнення разом із поверхнею камери. Під час цього етапу відбувається відносно повільне накопичення потенціальної енергії до певного критичного стану. При цьому відбувається втрата стійкого рівноважного стану системи.

Релаксаційний етап зміни дилатансії від максимального до мінімального значення є швидким. Він пов'язаний із різким опусканням центра мас заповнення внаслідок обрушення. Протягом цього етапу відбувається відносно швидка стрибкоподібна дисипативна розрядка зі значним розсіюванням механічної енергії, що не бере участі у подальшому обміні. При цьому відбувається відновлення стійкого квазірівноважного стану.

Суттєво негармонійна форма автоколивань, при жорсткому режимі самозбудження (рис. 2, *a*), характеризується значною відмінністю тривалості пострелаксаційного та релаксаційного етапів релаксаційного циклу руху заповнення. Натомість для квазігармонійної форми автоколивань, при м'якому режимі самозбудження (рис. 2, *г*), характерним є близькість тривалості етапів циклу.

Отримані результати експериментальної візуалізації течії і чисельні дані дозволили якісно та кількісно оцінити дію чинників нестійкості руху полізернистого внутрішньокамерного заповнення. Емпірично з'ясовано вплив структури двофракційного

зернистого середовища на стійкість руху. Як основний чинник нестійкості проявлялось зростання дилатансії зернистого заповнення, як додатковий – демпфуюча дія частинок дрібної фракції на імпульсну взаємодію частинок крупної фракції.

Встановлено суттєвий вплив вмісту дрібної фракції на біфуркаційне значення дилатансії заповнення на початку самозбудження автоколивальних.

Було виявлено зниження стійкості руху заповнення внаслідок впливу дрібної фракції, що проявляється у зменшенні критичного значення дилатансії на початку втрати стійкості. Це зумовлено проявом встановленого динамічного ефекту посилення демпфування при взаємодії твердих частинок крупної фракції зштовхуванням під дією м'яких частинок дрібної фракції. Прояв такого ефекту посилюється зі збільшенням ступеня наповнення камери заповненням.

Було встановлено суттєвий вплив вмісту дрібної фракції на біфуркаційне значення відносної швидкості обертання барабана при самозбудженні автоколивальних.

Було виявлено зниження стійкості руху заповнення внаслідок впливу дрібної фракції, що проявляється у зниженні критичної величини швидкості обертання на початку самозбудження. Таке зниження швидкості зумовлює зменшення критичного значення частки зони розпорошення заповнення та значення дилатансії, що є необхідними для втрати стійкості. Прояв цього ефекту також залежить від ступеня наповнення камери заповненням і дещо посилюється зі збільшенням.

Виявлено істотний вплив вмісту дрібної фракції та ступеня заповнення камери на екстремальне значення дилатансії та розмах автоколивальних при втраті стійкості.

Встановлено зниження стійкості руху заповнення внаслідок впливу дрібної фракції, що проявляється у зменшенні екстремальної величини дилатансії та розмаху автоколивальних при втраті стійкості. Такий прояв зниження стійкості руху значно посилюється зі збільшенням ступеня заповнення камери. Це зумовлено зменшенням критичного значення частки зони розпорошення заповнення та значення дилатансії, що є необхідними для втрати стійкості.

З'ясовано суттєвий вплив вмісту дрібної фракції та ступеня заповнення камери на добротність автоколивальної системи та релаксацію автоколивальних при втраті стійкості.

Зазначене свідчить про послаблення розривного характеру релаксаційних автоколивальних заповнення зі збільшенням вмісту дрібної фракції та ступеня наповнення камери, що супроводжується втратою стійкості. Це зумовлено зниженням втрат енергії у коливальній системі внаслідок зменшення екстремального значення дилатансії та граничного значення відносного розмаху автоколивальних при самозбудженні.

Було з'ясовано механізм втрати стійкості руху двофракційного заповнення обертовому барабані. Виявлено швидкість обертання, як головний, та вміст дрібної фракції і ступінь наповнення камери, як інші визначальні динамічні параметри коливальної системи. Встановлено чисельні біфуркаційні значення визначальних параметрів та їх вплив на дилатансію, розмах і частоту автоколивальних. Отримані якісні та кількісні характеристики механізму втрати стійкості дозволяють прогнозувати умови самозбудження пульсацій заповнення зі заданими параметрами для реалізації автоколивальних процесів переробки полізернистих матеріалів.

Виявилось, що, для генерування початку самозбудження автоколивальних заповнення, необхідно досягнення початковим значенням відносної швидкості обертання барабана біфуркаційного значення.

Натомість для надійного відтворення автоколивального режиму руху заповнення зі значним розмахом необхідно підтримувати поточне значення відносної швидкості обертання у раціональному діапазоні відносно початкового значення. Потреба у змінюванні поточного значення швидкості $\psi_{\omega c}$ викликана можливими варіаціями значень робочих параметрів під час експлуатації барабанної машини. Межі такого діапазону визначаються ступенем жорсткості режиму самозбудження автоколивальних при виникненні бістабільності (рис. 2).

Таким чином механізм втрати стійкості зернистої течії в обертовому барабані полягає у встановленні періодичного усталеного автоколивального режиму руху внаслідок втрати стійкості

при переході двох неперервних режимів. Такими неперервними режимами руху є циркуляційний та режим пристінкового шару.

Механізм втрати стійкості спричинений факторами коливальної нестійкості. Основним чинником нестійкості є зростання дилатансії зернистого заповнення. Додатковим чинником нестійкості полізернистого заповнення є демпфуюча дія частинок дрібної фракції на імпульсну взаємодію частинок крупної фракції.

Механізм втрати стійкості пов'язаний із визначальними параметрами коливальної системи. Головним визначальним параметром є величина швидкості обертання барабана, що зумовлює зміну дилатансії заповнення. Іншими визначальними параметрами є значення вмісту дрібної фракції в заповненні k_{ff} та ступеня наповнення камери k_{fj} , зростання яких посилює автоколивальну нестійкість. Підвищення нестійкості реалізується у зниженні біфуркаційних значень швидкості обертання та дилатансії заповнення.

Особливості прояву механізму втрати стійкості зумовлені типом коливальної системи. Обертовий заповнений барабан є автоколивальною системою релаксаційного типу, в якій встановлюються стаціонарні коливання, що мають чітко виражений розривний характер. Самозбудження автоколивань відбувається у жорсткому режимі при виникненні бістабільності. Розривний характер коливань та коливальний гістерезис посилюються зі зниженням k_{ff} та k_{fj} . Зростання втрат енергії в коливальній системі зумовлено підвищенням екстремального за період значення дилатансії та розмаху автоколивань.

1. Bouchard J., LeBlanc G., Levesque M., Radziszewski P., Georges-Filteau D. Breaking down energy consumption in industry grinding mills. *CIM Journal*. 2019. Vol. 10. Issue. 4. P. 157–164. doi: <https://doi.org/10.15834/cimj.2019.18>

2. Goralczyk M., Krot P., Zimroz R., Ogonowski S. Increasing energy efficiency and productivity of the comminution process in tumbling mills by indirect measurements of internal dynamics – an overview. *Energies*. 2020. Vol. 13. Issue. 24. P. 6735. doi: <https://doi.org/10.3390/en13246735>

3. Both H.-U. Mahlkörperbewegungen in der Kugelmühle. 1966. *IWF (Göttingen)*. [Video]. YouTube. doi: <https://doi.org/10.3203/IWF/C-921>

4. Deineka K., Naumenko Yu. Revealing the effect of decreased energy intensity of grinding in a tumbling mill during self-excitation of auto-oscillations of the intrachamber fill. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 1. Issue. 1 (97). P. 6–15. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155461>

5. Deineka K., Naumenko Yu. Establishing the effect of a decrease in power intensity of self-oscillation grinding in a tumbling mill with decrease of intrachamber fill. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 7. Issue. 6 (102). P. 43–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.183291>

6. Deineka K., Naumenko Yu. Establishing the effect of decreased power intensity of self-oscillatory grinding in a tumbling mill when the crushed material content in the intra-chamber fill is reduced. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 4. Issue. 1 (106). P. 39–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209050>

7. Deineka K., Naumenko Yu. Establishing the effect of a simultaneous reduction in the filling load inside a chamber and in the content of the crushed material on the energy intensity of self-oscillatory grinding in a tumbling mill. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 1. Issue. 1 (109). P. 77–87. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224948>

8. Науменко Ю. В., Дейнека К. Ю. Теоретичні основи робочих процесів машин барабанного типу. Рівне : НУВГП, 2014. 531 с.

9. Deineka K., Naumenko Yu. Revealing the mechanism of stability loss of a two-fraction granular flow in a rotating drum. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 4. Issue. 1(118). P. 34–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263097>

УДК 621.926.5:539.215:531.36

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ ЧАСТОТНИХ ПАРАМЕТРІВ САМОЗБУДЖЕННЯ АВТОКОЛИВАНЬ ПОЛІЗЕРНИСТОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ОБЕРТОВОГО БАРАБАНА

¹Дейнека Катерина, ²Науменко Юрій, ²Семенюк Юрій

¹*Рівненський 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*

До теперішнього часу не було з'ясовано кількісного впливу частотних параметрів заповнення обертового барабана на стійкість руху. Це зумовлено підвищеною складністю апаратного експериментального дослідження поведінки полізернистого внутрішньокамерного середовища. Відсутність таких даних особливо негативно проявляється у випадку реалізації можливих інноваційних автоколивних процесів переробки полізернистих матеріалів в машинах барабанного типу.

Прикладна актуальність проблеми прогнозування робочих процесів барабанних машин останнім часом приваблює підвищену дослідницьку увагу до описування проявів можливої нестійкої поведінки оброблюваного заповнення. Інтерес посилюється також необхідністю подолання підвищених труднощів внаслідок характерних особливостей розглядуваної задачі. Вони пов'язані зі складністю геометрії течії внаслідок великої деформації вільної поверхні, дилатанцією, полідисперсністю структури середовища та рухливістю твердої стінки.

Метою роботи було встановлення значень частотних параметрів коливальної системи, що відповідають умовам самозбудження автоколиваний внутрішньокамерного завантаження обертового барабана.

Було вивчено раціональні параметри автоколивного процесу переробки полізернистих матеріалів в машинах барабанного типу при самозбудженні періодичного пульсаційного режиму руху заповнення в обертовій камері.

Досліджувались кількісні характеристики механізму втрати стійкості руху при самозбудженні автоколиваний полізернистого заповнення обертового барабана.

Для вимірювання швидкості обертання барабана було використано тахометр стробоскопічного типу. Значення швидкості стаціонарного обертання при усталених та перехідних режимах руху заповнення камери постійно перевірялось, для переконливості у правильності вимірювань. При використанні аналізу розповсюдження помилок похибка вимірювань швидкості становила приблизно $\pm 3\%$. Оцінка здійснювалась шляхом вимірювання стаціонарної швидкості обертання 5 разів для одного режиму руху заповнення.

Для вимірювання розміру частинок зернистих матеріалів фракцій заповнення було використано аналізатор лазерного типу.

Для дозування порцій фракцій зернистого заповнення камери барабана використовувались лабораторні мензурки. Об'єм порції заповнення визначався у стані спокою, без ущільнення при наповненні мірної камери.

Частота відеозйомки при візуалізації поведінки заповнення становила 24 кадри на секунду.

Як матеріал крупної фракції заповнення було застосовувано незв'язних зернистий матеріал із частинками сферичної форми з абсолютним d_{ff} та відносним розміром $\psi_{dff} = d_{ff}/(2R) = 0.0104$. Насипна густина матеріалу крупної фракції у стані спокою становила $\rho_{ff} = 900 \text{ кг/м}^3$. Як матеріал дрібної фракції використовувався цемент марки М500 із частинками з абсолютним d_{ff} та відносним розміром $\psi_{dff} = d_{ff}/(2R) = (0.0236 - 0.236) \cdot 10^{-3}$. Насипна густина

матеріалу дрібної фракції у стані спокою складала $\rho_{ff}=1200 \text{ кг/м}^3$.

Поточне значення відносної швидкості обертання барабана $\psi_{\omega}=\omega/\omega_{cr}$ відповідає відношенню поточного значення кутової швидкості ω до критичного значення швидкості обертання $\omega_{cr} = \sqrt{g/R}$, де g – гравітаційне прискорення.

Біфуркаційне значення відносної швидкості обертання

$$\Psi_{\omega_{bif}} = \frac{\omega_{bif}}{\omega_{cr}},$$

де ω_{bif} – біфуркаційне значення кутової швидкості обертання.

Розривний характер релаксаційних автоколиваний заповнення камери обертового барабана визначається дисипативними властивостями коливальної системи. Ступінь релаксації автоколиваний чисельно характеризують співвідношення нелінійних дисипативних і реактивних сил та процесів в системі.

Ступінь релаксації відповідає відношенню тривалості повільного етапу накопичення енергії до тривалості швидкого етапу релаксації енергії протягом одного періоду автоколиваний. Ступінь релаксації розглядуваних автоколиваний

$$DR = \frac{24 - z_r}{z_r},$$

де z_r – значення кількості послідовних картин руху у поперечному перерізі камери для етапу релаксації, що було зареєстровано за допомогою відеозйомки з частотою 24 кадри на секунду.

Лінійна частота автоколиваний

$$\nu = \frac{24}{z},$$

де z – значення кількості послідовних картин руху у поперечному перерізі камери для одного періоду коливаний.

Відносна критична колова частота автоколиваний

$$\Psi_{\nu_{cr}} = \frac{\omega_{\nu}}{\omega_{cr}},$$

де $\omega_{\nu}=2\pi\nu$ – колова частота на початку самозбудження автоколиваний. Величина $\Psi_{\nu_{cr}}$ характеризує відношення колової частоти на початку самозбудження автоколиваний до критичного значення кутової швидкості обертання.

Відносна біфуркаційна колова частота автоколиваний

$$\Psi_{\nu_{bif}} = \frac{\omega_{\nu}}{\omega_{bif}}.$$

Величина $\Psi_{\nu_{bif}}$ характеризує кількість коливаний заповнення на протязі одного оберту барабана при самозбудженні автоколиваний.

Графіки отриманих результатів експериментального визначення зміни параметрів автоколивальної системи зображено на рис. 1–4. При цьому $\kappa_{ff}=0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45$ та 0.5 , а ступінь наповнення проміжків між елементами крупної фракції частинками дрібної фракції становить $\kappa_{ff}=0$ та 1 .

Графіки зміни біфуркаційного значення відносної швидкості обертання барабана $\Psi_{\omega_{bif}}$ від κ_{ff} для $\kappa_{ff}=0$ та 1 зображено на рис. 1.

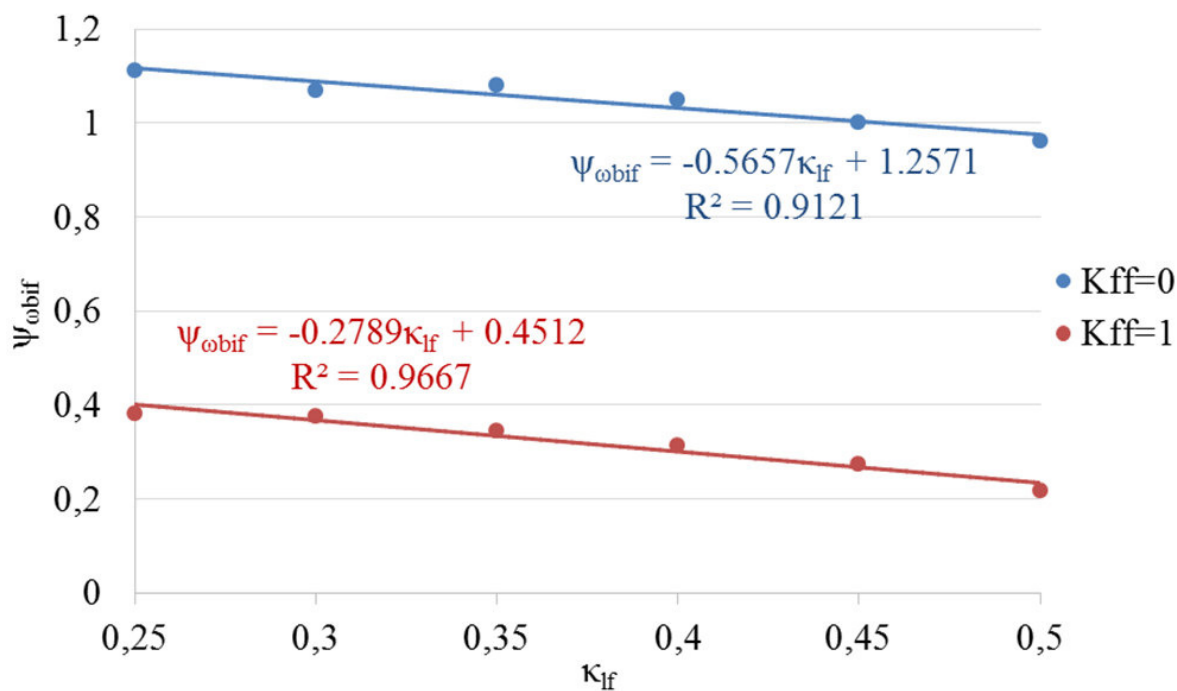


Рис. 1. Експериментальна залежність зміни біфуркаційного значення відносної швидкості обертання $\psi_{\omega bif}$ від κ_{If}

Графіки зміни ступеня релаксації автоколивань DR від κ_{If} для $\kappa_{ff}=0$ та 1 зображено на рис. 2.

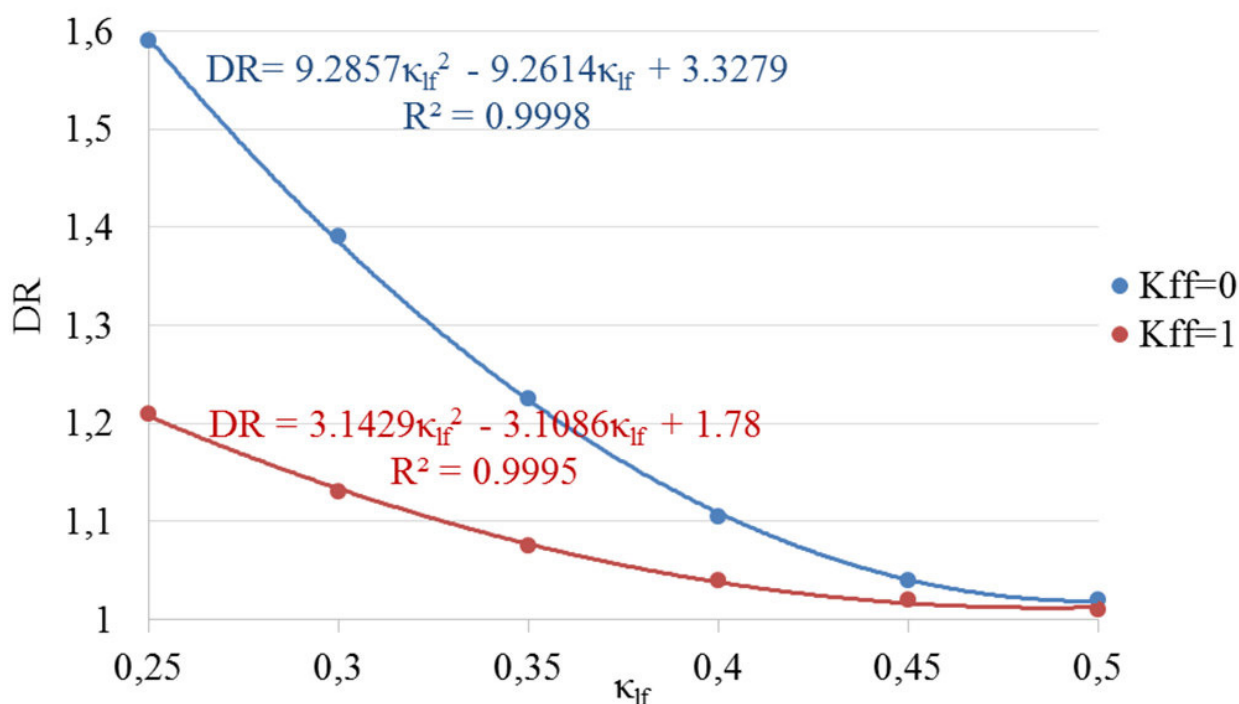


Рис. 2. Експериментальна залежність зміни ступеня релаксації автоколивань DR від κ_{If}

Графіки зміни відносної критичної колової частоти автоколивань ψ_{vcr} від κ_{If} для $\kappa_{ff}=0$ та 1 наведено на рис. 3.

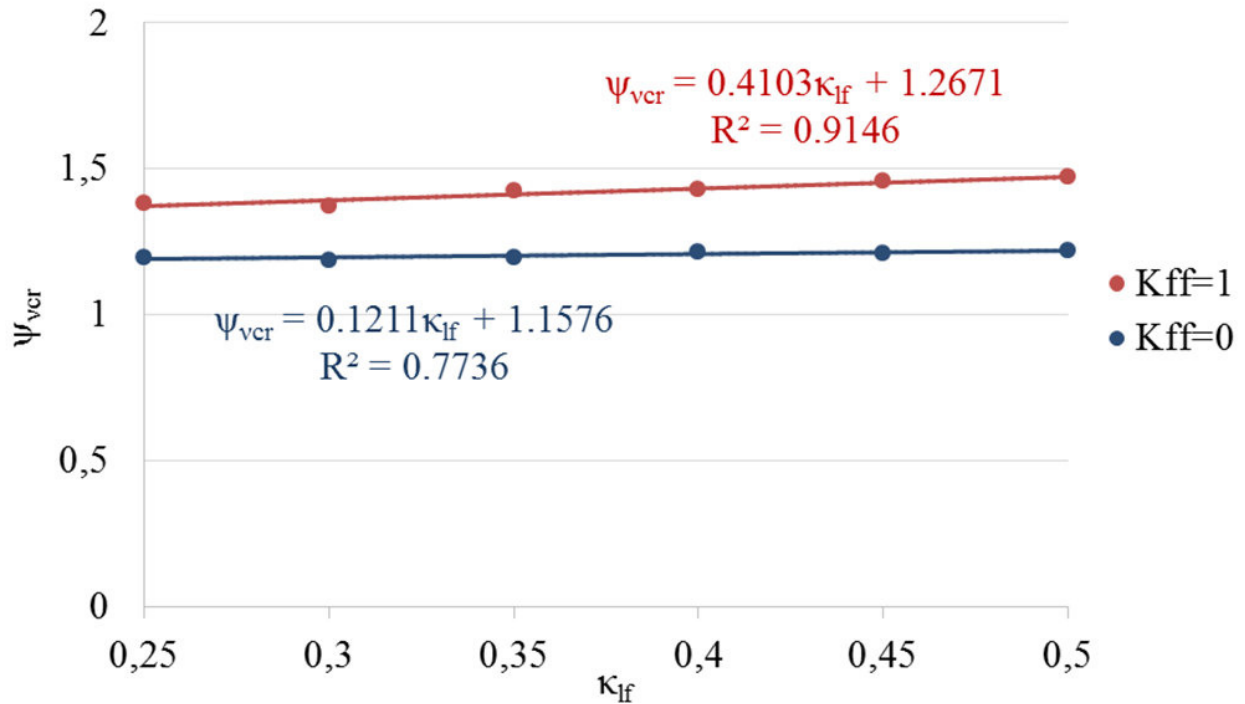


Рис. 3. Експериментальна залежність зміни відносної критичної колової частоти автоколивань ψ_{vcr} від κ_{If} .

Графіки зміни відносної біфуркаційної колової частоти автоколивань ψ_{vbif} від κ_{If} для $K_{ff}=0$ та 1 зображено на рис. 4.

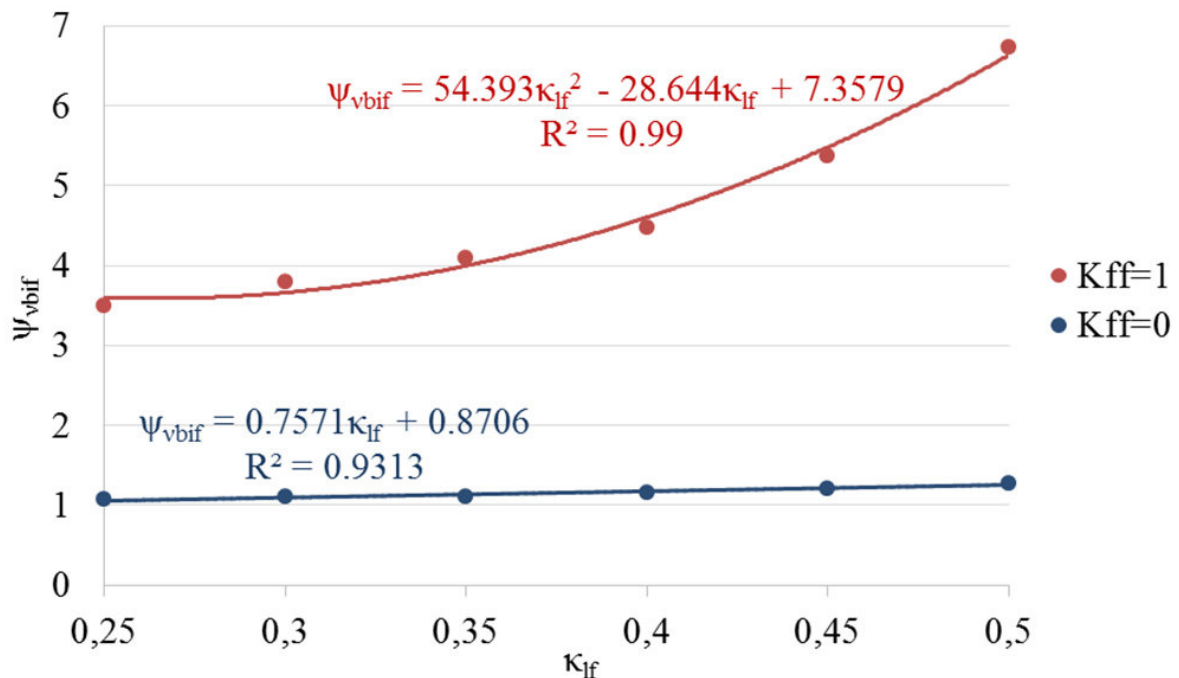


Рис. 4. Експериментальна залежність зміни відносної біфуркаційної колової частоти автоколивань ψ_{vbif} від κ_{If} .

Було встановлено аналогічний суттєвий вплив вмісту дрібної фракції на біфуркаційне значення відносної швидкості обертання барабана при самозбудженні автоколивань $\psi_{\omega bif}$

(рис. 1). Зі збільшенням κ_{ff} величина $\psi_{\omega bif}$ знижується, у 2.91–4.4 рази: від 0.96–1.11, за відсутності дрібної фракції $\kappa_{ff}=0$, до 0.218–0.382, при повному заповненні проміжків $\kappa_{ff}=1$. Значення $\psi_{\omega bif}$ за будь-якого вмісту дрібної фракції κ_{ff} слабо залежить від ступеня заповнення камери і дещо зростає зі збільшенням κ_{lf} . Встановлене зниження $\psi_{\omega bif}$, у 2.91–4.4 рази (рис. 1), є доволі близьким до виявленого зменшення приросту Δv_{bif} , у 2.33–3.56 рази. Це свідчить про зниження стійкості руху заповнення внаслідок впливу дрібної фракції, що проявляється у зменшенні критичної величини швидкості обертання на початку самозбудження.

З'ясовано суттєвий вплив вмісту дрібної фракції та ступеня заповнення камери на релаксацію автоколивачів при втраті стійкості (рис. 2). Величина ступеня релаксації автоколивачів DR знижується у 1.01–1.31 рази: від 1.02–1.59, при $\kappa_{ff}=0$, до 1.01–1.21, при $\kappa_{ff}=1$ (рис. 2). Зниження DR значно посилюється зі зменшенням κ_{lf} : від 1.01, при $\kappa_{lf}=0.5$, до 1.31, при $\kappa_{lf}=0.25$.

Виявлено вплив вмісту дрібної фракції та ступеня заповнення камери на частоту автоколивачів під час самозбудження (рис. 3, 4).

Величина відносної критичної колової частоти автоколивачів ψ_{vcr} несуттєво зростає у 1.15–1.21 рази: від 1.19–1.22, при $\kappa_{ff}=0$, до 1.37–1.47, при $\kappa_{ff}=1$ (рис. 3). Зростання ψ_{vcr} слабо залежить від ступеня заповнення камери і дещо посилюється зі збільшенням κ_{lf} .

Натомість, величина відносної біфуркаційної колової частоти автоколивачів ψ_{vbif} істотно зростає у 3.26–5.29 рази: від 1.07–1.27, при $\kappa_{ff}=0$, до 3.5–6.72, при $\kappa_{ff}=1$ (рис. 4). Зростання ψ_{vbif} також слабо залежить від ступеня заповнення камери і дещо посилюється зі збільшенням κ_{lf} .

Зазначене засвідчує визначеність спектру автоколивачів заповнення лише властивостями самої коливальної системи та незалежність у широких межах від зовнішнього впливу сталого джерела енергії. Зокрема зміна значення відносної критичної колової частоти автоколивачів, або відношення колової частоти на початку самозбудження до критичного значення кутової швидкості обертання, ψ_{vcr} , для $\kappa_{lf}=0.25$ –0.5 та $\kappa_{ff}=0$ –1, обмежується доволі вузьким діапазоном 1.19–1.47 (рис. 3). Натомість значення відносної біфуркаційної колової частоти автоколивачів, або кількості коливачів за один оберт барабана при самозбудженні, ψ_{vbif} набувають досить широкого діапазону 1.07–6.72 (рис. 4).

Виявилось, що, для генерування початку самозбудження автоколивачів заповнення, необхідно досягнення початковим значенням відносної швидкості обертання барабана $\psi_{\omega i}$ біфуркаційного значення – $\psi_{\omega i}=\psi_{\omega bif}$. Початкове значення швидкості для однофракційного монозернистого заповнення ($\kappa_{ff}=0$) становить приблизно $\psi_{\omega i0}=0.9$ –1.1 (рис. 1, $\kappa_{ff}=0$). Початкова швидкість для двофракційного полізернистого заповнення при великому наповненні частинками малої фракції проміжків між частинками великої фракції ($\kappa_{ff}>1$) складає $\psi_{\omega i>1}=0.2$ –0.4 (рис. 1, $\kappa_{ff}=1$). Початкова швидкість для двофракційного заповнення при проміжному наповненні частинками малої фракції проміжків між частинками великої фракції ($\kappa_{ff}=0$ –1) становить $\psi_{\omega i0-1}=0.4$ –0.9 (рис. 1).

Натомість для надійного відтворення автоколивачівного режиму руху заповнення зі значним розмахом необхідно підтримувати поточне значення відносної швидкості обертання $\psi_{\omega c}$ у раціональному діапазоні відносно початкового значення $\psi_{\omega i}$. Потреба у змінюванні поточного значення швидкості $\psi_{\omega c}$ викликана можливими варіаціями значень робочих параметрів під час експлуатації барабанної машини. Межі такого діапазону визначаються ступенем жорсткості режиму самозбудження автоколивачів при виникненні бістабільності.

Зокрема діапазон поточного значення швидкості для однофракційного монозернистого заповнення $\psi_{\omega c0}$ ($\kappa_{ff}=0$) становить приблизно від $\psi_{\omega i0}$ до $(0.9$ – $0.95)\psi_{\omega i0}$ ($\psi_{\omega c0}$ знижується до 5–10% відносно $\psi_{\omega i0}$). Такий діапазон відповідає реалізації жорсткого режиму самозбудження автоколивачів.

Діапазон поточної швидкості для двофракційного полізернистого заповнення при великому наповненні частинками малої фракції проміжків між частинками великої фракції $\psi_{\omega c>1}$ ($\kappa_{ff}>1$) складає від $\psi_{\omega i>1}$ до $(1.3$ – $1.4)\psi_{\omega i>1}$ ($\psi_{\omega c>1}$ підвищуються до 30–40% відносно $\psi_{\omega i>1}$) (рис. 1, $\kappa_{ff}=1$). Цей діапазон відповідає реалізації м'якого режиму самозбудження.

Діапазон поточної швидкості для двофракційного заповнення при проміжному наповненні частинками малої фракції проміжків між частинками великої фракції $\psi_{\omega c 0-1}$ ($\kappa_{ff}=0-1$) становить від $0.95\psi_{\omega i 0-1}$ до $1.3\psi_{\omega i 0-1}$ ($\psi_{\omega c 0-1}$ коливається в межах від -5% до $+30\%$ відносно $\psi_{\omega i 0-1}$) (рис. 1). Діапазон відповідає реалізації проміжного, між жорстким та м'яким, режиму самозбудження.

Застосовність встановлених граничних значень динамічних характеристик руху, що відповідають умовам самозбудження автоколивальних двофракційного зернистого заповнення обертового барабана, є обмеженою дискретними значеннями вихідних параметрів. Такі значення ступеня заповнення камери частинками крупної фракції у стані вільного спокою становили $\kappa_{ff}=0.25-0.5$ із кроком 0.5 . Дискретні значення ступеня заповнення частинками дрібної фракції проміжків між сферичними частинками крупної фракції у стані спокою склали $\kappa_{ff}=0$ та 1 . Відносний розмір частинок крупної фракції в камері становив 0.0104 , а частинок дрібної фракції – $0.13 \cdot 10^{-3}$.

До недоліків застосованого підходу оцінювання впливу автоколивальних на робочий процес можна віднести неврахування геометричних критеріїв подібності розглядуваної системи із багатофазним середовищем змінної структури.

У подальшому доцільно з'ясувати якісний та кількісний вплив на динамічні і технологічні параметри процесу проміжних значень характеристик структури заповнення. Зокрема вплив ступеня наповнення камери заповненням при змінності вмісту частинок дрібної фракції у проміжках між частинками крупної фракції. Це дозволить встановити раціональні умови самозбудження пульсацій заповнення при реалізації автоколивального процесу переробки різноманітних полізернистих матеріалів в машинах барабанного типу.

Таким чином було встановлено граничні значення динамічних параметрів руху, що відповідають умовам самозбудження автоколивальних двофракційного зернистого заповнення камери обертового барабана при реалізації механізму втрати стійкості. Перше значення відповідає відсутності в заповненні дрібної фракції, друге – повному заповненню частинками дрібної фракції проміжків між частинками крупної фракції. Для біфуркаційного значення відносної швидкості обертання барабана – $0.96-1.11$ та $0.218-0.382$. Для відносної колової частоти автоколивальних на початку самозбудження – $1.19-1.21$ та $1.38-1.47$. Для кількості автоколивальних за один оберт барабана при самозбудженні – $1.07-1.27$ та $3.5-6.72$.

1. Deineka K. Y., Naumenko Y. V. The tumbling mill rotation stability. *Naukovyi Visnyk Nationalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2018. Issue 1 (163). P. 60–68. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/10>.

2. Deineka K., Naumenko Y. Revealing the effect of decreased energy intensity of grinding in a tumbling mill during self-excitation of auto-oscillating of the intrachamber fill. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 1. Issue 1 (97). P. 6–15. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155461>.

3. Deineka K., Naumenko Y. Establishing the effect of a decrease in power intensity of self-oscillation grinding in a tumbling mill with decrease of intrachamber fill. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 6. Issue 7 (102). P. 43–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.183291>.

4. Deineka K., Naumenko Yu. Establishing the effect of decreased power intensity of self-oscillatory grinding in a tumbling mill when the crushed material content in the intra-chamber fill is reduced. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 4. Issue 1 (106). P. 39–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209050>.

5. Deineka K., Naumenko Yu. Establishing the effect of a simultaneous reduction in the filling load inside a chamber and in the content of the crushed material on the energy intensity of self oscillatory grinding in a tumbling mill. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 1. Issue 1 (109). P. 77–87. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224948>.

6. Deineka K., Naumenko Yu. Revealing the mechanism of stability loss of a two-fraction granular flow in a rotating drum. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 4. Issue. 1(118). P. 34–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263097>.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ГАЛТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ

Микола Козяр, Олексій Парфенюк, Софія Петрина

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

В сучасному машинобудуванні надійність і довговічність роботи машин і механізмів в значній мірі визначаються якістю обробки деталей, технологією їх виготовлення. Тому стає зрозумілим високий рівень потреб, що пред'являються до фінішних операцій, до яких відноситься вібраційна та центробіжна обробка деталей в різних середовищах (галтування).

Галтування – поверхнева пластична деформація співударом незакріплених заготовок і робочих тіл в замкнутому об'ємі при їх переміщенні, яке зумовлене обертанням робочого органу [1]. Механічний вплив на оброблювані деталі відбувається в робочій ємності галтувального обладнання під час руху галтувальних тіл щодо деталей. Він лежить в основі технологічного процесу, призначеного для очищення поверхні дрібних деталей від окалини, задирок, формувальної суміші, а також, для покращення якості поверхні виробів.

В значній мірі інтенсивність і якість процесів обробки деталей під час галтування визначається характером циркуляційних рухів робочого середовища. На циркуляційний процес впливають: режим коливань, швидкість обертання камер, будова робочих камер, об'єм камер і степінь їх заповнення, характеристика і розмір робочого середовища тощо.

Барабани можуть бути циліндричними, багатограними, бочкоподібними з 2–3 внутрішніми ребрами об'ємом до 4 м³. Частота обертання 10–50 об/хв. За об'ємом абразивний матеріал у 3–8 разів повинен перевищувати загальний об'єм деталей, а об'єм зайнятий в барабані деталями та абразивом не повинен перевищувати 60% об'єму барабана.

Для галтування деталей використовуються різні барабани. Барабани можуть бути циліндричними, багатограними, бочкоподібними з 2–3 внутрішніми ребрами об'ємом до 4 м³. Частота обертання 10–50 об/хв. За об'ємом абразивний матеріал у 3–8 разів повинен перевищувати загальний об'єм деталей, а об'єм зайнятий в барабані деталями та абразивом не повинен перевищувати 60% об'єму барабана [2].

Крім барабанів можна використовувати пристрої, які являють собою набір модулів у вигляді похилих циліндрів та багатокутних призм (складені барабани). Розглянемо деякі пропонувані конструкції та проведемо їх аналіз (рис. 1–3) [3–5].

Барабан галтувального пристрою (рис. 1) встановлено похило відносно приводного вала 5 та містить навантажувальний отвір, закритий кришкою 9. Барабан виконаний у вигляді багатогранника, а саме призми, основами якої є правильні багатокутники з парним числом сторін – шість, вісім, десять і більше.

На рис. 2 представлено складений барабан галтувального пристрою, що виконаний хвилеподібним і з окремих, з'єднаних між собою вздовж осі обертання, трьох і більше похилих барабанів 1–4 за допомогою фланців виконаних на торцях перпендикулярно до осі обертання приводного вала, утворюючи хвилеподібний обрис, до крайніх торців складеного барабана приєднані за допомогою фланців циліндри з днищами з крайніх торців, на циліндричній поверхні цих циліндрів виконані отвори.

На рис. 3 складений барабан галтувального пристрою виконаний хвилеподібним і містить два шибери, два шибери в крайніх торцях з отворами з'єднаними з завантажувальним і вивантажувальним бункерами. Хвилеподібний барабан виконаний складеним з окремих, з'єднувальних між собою вздовж осі обертання двох і більше похилих барабанів 1–3 за допомогою фланців, виконаних на торцях перпендикулярно до осі обертання приводного вала, утворюючи хвилеподібний обрис, до крайніх торців складеного барабана приєднані за

допомогою фланців циліндри з днищами з крайніх торців, на циліндричній поверхні цих циліндрів виконані отвори, які співпадають при обертанні барабана з отворами на нерухомих циліндрах, з'єднаних з завантажувальним і вивантажувальним бункерами, а для просування вздовж барабана деталей і робочого середовища на валу встановлений шнек 6.

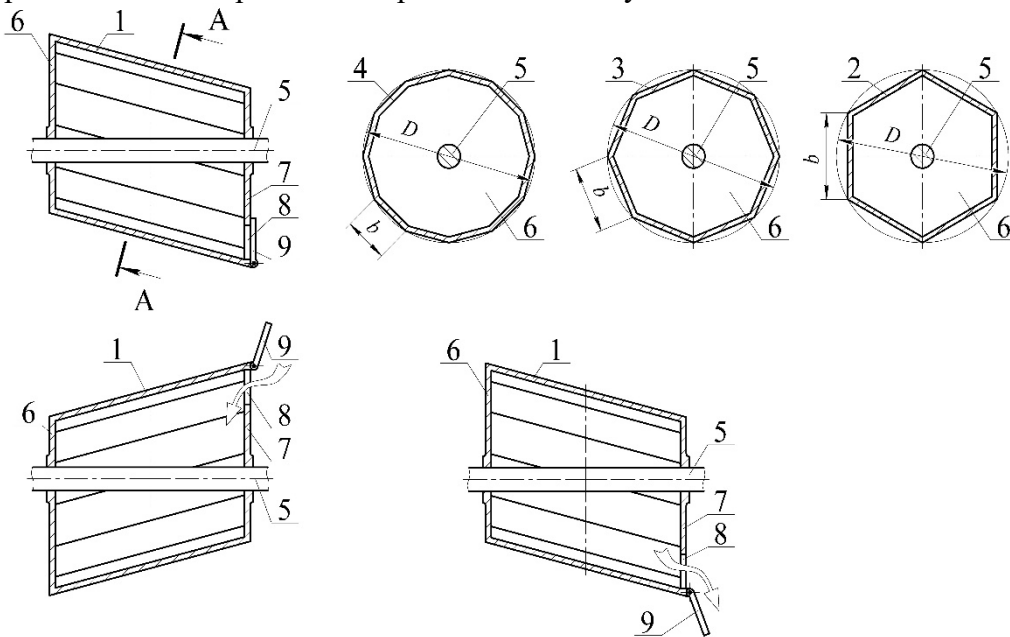


Рис. 1. Барабан галтувального пристрою

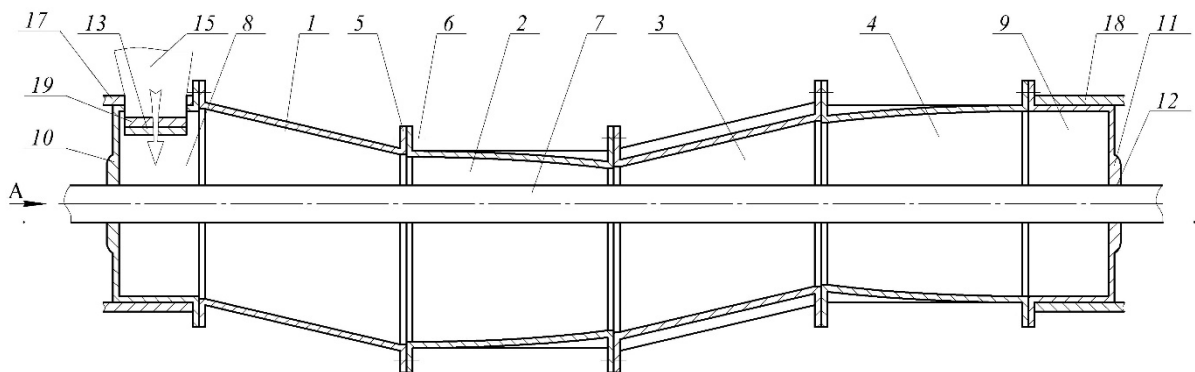


Рис. 2. Складений барабан галтувального пристрою

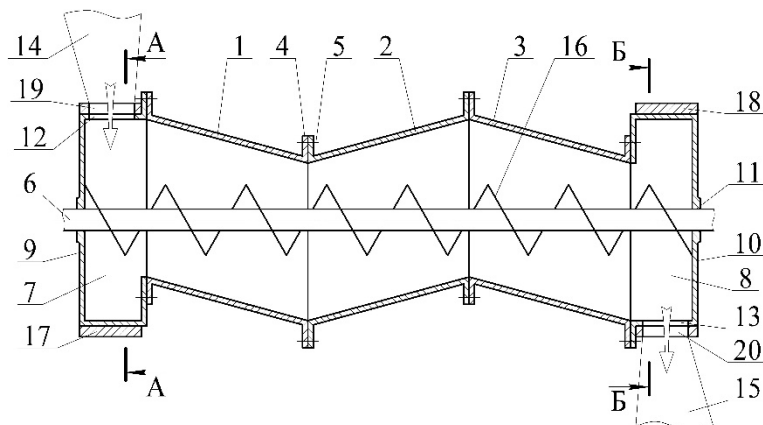


Рис. 3. Складений барабан галтувального пристрою

Відомий пристрій для галтування [6], що складається з галтувального барабана, виконаного у вигляді циліндра, встановленого похило відносно приводного вала і торцеві стінки якого розміщені перпендикулярно до осі обертання. Барабан виконаний хвилеподібним і містить два жорстко з'єднані з ним шибери з отворами, а також два шибери з отворами, які з'єднані із завантажувальним та вивантажувальним бункерами. Використання наведених пристроїв (рис. 1–3) дозволяє підвищити продуктивність технологічного процесу з галтування деталей.

1) Провівши аналіз конструкцій пристроїв для галтування [3–6], ми пропонуємо вдосконалити конструкцію галтувального пристрою, який буде складатися з барабана. Хвилеподібний барабан виконаний складеним з окремих, з'єднувальних між собою вздовж осі обертання двох і більше похилих барабанів у вигляді циліндрів або призм за допомогою зварювання. Вал, який проходить через барабан – відсутній. На крайніх торцях фланця барабана встановлено центровку барабана у вигляді циліндричних опор. Замість шнека пропонується встановити хвилеподібний циліндр. Схему роботи пристрою змодельовано засобами чотиривимірної графіки у Solid Works (рис. 4). Для більшої продуктивності праці похилі циліндри слід розвернути на 90° за допомогою вставки проміжних фланців.

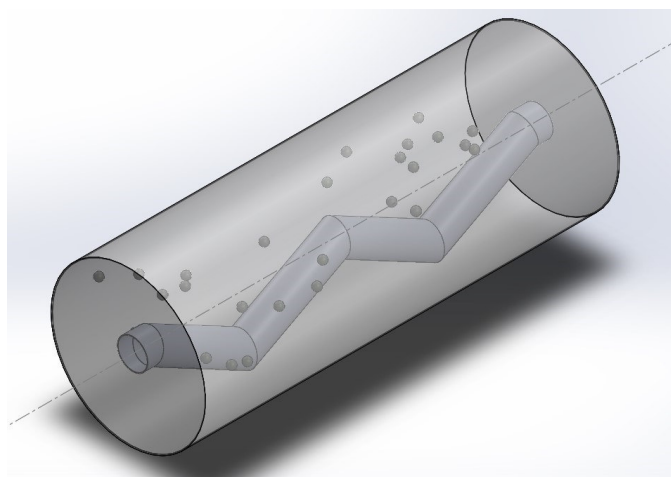
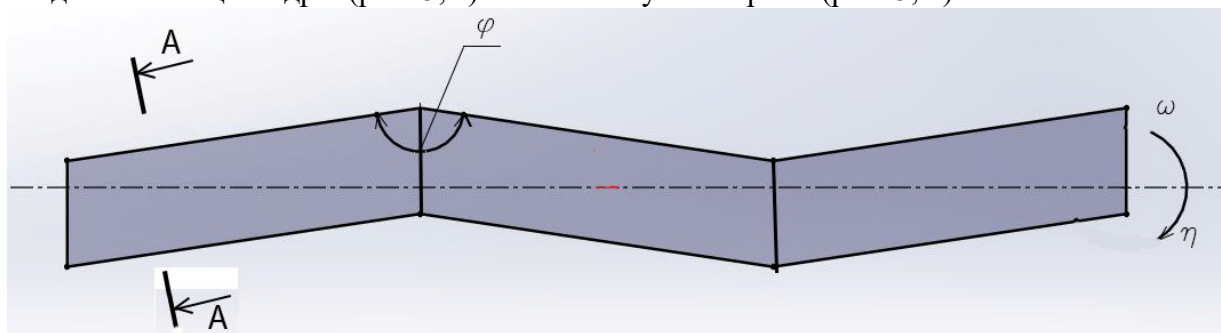


Рис. 4. Чотиривимірна графіка галтувального пристрою

На рис. 4 змодельований корпус, хвилеподібний циліндр та робоче середовище – гранули. Аналіз чотиривимірної графіки (анімація) показав, що гранули переміщуються з ліва на право вздовж барабана, отже будуть переміщатися і деталі та взаємодіяти будуть з гранулами. Переміщення гранул дає хвилеподібний циліндр. Тобто пропонується пристрій може працювати. Барабан може бути виготовлений з похилих циліндрів та призм.

Проаналізуємо, який корпус барабана може бути кращим за продуктивністю праці. Для галтовки деталей можна використати пристрій, який представляє собою набір модулів у вигляді похилих циліндрів (рис. 5, а) або шестикутних призм (рис. 5, б).



а

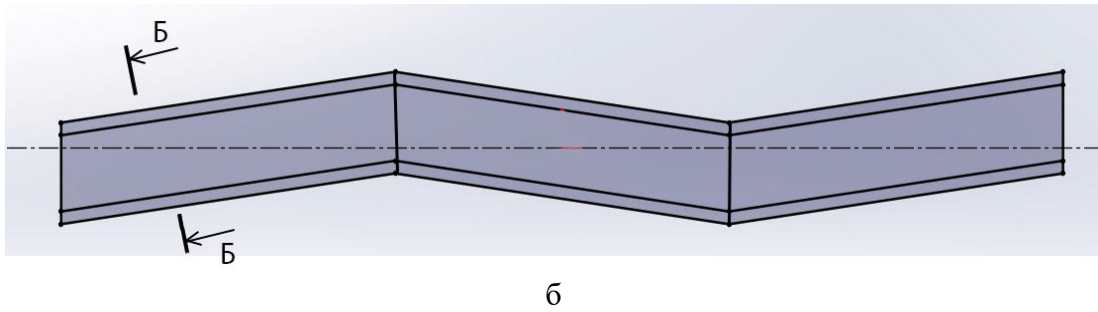


Рис. 5. Схема корпусів галтовочних складених барабанів

Як відомо, площа циліндра: $S = \pi R^2$, а площа шестикутника: $S_1 = 3hR_1$ (рис. 6).

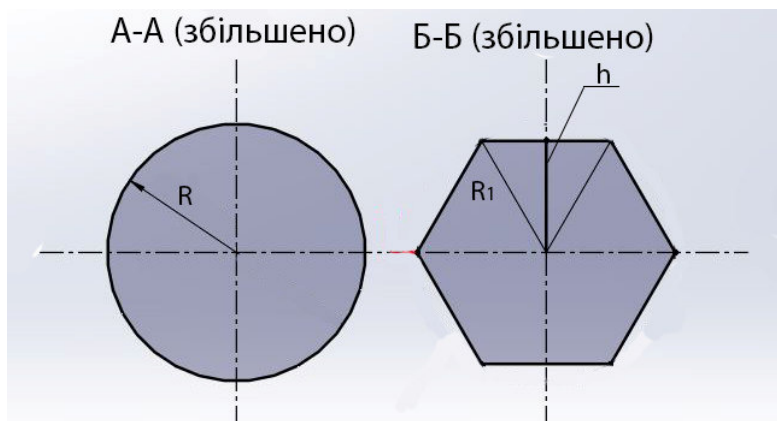


Рис. 6. Перерізи галтовочних складених барабанів

Так як $h = R_1 \cos 30^\circ = \frac{R_1}{\sqrt{2}}$, звідси $S_1 = \frac{3}{\sqrt{2}} R_1^2$. При рівності площ поперечного перерізу поверхонь $S_1 = S$, одержимо $R_1 = \sqrt{\frac{\pi}{2,12}}$ або $R_1 = 1,22R$.

Дані пристрої можуть транспортувати матеріал не тільки горизонтально по евольвентній траєкторії, але і під кутом до горизонту. Кут транспортування залежить від нахилу кута φ поверхонь (рис. 5, а, б) в модулі.

Обмеження продуктивності праці пристроїв (рис. 7) досягається тоді, коли зростання центробіжних сил по мірі зростання числа оборотів приводить до «прилипання» частинок матеріалу до стінки контейнера і до зникнення переміщення їх відносно контейнера: $F_T = F_m$; $F_{\text{ц}} = m a^n$; $F_T = m q$, так як $a^n = R \omega^2$; $\omega = \frac{\pi n}{30}$; ω – кутова швидкість.

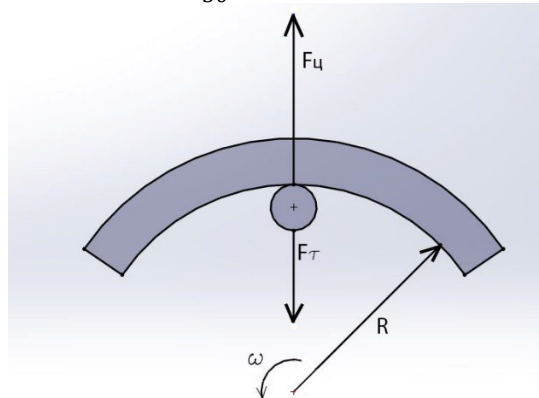


Рис. 7. Схема зусиль прикладених до частинок матеріалу

Гранично-допустиму швидкість обертання контейнера $[n]$ можна визначити із наступних виразів: $F_u = F_T$; $m a^n = m q$; $R \omega^2 = q$; $R \frac{\pi^2 n^2}{30^2} = q$; $[n] = \frac{Q}{\sqrt{R}}$ де $Q = \sqrt{\frac{q 30^2}{\pi^2}}$.

Таким чином можна констатувати:

1. Запропонована конструкція барабана для галтування, яка складається з хвилеподібного барабана виконаного складеним з окремих, з'єднувальних між собою вздовж осі обертання двох і більше похилих барабанів у вигляді циліндрів або призм за допомогою зварювання. Замість шнека пропонується встановити хвилеподібний циліндр. Конструкція є працюючою. Для більшої продуктивності праці похилі циліндри слід розвернути на 90° за допомогою вставки проміжних фланців.

2. У якості барабана доцільно застосовувати похилі шестигранні призми, так як в шестигранному контейнері частина маси деталей буде віддалена на 17,5% далі, чим в контейнері виконаному у вигляді похилого циліндра, тому і продуктивність праці буде вища.

1. ДСТУ 2491-94. Покриття металеві та неметалеві неорганічні. Терміни та визначення.

2. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием : справочник. М. : Машиностроение, 1987. 328 с.

3. Барабан галтувального пристрою : пат. України : МПК В24В 31/00 (2019.01). № u139107 ; опубл. 17.05.2019, Бюл. № 24.

4. Складений барабан галтувального пристрою : пат. України : МПК В24В 31/00 (2019.01). № u139278 ; опубл. 20.06.2019, Бюл. № 24.

5. Складений барабан галтувального пристрою : пат. України : МПК В24В 31/00 (2019.01). № u138913 ; опубл. 30.05.2019, Бюл. № 23.

6. Пристрій для галтування : пат. України : МПК В24В 31/00 (2018.01). № u129150; опубл. 05.04.2018. Бюл. № 20.

УДК 621.9

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИРКУЛЯЦІЇ СИПУЧОГО АБРАЗИВНОГО РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВІБРАЦІЙНІЙ ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ

Кондратюк Олександр, Кобилюс Олександр, Верещако Олександр

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

Важливим напрямком науково-технічного прогресу є широке впровадження передових технологій, матеріалізації обґрунтованих науково-технічних ідей, створення нових знарядь праці, систем машин, які визначають прогрес в різних галузях народного господарства. Це закладає основи виходу на принципово нові, ресурсозберігаючі технології, підвищення продуктивності праці і якість продукції. Важливе значення в забезпеченні якості машинобудівельної продукції мають високопродуктивні методи зачисної, шліфувальної і зміцнюючої обробок деталей складних профілів і малої жорсткості. Їх застосування спонукає інтенсифікації різновидних процесів, зростанню рівня механізації і автоматизації багатьох трудомістких робіт, підвищує економічну ефективність і продуктивність праці.

Роль високопродуктивних методів фінішної обробки та підвищення вимог до якості і товарного вигляду виробів привело до рішення задач з ефективною механізацією цих операцій, один із яких є вібраційний. Впровадження вібраційного оброблення з вільним завантаженням деталей в сипуче абразивне середовище, яке має велику різноманітність характеристик, являє собою згладжування мікронерівностей шляхом їх пластичного деформування частинками робочого середовища. Цей процес фінішного оброблення деталей дозволяє керувати якістю поверхні і отримувати високі експлуатаційні характеристики оброблюваних деталей в результаті цілеспрямованого керування технологічним процесом в завершальній стадії. Тому широкі технологічні можливості процесу вібраційного оброблення при виконанні фінішних операцій ставить його в число найбільш актуальних і перспективних способів механічного оброблення різних деталей машин і викликає необхідність всебічних досліджень для створення нових, а також вдосконалення існуючих вібраційних, вібраційно-відцентрованих верстатів і установок, які сприяють широкому впровадженню процесу у виробництво.

Продуктивність і якість процесу вібраційного оброблення визначає характер циркуляційного руху сипучого робочого середовища і деталей, які обробляються. Одними з основних факторів, які формують цей процес, є режими коливань, конструкції робочих камер, об'єм і ступінь їх заповнення. Всі ці фактори значно впливають на сили мікроударів, контактний тиск, траєкторії руху, які виникають в зоні дії мікроударів, швидкість і прискорення частинок робочого середовища, що характеризують інтенсивність циркуляційного процесу вібраційного оброблення.

Аналіз параметрів циркуляційного руху робочого середовища дали можливість створити декілька динамічних груп віброоброблювальних установок, які дозволяють інтенсифікацію процесів оброблення при зниженні динамічної напруженості їх елементів, зменшенні складності кінематичних схем. Досягнення різновидних режимів коливань і використання різноманітних конфігурацій робочих камер, дозволило розділити всі віброоброблювальні установки за видом циркуляційного робочого середовища на дві групи: площинний рух робочого середовища, об'ємний рух робочого середовища. Циркуляційний процес робочого середовища вібраційного оброблення в обох випадках забезпечується гармонійними, бігармонійними коливаннями робочої камери, точки який рухаються по закономірним траєкторіям, які залежать від кінематики установки. При цьому частинки робочого абразивного середовища протягом кожного періоду коливань на деяких ділянках рухаються

разом з робочою камерою і в цей період їх траєкторія і швидкість збігаються або близькі. Потім відбувається відрив частинок від стінок робочої камери у зв'язку з неоднаковими величинами і напрямками їх швидкостей та прискорень. Після відриву ці частинки здійснюють «вільний» рух з дуже складною траєкторією.

Траєкторія руху частинок робочого середовища залежить від різновидності руху робочої камери та її форми (циліндрична, сферична, торова, V-подібна та ін.), що визначає кінематичну схему вібраційної чи вібраціо-відцентрової установки і може бути:

- з площинною вібрацією робочої камери;
- з об'ємною вібрацією робочої камери;
- з простим обертанням робочої камери;
- зі складним обертотним рухом камери відносно двох або трьох власних осей;
- з кутовими коливаннями робочої камери;
- з кутовою вібрацією робочої камери, яка рухається по складній просторовій кривій;
- з планетарним рухом робочої камери;
- з об'ємною кутовою вібрацією робочої камери;
- з комбінованою (поєднання або накладання одна на одну вище наведених різновидностей) вібрацією робочої камери.

Швидкість і прискорення точок бокової поверхні робочої камери змінюється з великою частотою і приблизно рівною величиною, що визначає напрямок руху абразивного робочого середовища і інтенсивність його «кипіння» (обертання абразивної гранули навколо своєї осі). Зразком площинного руху робочого середовища наведено на рис. 1. Траєкторія руху частинок сипучого робочого середовища набуває вигляд еліпса, більші вітки якого мають різні величини радіусів. Радіус нижньої вітки буде менший від величини радіуса верхньої вітки і приблизно рівний радіусу нижньої частини робочої камери. Величина верхнього радіуса збільшується за рахунок дії на гранули робочого середовища сили тяжіння. При цьому великої різниці між нижнім і верхнім радіусами віток еліпса не спостерігається в перерізах малої величини робочої камери, зі збільшенням величини робочої камери і сталій грануляції робочого середовища різниця між радіусами зростає.

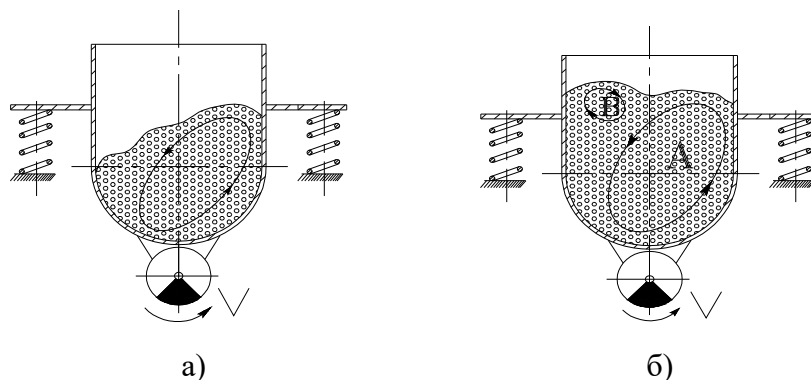


Рис. 1. Площинний рух сипучого абразивного робочого середовища

Вид циркуляції сипучого абразивного середовища також залежить від об'єму заповнення робочої камери і місця її кріплення з пружними опорами. Так при заповненні робочої камери сипучим абразивним середовищем вище точок кріплення з пружними опорами, крім основної зони руху робочого середовища А з'являється додаткова зона В еліптичного руху робочого середовища. Напрямки руху зони А і зони В завжди будуть дотичними і залежать від напрямку обертання дебалансу робочої камери.

Зразком об'ємного руху робочого середовища наведено на рис. 2. Енергетичний рівень робочого середовища можна підвищити, якщо віброуючій камері надати додаткові переміщення. Ускладнення кінематичного руху камери потрібно проводити таким чином, щоб завантажене робоче середовище піддавати одночасній взаємодії направлених вібрацій і

відцентрових сил. Траєкторія руху частинок сипучого робочого середовища в такому випадку набуває вигляд спірального еліпсоїда.

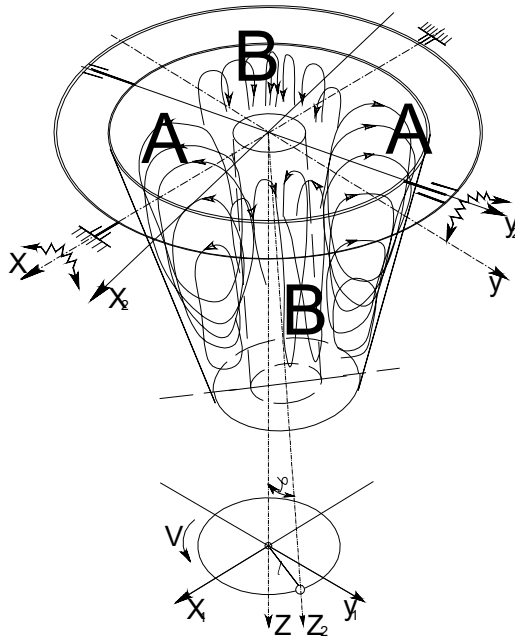


Рис. 2. Об'ємний рух сипучого абразивного робочого середовища

Спіралі еліпсоїда, починаючи від осі X до центру четверті XY , збільшуються до максимальної своєї величини, потім поступово зменшуються в напрямку до осі Y . Такий вид траєкторії циркуляції сипучого робочого середовища набуває і інших четвертях карданного підвісу робочої камери, розділивши абразивне середовище на зону A і B . Напрямок траєкторії руху в зонах A проходить від центру робочої камери до крайніх стінок робочої камери, а в зонах B напрямком траєкторій руху проходить навпаки, від стінок робочої камери до центру. Максимальна величина спіралей еліпсоїда визначається величиною кута φ , або величиною l , радіуса обертання кінця водила. Напрямок руху абразивного середовища в зонах A і B визначається напрямком обертання кінця водила.

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

1. Характеристика траєкторії руху сипучого абразивного робочого середовища, його ускладнення, що забезпечується кінематикою робочих камер, дозволяє вибрати технологічну схему вібраційного оброблення, яка має найбільш інтенсивний процес.

2. Траєкторії руху сипучого абразивного робочого середовища дозволяють визначити величину абсолютної швидкості і прискорення гранул в різних зонах робочої камери, що розширяє можливості технологічного процесу.

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*. Вип. 2(34). Рівне : НУВГП, 2006. С. 253–271.

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

4. Кондратюк О. М., Серілко Л. С., Ляшук О. Л., Галан Ю. Я. Теоретична модель процесу вібраційно-відцентрової обробки. *Вісник НУВГП* : зб. наук. пр. Рівне : НУВГП, 2007. Вип. 2(38). С. 286–293.

5. Кондратюк О. М. До слідження руху абразивної гранули відносно оброблюваної поверхні деталі при вібраційній обробці. *Вісник ТНТУ*. Вип. 2(98). Тернопіль, 2020. С. 59–68.

УДК 624.133.3

ВИЗНАЧЕННЯ СПІВВІДНОШЕННЯ ЗУСИЛЬ ЗА РІЗНИМИ ВИДАМИ РІЗАННЯ ГРУНТУ В БАГАТОЕЛЕМЕНТНИХ РОБОЧИХ ОРГАНАХ

Олександр Лук'янчук, Богдан Степанюк

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

Для розробки ґрунту в залежності від умов та типу ґрунту використовуються машини з землерийними робочими органами (ЗРО) різного типу: активні, пасивні і пасивно-активні.

Активні ЗРО розробляють ґрунт за рахунок додаткової енергії, яка подається від одного або декількох джерел енергії. Активні ЗРО значно складніші за конструкцією в порівнянні з пасивними робочими органами і мають значно меншу сферу застосування.

Пасивно-активні робочі органи розпушують ґрунт за рахунок тягового зусилля базової машини та додаткової енергії від автономного джерела, але їхнім конструкціям також притаманні недоліки активних.

Найбільшого поширення здобули ЗРО пасивного типу. Це конструкції, що являють собою одно або багатоелементні робочі органи, які розробляють ґрунт, як правило, на докритичних глибинах [1].

Всі землерийні робочі органи хоч і різні за конструкцією але мають одну спільну функцію яка полягає у відділенні елементів ґрунту від загального масиву [2]. Їх конструкція повинна бути такою щоб забезпечувати здійснення робочого процесу з найменшою енергоємністю.

Найбільш значущою складовою енергоємністю робочого процесу копання ґрунту багатоелементними робочими органами є умови різання ґрунту ріжучими елементами (різцями, зубами, скребками тощо).

Відділення стружки ґрунту від масиву може здійснюватися в умовах блокованого, асиметричного блокованого, напівблокованого та вільного різання ґрунту [3].

Конструкція багатоелементних робочих органів з розташуванням ріжучих елементів в один ряд вимагає великих затрат енергії для розробки ґрунту, кожен ґрунторозробний орган працює при блокованому різанні ґрунту. Перевагою таких типів є відносно невеликі розміри.

Розміщення ріжучих елементів під кутом у плані призводить до збільшення габаритів, однак, така конструкція вимагає менших енерговитрат на робочий процес, оскільки, при блокованому руйнуванні ґрунту працює лише передній ґрунторозробний орган. Наступні робочі органи що розміщені під кутом до переднього ґрунторозробного органу працюють при напівблокованому різанні ґрунту.

При V-подібному розташуванні ріжучих елементів зменшення енергоємності процесу розробки ґрунту відбувається за рахунок того, що передній ґрунторозробний орган працює при блокованому різанні, а два наступних які розташовуються позаду при напівблокованому різанні ґрунту.

Робочі органи з дельта подібним розташуванням ріжучих елементів вимагають дещо більших енерговитрат для розробки ґрунту у порівнянні із V-подібним розташуванням, оскільки при блокованому різанні працює вже два ґрунторозробних органи, а задній ґрунторозробний орган працює при вільному різанні ґрунту [2].

Для знаходження інших варіантів раціональної розстановки ріжучих елементів необхідно здійснити визначення співвідношення зусиль за різними видами різання ґрунту.

З цією метою скористаємося відомими розрахунковими схемами взаємодії ножа із ґрунтовим середовищем, рис. 1 [1; 4; 5; 6; 7; 8; 9].

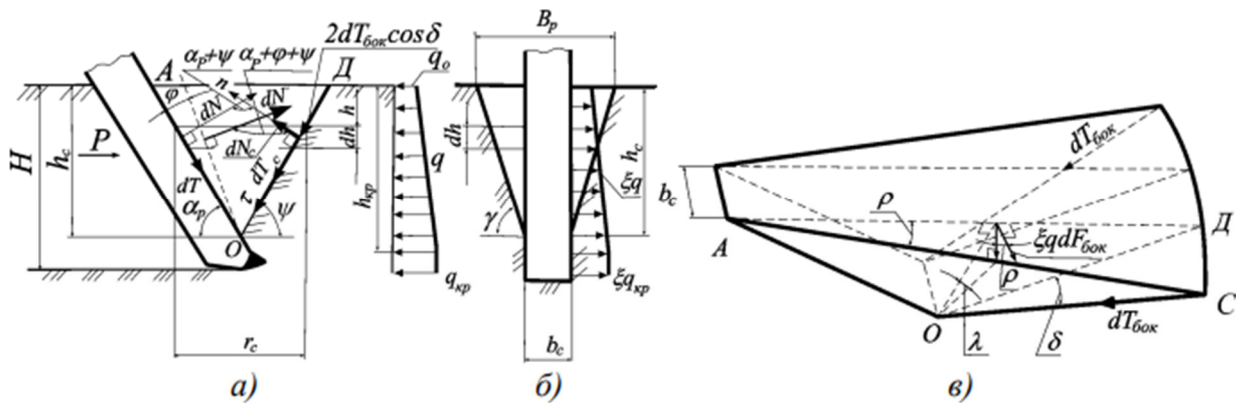


Рис. 1. Схема взаємодії ножа із ґрунтовим середовищем для блокового різання:
а – у поздовжній площині; б – у поперечній площині; в – форма елемента стружки у процесі заглиблення ножа

Згідно схем на рис. 1 умови роботи ріжучого елемента будуть характеризуватися наступними параметрами: q – закон розподілення нормального тиску на лобову площину різця по глибині; q_0, q_{kp} – відповідно мінімальний тиск на денній поверхні та максимально можливий тиск по несучій спроможності ґрунту (критичний тиск) визначається за відомими залежностями; b_p – ширина різця; φ – кут зовнішнього тертя ґрунту; α_p – кут різання різця; ψ – кут зсуву ґрунту різцем в поздовжній площині; h_c – глибина гарантованого сколу; dh – елементарна глибина різання; k_{nep} – відношення глибини гарантованого сколювання ґрунту h_c до критичної глибини різання h_{kp} ($k_{nep}=0,9\dots0,95$); H – поточне значення глибини; $dF_c, dF_{бок}, dF_{бок1}, dF_{бок2}$ – елементарні площі відповідно лобової та бокової площин сколювання; ξ – коефіцієнт бокового тиску; ρ, δ, λ – кути, які утворюються боковою площиною сколювання з вертикальною площиною; r_c – поточне значення радіуса сколювання ґрунту; γ – кут нахилу бокових площин елемента стружки до горизонту.

Для розрахунку зусиль різанню необхідно знати фізико-механічні властивості ґрунту [4], для подальшого розрахунку тиск (q) що діє на лобову площину різця по глибині; критичної глибини (h_{kp}); кута нахилу бокових площин елемента стружки до горизонту (γ); кут зсуву ґрунту різцем в поздовжній площині (ψ); (ρ, δ, λ) кутів, які утворюються боковою площиною сколювання з вертикальною площиною.

Дослідженнями [1; 6] встановлено, що найменші значення енергоємності блокового різання знаходяться в межах кута різання $\alpha_p = 20\dots30^\circ$. Тому для подальших досліджень вибраний кут різання різців $\alpha_p = 30^\circ$.

Залежності для визначення необхідних значень зусиль описані в літературі [1–9]. Щоб отримати загальне зусилля потрібно скласти та проінтегрувати в межах від 0 до h_c систему рівнянь всіх сил на нормальну (n) і дотичну (τ) осі до лобової площини сколювання [1; 4; 7; 8].

Після інтегрування і проміжних математичних перетворень отримаємо формули зусиль (1–4):

- для блокового способу різання

$$P_{блок.} = \frac{c \cdot h \cdot \cos(\psi) \cdot (b + \rho \cdot h \cdot \cot(\psi) + \rho \cdot h \cdot \cot(\alpha_p))}{\sin(\psi)} + \frac{c \cdot h^2 \cdot \cos(\psi) \cdot \cos(\delta) \cdot (\cot(\psi) + \cot(\alpha_p))}{\cos(\lambda)} + \frac{b \cdot h \cdot q_h \cdot \cos(\varphi + \psi + \alpha_p) \cdot (\sin(\psi) + \cos(\psi) \cdot \tan(\varphi_0))}{\cos(\varphi) \cdot \sin(\alpha_p)} \quad (1)$$

- для асиметричноблокованого способу різання

$$P_{ас.блок} = \frac{c \cdot h^2 \cdot \cos(\psi) \cdot (\cot(\psi) + \cot(\alpha_p))}{2} + \frac{c \cdot h \cdot \cos(\psi) \cdot (2 \cdot b + \rho \cdot h \cdot \cot(\psi) + \rho \cdot h \cdot \cot(\alpha_p))}{2 \cdot \sin(\psi)} + \frac{c \cdot h^2 \cdot \cos(\psi) \cdot \cos(\delta) \cdot (\cot(\psi) + \cot(\alpha_p))}{2 \cdot \cos(\lambda)} - \frac{b \cdot h \cdot q_h \cdot \cos(\phi + \psi + \alpha_p) \cdot (\sin(\psi) + \cos(\psi) \cdot \tan(\phi_0))}{\cos(\phi) \cdot \sin(\alpha_p)} \quad (2)$$

- для напівблокованого способу різання

$$P_{нап.блок} = \frac{c \cdot h^2 \cdot \cos(\gamma) \cdot \cos(\psi)}{2} + \frac{c \cdot h \cdot \cos(\psi) \cdot (2 \cdot b + \rho \cdot h \cdot \cot(\psi) + \rho \cdot h \cdot \cot(\alpha_p))}{2 \cdot \sin(\psi)} + \frac{c \cdot h^2 \cdot \cos(\psi) \cdot \cos(\delta) \cdot (\cot(\psi) + \cot(\alpha_p))}{2 \cdot \cos(\lambda)} - \frac{h \cdot \cos(\phi + \psi + \alpha_p) \cdot (2 \cdot b \cdot q_0 \cdot \sin(\psi) + h \cdot q_0 \cdot \cot(\gamma) \cdot \sin(\psi) + 2 \cdot b \cdot q_h \cdot \cos(\psi) \cdot \tan(\phi_0))}{2 \cdot \cos(\phi) \cdot \sin(\alpha_p)} \quad (3)$$

- для вільного способу різання

$$P_{вільн.} = \frac{c \cdot h \cdot \cos(\psi) \cdot (b + h \cdot \cot(\gamma))}{\sin(\psi)} - \frac{h \cdot q_0 \cdot \cos(\phi + \psi + \alpha_p) \cdot (\sin(\psi) + \cos(\psi) \cdot \tan(\phi_0)) \cdot (2 \cdot b + h \cdot \cot(\gamma))}{2 \cdot \cos(\phi) \cdot \sin(\alpha_p)} \quad (4)$$

Для аналітичних порівняльних розрахунків, з метою витримання докритичноглибинних умов роботи для всіх варіантів, глибину різання приймаємо рівною найменшій з сукупності критичних глибин при найменшому співвідношенні ($b/h = 0,25$) у визначених для порівняння ґрунтах ($h=0,3$ м).

Результати аналітичних порівняльних розрахунків представлено на рис. 2, де приведено залежності відносного зусилля ($\Delta P = (P_x/P_{блок}) \cdot 100$) (де P_x – зусилля різання різними способами; $P_{блок}$ – зусилля блокованого різання) від співвідношення (b/h) для різних типів ґрунтів.

Згідно рис. 2 при збільшенні ширини лемеша вплив глибини на загальне зусилля невеличесья. При блокованому різанні твердого суглинку на сталій глибині і з сталим кутом різання при співвідношенні ($b/h=0,25$) загальне зусилля різання, що виникає при блокованому різанні на 30,1% складається з лобового зусилля ($P_{лоб.} = P_{вільн.}$) і 69,9% з опору ґрунту руйнуванню в бічних розширеннях прорізу ($P_{біч.} = P_{блок.} - P_{вільн.}$). Коли ми збільшимо співвідношення у 2 рази ($b/h=0,5$) то зусилля лобового опору ножа від загального зусилля складатиме 36,3% а при ($b/h=1$) загальне зусилля різання складатиме 45,9% ($P_{лоб.}$) лобового опору ножа і 54,1% з ($P_{біч.}$) опору ґрунту руйнуванню в бічних розширеннях прорізу, а при ($b/h=4$) ($P_{лоб.}$) зросте до 72,1%.

Для інших ґрунтів прослідковується таж сама залежність яка описується тим, що при збільшенні співвідношення (b/h) опір ґрунту на лобову поверхню лемеша збільшує свій вплив на загальний опір, а опір ґрунту руйнуванню в бічних розширеннях прорізу зменшує свій вплив. В твердій глині при збільшенні ($b/h=0,25$) до ($b/h=4$) ($P_{лоб.}$) збільшиться з 30,8% до 75,8%, а ($P_{біч.}$) зменшить свій вплив на загальне зусилля різанню з 69,2% до 24,2%. В твердому супісоку залежність проявляє себе аналогічно іншим ґрунтам. При співвідношенні ($b/h=0,25$) ($P_{лоб.}$) складає 26,7% від загального зусилля і зростає до 60% при зростанні співвідношення до ($b/h=4$).

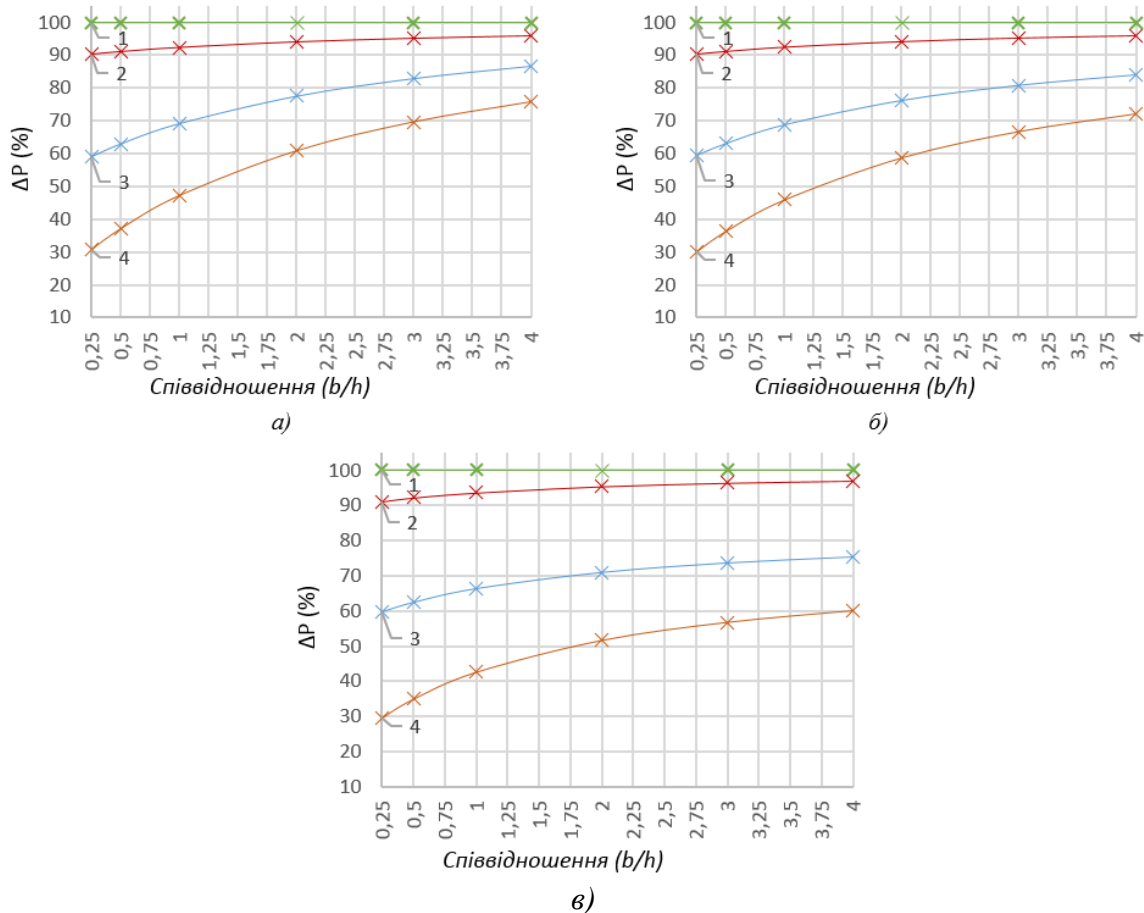


Рис. 2. Залежності відносного зусилля різання (ΔP) до співвідношення (b/h) різними способами різання в різних типах ґрунту: а) – тверда глина; б) – твердий суглинок; в) – твердий супісок; 1) – блоковане; 2) – асиметричноблоковане; 3) – напівблоковане; 4) – вільне

1. Кравець С. В., Скоблюк М. П., Стіньо С. В., Зоря Р. В. Критичноглибинні двоярусні розпушувачі : монографія. Рівне, 2018. 236 с.
2. Машина для землерийних робіт / Хмара Л. А., Кравець С. В., Нічке В. В., Назаров Л. В., Скоблюк М. П., Нікітін В. Г. Рівне-Дніпропетровськ-Харків, 2010. 576 с.
3. Кравець С. В., Супонев В. М., Гапонов О. О. Визначення критичноглибинних сил різання ґрунтів та енергоємності ланцюгово-скребкових траншейних екскаваторів. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету* : зб. наук. пр. / редкол.: А. Г. Батракова (гол. ред.) та ін. М-во освіти і науки України, ХНАДУ. Харків, 2021. Вип. 92, Т. 1. С. 192–199.
4. Кравець С. В. Теорія руйнування робочих середовищ. Рівне, 2008. 123 с.
5. Кравець С. В., Бундза О. З., Супонев В. М., Гапонов О. О. Визначення довжини лемеша та сили різання ґрунту різцями (зубами) траншейних екскаваторів. *Вісник ХНАДУ*. 2020. Вип. 88. Т. 2. С. 78–85. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2020.88.2.78.
6. Дорожні машини. Ч. 1. *Машина для земляних робіт* / Алексєєва В. А. та ін. М. : Машинобудування, 1972. 504 с.
7. Кравець С. В., Лук'янчук О. П., Нечидюк А. А. Визначення критичної глибини різання ґрунтів для землерийних машин. 36 с. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-085-8-12>.
8. Кравець С. В., Нечидюк А. А., Косяк О. В. Машина для прокладання підземних комунікацій (наукові основи створення). Рівне, 2018. 271 с.
9. Кравець С. В., Лук'янчук О. П., Хомич А. В. Вплив конструктивних параметрів двоярусного критичноглибинного розпушувача на зусилля опору різання ґрунту. *Вісник НУВГП. Сер. Технічні науки*. 2020. Вип. 1(89). С. 177–189.

УДК 629.1

ПРОГНОЗНЕ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГІЄЮ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ В УМОВАХ АВТОМАГІСТРАЛІ

Мирослав Оліскевич¹, Віктор Данчук²

*Львівський Національний університет природокористування¹
вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Львівської області, 30831*

*Національний транспортний університет²
вул. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 02000*

Нещодавні дослідження показують, що екологічне водіння може зменшити споживання енергії та викиди CO₂ під час перевезення людей і вантажів, щонайменше, на 10% [1]. Для великовагових вантажівок й автопоїздів екологічне водіння, передусім, означає правильний вибір передач і використання досить вузького інтервалу збільшення та зниження швидкості як буфера кінетичної енергії, що приводить до зменшення енергії, яка розсіюється під час гальмування. Із можливим збільшенням кількості транспортних засобів, які їздять із радарним круїз-контролем, потенціал заощадження палива завдяки технологіям екологічного водіння та екологічного круїзу зростає. Декілька виробників транспортних засобів наразі пропонують круїз-контролери, які економлять паливо, використовуючи інформацію про майбутню топографію, контролюючи швидкість у горизонті прогнозування, який щораз збільшується. Зазвичай, ці круїз-контролери знижують швидкість автомобіля під час підйому вгору, а потім він вільно котиться під час спуску. Коли топографічний профіль – прямолінійний, або відносно простий криволінійний, таку поведінку можна реалізувати за допомогою евристичних стратегій керування. Але якщо топографічний профіль є складніший, краще використовувати прогнозний контролер, який базується на оптимальному керуванні. Використання методів оптимального керування вантажіркою має додаткову перевагу в тому, що можна розширити контролер інформацією про схему руху навколишнього трафіку.

В останнє десятиліття відбулося значне зростання розвитку автономних транспортних засобів, та інтелектуальних транспортних систем, таких як підключені автономні транспортні засоби, щоб підвищити ефективність руху та безпеку [2]. Рух автомобіля в організованій колоні передбачає скоординоване водіння, уможлиблюючи невеликі проміжки між транспортними засобами при збереженні безпечної швидкості. Автомобілі у колоні можуть обмінюватися інформацією в режимі реального часу про швидкість, прискорення, відносний дорожній опір, та відстань, що дозволяє скоординовано керувати ними шляхом синхронізації їхніх маневрів. Це дозволяє їм безпечно пересуватися на високих швидкостях, зберігаючи невеликі дистанції між транспортними засобами. Однак, незважаючи на поширення автономних транспортних засобів, прогнозується, що керовані людьми транспортні засоби залишатимуться переважаючими впродовж ще декількох десятиліть [3], і водіям-людям неминуче доведеться взаємодіяти з автономними колонами, інфраструктурою і навпаки. Один із прикладів цього сценарію змішаного руху показано в дослідженні [4], де людина керує автомобілем позаду колони автономних. Змішана колона транспортних засобів складається, переважно, з N з'єднаних автономних (CAV), що позначаються як A_1, A_2, \dots, A_N , а також автомобіля, керованого людиною (HV), що їде позаду. В колоні автомобілі обмінюються інформацією в реальному часі, такою як швидкість, прискорення та відстань, за допомогою топології двонаправленого зв'язку один за одним. Однак, немає зв'язку між CAV і HV. На відміну від сценаріїв, коли HV взаємодіє з одним AV, який не співпрацює з колоною попереду, AV можуть координувати свою поведінку, щоб уможливити безпечнішу взаємодію між наступним HV і останнім AV у колоні.

Групування – це метод керування кількома транспортними засобами для спільного водіння [1], що є фундаментальною технологією в автоматизованих системах доріг [2]. Зокрема, десятиліттями активно досліджується *платунінг* вантажівок [3]. Перевагою групування вантажівок є збільшення транспортної спроможності та водночас зниження людських витрат завдяки безпілотній експлуатації вантажівок-наслідників. У групі вантажівок кожен послідовник має визначати відносне положення та швидкість вантажівки попереду за допомогою датчиків, таких як лідар, і камер для виявлення інших вантажівок (особливо вантажівки, що їде попереду), а також обміну даними між вантажівками.

Робота безпілотників також важлива для реальних застосувань, таких як спостереження за завантаженістю трас, пошук доріг і доставка вантажів на останній милі. Вони припускають застосування GPS для цих додатків, однак робота в приміщеннях, де GPS недоступний, також має вирішальне значення для інспекції тунелів, інспекції мостів, складування та інших перешкод. Безпілотні літальні апарати (дрони) здатні розпізнавати поточні координати декількох транспортних засобів одночасно, визначати густину та інтенсивність транспортного потоку. Однак, безпілотники мають три вагомні недоліки, що унеможлиблює їх застосування для управління енергоощадного руху. По-перше, вони не можуть визначити дійсний рельєф місцевості, тобто розпізнати вертикальний профіль дороги. По-друге, дрони оснащені, переважно, відео-сенсорами (камерами), які розпізнають образи транспортних засобів на дорозі, що при великій кількості природно-кліматичних та штучних перешкод ефективність розпізнавання сильно зменшується. Не допомагають при цьому й спеціально розроблені алгоритми. Було опубліковано декілька теоретичних досліджень польоту безпілотників, тоді як про експерименти польотів безпілотників у реальному середовищі не повідомлялося. Хоча багато дронів можуть рухатися швидше, ніж вантажівки, і не повинні дотримуватися певного маршруту, якщо можна уникнути заборонених зон польоту (обмеження повітряного простору), їхня дальність руху загалом – обмежена. По-третє, існує проблема відносно короткого діапазону польоту та обмеженої пропускної здатності, які можуть бути вирішені, а корисність дронів може бути ще більше покращена, якщо дрони використовуватимуться з наземними транспортними засобами (наприклад, вантажівками) у тандемі. Звичайно, замість вантажних автомобілів можна використовувати звичайний легковий автомобіль або інший наземний транспорт. У цьому дослідженні ми використовуємо термін «вантажівка», якщо не вказано інше для позначення наземного транспортного засобу для стислості.

Нерухомі об'єкти інфраструктури магістральної дороги, які фіксують параметри транспортного потоку, мають також обмеження з ефективного застосування. Так, враховуючи складність зберігати, обробляти й використовувати великі обсяги даних, які є основою роботи нерухомих пристроїв відеофіксації магістралей, їх використовують лише для критичних (аварійних, протиправних) ситуацій на магістралі. Із задачами оперативного керування транспортним потоком на магістралях стаціонарні дорожні засоби спостереження справитись не можуть.

Ми запропонували новий підхід, який поєднує засновану на первинних принципах модель поведінки людини-водія та керовану даними модель САV, навчену на даних симулятора в циклі, для моделювання HV в налаштуваннях відстеження швидкості. Ставилась мета удосконалити круїз-контролер автомобіля зі зменшенням витрати палива. Витрата палива під час одного транспортного циклу моделюється з використанням квазістаціонарного припущення:

$$E_{Ef} = f(M_{\delta}, E_V, i), \quad (1)$$

де M_{δ} – крутний момент двигуна, E_V – кінетична енергія автомобіля, необхідна на подолання опору руху, i – номер увімкненої передачі.

Рівняння зміни кінетичної енергії автомобіля є досить складне з аналітичної точки зору. Іноді воно не має гарантованих розв'язків при великій кількості крайових умов. Однак, це

рівняння можна дискретизувати за пройденою відстанню на основі припущення, що параметри опору руху є сталими на достатньо малій дистанції s_k , де k – номер послідовної ділянки. Для простоти припускається, що вантажівка рухається на ділянці магістралі зі сталим обмеженням швидкості. Водій вводить в круїз-контролер бажану середню швидкість v_0 і відповідні максимальну та мінімальну швидкості v_{max} , v_{min} . Мета, яку мінімізує система прогнозного керування, полягає в поєднанні споживання палива, втрат від перемикання передач і втрат комфорту:

$$J = \sum_{k=1}^N \left(E_{Ef}(k) s_s + h(k(k), k(k-1)) + w_c(\cdot, k) \right), \quad (2)$$

де E_{Ef} – витрата палива, h – функція втрат від перемикання передач, w_c – функція втрат через комфорт.

Збільшення втрат комфорту означає, що деяке збільшення витрат палива допускається заради більш плавної траєкторії швидкості без швидких змін прискорення та крутного моменту трансмісії. Щоб запобігти перемикаючому керуванню, яке призводить лише до невеликого приросту витрати палива за рахунок комфорту та підвищеного зносу деталей, функція втрат через перемикаючому керуванню h , може бути встановлена вищою, ніж фактична енергія фактично витраченого палива, необхідна для виконання перемикаючому керування. Ґрунтуючись на припущенні, що вантажівка залишатиметься на початково вибраній смузі дороги, а не буде обганяти інші автомобілі, прогнозування руху транспортних засобів попереду можна перевести на нижню межу тривалості подорожі. Задача (2) є змішаною цілочисельною задачею математичного програмування. Розв'язки її є відомими, але для простих умов руху при нескладній топології дороги. Із зростанням складності профілю і плану дороги, а також при зміні транспортних умов задача стає *NP*-складною, тобто не має точного розв'язання за допустимий час. Для того, щоб уникнути обчислювального навантаження, нами запропоновано нова ієрархічна архітектура системи керування змішаною колоною CAV і HV, яка призводить до меншої обчислювальної складності за рахунок збільшення кількості інформаційних потоків. Архітектура ієрархічного керування має один рівень керування в реальному часі, який приводить в дію керуючі рішення, і два рівня прогнозного керування, які планують швидкість і стратегію перемикаючому керуванню передач і які працюють у різних часових масштабах з різною частотою оновлення, горизонтами прогнозування та абстракціями моделі. Верхній рівень керування відповідає за планування еталонного значення швидкості автомобіля, яке надсилається на круїз-контролер, а також за оптимізацію перемикаючому керуванню передач, що відбувається на нижньому рівні прогнозованого керування. Під час кожного оновлення задача оптимізації ініціалізується поточним динамічним станом, часом у дорозі, бажаним загальним часом у дорозі (або бажаною середньою швидкістю), інформацією про топографію дороги та обмеження швидкості, а також передбаченням руху навколишніх транспортних засобів у межах горизонту прогнозування. Передбачається, що прогнозування руху навколишніх транспортних засобів базується на радіолокаційній інформації і/або зв'язку між транспортними засобами, нерухомими дорожніми об'єктами (лагами) та безпілотними повітряними автоматично керованими апаратами. Щоб мати можливість реагувати на зміни в прогнозованій моделі руху навколишніх транспортних засобів, оптимізація повинна бути оновлена приблизно на частоті до 5 Гц.

Нижній прогностичний контрольний рівень відповідає за вибір передачі, яка мінімізує функцію (2) для заданої швидкості автомобіля у потоці. Оскільки опорне значення швидкості дається з оптимізації на верхньому рівні та передбачається, що воно точно дотримується, залишається проблема оптимізації низької складності лише з цілочисельними змінними стану: передача та двигун увімкнено/нейтрально. Цю проблему можна вирішити в режимі реального часу за допомогою динамічного програмування на принципі Беллмана, на наявних у даний момент електричних блоках керування, використовуючи частоту оновлення, більшу, ніж 0,2 с, і горизонт прогнозування – понад 1 км. На рівні керування в реальному часі круїз-контролер

відстежує задану швидкість з обмеженням відстані до транспортного засобу, що є попереду. Круїз-контролер генерує запит на прискорення, який розподіляється для двигуна, сповільнювача трансмісії, та механічних гальм на основі найнижчого пріоритету використання механічних гальм. За результатами виявлення радіосигналів від нерухомих об'єктів магістралі та дронів оцінюється відносно 3D-положення автомобіля і здійснюється прогнозування його наступних транспортних та дорожніх умов.

Схема архітектури системи керування рухом CAV і HV об'єктів на магістральній дорозі показано на рис. 1.

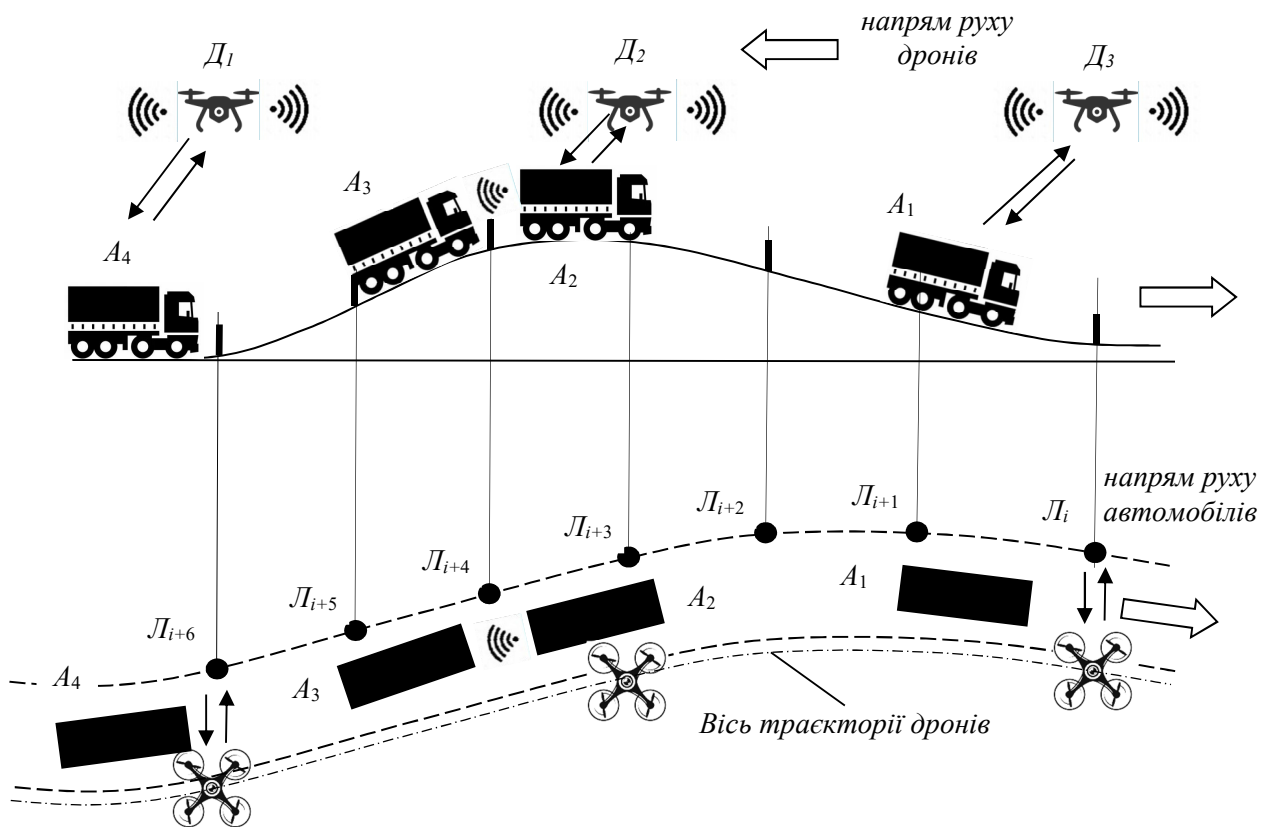


Рис. 1. Схема динамічної автоматизованої системи керування: $A_1 \dots A_4$ – автомобілі, L_i – нерухомий дорожній об'єкт (лаг), $D_1 \dots D_3$ – дрони

Система забезпечена неперервним потоком дронів, які рухаються назустріч транспортному потоку заданого напрямку дороги з необхідною для безперервного Wi-Fi зв'язку дистанцією. Такий напрям руху, а також наявність Wi-Fi зв'язку між сусідніми дронами дає можливість застосовувати відносно дешеві безпілотики, які не мають високої швидкості польоту, яка мала б перевищувати швидкість транспортних засобів. Ланцюг дронів дає можливість застосовувати їх в допустимому часовому діапазоні запасу їх ходу по заряду. Безпілотики пролітають над транспортним потоком між опорними, або вузловими пунктами магістральної мережі. Дрони обмінюються інформацією з транспортними засобами у потоці та нерухомими лагами магістралі за допомогою лише радіосигналів. Це суттєво зменшує перешкоди і шуми передачі сигналів, порівняно з відео-спостереженням. В свою чергу, дорожні лаги є засобами оперативного зберігання і обробки інформації, яка надходить лише з дронів. Це дає змогу уникнути похибок прийому-передачі в разі наявності декількох смуг руху і виконання автомобілями маневрів обгону. Оскільки дрони рухаються в рівномірному потоці зі сталою швидкістю, а лаги є нерухомими, то це дає змогу з допустимою похибкою визначити швидкість і прискорення автомобілів, а також спрогнозувати цю швидкість на достатню

дистанцію.

Для експериментів ми використовуємо три дрони; один – провідний, а інші – супроводжуючі. Застосовано сенсор відносного положення дрона попереду. Поле зору дрона становить 82,6 градусів. Відстань до сусіднього безпілотнока попереду оцінюється за допомогою області обмежувальної рамки. Роботу такої системи було змодельовано в режимі реального часу за допомогою системи імітації Simulink. Об'єкти транспортного потоку можуть об'єднуватись в групи. На рис.1 ми бачимо одну таку групу, – автомобілі A_2 і A_3 . Автомобілі групи можуть бути автономними, тоді вони ще обмінюються інформацією про відповідність вибраних режимів дорожнім умовам та щільності транспортного потоку. Група створюється на основі доступності й стійкості телеметричних сигналів. Кількість автомобілів N , які увійшли в цю групу, залежить від технічної досконалості системи передачі сигналів та від щільності транспортного потоку. В зв'язку з цим ступінь невизначеності при прийнятті рішення кожним A_i залежить від тісноти зв'язків між ними. Важливою перевагою групи в даній системі є те, що набута групою інформація не втрачається, а нагромаджується і зберігається для наступних об'єктів, які порівнюються із зустрічним дроном.

Концепцію нової системи керування запропоновано нами, на основі двох відомих попередніх. Зміст її полягає у тому, що об'єктами її є, крім групи автомобілів, які обмінюються повідомленнями, ще й нерухомі об'єкти – лаги магістральної дороги, що сприймають, запам'ятовують та передають інформацію черговій групі автомобілів, які до них наближаються, а також безпілотні автоматизовані літаючі об'єкти. Вона функціонує як комплексна автоматична система керування (КАСК). Група автомобілів, отримавши вектор вхідних сигналів від власних бортових систем, опрацювавши їх, та вибравши за допомогою КАСК адекватні режими руху, передає отриману інформацію найближчому зустрічному дрону, а той, у свою чергу, – стаціонарному дорожньому об'єкту – лагу L_i . Горизонт спостереження і, відповідно, прогнозування такої системи є значно більший, ніж аналогів. Проводиться дослідження на предмет збільшення горизонту прогнозування до 5 км автостради. Нерухомих лагів вздовж магістралі є стільки, скільки потрібно для забезпечення стійкості інформаційного зв'язку мобільних об'єктів. Лаг L , водночас, передає у КАСК ту інформацію, яка набута ним від попередньої групи автомобілів і визначає миттєву необхідну швидкість автомобілів з транспортних і дорожніх умов.

На магістралі, очевидно, можуть виникати такі ситуації, коли дистанція між АТЗ є дуже великою, тому сигналами вони не обмінюються. Коли група автомобілів після такої часової прогалини порівнюється з лагом L , то може обмінятися з ним інформацією і, відповідно, самонавчатись. Таким чином, нерухомі дорожні об'єкти по чергово стають елементами КАСК, а розриву інформаційних потоків немає. Це означає, що в міру нагромадження інформації система стає досконалішою. Якість керування КАСК напряму залежить від щільності транспортного потоку.

Таким чином, у запропонованій методиці прогнозування умов руху і режимів швидкості автомобілів, а також алгоритмі контролю горизонт прогнозування є одним з ключових факторів, який впливає на якість керування потоками на магістральній транспортній мережі. Методика вибору швидкості автомобілів в умовах змінних дорожніх і транспортних умов враховує вплив на прийняті рішення кількості й обсягу інформаційних повідомлень. В методиці застосовано вибір потенційно ефективних рішень на основі евристичного алгоритму.

1. Barkenbus, Jack N. Eco-driving: An overlooked climate change initiative. *Energy policy*. 2010. Vol. 38.2. P. 762–769.
 2. Tsugawa S., Jeschke S., Shladover Se. A review of truck platooning projects for energy savings. *IEEE Trans Intell Vehicles*. 2016. Vol. 1(1). P. 68–77.
 3. Johannesson, L. et al. Predictive energy management of hybrid long-haul trucks. *Control Engineering Practice*. 2015. Vol. 41. P. 83–97.
 4. GUANETTI J., KIM Y., BORRELLI F. Control of connected and automated vehicles: State of the art and future challenges. *Annual reviews in control*. 2018. Vol. 45. P. 18–40.
-

УДК 621.87

КЕРОВАНА ПРОТИВАГА У КРАНІ З ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНОЮ СТІЛОВОЮ СИСТЕМОЮ

Дмитро Паламарчук, Ілля Санкін

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

Сукупність задач пов'язаних з підвищенням надійності вантажопідіймальних машин, покращення експлуатаційних показників та розширення їхніх функціональних можливостей гостро постає під час вдосконалення існуючих та конструювання нових кранів. Важливим завданням при експлуатації кранів з шарнірно-зчленованою стріловою системою (ШЗСС) є скорочення тривалості робочого циклу перевантаження та збільшення міжремонтного циклу крана.

Однією з причин підвищених навантажень на ланки стрілової системи є нерівномірність руху вантажу та його надмірні коливання. Розгойдування вантажу на гнучкому канатному підвісі викликає збільшені динамічні навантаження на металоконструкцію всієї ШЗСС, привід механізму зміни вильоту, опорний портал, тощо [1]. Крім того, розгойдування вантажу стає причиною утруднення його точного позиціонування, що призводить до ускладнення умов праці обслуговуючого персоналу, а також змушує кранівника-оператора весь час працювати у напруженні [1; 2].

Методи усунення коливань вантажу, що застосовуються в мостових та козлових кранах [3], в більшості, не можуть бути використані для кранів із ШЗСС, оскільки існує нелінійна залежність взаємозв'язку між кутовою координатою ротора електродвигуна та горизонтальною координатою переміщення вантажу.

Особливою причиною збільшення коливань вантажу, що притаманна кранам з ШЗСС, є неповна врівноваженість стрілової системи (рис. 1) з вантажем за допомогою поворотної противаги.

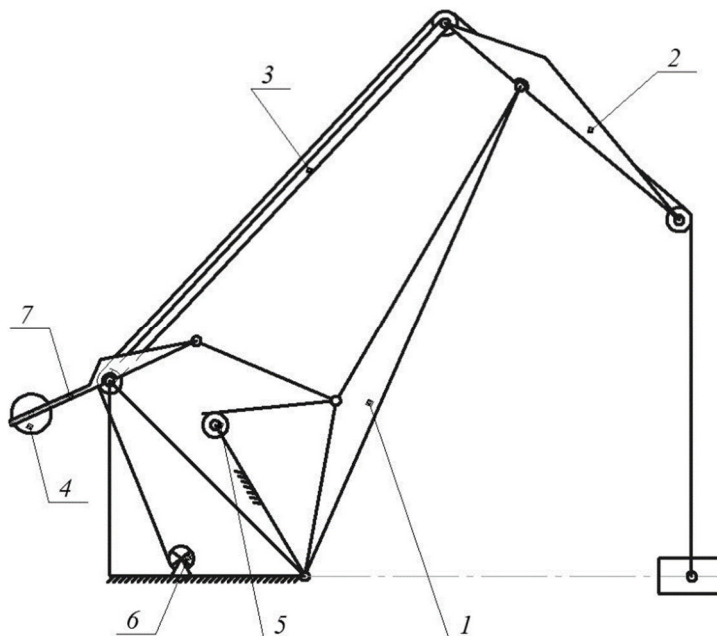


Рис. 1. Кінематична схема стрілової системи: 1 – стріла; 2 – хобот в зборі з контрхоботом; 3 – жорстка відтяжка; 4 – противага; 5 – механізм зміни вильоту; 6 – механізм підймання вантажу; 7 – напрямні кронштейни противаги

Зрозуміло, що така противага з постійною масою не може повністю врівноважувати як навантажену, так і розвантажену стрілову систему.

Тому, пропонується здійснити вдосконалення конструкції механізму врівноваження стрілової системи, для забезпечення повного її врівноваження, а також зменшення навантаження на приводний механізм. Таке поставлене завдання досягається тим, що в механізмі врівноваження крана з ШЗСС та горизонтальним переміщенням вантажу, нерухому противагу замінено на рухому.

Для приведення противаги в рух запропоновано електромеханічну систему керованого приводу противаги (рис. 2).

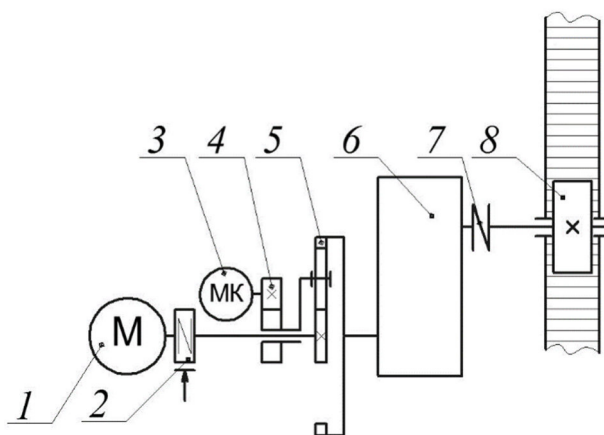


Рис. 2. Механізм приводу противаги з диференціальним редуктором керування

Така електромеханічна система керування рухом противаги складається з: основного електродвигуна приводу 1, гальма 2 з електрогідравлічним керуванням, керуючого крокового електродвигуна 3, циліндричної зубчастої передачі 4, диференціального редуктора 5, понижувального циліндричного або ж черв'ячного редуктора 6, муфти 7 та приводної шестерні 8 із зубчастою рейкою 9. При цьому, рух противаги здійснюється вздовж напрямних кронштейнів (рис. 1, поз. 7), що обладнані зубчастими рейками. Цей механізм приводу противаги (рис. 2) вмонтовано в саму противагу. На напрямні противага встановлюється за допомогою шестерень приводу 8.

Механізм зміни вильоту разом з механізмом приводу противаги працюють наступним чином.

При прямій зміні вильоту стрілової системи (рис. 1) «від себе» (рух від мінімального до максимального значення) відбувається поворот стріли 1 за годинниковою стрілкою навколо нижнього шарніра і тяга, яка шарнірно закріплена одним кінцем із стрілою, спричиняє поворот кронштейнів 7 на яких знаходиться противага 4 за годинниковою стрілкою. Синхронно з увімкненням електродвигуна механізму зміни вильоту вмикається електродвигун механізму противаги, і забезпечує рух противаги вліво вздовж напрямних кронштейнів. Такий рух дозволяє збільшити плече противаги відносно точки обертання стріли.

При зворотній зміні вильоту стрілової системи (рис. 1) «до себе» (рух від максимального значення до мінімального) відбувається поворот стріли 1 проти годинникової стрілки навколо нижнього шарніра і тяга, яка шарнірно закріплена одним кінцем із стрілою, спричиняє поворот кронштейнів 7 противаги 4 проти годинникової стрілки. Синхронно з увімкненням електродвигуна механізму зміни вильоту вмикається електродвигун механізму противаги, і забезпечує рух противаги вправо вздовж напрямних кронштейнів. В цьому випадку, рух дозволяє зменшити плече противаги відносно точки обертання стріли.

Застосування запропонованого механізму врівноваження дозволяє повністю зрівноважити стрілову систему крана, під час зміни її вильоту, і як наслідок зменшити пружні

коливання ланок, а також зменшити навантаження на механізм приводу. Повне врівноваження забезпечується керуванням плеча противаги відносно нижнього шарніру стріли.

Сучасні системи керування механізмом зміни вильоту ШЗСС забезпечують зміну вильоту за деякими законами, що дозволяють мінімізувати коливання вантажу [4; 5]. При цьому, електромеханічна система керування, що включена до механізму приводу противаги дозволяє дискретно керувати рухом противаги у відповідності до законів механізму зміни вильоту. Тут важливо забезпечити синхронність роботи обох механізмів.

Використання крокового двигуна у такій системі керування рухом противаги має наступні переваги: можливість швидкого розгону, гальмування і зміни напрямку руху; залежність обертів двигуна від дискретних імпульсів дозволяє керувати основним електродвигуном приводного механізму без зворотного зв'язку; можливість забезпечення дуже низьких швидкостей обертання при максимальному навантаженні; широкий діапазон швидкостей обертання отримуваний завдяки тому, що швидкість пропорційна частоті вхідних імпульсів [6].

1. Ловеїкін В. С., Паламарчук Д. А., Ішук В. В. Вплив розгойдування вантажу на ефективність кранів із шарнірно-зчленованою стріловою системою. *Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини*. 2012. № 80. С. 22–29.

2. Ловеїкін В. С., Паламарчук Д. А. Оптимізація режимів руху шарнірно-зчленованої стрілової системи крана : монографія. К. : ЦП «Компринт», 2015. 224 с.

3. Подоляк О. С., Родіонов Л. А., Павлова А. О. Математична модель процесу гасіння коливань металоконструкції стрілових систем кранів. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»* : зб. наук. праць. Тематичний випуск: *Машинознавство та САПР*. 2009. № 28. С. 88–91.

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. *Опир матеріалів і теорія споруд*. К. : КНУБА, 2021. Вип. 106. С. 221–235. URL: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2021.106.221-235>. (дата звернення: 26.04.2023).

5. Keqin L. I. 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.

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

УДК 621.791:620.18

ЗАСТОСУВАННЯ НАНОАЛМАЗІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕНОГО ШАРУ НАПЛАВЛЕННЯМ

Іван Рибалко, Олександр Тіхонов, Микола Полунін

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

В даний час наплавлення при відновленні деталей залишається одним з способів, що найбільш використовуються.

Проводити локальне відновлення деталей із вуглецевих сталей легованим наплавним дротом або легуючими порошками не завжди доцільно. При використанні даних матеріалів відбувається підвищення напруженого стану, зміна локальних властивостей та зниження однорідності зношування робочого шару. Для зменшення ступеня впливу цих факторів рекомендується використовувати дозоване введення разом з вуглецевим дротом наноалмазів. Мета роботи – розробка способу відновлення, що підвищує властивості робочого шару литих деталей при локальному відновленні їх із вуглецевих сталей з дозованим введенням наноалмазів при наплавленні. Метод особливо ефективний як під час ремонту поверхневих дефектів, і їх реновації у процесі зносу.

Для рівномірного введення наноалмазів використовували спосіб наплавлення, при якому їх подавали разом із дротом [1; 2]. Для дозованого введення наноалмазів на дріт наносили насічки і за допомогою спеціального обладнання покривали їх клейовою речовиною, які потім заповнювали нанопорошком, і ці зони ущільнювали. При відновленні литих деталей з вуглецевих та низьколегованих сталей марок 30ГСЛ, 20ГЛ, використовували низьколегований дріт (Св08Г2С) Ø1,2 мм, на який наносили насічки (рис. 1) притисканням роликів з виступами на поверхні.

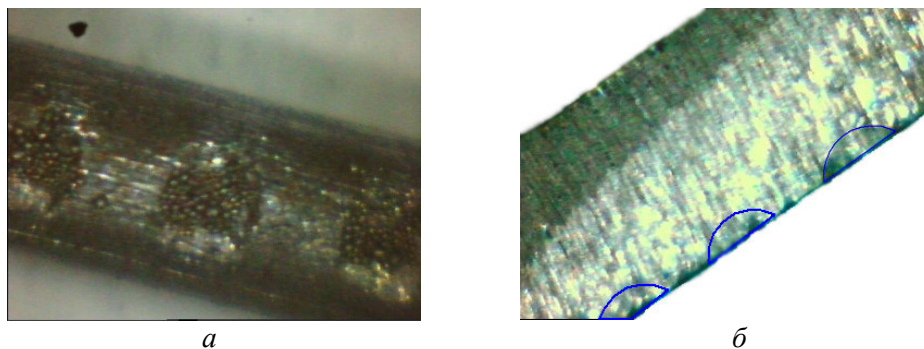


Рис. 1. Насічки заповнені наноалмазами (а), переріз дроту по осі (б), $\times 200$

Залежно від зусилля притискання роликів 0,15–0,90 кН розмір насічок знаходився в межах: 0,32–0,74 мм, а їх глибина досягала 0,10–0,29 мм (рис. 1, б).

Оптимальні параметри нанесення покриттів з наноалмазами, які забезпечують їх однорідний розподіл у рідкій ванні та при кристалізації відповідають:

- параметрами наплавлення: сила струму – 160 А; напруга 20 В; зсув дроту з zenіту – 2 мм; швидкість подачі дроту – 0,04 м/с; частота обертання деталі Ø35 мм – 2 об/хв.

- сила притискання роликів 0,30–0,60 кН, при якій забезпечуються глибина насічок – 0,13–0,19 мм, Ø0,35–0,52 мм. При цьому висота зубців притискних роликів відповідає $h=1$ мм з відстанню між ними $L=1$ мм. Діаметр ролика, що притискає, повинен бути Ø50 мм.

При використанні параметрів нижче оптимальних не досягається зміцнення та рівномірність необхідного розподілу наноалмазів у відновленому шарі.

При використанні параметрів на вищому рівні (при нанесенні насічок глибиною $>0,19$ мм і $\varnothing >0,52$ мм) від оптимальних значень не формується хвилястої перехідної зони, і наноалмази осідають у зоні розподілу, сприяючи формуванню їх скупчень і тріщин.

Таким чином, розроблений спосіб дозволяє зміцнити відновлений робочий шар дозованим за часом введенням наноалмазів при наплавленні в кількості 0,2–0,3% від маси дроту і за рахунок цього забезпечити підвищення його мікротвердості, сформувати хвилясту і протяжнішу перехідну зону, що підвищує міцність зчеплення із основою.

Наноалмази виявлені були в немагнітній фракції детонаційної шихти. В детонаційній шихті, яку вводили в наплавлення, найбільшу концентрацію мають компоненти 3,37–3,43% C, 3,14% Cu та 2,9% Fe (3–5).

В основу методу поставлено завдання відновлення зони дефекту або зношеної поверхні, які зачищають, а потім відновлюють з використанням вуглецевого або низьколегованого дроту, на який наносять насічки заданої форми, заповнюють їх порошками наноалмазів з подальшим їх ущільненням і закріпленням клеєм.

Враховуючи той факт, що наноалмази не піддаються розчиненню при температурі наплавлення 1550–1600° C, (вони розчиняються при температурі 4000° C), для однорідного розподілу необхідно застосовувати дозоване, рівномірне введення, для виключення осідання в рідкій ванні. Це стосується, зокрема, і багат шарового наплавлення. Саме цю проблему вирішували на основі дозованого введення наноалмазів. В цьому випадку незначна частина наноалмазів осідала, і в цій зоні розпочинався процес кристалізації граничної ділянки. Там, де алмази не осідали, мало місце більше розплавлення основи деталі, що сприяло формуванню хвилястої границі сплавлення. При цьому досягається не тільки зміцнення відновленого шару, а й перехідної зони, яка поширюється від рівної (рис. 2, а) до хвилястої (рис. 2, б) і характеризується наявністю перепадів від 15 до 30 мкм.

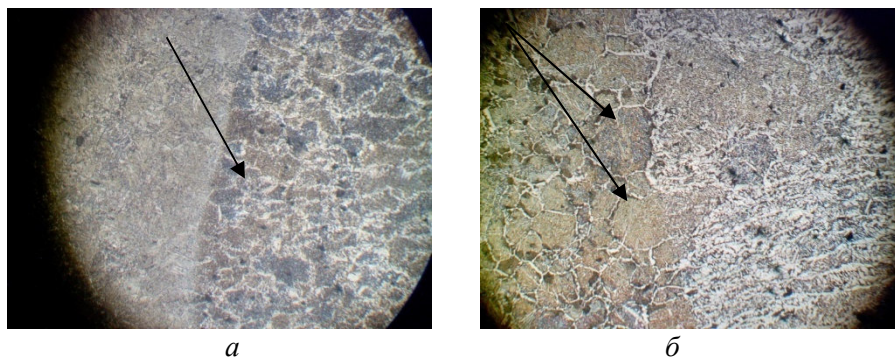


Рис. 2. Мікроструктура перехідної зони при наплавленні:
а – без введення наноалмазів, б – з дозованим введенням наноалмазів, $\times 1000$

Дозоване введення наноалмазів сприяє рівномірному розподілу їх по перерізу відновленого шару. При відновленні шарі з домішкою наноалмазів мікротвердість зростає з Н 50–185 до Н 50–321.

Оптимальною кількістю введених наноалмазів є частка, що становить 0,2–0,3% маси дроту. При меншому відсотку наноалмазів не забезпечується підвищення мікротвердості при відновленні шару наплавленням. При більшому відсотку наноалмазів $<0,3\%$ призводить до неконтрольованого випадання їх на межу розподілу наплавленний шар-основа (рис. 3, а). При значному перевищенні вмісту наноалмазів не формується хвиляста границя, в ній можлива поява тріщин (рис. 3, б).

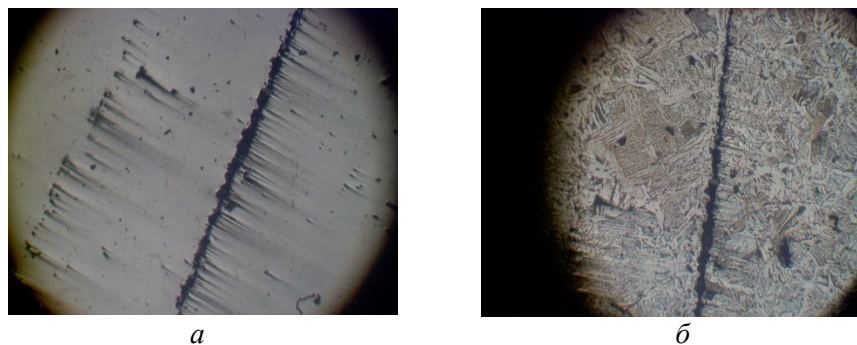


Рис. 3. Мікроструктура границі наплавлений шар-основа при введенні наноалмазів 0,4% по відношенню до частки дроту, що наплавляється, $\times 1000$

В результаті дослідження було запропоновано спосіб відновлення, який підвищує властивості робочого шару литих деталей при локальному відновленні їх із вуглецевих сталей з дозованим введенням наноалмазів при наплавленні.

1. Спосіб відновлення та зміцнення деталей : пат. 48353 Україна : МПК (2009) B24B39/00. № 200910791 ; заявл. 26.10.09 ; опубл. 10.03.10, Бюл. № 5.

2. Спосіб відновлення та підвищення властивостей робочого шару деталей : пат. 92472 Україна : МПК (2014.01) B23K 26/00. № a2014 03324 ; заявл. 01.04.14 ; опубл. 26.08.14, Бюл. № 16.

3. Применение нанотехнологий в машиностроении / Т. С. Скобло, А. И. Сидашенко, А. В. Тихонов, А. А. Гончаренко, А. Д. Мартыненко, С. П. Романюк, А. В. Плугатарьов, Т. В. Мальцев, И. Н. Рыбалко. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. Харків : ХНТУСГ, 2019. № 15. С. 19–30.

4. Скобло Т. С., Сидашенко А. И., Рыбалко И. Н., Марков А. В. Применение модифицирующих присадок для восстановления деталей машин. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб.* Кропивницький : ЦНТУ, 2017. Вип. 47. Ч. I. С. 229–240.

5. A new way of getting the charge with diamond fraction / T. Skoblo, A. Nanka, Yu. Kuskov, A. Saychuk, V. Romanchenko, S. Romaniuk, I. Rybalko, A. Markov, Yu. Samsonov, T. Maltsev. *Nanosistemi, nanomateriali, nanotehnologii*. 2021. Vol. 19, № 1. С. 23–33. URL: <https://doi.org/10.15407/nnn.19.01.023> (дата звернення: 26.04.2023).

УДК 628.862.3

РОЗРОБКА НАКОПИЧУВАЧА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ОФШОРНИХ ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Леонід Серілко, Зоя Сасюк, Дмитро Серілко

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

Накопичення енергії – це діяльність, пов'язана з відбором електричної енергії, її перетворенням в інший вид енергії в якому вона може зберігатись, зберіганням та подальшим перетворенням такої енергії в електричну енергію з метою її відпуску в систему передачі, або систему розподілу, або в мережі електростанції, або мережі споживача. Розробка вторинних джерел енергооснащення, які акумулюють енергію вироблену офшорними вітроустановками, набуває все більшої популярності внаслідок розвитку індустрії відновлювальної енергетики, її популяризації та поступового зниженням собівартості виробництва енергії. Введення систем накопичення має розв'язати проблему ефективного вироблення енергії.

Відомий накопичувач енергії фірми SeaTwirl (Швеція) [1], який акумулює енергію за рахунок обертання маховика. Маховик розміщений на одній осі з електричною машиною, яка може працювати, як в режимі генератора, так і двигуна. Недоліком даного пристрою є те, що при обертанні маховика у водному середовищі на нього діє сила опору, на подолання якої витрачається значна кількість енергії.

Відомий також накопичувач енергії для офшорних електростанцій, який складається з мотор-генератора, вал якого з'єднаний за допомогою муфти з валом барабана, на якому намотаний канат, до вільного кінця якого прикріплений накопичувач потенціальної енергії - вантаж. Пристрій розміщується на плавучих камерах, які прикріплені до морського дна за допомогою одного або декількох швартових канатів. При підніманні вантажу пристрій накопичує енергію, а при опусканні його потенціальна енергія перетворюється в електричну, яка поступає в мережу споживання [2]. Недоліком даного пристрою є те, що на вантаж, який знаходиться у воді діє виштовхувальна сила, яка зменшує величину потенціальної енергії, необхідної для забезпечення неперервної подачі електричної енергії в мережу споживання від офшорних електростанцій.

Авторами розроблено конструкцію накопичувача енергії, який збільшує величину потенціальної енергії, необхідної для забезпечення неперервної подачі електричної енергії в мережу споживання від офшорних електростанцій.

Поставлена задача досягається тим, що у даній моделі накопичувача енергії для офшорних електростанцій в якості накопичувача потенціальної енергії використано поплавок. В такому випадку потенціальна енергія буде залежати не від маси поплавка, а від його об'єму. Це, в свою чергу, зменшує матеріалоємність конструкції. Крім того, в зв'язку з розміщенням пристрою на дні водойми, на відміну від існуючих, не має потреби в плавучих камерах, що також зменшує капіталовкладення в конструкцію пристрою.

На рисунку 1 наведена схема накопичувача енергії для офшорних електростанцій, який складається з електричної машини 1, що може працювати, як в режимі двигуна, так і генератора. Вал електричної машини 1 з'єднаний з барабаном 2, який може обертатися в опорах 3, на барабан 2 намотаний канат 4, до кінця якого прикріплений поплавок 5. Вироблена будь-якою офшорною електростанцією електроенергія подається до електричної машини 1 струмопроводом, який на рисунку не зображений, електрична машина 1 та опори 3 барабана 2 прикріплені до дна водойми.

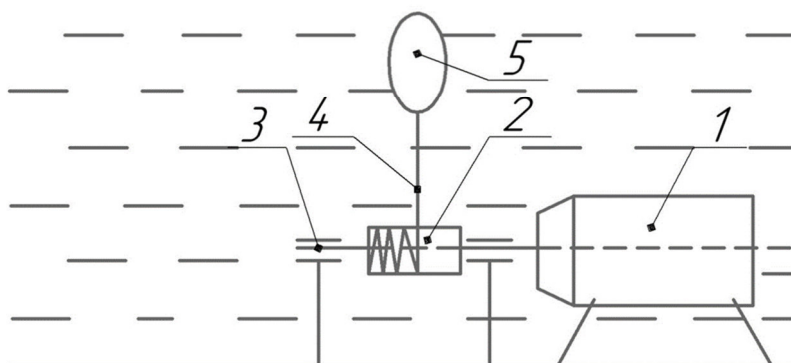


Рис. 1. Схема накопичувача енергії для офшорних електростанцій

Накопичувач енергії для офшорних електростанцій працює наступним чином. При виробництві надлишку енергії електростанцією, вона поступає до електричної машини 1, яка працює в режимі електродвигуна. При цьому канат 4 намотується на барабан 2, поплавок 5 занурюється у воду і накопичує потенціальну енергію. При збільшенні споживання енергії, або зменшенні швидкості вітру, поплавок 5 в наслідок дії на нього виштовхувальної сили піднімається вгору і приводить в рух барабан 2. При цьому електрична машина 1 працює в режимі генератора. Отже, потенціальна енергія поплавка перетворюється в електричну.

Оскільки вся конструкція розміщена на дні водойми і не вимагає значних капіталовкладень, то це значно зменшує собівартість одиниці накопичуваної енергії. Крім того, відсутність метеорологічних чинників спрощує конструкцію, оскільки на неї будуть діяти менші навантаження.

Запропонований пристрій розміщується поблизу центрів джерел електроенергії, яка генерується системами відновлюваної енергії, такими як вітер, хвилі та водні течії.

1. Проспект фірми SeaTwirl (Швеція). URL: www.seatwirl.com. (дата звернення: 26.04.2023).

2. International Publication Number WO 2016/040746 A1, International Publication Date 17 March 2016 (17.03.2016).

УДК 677.021

МЕХАНІЗМ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ БУЛЬБ КАРТОПЛІ

Шимко Андрій, Бундза Олег

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

Картопля є одним із основних продуктів харчування, а також однією із найпопулярніших культур у сільськогосподарському виробництві. Виробництвом картоплі займається понад 140 країн світу. Але при цьому на якість та кількість зібраного врожаю значною мірою впливає відсоток непошкоджених бульб.

За обсягами споживання картоплі на одну особу першість тримають: Киргизстан (143 кг/люд.), Україна (128–136 кг/люд.), Литва (116 кг/люд.), Латвія (114 кг/люд.) та Казахстан (103 кг/люд.). При цьому у США цей показник становить лише 54 кг/люд. [1; 2].

Низька ефективність очисних механізмів спричиняє зниження продуктивності при збиральних роботах та використання ручної праці під час очищення бульб картоплі від коріння та налиплого ґрунту.

Для забезпечення кращого відділення бульб картоплі від коріння та ґрунту запропоновано очисний механізм (рис. 1).

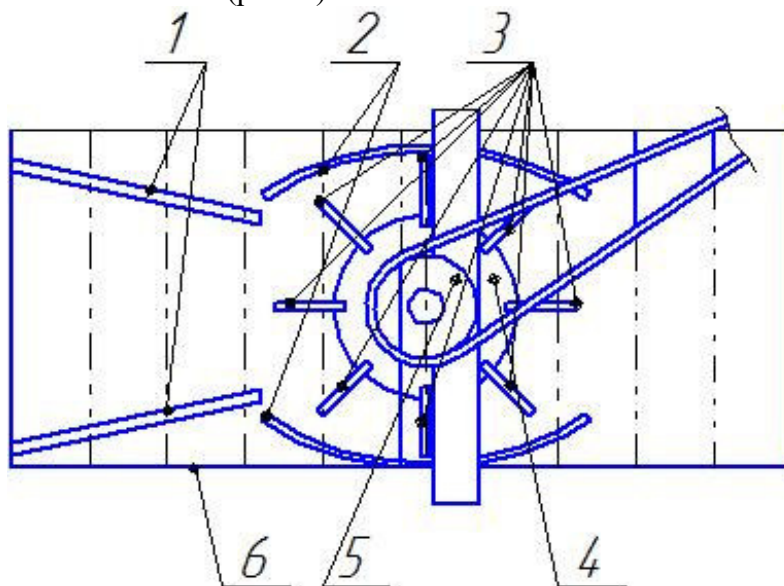


Рис. 1. Схема очисного механізму:

1 – направляючі; 2 – уловлювачі; 3 – лопати; 4 – диск; 5 – привід; 6 – прутковий транспортер

Під час руху картоплезбиральної машини лемішем підрізується бульбоносний шар ґрунту і подається на прутковий елеватор 6. Направляючими 1 бульбоносний шар спрямовується до очисного механізму, де відділяється від коріння, ґрунту та інших домішок. Встановлені уловлювачі 2 допомагають запобігти вильоту бульб картоплі за межі пруткового елеватора 6.

Запропонований механізм дозволить більш якісно відділяти коріння, ґрунт та інші домішки від бульб картоплі, а також запобігти їх вильоту за межі транспортера, що призведе до підвищення якості очистки бульб картоплі, а отже і до збільшення продуктивності збиральних робіт.

Теоретично було проведено дослідження руху бульб картоплі в очисному механізмі та вплив швидкості обертання диску з лопатями на процес завантаження очисного механізму.

При знаходженні в очисному механізмі на бульбу картоплі будуть діяти наступні сили (рис. 2): V_1 – швидкість транспортера, м/с; V_r – відносна швидкість руху точки по поверхні лопаті, м/с; V_e – переносна швидкість, м/с; a_e^n – доцентрове прискорення, м/с²; a_c – прискорення Кориоліса, м/с²; F_e – переносна відцентрова сила інерції, Н; F_c – Кориолісова сила інерції, Н; F_1 – сила тертя по поверхні транспортера, Н; F_2 – сила тертя по лопаті, Н; α – кут між віссю Y та швидкістю F_1 , град; φ – кут між віссю Y та швидкістю V_1 , град.

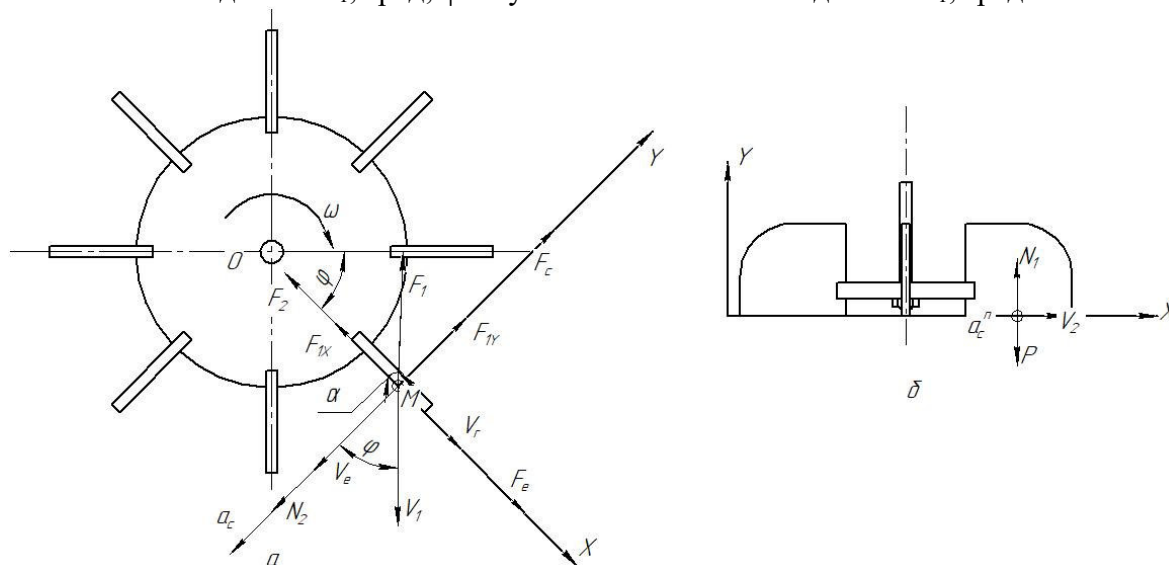


Рис. 2. Схема дії сил на бульбу картоплі при взаємодії із диском з лопатями:
 а – вид зверху; б – вид збоку

Рівняння руху бульби картоплі в очисному механізмі прийме вигляд (1):

$$x = \omega^2 \cdot x - f_1 \cdot g \cdot \frac{\dot{x} + V_1 \cdot \sin(\omega \cdot t)}{\sqrt{(\dot{x} + V_1 \cdot \sin(\omega \cdot t))^2 + (\omega \cdot x + V_1 \cdot \cos(\omega \cdot t))^2}} - f_2 \cdot \left(2 \cdot \omega \cdot \dot{x} + f_1 \cdot g \cdot \frac{\omega \cdot x + V_1 \cdot \cos(\omega \cdot t)}{\sqrt{(\dot{x} + V_1 \cdot \sin(\omega \cdot t))^2 + (\omega \cdot x + V_1 \cdot \cos(\omega \cdot t))^2}} \right), \quad (1)$$

де t – час знаходження бульби в очисному механізмі, с;

x – відстань від центру диску з лопатями до бульби, м.

Для виключання максимального завантаження очисного механізму, час, який витрачається на проходження бульби картоплі від леміша до очисного механізму, має бути більшим часу, який рівний періоду між потраплянням бульби картоплі в очисний механізм і її виходу з очисного механізму.

Таким чином, можна стверджувати, що при швидкості обертання диску із лопатями більшій, ніж швидкість транспортера, завантаження бульбами картоплі очисного механізму буде мінімальним. Але при швидкості обертання диску із лопатями рівній або меншій ніж швидкість транспортера, буде присутнє збільшення завантаження очисного механізму.

1. Перспективи «другого хліба». URL: <http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/952-perspektyvy-drugogo-khliba.html> (дата звернення: 26.04.2023).

2. Україна – четверта в світі за обсягами споживання картоплі. URL: <http://news.bigmir.net/business/380475> (дата звернення: 26.04.2023).

UDC 621.314

INFLUENCE OF RAILWAYS ON UKRAINE'S ECONOMY

Valentyna Puzikova

*Institute für Wirtschaftspolitik, Leibniz Universität Hannover, Königsworther Platz 1,
30167, Hannover, Germany
(Institute of the Economic Policy, Leibniz University Hannover)*

Transport system plays a great role in the economical growth through the trade relationship, and 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. Ukraine's economy depends in greatly level on the production and sale of a number of bulk commodities, including coal, iron ore; steel and agricultural products that require shipment by railway to reach at the same time both domestic and export markets economically.

If we compare railway transport with other kinds of transport, we can see certain advantages of it. The trains can move at higher speeds and are capable of carrying large volumes of cargo and passengers, than autos for example. The railway's steel tracks can take heavy axle load about 3 to 4 times heavier, than a general road. If we compare railway transport and air transport, we can see, that air transport is the costliest system of transport and can't take as heavy cargo as a railway and in such quantity, as a railway can. Moreover, we should remember that cargo transportations are too important for the economy and development of every country and it has more benefits compare with passenger transportation [1].

To have a clear insight into railways we tried to develop SWOT analysis (Table).

According to the information in Table 2, we have tried to understand the strong and weak sides of railways and their perspectives and risks by SWOT analysis: the process of the identified of core competencies, identification weaknesses, exploring opportunities, and recognizing potential threats. That is important for the strategic planning method during realizing the National Transport Strategy 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 a group of similar questions for each of the four components:

- Strengths (What railway transport do particularly well, relative to other kinds of transport and why, what are its advantages and benefits, what railway can propose, what resources 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 transport, what are other transport developing and improving, what are new technologies they used).

For the understanding the size of the transportation in Ukraine and the role of railway transportation in it, we used Ukraine's Statistics Service Data, and tables from the Integrated Report of IJS ZU of 2020 [2].

SWOT analyze of Railway transport in Ukraine before War

Strenghts	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> -safety, long distance, and high speeds, spread railway network; -large capacity and possibility to add wagons or carriages for increasing handling; - the capacity to transport military goods-defense function, - the 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 congestion; saving efforts and costs; -free space on the wagon or the carriage for business purposes and advertisements; - possibility for people with disability or large staff or carets. 	<ul style="list-style-type: none"> -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 railway’s transport: poor traffic distribution, empty runs; -the high maintenance cost of railway infrastructure; -low train flexibility: impossible use delivery from door to door; shortage of transport hub to join 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
<ul style="list-style-type: none"> -long rail network stretches; - wide railway infrastructure for building and renovating high- performance railways and their infrastructures, developing transport hubs with online logistics system; - innovations and improving technologies and processes; - using for power trains overhead by electric wire or alternative modern technology (for example magnet force); - possibility for renting the free space on a carriage or the wagon for commerce purposes; - heavy industry factories in Ukraine for the possibility of building wagons in Ukraine. 	<ul style="list-style-type: none"> -losing freight market; passengers transportation is unprofitable; -monopolize Ukrzaliznytsya and big level of corruption; political risks; - management is more post soviet, and 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: developed by the author

1. Railways Restructuring and Ukrainian Economic Reform, Russell Pittman, 21.04.2015. Railways Restructuring and Ukrainian Economic Reform (degruyter.com)
2. Integrated report_2020.pdf (uz.gov.ua)
3. Thomas Latschan, 06.05.2022, Europe. Ukraine: Will the railroad be what decides the war? URL: <https://www.dw.com/en/ukraine-will-the-railroad-be-what-decides-the-war/a-61714831> (дата звернення: 26.04.2023).
4. Data, OEC, 2020. Ukraine (UKR) Exports, Imports, and Trade Partners | OEC - The Observatory of Economic Complexity.

УДК 656.13

КЛАСИФІКАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНИХ СТОЯНОК

Анжеліка Арабаджи

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

Стоянка – припинення руху транспортного засобу на час, більший ніж 5 хвилин, з причин, не пов'язаних з посадкою (висадкою) пасажирів, завантаженням (розвантаженням) вантажу [1].

Якщо ж говорити за будівлю, не про самий процес руху транспортного засобу, то він набуватиме іншого значення. Автостоянка – споруда, будівля (частина будинку, споруди) або спеціальний відкритий майданчик, призначений для зберігання тимчасового чи постійного транспортних засобів [1].

Автостоянки поділяються [2]:

- за термінами зберігання на: довготермінові, для постійного зберігання транспортних засобів, сезонні, для тимчасового зберігання транспортних засобів у зонах відпочинку, денні, розташовані при місцях скупчення людей (супермаркети, автостанції, вокзали, спортивні споруди тощо):

- нічні, для тимчасового зберігання транспортних засобів на тупикових та малозавантажених вулицях

- за способом зберігання на: відкриті, з навісами або гаражами, закріпленими за автостоянками, змішані, де поряд з місцями для відкритого зберігання та навісами або гаражами, є гаражі та навіси, що належать власникам транспортних засобів на правах приватної власності (рис. 1).

Діяльність та правила зберігання автомобілів на автостоянках регламентується постановою КМУ № 115 від 22 січня 1996 року. Основною різницею від паркінгу є те, що на автостоянках відповідальність за збереження транспортних засобів несуть власники автостоянок. А також ці правила регламентують організацію та порядок надання послуг щодо зберігання транспортних засобів (автомобілів, автобусів, мотоциклів, моторолерів, мотоколясок, мопедів, причепів), що належать громадянам, а також транзитних транспортних засобів, що здійснюють міжнародні та міжміські перевезення, і поширюються на всі автостоянки (крім автостоянок – гаражних кооперативів), що охороняються, незалежно від форм власності, які є суб'єктами господарської діяльності, чи належать цим суб'єктам (тобто автостоянкам).

На автостоянках, крім охорони, власникам транспортних засобів, а також особам, які мають оформлене відповідно до законодавства доручення на право користування і (або) розпоряджання ними, водіям (надалі, як правило, власники транспортних засобів) можуть надаватися супутні послуги з обслуговування транспортних засобів за окрему плату, визначену в установленому порядку [3].

Режим роботи автостоянок установлюється за узгодженням з місцевими органами державної виконавчої влади. Інші пункти про автостоянок описані в «Правилах зберігання транспортних засобів на автостоянках» [3].

Щодо гаражів та автостоянок індивідуальних автомобілів то розміщують, в основному, на периферії житлових районів і на міжмагістральних територіях або у їхніх межах на ділянках, віддалених від місць, призначених для ігор дітей і відпочинку населення.

Довжина пішохідного підходу до гаражів і автостоянок постійного зберігання легкових автомобілів від місця проживання власника не повинна перевищувати 800 м, а в умовах реконструкції 1000 м [3].

Віддаленість автостоянок, призначених для тимчасового зберігання від входів у житлові будинки не повинна перевищувати 150 м [2].

При розрахункових рівнях автомобілізації, які перевищують умовно усереднені (150–180 легкових автомобілів на 1000 жителів), а також в умовах реконструкції допускається постійне зберігання частини парку легкових автомобілів, які належать громадянам даного житлового району, за його межами – на «незручних» для інших видів будівництва територіях, у зонах санітарних розривів промислових підприємств, у смугах відведення залізничних і швидкісних автомобільних доріг [2].

При цьому повинна бути забезпечена пішохідно-транспортна доступність до місця постійного зберігання легкових автомобілів у межах 15 хв.

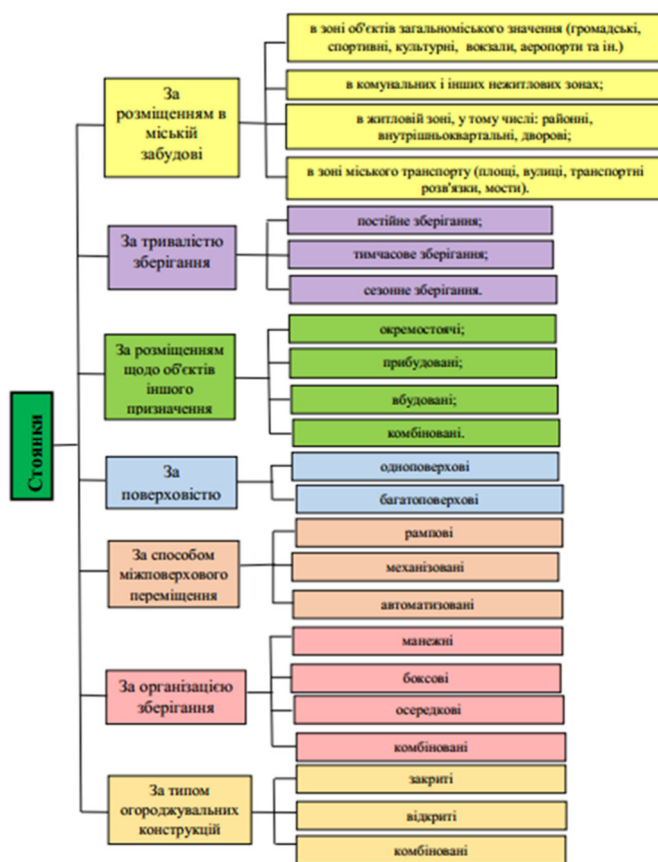


Рис. 1. Класифікація автостоянок

У великих містах набирає темпів проектування і будівництво багаторівневих паркінгів, що значно економлять територію і час водіїв на паркування.

Таким чином, є різні класифікації автостоянок, але проблема зберігання автотранспорту у населених пунктах стоїть дуже гостро і потребує вирішення з визначенням найбільш раціональних типів паркувань для різних територій та містобудівних ситуацій.

1. Стоянка. Вікіситет : вебсайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BA%D0%B0> (дата звернення: 10.04.2023).

2. Класифікація автомобільних стоянок. Навчальна Інформація для українських студентів ni.biz.ua : вебсайт. URL: http://ni.biz.ua/15/15_12/15_123897_klassifikatsiya-avtomobilnih-stoyanok.html (дата звернення: 11.04.2023).

3. Зберігання транспортних засобів на автостоянках. WikiLegalAid : вебсайт. URL: <https://cutt.ly/j5qv9Qs> (дата звернення: 11.04.2023).

УДК 656.13

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

Назар Бучак

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

Транспортні технології охоплюють інструменти, удосконалення та методи, які переміщують людей, тварин і вантажі по всьому світу. Транспортна технологія використовує транспортні засоби та інфраструктуру, як-от залізниці та автомагістралі, для підтримки подорожей і охоплює пересування по суші, воді, повітрі та навіть у космосі.

За допомогою сучасних технологій, зокрема, логістичних, виконується більшість роботи з управління процесами виробництва та їх вдосконалення. Сучасні інформаційні технології на транспорті та загалом в комерції застосовуються задля підвищення ефективності транспортного процесу: можливість швидкого доступу до інформації про суб'єктів (покупець, перевізник, послуги) та об'єктів доставки (товари, термінали, транспорт) допомагають прийняти найбільш раціональне рішення. Рівень організації перевезень, особливо міжнародних, залежить від застосування високих технологій: сучасних засобів зв'язку та комп'ютерної обробки інформації. Слід зауважити, що для формування найбільш ефективних принципів управління необхідно створити достатню матеріально-технічну основу: транспорт має бути укомплектований професійними водіями та диспетчерським колективом, а машини справні і в будь-який момент готові до роботи - це допоможе запобігти проблеми з несвоєчасним чи не точним перевезенням вантажу. Також важливим є удосконалення структури міжнародних транспортних систем. Головним пріоритетом роботи стає якість надаваних послуг, і, як наслідок, дбайливе та уважне ставлення до часу й вимог замовника. Вирішення багатьох завдань, пов'язаних із логістикою, полягає в оптимізації роботи транспортної служби в цілому, забезпеченні її всіма необхідними інструментами для планування, контролю, управління та аналізу.

На сьогоднішній день існує багато пропозицій з програмного забезпечення, яке наділене різноманітними функціональними можливостями:

- системами планування маршрутів внутрішньоміської доставки;
- програмно-апаратними системами gps/gprs-моніторингу стану та місця розташування транспорту; системами оптимізації завантаження кузова;
- системами аналізу всього транспортного парку та обліку витрат на його експлуатацію;
- системами планування міжнародних, мультимодальних транспортних перевезень;
- системами стратегічного планування та геомаркетингового аналізу.

Оскільки транспортні технології продовжують розвиватися, наш шлях з одного місця в інше покращуватиметься. Транспортний сектор може допомогти людям створити більш екологічні способи подорожей, як продемонстрували електромобілі та літаки, що працюють на біопаливі. Навіть великі гравці галузі, такі як Boeing, бачать переваги більш екологічних подорожей, оскільки компанія оголосила про плани постачати літаки, які повністю працюють на біопаливі, до 2030 року .

Транспортні технології також дозволяють людям і вантажам швидше діставатися до місця призначення. Покращена швидкість руху потягів або систем доставки може заощадити дорожній час і гроші як компаніям, так і споживачам. Галузь логістики також виграє від вдосконалення методів транспортування та інфраструктури, оскільки дві галузі часто працюють разом, щоб переміщувати товари ефективно та доступно. Підключені автомобілі

вантажні вантажівки є одним із шляхів покращення логістики завдяки подальшому розвитку транспортних технологій. Оскільки кількість датчиків Інтернету речей у камерах відеоспостереження вздовж автомагістралей зростає, можна збирати дані, щоб допомогти вирішити проблеми дорожнього руху та заторів уздовж основних магістралей і маршрутів доставки. Підключені автомобілі також можуть передбачати схеми трафіку за допомогою інформації про фазу сигналу та часу, зібраної через транспортні засоби IoT.

Щоб зменшити витрати та все-таки здобути економічний ефект у малих вітчизняних підприємств є можливість упроваджувати не повну комплексну інформаційну систему, а лише обмежені необхідні програмні продукти моніторингу на автомобільному транспорті. Таким чином, підприємства мають змогу здобути найважливіші переваги інформаційних систем на транспорті при найменших витратах праці, часу та матеріальних ресурсів. В умовах зовнішньоекономічної діяльності транспортний фактор як кількісно визначений елемент у вартості продукції грає важливу, а в ряді випадків вирішальну роль при обґрунтуванні доцільності тієї чи іншої зовнішньоторговельної операції. При цьому транспорт і зовнішньоекономічна діяльність знаходяться в тісному взаємозв'язку і взаємній обумовленості, роблячи великий вплив один на одне [2]. Сучасна логістика сприймається як основа економічної стратегії підприємства – вона використовується як інструмент у конкурентній боротьбі і розглядається як система реалізації, планування й контролю над транспортними, матеріальними та інформаційними потоками. Підвищення ефективності капітальних вкладень та надання послуг є однією з проблем раціональної організації автомобільного транспорту й охоплює широке коло експлуатаційних і технологічних питань.

1. Волошина В. О. Сучасні логістичні технології на транспорті. *Управління розвитком*. 2014. № 1. С. 105–108.

2. Шевчук О. С., Жук Т. В. *Актуальні задачі сучасних технологій* : зб. тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. 2015. Том 1. С. 249–250.

УДК 656.13

СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ АВТОТРАНСПОРТОМ

Ігор Вікович , Євген Пруський

*Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013*

Якісна і ефективна організація процесу перевезень вантажів є одним із ключових чинників ведення успішного бізнесу.

Сучасні системи супутникового моніторингу вантажоперевезень автотранспортом мають широкі функціональні можливості, які значною мірою покращують якість усіх наданих послуг стосовно вантажних перевезень та підвищують їх економічну ефективність.

Нами проведено дослідження систем сучасного супутникового моніторингу вантажоперевезень автотранспортом і встановлено найголовніші, найхарактерніші типи сучасних систем супутникового моніторингу з погляду комп'ютерних технологій. Наведено перелік основних прикладних функцій системи супутникового моніторингу, а саме: визначення геолокації автомобілів, швидкості, точного часу і напрямку їх руху, контроль рівня палива в баках, зберігання заданого маршруту, диспетчеризації, формування звітності з експлуатації з автотранспортних засобів і їх типів, прізвищ водіїв з відображенням їх на екрані диспетчера тощо. Виявлено різницю у функціональних можливостях та кількості прикладних функцій між базовою та розширеною версіями систем супутникового моніторингу вантажоперевезень автомобільним транспортом, можливість широкого впровадження та експлуатації в Україні систем супутникового моніторингу вантажоперевезень автотранспортом, зокрема локальних та міжнародних, а також наведено їхні переваги та недоліки.

Крім місцезнаходження транспортних засобів, системи Супутникового Моніторингу Вантажоперевезень Автотранспортом (СМВА) дають змогу у реальному часі встановлювати такі три найголовніші складові транспортного процесу автомобільних перевезень: швидкість, точний час і напрям руху транспортних засобів. СМВА дають змогу здійснювати охорону, контроль і цілодобовий моніторинг автомобільного транспорту в on-line режимі, отримувати оперативні дані про переміщення автотранспортних засобів на інтерактивній карті та інформацію про пробіг, простоювання, швидкість руху транспортних засобів, витрати пального, а також СМВА дають змогу автоматично вибирати оптимальний маршрут тощо.

СМВА є простою і не дорогою у застосуванні і, не зважаючи на простоту використання, доволі добре функціонує, не вимагає постійних налаштувань та коригування.

Сучасна система СМВА – це не звичайна система «моніторингу», а значно ширша і складніша система, яка являє собою цілий програмно-апаратний комплекс (ПАК), який включає поєднання трьох базових технологій, зокрема: супутникових навігаційних систем, технологій мобільного телефонного зв'язку та комп'ютерних технологій. Такий комплекс можна використовувати з метою підвищення економічної ефективності вантажоперевезень автотранспортом.

Використання системи СМВА дають змогу зменшити необов'язкові витрати та собівартість послуг. Згідно з даними, які отримані від клієнтів компанії GPS Partner, зокрема ТзОВ ГлассПро і групи компаній VITAGRO, отриманий економічний ефект від використання системи СМВА загалом становив від 10 до 30% економії усіх витрат на перевезення вантажів.

Аналіз проведених досліджень дає підстави стверджувати, що внаслідок використання системи СМВА під час вантажоперевезень автомобільним транспортом сумарний пробіг скорочується до 25%, простоювання автопарку зменшується на 10%, економія паливомастильних матеріалів зменшується до 25%, страхування і штрафи скорочуються від 5 до 15%. Такі зміни у показниках є значними покращеннями для будь-якого транспортного підприємства. Також у разі викрадення транспортного засобу або вантажу, то оперативно, у реальному часі, можна точно встановити їх місцезнаходження.

Також, система СМВА дає змогу контролювати час, проведений водієм за кермом. Так, якщо не дотримуватись встановлених міжнародних норм стосовно перевезення вантажів автомобільним транспортом, то це може нашкодити здоров'ю водіям, а також спричинити різні дорожньо-транспортні події.

Сьогодні є можливість обрати як локальних, так і міжнародних постачальників систем СМВА. Особливо необхідно звернути увагу на критерії, якими наділені сучасні локальні і міжнародні системи СМВА. При цьому потрібно враховувати переваги і недоліки локальних та міжнародних систем СМВА, а також їх специфіку, зокрема позитивні і негативні сторони цих систем. До позитивних сторін локальних систем «СМВА» можна віднести: знання української специфіки газузі, оперативне реагування на зміни, відсутність мовних бар'єрів, гнучкішу цінову політику тощо.

Негативними сторонами локальних систем «СМВА» є не оперативність реагування на зміни в національному законодавстві і залежність від міжнародної політичної ситуації та не гнучка цінова політика.

Позитивними сторонами міжнародних систем СМВА є: швидка відповідність найновішим стандартам щодо супутникових навігаційних систем, технологій мобільного телефонного зв'язку та комп'ютерних технологій.

Сьогодні в Україні тільки окремі організації використовують СМВА для міжнародних перевезень вантажів.

Отже, впровадження і безпосередня експлуатація в Україні сучасних систем СМВА для вантажних перевезень автомобільним транспортом є доступними та економічно ефективними. Зокрема використання сучасних систем СМВА дає змогу зменшити час поїздки під час перевезення вантажів, прокласти оптимальний маршрут під час перевезення різних вантажів, зменшити витрати пального, контролювати кількість палива в бензинових баках транспортних засобах та їхню якість, спостерігати за положенням дверей транспортних засобів, вагою вантажів, вологістю повітря, температурою холодильної камери тощо.

УДК 629.4.083:629.463

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ РЕМОНТУ ВАГОНІВ З ОГЛЯДУ НА УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ РИЗИКАМИ

Дмитро Волошин, Людмила Волошина

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

В сучасних умовах експлуатації залізничного комплексу України актуальною науковою задачею є модернізація виробничих систем з ремонту вагонів як на рівні лінійних підприємств залізниць, так і вагоноремонтних заводів. На поточний момент спостерігаються негативні фактори в процесах функціонування вагоноремонтної бази – значний знос вагонного парку, недостатній технічний розвиток виробничих систем у часі (відсутність у повному обсязі реконструкції та технічного переозброєння), проблеми ресурсних обмежень при експлуатації вагонів та ін.

Впровадження на підприємствах методології виробничої логістики, дає змогу отримати контрольований рівень матеріальних витрат і створити гнучке та адаптоване до зовнішніх змін виробниче середовище [1]. Використання методів управління виробничими процесами на рівнях контролю обладнання (TPM, SMED), організації робочого простору (5S), оптимізації ресурсного забезпечення («Just In Time») та ін., потребує оперативного аналізу внесених змін з метою виявлення їх впливу на загальну ефективність виробничої системи.

Складність взаємозв'язків технологічних підсистем та значна кількість сценаріїв їх функціонування у часі створює невизначений масив наслідків відмов у системі. Під ними можна розуміти невиконання норм простою вагонів в ремонті, невиконання запланованих обсягів виробництва, збільшення трудомісткості операцій у порівнянні з нормованою, низьку якість ремонту, матеріально-фінансові втрати та інші. При цьому на вагоноремонтних підприємствах фактично відсутні механізми аналізу наслідків тих чи інших подій в системі, що збільшує ризик отримання негативного результату. Що дозволяє стверджувати, що забезпечення зменшення ризику з точки зору виробничих процесів є важливим науково-технічним аспектом розвитку виробничих систем.

Виробничі ризики описують імовірність і наслідки виникнення небезпек, помилок, непередбачених ситуацій в основних процесах підприємств, які представляють собою можливі втрати. Тому можна зазначити, що під ризиком у виробничій системі розуміється сполучення імовірності і наслідків настання несприятливої події в межах усієї системи [2]. Створення системи управління ризиками являє собою процес ідентифікації та аналізу ризиків з наступним прийняттям рішень по корегувальним та попереджувальним діям по мінімізації ризикових подій.

Загальний алгоритм оцінювання виробничих ризиків в системі ВРП може виглядати наступним чином:

- ✓ визначення основних видів виробничого ризику;
- ✓ визначення факторів, що створюють передумови для появи ризику;
- ✓ визначення коефіцієнтів, що характеризують динамічні властивості ризику у часі;
- ✓ визначення загального виробничого ризику в системі.

До факторів, що створюють передумови для появи ризику можливо віднести – нестачу трудових ресурсів, низьку ефективність кадрів, низьку ефективність технологічних ресурсів, низьку надійність технологічного обладнання, низьку ефективність системи матеріально-технічного постачання та ін. (табл. 1).

Таблиця 1

Приклад показників оцінювання ризиків на ВРП

№ з/п	Найменування показника	Позначення	Аналітичний або емпіричний алгоритм отримання
1	Забезпеченість трудовими ресурсами	Z_{mp}	$K_{zmp} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{N_{iz}} \right)}{n} \cdot 100$
2	Ефективність трудових ресурсів	E_{mp}	Експертне оцінювання
3	Ефективність технологічних ресурсів	E_{mtp}	$E_{mp} = \left(\frac{V_{вин} - V_{брак}}{V_3} \right) \cdot 100,$
4	Надійність технологічного обладнання	H_{mo}	Статистичні методи, експертне оцінювання
5	Ефективність системи матеріально-технічного постачання	E_{mtp}	Статистичні методи, експертне оцінювання

де N_i – кількість працівників в i -му підрозділі, роб.,

N_{iz} – заплановане число працівників в i -му підрозділі, роб.,

n – кількість підрозділів підприємства.

$V_{вин}$ – виконаний обсяг ремонту,

$V_{брак}$ – обсяг браку,

V_3 – запланований обсяг випуску виробів з урахуванням виробничої потужності.

$Ч$ – фактична чисельність персоналу підприємства, роб.,

t – кількість робочих днів за рік, од.,

n – кількість робітників на лікарняному, в результаті дії шкідливих факторів.

Для формалізації причинно-наслідкових зв'язків, що обумовлюють виникнення різного виду відмов у виробничій системі можливим є використання процедурних механізмів АВПКО – «Аналізу видів, наслідків і критичності відмов» [3]. АВПКО можливо проводити силами спеціальної робочої групи із штату організаційної структури управління вагоноремонтного підприємства.

Джерелом вихідних даних для проведення АВПКО на виробництві служить наявна документація:

- технологічні процеси ремонту вагонів та вузлів;
- вимоги нормативно-технічної документації;
- дані про надійність комплектуючих виробів;
- дані про вплив відмов виробничої системи на навколишнє середовище та ін.

АВПКО регламентує поняття «критичного елемента (критичного технологічного процесу)», що використовується в методології оцінки і аналізу виробничого ризику. У перелік критичних елементів включають:

- елементи, можлива вага наслідків відмов яких, оцінювана якісно або кількісно, перевершує рівень, припустимий для виробничої системи;
- елементи, відмова яких неминуче викликає повну відмову виробництва;
- елементи з обмеженим ресурсом, що не забезпечують необхідну надійність системи;

- елементи, по яких у момент проведення аналізу відсутні перевірені дані про їх якість і надійність у розглянутих умовах застосування і можливих наслідках їх відмови.

Таблиця 2

Приклад показників оцінювання ризиків на ВРП

Категорія	Назва відмови	Примітка
I	Катастрофічна	відмова, що може викликати невиконання запланованого обсягу робіт або невиконання точно в термін
II	Критична	відмова, що може викликати значний матеріальний збиток або серйозний брак виробу, що приведе до зриву виконання поставленої задачі
III	Гранична	відмова, що може викликати незначний матеріальний збиток або незначний брак виробу, що приведе до порушення норм часу або до зниження ефективності ремонту
IV	Незначна	відмова, яка не заподіює матеріального збитку, але приводить до необхідності позапланового обслуговування або ремонту

Процедура АВПКО передбачає ранжирування кожного виду відмови з обліком двох складових критичності – частоти (інтенсивності, імовірності) і ваги наслідків.

Якісна оцінка показника критичності окремої відмови елемента виробничої системи може бути визначена, як:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$$

де K_n – бальні оцінки показника критичності відмови елементів.

Створення і використання системи оцінювання дозволить проводити постійний моніторинг можливих небажаних подій у системі і звести до мінімуму матеріальні втрати в результаті їхнього виникнення.

1. Волошин Д. І., Волошина Л. В. Використання принципів виробничої логістики для підвищення ефективності виробничих систем. *MPP&O-2022* : IV Міжнародна науково-практична морська конференція кафедри СЕУ і ЕУ Одеського національного морського університету. (Одеса – Карасу (Стамбул) – Одеса), квітень 2022 р. Одеса : ОНМУ, 2022. URL: <http://2022.depas.od.ua/> (дата звернення: 26.04.2023).

2. 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. Сер. Транспортні системи і технології*. Вип. 39. К. : ДУІТ, 2022. С. 22–29. DOI:10.32703/2617-9040-2022-39-3.

3. GOST 27310-95. Analysis of types, consequences and criticality of failures. 1995-04-26. М. : publishing house of standards, 1996. S.19.

УДК 621.923

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

Віталій Давидюк, Денис Демидов

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

Автоматизація збору та обробки інформації в транспортних підприємствах дозволяє підвищити ефективність їх роботи та покращити якість наданих послуг. Застосування автоматизованої системи збору даних у громадському транспорті дозволяє отримувати оперативну інформацію про пасажиропотоки, що є місцем для планування маршрутів, оптимізації руху транспортних засобів та зменшення заторів. Крім того, застосування автоматизованої системи оплати проїзду забезпечує збір коштів у більш організованій та ефективній спосіб, зменшує можливість шахрайства та покращує облік доходів підприємства. Таким чином, автоматизація збору та обробки даних у транспортних підприємствах є основним напрямком розвитку цієї галузі та дозволяє підвищити якість наданих послуг та підвищити ефективність їх роботи [1].

Запровадження автоматизованої системи оплати проїзду на транспорті є кроком у підвищенні якості послуг та підвищенні ефективності транспортних підприємств. Використання базової технології НСМЕП може дозволити ефективно ввести систему та підвищити її прозорість та безпеку. Однак слід привести, що запровадження нової системи може вимагати додаткових інвестицій в інфраструктуру, технічне оснащення та навчання персоналу. Крім того, необхідно забезпечити доступність та зручність нової системи для користувачів транспорту, щоб вона стала популярною та масово використовуваною.

Безконтактні картки є ключовим елементом автоматизованої системи оплати проїзду. Кожна картка містить інформацію про баланс, стан рахунку та іншу інформацію, яка необхідна для здійснення оплати за проїзд. При проходженні через турнікет або валідатор інформація зчитується з картки та передається в центральну базу даних, де кількість оплат та відображення інформації про транзакцію. Також до відповідності системи входять турнікети та валідатори - пристрої для зчитування інформації з безконтактних карток та перевірки достовірності оплати. Термінали водія та контролера відмовляються від оплати безконтактної картки в салоні транспорту, що забезпечує швидкість обслуговування та зменшує час простою транспорту на зупинках. Для поповнення балансу безконтактних карток у системі передбачені пристрої для поповнення, які можуть бути розміщені на зупинках громадського транспорту, в магазинах та інших місцях громадського користування. Мобільні транспортні сервери не зможуть забезпечити зв'язок між ефективними елементами системи та обробляти інформацію про транзакції в режимі реального часу. Усі ці елементи системи забезпечують швидку та зручну оплату проїзду у громадському транспорті та ефективний контроль пасажиропотоку [1].

Оплата проїзду готівкою являється найрозповсюдженішим видом оплати за проїзд в Україні. Цей підхід до збору платежів за проїзд у громадському транспорті може бути не надто ефективним та зручним для пасажирів, крім того, він залежить від наявності готівки у пасажирів та водіїв/кондукторів. Крім того, такий спосіб може бути часово затратним, особливо в час пік, коли багато пасажирів користуються громадським транспортом. Система безконтактних електронних карток є більш зручним та ефективним способом проведення розрахунків за проїзд, пасажирів можуть поповнювати картки в будь-який момент і використовувати їх для поїздок без необхідності сплачувати готівкою. Крім того, це може допомогти зменшити ризик злочинності та недоліки готівки в громадському транспорті.

GPS-навігація у громадському транспорті Рівного дозволяє відслідковувати рух транспорту та отримувати значення про роботу маршрутів. Завдяки аналітичній обробці цих даних можна ефективно регулювати рух транспорту, зменшуючи затори на дорогах та покращуючи роботу зупинок. Регулярний рух транспорту дозволяє пасажиром максимально комфортно користуватися громадським транспортом, а також уникнути аварійних ситуацій, пов'язаних з гонками водіїв і перевантаженням транспортних засобів на деяких маршрутах. Застосування технологій, таких як GPS-навігація, допоможе забезпечити оптимальну кількість транспорту на маршрутах з мінімальними витратами для перевізників і максимальним комфортом для пасажирів.

Ця програма з GPS-навігацією та аналітичною обробкою даних є дуже корисним інструментом для управління громадським транспортом. Вона дозволяє відстежувати рух транспорту, аналізувати дані та робити дії для покращення роботи системи транспорту. Наприклад, дані про середню завантаженість дозволяють перевірити, чи розподіл пасажирів за транспортними засобами рівномірний. Якщо на деяких зупинках завантаженість надто велика, можна зробити висновок про додатковий транспорт на цьому маршруті. Також програма може допомогти зменшити затори на дорогах, після чого збирає дані про кількість транспорту на кожній зупинці та дозволяє прогнозувати час прибуття наступного транспортного сліду на зупинку. За допомогою такого прогнозу пасажир може точніше розрахувати час своєї поїздки та вибрати оптимальний маршрут. Крім того, програма може бути корисною при вирішенні конфліктних ситуацій на дорозі, таких як ДТП. Зберігаючи дані про рух транспорту та точки фіксації кожні 5 секунд, можна детальніше відмітити подію та встановити її причину. Таким чином ця програма є інструментом для ефективного управління громадським транспортом та покращення його роботи [2].

Отже для забезпечення ефективної роботи громадського транспорту в Рівному, необхідно щоб транспортні засоби заїжджали на зупинку з інтервалом в п'ять хвилин. Це сприятиме збільшенню пропускної здатності зупинок та регулярності руху транспорту, а також рівномірному розподілу пасажирів між транспортними засобами. Якщо на зупинках з'явиться достатньо транспорту, то не буде перевантажених або недовантажених автобусів чи тролейбусів і забезпечуватиме рівномірний розподіл пасажирів на всі транспортні засоби. Це означає, що не потрібно буде додавати або зменшувати транспортні засоби, а замість цього можна знайти оптимальну кількість техніки із середньою завантаженістю, що буде зручно для пасажирів і економічно вигідно для перевізників.

1. Давідич Ю. О., Фалецька Г. І., Ольхова М. В. Конспект лекцій з дисципліни «Ефективність транспорту» (для магістрів усіх форм навчання спеціальності 275 – Транспортні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 74 с.

2. Шевчук О. С., Жук Т. В. Аналіз сучасних транспортних технологій. *Актуальні задачі сучасних технологій* : зб. матеріалів V Міжнарод. наук-техн. конф. молодих учених та студ., 25–26 лист. 2015. Тернопіль : ТНТУ, 2015. С. 249–250.

УДК 656.1

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТАРИФІВ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Вікторія Дорошук, Валерій Сорока

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

Організація комерційної роботи автотранспортних підприємств має важливе значення для економіки країни, так як поповнення державного бюджету формується за рахунок відрахувань від прибутків і інших платежів підприємств та залежить від фінансових результатів їх діяльності.

Основними фінансовими показниками підприємств являються прибутки, рентабельність, платежі в бюджет, асигнування з бюджету.

Тарифи на вантажні перевезення, як і будь-яка ціна, мають певні функції: по-перше, ціни виявляють витрати праці; по-друге, надають матеріальне стимулювання розвитку і удосконаленню виробництва; по-третє, формують суспільні потреби; по-четверте, ціна має розподільну функцію, оскільки через ціну іде важливий та складний процес розподілу знов створеної вартості на потреби виробництва, споживання та накопичення. Вантажні тарифи також сприяють вирішенню найважливіших народно-господарських завдань: раціональному розміщенню виробничих сил в країні; наближенню промисловості до джерел сировини; раціональному розподілу вантажообігу між різними видами транспорту; повному використанню рухомого складу, зменшенню порожніх пробігів; розвитку економічних зв'язків між регіонами країни, між країнами та регіонами світу [1].

Формування тарифів відіграє суттєву роль при здійсненні всіх видів перевезень. Виходячи з того, що для перевізника тарифи повинні, перш за все, забезпечити покриття транспортних витрат та отримання максимального прибутку з урахуванням чинного податкового законодавства, а для замовника – забезпечувати мінімальні транспортні витрати, які істотно позначається на вартості реалізації товару кінцевому споживачеві, тому при формуванні тарифної політики важливо враховувати взаємні інтереси обох сторін. Хоча вивченню факторів, що впливають на формування тарифів на різних видах транспорту, присвячено багато робіт як зарубіжних, так і вітчизняних фахівців у цій галузі, проте за сучасних умов це питання є актуальним та потребує подальшого дослідження.

Формування тарифів на вантажні перевезення автомобільним транспортом здійснюється в умовах вільного ціноутворення, оскільки відповідає загальним системам ціноутворення в умовах ринку. Кожний перевізник встановлює тарифи з урахуванням різних умов, які впливають на формування витрат на перевезення.

Основою для встановлення величини тарифної плати являється собівартість перевезень. При визначенні величини тарифних плат при перевезенні вантажів беруться до уваги певні експлуатаційні показники, такі як час простою при навантаженні-розвантаженні, норми пробігу автомобілів, коефіцієнти використання вантажопідйомності і пробігу.

Незважаючи на те, що існує базова вартість перевезення, вартість кожного замовлення розраховується індивідуально залежно від різних факторів: маси, об'ємної ваги та розмірів вантажу, що перевозиться; відстані між вантажовідправником і вантажоотримувачем та загального пробігу; часу виконання замовлення; типу доставки; типу автомобіля; району, де здійснюється перевезення.

На автомобільному транспорті на вантажні перевезення існують загальні, погодинні, кілометрові, за один перевезений контейнер, за кругорейс та спеціальні тарифи. Додатково до тарифів, може братись оплата за додаткові операції.

В основі тарифної політики лежить система тарифоутворення, тобто процес аналізу, вибору методу визначення, розрахунку та встановлення остаточного тарифу на автотранспортні послуги. Загальний алгоритм тарифоутворення подано на рисунку.



Рисунок. Загальний алгоритм тарифоутворення на автотранспортні послуги

Отже, незважаючи на чітке визначення факторів, що впливають на розмір тарифної плати та розрахунок постійних і змінних витрат, більшість вантажних підприємств автомобільного транспорту встановлюють власні договірні тарифи на перевезення та інші послуги, виходячи з собівартості та запланованої рентабельності, використовуючи власні схеми, особливо при здійсненні міжнародних перевезень. При формуванні тарифної політики варто більш комплексно враховувати інтереси учасників транспортного процесу, а також досвід зарубіжних країн, де використовуються єдині системи тарифів для різних видів транспорту, забезпечуючи перевізникам рівні умови роботи. Вартість перевезень вантажів зменшується при об'єднанні декількох замовлень в одному транспортному засобі, якщо вантажоотримувачі розташовані за маршрутом слідування автомобіля.

1. Тарифна політика на транспорті : конспект лекцій / В. М. Запара та ін. Харків : УкрДУЗТ, 2020. 39 с.

2. Нагорний Є. В., Шраменко Н. Ю., Переста Г. І. Комерційна робота на транспорті : підручник. Харків : Видавництво ХНАДУ, 2011. 298 с.

УДК 656.13

ПЕРСПЕКТИВИ ПОКРАЩЕННЯ ВЗАСМОДІ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ» ТА АГРОСЕКТОРУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

Віктор Запара, Денис Кашець, Владислав Міхполь

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

У 2022 році АТ «Укрзалізниця» перевезено 150,6 млн т вантажів, що на 163,8 млн т, або на 52,1% менше, ніж за 2021 рік, та отримано 10,8 млрд грн чистого збитку (з урахуванням дотації від держави в 10,0 млрд грн). На початку широкомасштабних військових дій третина підприємств України зупинила діяльність. Причини цього – руйнування підприємств і інфраструктури, окупація деяких регіонів, високий рівень невизначеності та ризиків, розірвання логістичних і виробничих зв'язків, вимушена масова міграція населення. Загальна ситуація, економіка та обсяги перевезень після початку війни поступово покращувалися до жовтня. У жовтні Російська Федерація почала руйнування критичної енергетичної інфраструктури. Через блекаут 40% компаній скоротили виробництво. Прогноз падіння ВВП у 2022 році погіршився з 30% до 32–35%, у четвертому кварталі до 40%. Це падіння є найбільшим в історії України.

98% експорту зернових вантажів у 2021 році вивозилося через порти. Після блокування портів вантажопотоки було перенаправлено на західні переходи, пропускна спроможність яких з боку країн Європи є обмеженою і не спроможною задовольнити потреби українських аграріїв в повній мірі. З 1 серпня 2022 року було впроваджено «зернову ініціативу», завдяки якій розпочався експорт через порти Великої Одеси – за 5 місяців (серпень – грудень) у напрямку цих портів залізницею експортовано 7,7 млн т зернових вантажів, проте Російська Федерація штучно обмежує можливості зернового коридору, що не дозволяє використовувати його з максимальною ефективністю. Загалом через порти у 2022 році вивезено 63% експорту. Всього обсяги перевезення АТ «Укрзалізниця» зерна і продуктів помелу склали 28 871 тис т.

Через мінування територій, логістичні проблеми та незрозумілі перспективи експорту внаслідок блокування морських торговельних портів Україна у 2022 році завершила посівну ґрунтів культур на рівні 84% від минулорічної площі.

Однак за рік широкомасштабних військових дій аграрний сектор став локомотивом економіки та найбільшим сектором за обсягом валютних надходжень в Україну. З-поміж 44,1 млрд доларів валового експорту України за 2022 рік, понад 20 млрд доларів – це внесок аграрного сектору. При цьому експертні оцінки вказують, що, забезпечивши країні найбільшу питому вагу валютних надходжень, українські аграрії заробили ці кошти не лише для продовження своєї економічної діяльності, а фактично стали донорами логістичної галузі. Якщо у 2021 році більшу частину валютного виторгу отримував безпосередньо український агросектор, то у 2022 році значну частину маржі з експорту сільськогосподарських культур отримали інфраструктурні та логістичні компанії, в тому числі іноземні.

Внаслідок підвищення вартості логістики в 5–6 разів найбільше постраждали виробники, які у своєму експорті спирались на АТ «Укрзалізниця» і використовували власні вагони перевізника. Їх витрати на внутрішню логістику по Україні формують дві складові: тариф на перевезення, що напередодні початку нового сезону був підвищений практично на 70% (з 6,5 до 11 дол./т) й вартість користування вагонами перевізника, що зросла із 2000 до 14600 грн/добу [1]. Продовжувати таку політику в подальшому – означає зруйнувати і агросектор, і АТ «Укрзалізниця», для якої в наступні роки просто не залишиться цих вантажів та відповідних джерел доходів.

Виробництво зернової групи – пшениці, ячменю, кукурудзи – перетворилося з джерела доходу на джерело збитків. Для дрібних та середніх аграрних підприємств, які обробляють до 5 тис. га та спеціалізуються саме на вирощуванні зернових культур, це обертається катастрофічними наслідками. Якщо два роки тому аграрна галузь була в трійці найприбутковіших в Україні, і 85% підприємств мали рентабельність вище нуля, то за підсумками 2022 року значна кількість агропідприємств опинилася за межею рентабельності та перед складним вибором: продовжувати діяльність в надії на покращення ситуації чи припинити.

В теперішніх умовах скасування рішень АТ «Укрзалізниця», прийнятих після початку військових дій, може суттєво зменшити вартість логістики для аграріїв.

Першим рішенням державного оператора перевезень (АТ «Укрзалізниця») стала відмова від регулювання вагонопотоків та навантаження відповідно до обсягу поглинання, яке здійснювалося раніше. До початку широкомасштабних військових дій АТ «Укрзалізниця» синхронізувала обсяги навантаження із обсягами поглинання. Вузким місцем логістики були припортові станції, і АТ «Укрзалізниця» не допускала планування навантажень вище за їхню добову пропускну спроможність.

Критерієм успішності перевізника є покращення обороту вагонів, а цілі – за якомога менший час довести вантаж та повернути порожняк. Проте специфічність АТ «Укрзалізниця» – в поєднанні ролей перевізника, що заробляє на тарифі, та власника вагонного парку, що заробляє на наданні вагонів у оренду аграріям, які не мають власного вагонного парку.

Як монопольний оператор стратегічної інфраструктури та адміністратор системи перевезень, АТ «Укрзалізниця» одноосібно має інформаційну систему та інструменти для регулювання кількості доступних для перевезення вагонів, на кшталт автоматизованої системи «Месплан», фактичного часу обороту або розрахункової швидкості руху.

В чергах на кордонах звинувачують іноземних перевізників, які не забирали українські вантажі на кордоні. Насправді провина іноземних перевізників є опосередкованою: вони не можуть напевно знати – коли саме АТ «Укрзалізниця» надасть їм місячний узгоджений об'єм вантажу, та з якою інтенсивністю. Вони не можуть зістикувати розклад своїх дій з АТ «Укрзалізниця», тому що на сьогодні немає системи, в якій іноземні перевізники могли б підтвердити свої зобов'язання. Необхідні певні кроки в цьому напрямі.

Наступне рішення АТ «Укрзалізниця» мало ще сумніші наслідки: побачивши наприкінці червня 2022 року, що вагони стоять з вантажами в очікуванні переходів і вивантаження, АТ «Укрзалізниця» вирішила виставити свої останні доступні вагони на аукціон, чітко розуміючи, що в умовах штучно створеного «дефіциту вагонів» та з одним продавцем, жодного іншого результату, крім підвищення ціни, аукціон не міг мати. Ринок вагонів відреагував зростанням цін на 100–200%.

Третє рішення – АТ «Укрзалізниця» практично відмовилася від відповідальності за швидкість, терміни виконання перевезення, повернення порожніх вагонів. Фактично вже під час прийняття для перевезення вантажу планується, що вагони будуть стояти. Приймаючи вантаж до перевезення, АТ «Укрзалізниця» стягує провізну плату з вантажовласників, знаючи наперед: вагони нікуди не поїдуть, але «лічильник» вже ввімкнено. При цьому можливі штрафи за прострочені терміни доставки незрівнянно менші отриманої плати за користування вагоном.

Прохання аграріїв до АТ «Укрзалізниця»: відкрийте дані, дозвольте всім планувати свої дії, дозвольте тим, хто може і хоче, мати горизонт планування довше ніж на 30 днів, щоб високоорганізовані учасники ринку могли спланувати перевезення заздалегідь, щоб їм були доступні цивілізовані умови форвардних експортних операцій. Дайте експортерам чесну можливість синхронізувати перетин переходів з іноземними перевізниками та вимагати з них виконання зобов'язань. В результаті вагонів буде потрібно стільки, скільки сплановано і

узгоджено. А сплановано рівно стільки, скільки реально поїде і проїде. Ціна на вагон повернулася б до економічно обґрунтованого рівня, щоб задовольнити власника вагонів і компенсувати їх утримання та будівництво нових.

Прогноз АТ «Укрзалізниця», що чинники утрудненого доступу до ринків усуне перехід українського агросектору з експорту зерна на продукти переробки в умовах сьогодення нездійсненний. В умовах військового стану, коли практично відсутнє кредитування, і бізнес одночасно намагається утриматись на плаву, допомагати армії та співробітникам, для цього об'єктивно нема стимулів та ресурсів [2].

Таким чином, скасування аукціонів на вагони, повернення до принципу синхронізації транспортних потоків на всіх ділянках логістичного ланцюга, запровадження відповідальності за терміни доставки вантажу уже можуть повернути ціни на вагон до економічно обґрунтованих, позитивно вплинуть на взаємодію перевізника і вантажовласника.

Що ж до планування перевезення, то воно має чітко відповідати найвужчому місцю логістики: чи це пропускна спроможність портів, чи це сумарна пропускна спроможність переходів – немає значення. Щодо цивілізованого способу розподілу дефіцитних позицій без аукціонів, то він успішно пройшов апробацію АТ «Укрзалізниця» в сегменті пасажирських перевезень.

Ускладнений доступ експортерів до ринків є суттєвим фактором стримування. За чинної системи та технології управління перевезеннями, що ґрунтується на монополії АТ «Укрзалізниця», немає жодних запобіжників проти повторення кризи 2022 року. Отже, зміна законодавчої бази, реформування залізничної галузі – безальтернативні моменти покращення взаємодії АТ «Укрзалізниця» і агросектору України та появи стимулів розширення структури експорту аграріїв.

1. АТ «Укрзалізниця» підвищує плату за використання зерновозів. URL: <https://usm.media/ukrzalizniczya-pidvishhu%d1%94-platu-za-vikoristannya-zernovoziv/> (дата звернення: 10.03.2023).

2. Запара В. М., Іванова А. С., Максимович Є. А., Бабак Л. В. Можливості АТ «Укрзалізниця» в реалізації зернового експортного потенціалу України у воєнний час. *Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика* : тези вісімнадцятої науково-практичної міжнародної конференції (2–3 червня 2022 р. м. Харків). Харків : УкрДУЗТ, 2022. С. 56–58.

УДК 656.13

ТРАНСФОРМАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Ярослав Запара, Юлія Березіна, Альона Кучер

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

Ведення широкомасштабних бойових дій з лютого 2022 року призвело до негативних тенденцій у роботі залізничного транспорту України. Близько третини промислових підприємств, які є користувачами послуг залізничного транспорту, зупинила свою діяльність, більшість інших підприємств обмежили свою роботу. Серед основних причин, які призвели до цього, це руйнування інфраструктури залізниці та підприємств, окупація територій, високий рівень ризику ведення підприємницької діяльності, порушення логістичних і виробничих зв'язків, зокрема припинення роботи портів Одеського регіону, вимушена масова міграція персоналу тощо. Слід відмітити складну ситуацію у роботі підприємств в період з жовтня 2022 року по лютий 2023 року, яка пов'язана з обмеженням використання електроенергії через руйнування критичної енергетичної інфраструктури. В цей період близько 40% компаній скоротили виробництво. За цих умов залізниця вимушено переорієнтовує вагонопотоки, шукає шляхи вирішення проблем, які виникли після зазначених процесів, створює умови для підвищення функціонування вантажних перевезень, зокрема в частині взаємодії з іноперевізниками та цифрової трансформації в комерційній діяльності.

Проведено аналіз виконання основних показників роботи вантажних залізничних перевезень. Так, за 2022 рік перевезено 150,6 млн т вантажів, що менше на 47,9%, ніж за 2021 рік. Спостерігалось зменшення перевезень за всіма сполученнями: у внутрішньому – на 49,2%, у експортному – на 47,1%, у імпортованому – на 69,5% і найбільше у транзитному – на 76,9% [1].

Обсяги внутрішніх перевезень після початку військових дій поступово збільшувались з березня (4,4 млн т) по жовтень (6,3 млн т) 2022 року, але з листопада (руйнування критичної енергетичної інфраструктури) скоротились до 6,1 млн т, у грудні – до 5,3 млн т.

Стосовно експортних перевезень, то з початком широкомасштабних військових дій експортна логістика зазнала суттєвих змін. Припинилось сполучення з Російською Федерацією та Білоруссю. Після блокування портів основний вантажопотік було перенаправлено на західні прикордонні переходи. Експорт у 2022 році в цьому напрямку склав 32 млн т, що більше на 10 млн т у порівнянні з 2021 роком. Пропускна спроможність інфраструктури ЄС наразі не може забезпечити більші обсяги перевезень українського експорту у яких є потреба.

Покращилася ситуація по експорту зернових вантажів з початком «зернової ініціативи» з серпня 2022 року, коли розпочався експорт через порти Великої Одеси – за 5 місяців (серпень – грудень 2022 року) у напрямку цих портів залізницею експортовано 7,7 млн т зернових вантажів, проте РФ штучно обмежує можливості зернового коридору, що не дозволяє використовувати його з максимальною ефективністю.

Щодо імпортованих перевезень, то зменшення їх на 69,5% пов'язано з розірванням економічних зв'язків з РФ та Білоруссю, які були основними імпортерами у 2021 році.

Така ж ситуація з транзитними перевезеннями, які відбувалися переважно з РФ та Білорусі. На кінець 2022 року у транзитному сполученні збереглися лише перевезення зернових вантажів та олії, що відправляються з Молдови.

Досліджено функціонування певних галузей економіки протягом 2022 року. Так, після початку військових дій у Європі поступово згорталоя металургійне виробництво, враховуючи підвищення цін на енергоносії, відповідно зменшувалася потреба в українській сировині. В Україні також зменшилася потреба у сировині, враховуючи руйнування та зниження потужностей металургійних підприємств та енергетичної інфраструктури. В майже 6 разів скоротилися обсяги перевезень залізної руди з 6,58 млн т у грудні 2021 року до 1,58 млн т у грудні 2022 року. Найбільший відправник залізної руди ПрАТ «Полтавський ГЗК» щомісяця знижував навантаження з 837 тис. т у квітні до 110 тис. т у грудні 2022 року і наприкінці року взагалі призупинив видобуток (відвантаження відбувалося тільки зі складів).

По вугільній галузі схожа ситуація, скорочення в більш ніж 2 рази з 4,36 млн т у грудні 2021 року до 2,14 млн т у грудні 2022 року. Зниження у внутрішньому сполученні відбулося переважно за рахунок зменшення перевезень з ПрАТ «ДТЕК «Павлоградвугілля», враховуючи низьку якість вугілля та нестачу потужностей для його збагачення.

Вже протягом перших місяців вторгнення ключова для України галузь чорної металургії втратила близько третини активів. Зруйновані другий і третій за розмірами металургійні заводи країни – «Азовсталь» і ММК ім. Ілліча. Випуск металургійної продукції скоротився на 70% порівняно з 2021 роком.

Незважаючи на складну ситуацію в економіці АТ «Укрзалізниця» продовжує реалізацію інфраструктурних проєктів, які дозволяють усунути «вузькі місця» в просуванні вагонопотоків. Так, відновлений прикордонний перехід Березине–Басарабська на кордоні між Україною та Молдовою у серпні 2022 року. Відновлення переходу стало альтернативним маршрутом через Дністровський лиман. Відкриття лінії передусім важливе для виходу з регіону до українського порту Рені. Крім того це дає альтернативне залізничне сполучення через Молдову із портом Ізмаїл. Нині транспортні підприємства на Дунаї отримали важливе значення, разом із додатковими обсягами вантажів внаслідок блокади українських чорноморських портів та окупації Приазов'я. Так, за даними Адміністрації морських портів України, порт Рені в 2022 році у 5 разів перевищив показники за обсягами вантажопереробки попереднього року. Перевалка сягнула 6,82 млн т проти 1,37 млн т у 2021 році. Через це зокрема постала проблема заторів із автотранспорту.

Перспективним інфраструктурним проєктом є створення нових транспортних коридорів між портами Клайпеда і Одеса, що дасть змогу поліпшити залізничне сполучення між країнами і збільшити обсяги вантажоперевезень [2]. Метою проєкту є створення ефективного транспортного коридору між Балтійським і Чорним морями з достатньою пропускнуною спроможністю. Наразі основним завданням відповідних міністерств України та країн Балтії є спільне зусилля для додавання додаткового транспортного коридору в мережу TEN-T, що збільшить загальну пропускну спроможність на кордоні Україна – ЄС у напрямку портів Балтійського моря.

1. Підсумки роботи залізничного транспорту України у 2022 році. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/pidsumky-roboty-zaliznychnoho-transportu-ukrayiny-u-2022-r> (дата звернення: 14.03.2023).

2. Литва та Україна планують з'єднати порти Клайпеда та Одеса залізницею. URL: <https://www.railway.supply/uk/litva-ta-ukra%20na-planuyut-z%20dnati-porti-klajpeda-ta-odesa-zalizniczeyu/> (дата звернення: 14.03.2023).

УДК 656.13

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Світлана Козак

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

Людський фактор має суттєвий вплив на безпеку та ефективність функціонування транспортних систем. Його врахування на етапі проектування технічних систем та технологічних процесів дозволяє розробляти оптимальні умови виробничої та інженерно-технічної діяльності персоналу відповідно до його функціональних обов'язків, фізичних та інтелектуальних можливостей і обмежень. Результати досліджень в сфері людських факторів використовуються для створення умов праці відповідно до сучасних ергономічних вимог, узгодження психофізіологічних та особистісних характеристик працівників, особливостей їх поведінки при індивідуальній і груповій діяльності з умовами праці та функціональними обов'язками для забезпечення безпеки людини і виробничих процесів.

Людський фактор є багатозначним терміном, одним із визначень якого є прояв можливості у певних ситуаціях з тих чи інших причин приймати людиною помилкові рішення, зокрема у професійній діяльності. Людські фактори в техніці являють собою набір проявів в конкретних умовах діяльності характеристик і особливостей людини (або групи людей) і технічних засобів (машин), що розглядаються як система «людина-машина», функціонування якої спрямоване на досягнення поставленої мети [1; 2]. Людський фактор також може бути визначений як набір властивих людині психофізіологічних особливостей, які повинні прийматися до уваги для виключення неправильних дій.

У [3] розроблено нормативні засади врахування людських факторів в системі управління безпекою руху на залізничному транспорті і описано підходи щодо запобігання транспортних подій від дії людських факторів. У документі розглядаються поведінкові, медичні, експлуатаційні фактори, фактори, що пов'язані з конструкцією устаткування, збором і передачею даних, а також такі, як концентрація і уважність, ступінь втоми по відношенню до робочого навантаження, здатність оцінки ситуації в нестандартній і аварійній ситуації, умови роботи, розташування і конструкція устаткування, рівень підготовки і кваліфікації співробітників, взаємодія співробітників, присутність контролерів, методики роботи.

Аналіз сучасного стану проблеми безпеки на транспорті показує переважну (50–75%) роль людського фактору в причинах порушення безпеки руху і транспортних подій [4]. Для зниження ролі людського фактору на найбільш складних і відповідальних етапах транспортних процесів і забезпечення діяльності операторів відповідно до високих стандартів безпеки необхідно широке впровадження сучасних інформаційно-аналітичних сервісів підтримки прийняття рішень, що є важливою задачею менеджменту безпеки на транспорті. Крім того формування механізмів прийняття правильних управлінських рішень для попередження помилок і відмов у роботі людино-машинних систем є важливим з точки зору відбору, навчання та контролю діяльності персоналу.

Людський фактор часто інтерпретують як пояснення причин катастроф і аварій, що виникають у наслідок помилкових дій людини. Помилкові дії не завжди обумовлені психофізіологічними характеристиками людини і не завжди відповідають рівню складності виконуваних функцій або завдань. Помилки, викликані людським фактором, як правило, відбуваються ненавмисно, коли людина виконує дії, розцінюючи їх як найбільш вірні.

Незважаючи на значний розвиток автоматизованих систем управління, виключити повністю участь людини у виробничих процесах неможливо. Зі збільшенням складності людино-машинних систем ускладнюється діяльність людини-оператора. При цьому з одного боку зростає ймовірність помилок в діяльності людини, а з іншого – наслідки таких помилкових дій.

Технічний прогрес значно ускладнює машинні системи при обмеженості людських можливостей (рис. 1), тому людина-оператор при управлінні технічними об'єктами потребує допоміжних систем підтримки прийняття управлінських рішень. Отже, роль людського фактору в забезпеченні безпеки роботи людино- машинних систем не зменшується, а, навпаки, зростає.

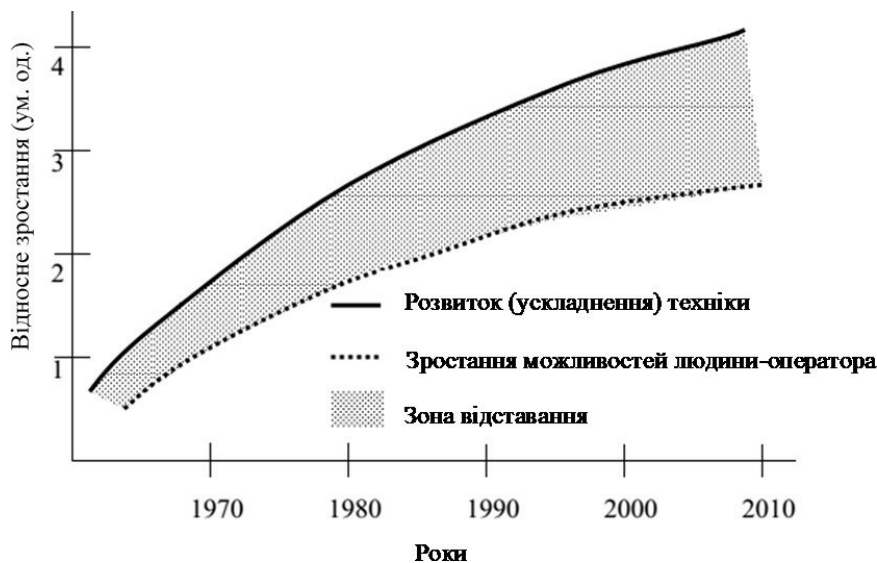


Рис. 1. Співвідношення розвитку (ускладнення) техніки і зростання можливостей людини-оператора
Джерело: [5]

Фізична праця в системі «людина-машина» пов'язана з виконанням як фізичних так і розумових функцій. При цьому діяльність людини здійснюється як за встановленим так і випадковим алгоритмами, правилами, інструкціями і технологічними графіками. У першому випадку ця діяльність жорстко регламентована, а в другому можливі випадкові несподівані події при виконанні технологічного процесу, наприклад, несподівана поява сигналів.

Розумова праця (інтелектуальна діяльність) пов'язана з прийомом і переробкою інформації і переважно вимагає зосередження уваги, напруги сенсорного апарату, пам'яті, а також активізації емоційних процесів і мислення.

Операторська праця вимагає підвищеної відповідальності та високої нервово-емоційної напруги. Управлінська праця визначається високим ступенем динамічності інформації, її обсягу, дефіцитом часу для підготовки і прийняття рішень, необхідністю вирішення періодично виникаючих конфліктних ситуацій. Творча праця вимагає підвищеної уваги, інтелектуальної діяльності, нервово-емоційної напруги.

Кількісною оцінкою фізичної праці є важкість, а розумової – напруженість праці, яка визначається інформаційним навантаженням на людину. На виробництві розрізняють чотири рівні умов праці людини:

- комфортні;
- відносно дискомфортні;
- екстремальні;
- надекстремальні.

Кількісні показники важкості та напруженості праці визначають розрахунковим шляхом. Для цього за допомогою експертних оцінок кожен фактор виробничих умов оцінюють за шестибальною шкалою.

У таблиці представлені дані про роль людського фактору в різних небезпечних та аварійних ситуаціях, техногенних катастрофах відповідно для різних сфер діяльності [7].

Таблиця

Коефіцієнт kN значущості людського фактору

№ з/п	Області техносфери	kN
1	Атомна енергетика	0,55
2	Промислове та цивільне будівництво	0,7
3	Ракетно-космічна техніка	0,35
4	Військова авіація	0,85
5	Цивільна авіація	0,65
6	Трубопровідний транспорт	0,3
7	Автомобільний транспорт	0,8
8	Технологічне обладнання	0,4

Джерело: [7]

На залізничному транспорті цей коефіцієнт, за різними експертними оцінками знаходиться в межах від 0,5 до 0,75 [2].

Вплив людського фактору на відмови технічних засобів в транспортних системах слід розглядати у контексті недоліків інформаційного забезпечення, помилок, викликаних зовнішніми і внутрішніми подіями, обмеженістю ресурсів підтримки і прийняття рішень, психофізіологічним станом людини.

Значний досвід врахування впливу людського фактору в авіації дозволяє розробити концепцію управління ресурсами оперативного управлінського персоналу інших видів транспорту, що сприяє забезпеченню їх заданої надійності. Сучасне технічний стан залізничного транспорту викликає необхідність дослідження людського фактору, створення концепції управління людським фактором, що забезпечує підвищення організаційно-технологічної надійності виробництва. Удосконалення техніки і технологій, впровадження на залізничному транспорті нових інструментів управління охороною праці та системи менеджменту безпеки руху дозволить знизити кількість небажаних інцидентів, але роль людського фактору в них залишається високою.

Основним резервом підвищення безпеки виробничої діяльності є формування єдиного, системного підходу з обліку і управління людським фактором на всіх етапах взаємодії працівника і роботодавця. Це дозволить значно знизити ризики настання небажаних подій в області безпеки праці та безпеки руху, забезпечивши позитивний соціально-економічний ефект.

1. Аналіз стану безпеки руху, польотів, судноплавства та аварійності на транспортів України за 2014 рік. [Електронний ресурс]: звіт департаменту безпеки на транспорті Міністерства інфраструктури України, 2015. URL: <https://mtu.gov.ua/files/аналіз за 2014 рік.pdf>. (дата звернення: 26.04.2023).

2. Standard IEC 62278:2002 (EN 50126-1:1999). «Railway applications – The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)». 2002. 78 p.

3. Аналіз стану безпеки руху, польотів, судноплавства та аварійності на транспортів України за 2014 рік [Електронний ресурс]: звіт департаменту безпеки на транспорті Міністерства інфраструктури України, 2015. URL: <https://mtu.gov.ua/files/аналіз за 2014 рік.pdf>. (дата звернення: 26.04.2023).

УДК 656.223

КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЯ ЗЕРНА, ЯК ПЕРСПЕКТИВА ЕКСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Денис Ломотько, Ольга Афанасова

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

Зерновий сектор України є основою агропромислового комплексу та аграрного експорту, має стратегічну, економічну та соціальну значимість. Україна відноситься до головних світових виробників зернової продукції та займає лідируючі позиції серед експортерів зерна та олійної продукції. Наразі дуже актуально стає питання щодо прискорення експорту зерна, тому що внаслідок російського вторгнення перекрито основний шлях транспортування – через морські транспортні шляхи та скорочення експорту сільськогосподарської продукції [1]. Динаміка показників експорту пшениці наведена на рис. 1.

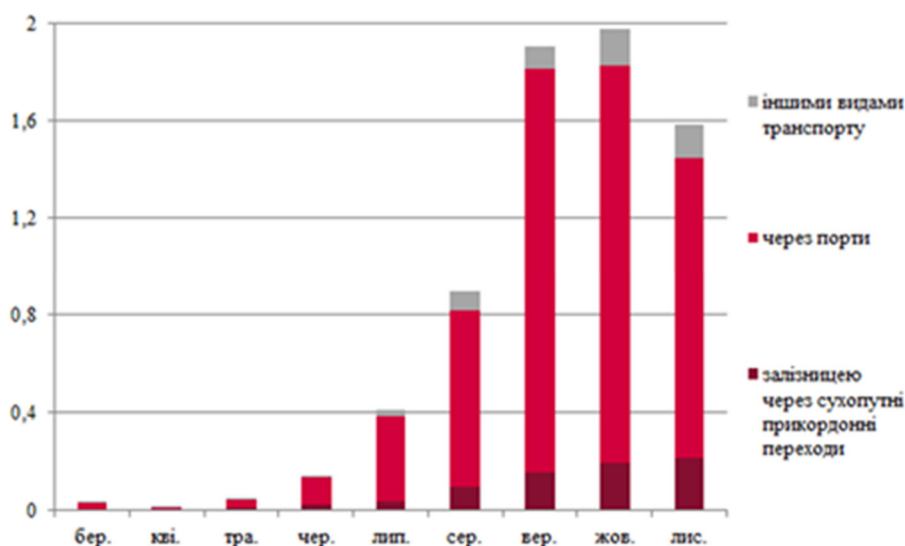


Рис. 1. Динаміка показників експорту пшениці*, млн тонн
*- за даними Міністерства аграрної політики та продовольства (2022 р.)

Війна примушує шукати інші нетрадиційні рішення для експорту українського зерна. Минулий рік цілком очевидно показав всім, що одним з головних можливих напрямків для розвитку України є західний. Сьогодні транспортні мережі країни знаходяться на шляху реформи та злиття з європейськими. Основним завданням для цього – підвищення рівня контейнеризації вантажів, зокрема зернових, з огляду на те, що найбільш звичним для ЄС вважається саме такий тип перевезень.

Головною проблемою перетину державних кордонів є – невідповідність у залізничних пунктах ширині колії між залізницями Європи та України. Адже для перевезення зернових вантажів за кордон необхідно або замінювати колісні пари з візками на вагонах, або забезпечити швидке перевантажування з вагонів українського завантаження до європейських. Але, сьогоднішні обставини для таких операцій суттєво нижчі, ніж потрібно. Похідною проблемою є й те, що в Україні здебільшого використовуються вагони-хопери, які перевищують по висоті на 600 мм габарит рухомого складу 1-ВМ, який функціонує на європейських коліях, отже такі моделі вагонів-хоперів «не проходять» в допустимі габарити по коліях 1435 мм. З цих причин збільшується тариф на змішані перевезення, через

перевантаження зернових вантажів з «не зручних» вагонів-хоперів на стику колій 1520/1435 мм в зернові термінали поблизу кордону або на автотранспорт, а далі знову на вагони-хопери тільки вже 1435 мм.

У вересні 2022 року спостерігалось аномальне підвищення вартості користування зерновозами Укрзалізниці майже на 100%, що стало важливим фактором для підвищення сукупної вартості перевезень. Таке зростання характеризується збільшенням нормативної швидкості користування зерновозом, також до зростання вартості призводить більша надійність Укрзалізниці у питаннях вчасної подачі вагонів, що є додатковою причиною збільшення попиту. Але в той самий час виявилися і слабкі місця у логістиці, а саме, обмежена пропускна спроможність залізничних пунктів перетину кордонів. Після початку повномасштабної війни вартість логістики зросла мінімум у 5 разів, в основному – через блокування морських портів, а також через різницю витрат на перевезення через сухопутні переходи та морські порти [3]. Особливості рельєфу Львівської регіональної філії (залізниці) такі, що маса поїздів має вагові обмеження – 1000–1500 т, а довжина на західних напрямках складає від 5 до 15 вагонів. У той час на Південно-Західній регіональній філії розмір потягів складає до 54 вагонів. До того ж, за умов нормального транспортування західні маршрути відправлення є дорожчими через більшу відстань, яка призводить до зростання термінів оренди вагонів. З української сторони з Польщею та Румунією знаходилися та очікували тисячі зернових вагонів. Таке їх очікування на кордоні у середньому становило 16 днів, а в іноді – і близько місяця.

Перевагами перевезення агропродукції в контейнерах є:

- логістична гнучкість та можливість сформувати інтермодальне транспортування «від дверей до дверей»;
- здатність відвантаження дрібними партіями (від 20 т), що дозволить залучати до транспортування широке коло відправників, за рахунок цього з'явиться можливість роботи з прямими потенційними покупцями і невеликими зернотрейдерами;
- можливість провести сертифікацію зерна одразу ж на елеваторі, а не в порту, що є більш дешевою процедурою;
- швидше та зручніше перевантажувати з одного виду транспорту на інший;
- вища вартість зерна, у випадку відправки ексклюзивних сортів;
- високе забезпечення схоронності зерна.

За пересуванням опломбованого контейнеризованого зерна простіше реалізувати пономерний контроль і облік. До того ж, відправник до кожного контейнера вкладає копії сертифіката якості, карантинного сертифіката, інвойсу тощо. Такі документи разом безсумнівно характеризують якість і кількість зерна. Навіть при незначних відхиленнях від умов прописаних в контракті до продавця можна буде скласти відповідну претензію. Це є ще однією важливою перевагою доставки зерна в контейнерах. Зернова продукція є сезонним вантажем, і впродовж року обсяги таких перевезень зазнають значних коливань. Отже, при застосуванні автомобілів-зерновозів та/або спеціалізованих вагонів, з'являється проблема організування запасів рухомого складу для відшкодування пікових навантажень на транспортній системі. Контейнерні перевезення пов'язані з експлуатацією універсального рухомого складу, котрий, за час зниження обсягів перевезень можливо використовувати для інших вантажів. Слід підкреслити, що перевезення зерна в контейнерах може дозволити скоротити витрати на транспортування. За рахунок перевезення залізницею контейнеризованого зерна економія складає від 3 до 6 USD/т, порівняно з перевезенням у вагоні-хопері. На додаток до цього, фітінгові платформи дешевші у будівництві та експлуатації, ніж вагони-зерновози. Український вагонобудівний завод «Карпати» в період з липня по жовтень 2022 року виготовив понад 250 контейнерів та 100 платформ європейського

габариту. Даний рухомий склад використовується для перевезення зерна до європейських портів [4].

Перевезення залізницею агропродукції в контейнерах крім того дає вірогідність збільшення обсягів її експорту до країн ЄС, тому що в цьому випадку значно спрощується метод перевантаження до вагонів європейської колії, а формування контейнерних поїздів з зерною продукцією сприяє скороченню терміну доставки, покращенню показників використання вагонів і зменшенню витрат на логістику.

Водночас, існують і деякі недоліки експлуатації контейнерів для перевезення зернової продукції:

– спеціалізований контейнер для транспортування зерна швидше за все повертатиметься порожнім, що потребує додаткових затрат на реверсивну логістику, зменшуючи рентабельність перевезень, принаймні при транспортуванні зернових в універсальних контейнерах з застосуванням додаткового устаткування (щитів, вкладишів, тощо) контейнер можливо завантажити іншим вантажем в зворотному напрямку;

– на елеваторі контейнери завантажуються повільніше, ніж вагон-зерновоз;

– на жаль, лише деякі елеватори спроможні проводити навантаження в контейнери, і навіть, на більшості елеваторів та залізничних станціях відсутні крани, з необхідною вантажопідйомністю, для встановлення стандартного ISO-контейнера (24 т) на залізничну платформу чи на автомобіль.

Контейнеризація не може повністю замінити вагони-хопери, але може стати альтернативою транспортування зерна, насамперед залізничним транспортом. В той самий час, в контейнер можливо завантажувати на 30% більше зернової продукції, ніж в автозерновозі, а транспортування, залежно від логістичної схеми і маршруту, на 12–40% дешевше. Окрім того термін доставки зерна в контейнерах можна прирівняти до тривалості автомобільного перевезення, але в останньому випадку необхідно врахування екологічних аспектів перевезень та збереження автодорожнього полотна. Для залізниці використання контейнерних поїздів дозволить значно прискорити доставку, знизити обсяг обробки на технічних станціях, зменшити обертання вагонів (а отже і їх потрібний робочий парк).

В теперішній ситуації - однією з головних задач став розвиток сухопутного сполучення з країнами Європейського Союзу, як для бізнесу так і для України в цілому. Розвиваючи контейнерні перевезення можна розраховувати на євроінтеграцію. Та за допомогою побудови ефективної системи організації експортних перевезень на базі логістичних принципів можливо підвищити конкурентоспроможність вітчизняних зернових вантажів. Звичайно потрібно збільшувати пропускну здатність міждержавних пунктів перетину, для цього потрібні інвестиції в європейську і українську портову інфраструктуру, прикордонні термінали, додаткові платформи, розмаїття контейнерів. Це доволі значні інвестиції. Але значний обсяг перевезень збережеться і після закінчення війни по цих транспортних коридорах.

1. Р. В. Вернигора, А. М. Огороков, П. С. Цупров, Р. Ш. Рустамов, Перспективи експортних перевезень зернових вантажів у контейнерах. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2018. № 16.

2. Огороков А. М. Аналіз перспектив розвитку ринку контейнерних перевезень в Україні. Аудит, ревізія, контроль : зб. наук. праць ДНУЗТ ім. Лазаряна. 2015. Вип. 10.15. С. 98–100.

3. УКРАЇНСЬКА ПРАВДА: «Експорт залізницею для всіх, але в порядку черги». URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/12/23/695373/> (дата звернення: 01.04.2023).

4. Rail.insider: ДМЗ «Карпати» виготовив понад 250 контейнерів та 100 платформ європейського габариту. URL: <https://www.railinsider.com.ua/dmz-karpaty-vygotovyv-ponad-250-kontejneriv-ta-100-platform-yevropejskogo-gabarytu/> (дата звернення: 01.04.2023).

УДК 656.223:629.463

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ ТА ПІДПРИЄМСТВА ПРОМИСЛОВОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА БАЗІ ЛОГІСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Денис Ломотько, Наталія Гриценко, Олена Ламанова

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

Промисловий залізничний транспорт є різновидом транспорту незагального користування, при цьому він об'єднує виробників різних регіонів держави за рахунок забезпечення доставки вантажів від магістрального транспорту до вантажовласників та навпаки. Тому у складі транспортного комплексу стійке функціонування системи підприємств промислового залізничного транспорту (ППЗТ) є суттєвим фактором формування надійної технології доставки вантажів та стабільного закріплення виробників та споживачів товарів.

Важливим кроком до забезпечення прибутковості і конкурентоспроможності ППЗТ як транспортної галузі є формування на її основі цілісної структури системи на централізованого управління із відносною автономністю окремих підприємств - філій. З точки зору системного підходу, організація такої структури дозволяє отримати додатковий загальносистемний ефект в умовах використання інформаційно-керуючих технологій на базі логістичних принципів. Тому виникає наукова задача формування технології роботи ППЗТ у межах логістичних ланцюгів.

У якості об'єкту дослідження обрано підприємство – філія ППЗТ, що розташовано у крупному залізничному вузлу. ППЗТ забезпечує транспортне обслуговування підприємств і організацій. Стисла характеристика технічна ППЗТ та основних особливостей його функціонування наступна:

- Загальна довжина всіх залізничних колій ППЗТ та під'їзних колій складає 31388,3 м;
- Верхня будова колії складається із рейок типу R-43, R-50, R-68;
- Сезонних коливань у розмірах прибуття і відправлення поїздів у сучасних умовах не спостерігається;
- Для забезпечення переробки вантажів на ППЗТ розташовані два критих вантажних склади, контейнерний майданчик, два відкритих майданчика та дві розвантажувальні естакади;
- Вантажна, комерційна робота та логістичні операції виконується цілодобово;
- Система керування ППЗТ являє собою складну структуру. Безпосереднє керівництво оперативною роботою на ППЗТ здійснює диспетчер;
- Інформацію підприємств і організацій про підхід потягів і вантажів здійснює вантажна станція примикання на підставі укладених договорів. Інформація про підхід поїздів та вантажів на ППЗТ передається цілодобово через автоматизовану інформаційну систему.

Для вирішення оптимізаційної задачі щодо зменшення часу $t_{\text{ППЗТ}}$ знаходження вагону на ППЗТ та визначеної партії вантажу q у них необхідно врахувати тривалість наступних технологічних елементів з урахуванням обмежень. Найбільш вагомим буде виконання обмеження, пов'язаного із забезпеченням логістичної технології доставки «точно у строк» [1]. В системі «під'їзна колія – ППЗТ – станція Укрзалізниці» ця вимога еквівалентна тому, що час перебування вагону в цій системі $t_{\text{ППЗТ}}$ повинен відповідати умові

$$t_{\text{ППЗТ}} \leq \frac{q}{Q_n}, \quad (1)$$

де Q_n – загальна кількість вантажу, що прибуває до ППЗТ за період часу, т.

Таким чином, цільова функція складе

$$t_{\text{ППЗТ}} = \bar{t}_{\text{ст}} + t_{\text{інф}}^H + t_{\text{пер}} + \bar{t}_{\text{розф}} + t_{\text{інф}}^K + t_{\text{пп}} + t_e \frac{q}{q_{\text{ст}}} \rightarrow \min; t_{\text{ППЗТ}} > 0, \quad (2)$$

де $\bar{t}_{\text{ст}}$ – математичне очікування випадкової величини часу перебування вантажних вагонів на станції примикання Укрзалізниці (в основному складається з часу на технічний та комерційний огляди та очікування подачі), год;

$t_{\text{інф}}^H$ – час на виконання інформаційних операцій по прибуттю на ППЗТ, год;

$t_{\text{пер}}$ – час на переміщення по коліях ППЗТ, год;

$\bar{t}_{\text{розф}}$ – середній час на розформування групи вагонів, що подано на ППЗТ, год;

$t_{\text{інф}}^K$ – час на виконання інформаційних операцій на обмінних коліях ППЗТ – підприємство, год;

$t_{\text{пп}}$ – час на переміщення вагонів на коліях підприємства, год;

t_e – середня тривалість вантажних операцій із вагоном, год/ваг;

$q_{\text{ст}}$ – статичне навантаження вагону, т/ваг.

Для реалізації задачі по удосконаленню роботи вантажного фронту під'їзної колії запропонована модель з урахуванням раціонального використання технічних засобів, яка дозволяє вирішувати задачу в умовах імовірнісної природи деяких показників (тривалості виконання основних технологічних операцій з вагонами та їх очікування). Аргументи цільової функції – витрати, пов'язані з виконанням технологічних операцій, очікуванням вагонами обслуговування, утриманням технічного оснащення та обслуговуючого персоналу, очікуванням технічними засобами обслуговування, затримкою оформлення перевізних документів [2].

З метою швидкого проведення масових та трудомістких техніко – економічних розрахунків по встановленню оптимальних режимів роботи вантажних фронтів ППЗТ та станції примикання було виконано розрахунок на існуючий об'єм роботи. В результаті побудовано залежність експлуатаційних витрат від технології роботи вантажного фронту (рис. 1).

З розрахунків та рисунку видно, що при роботі по більш ефективній технології, при роботі вантажного фронту ППЗТ 12 год за добу і двох подачах, зменшення експлуатаційних витрат складає 5629969 грн/рік. При цьому витрати, пов'язані з очікуванням вагонами скорочено на 749877 грн/рік.

Таким чином, з метою зменшення черг та часу обробки транспортних засобів при виконанні вантажних операцій, в роботі запропоновано збільшити число подач вагонів, так як за оптимальною технологією, при існуючих обсягах роботи, для вантажного фронту потрібно дві подачі вагонів, з тривалістю зміни 12 годин. Це пояснюється тим, що транспортні засоби, що надходять до вантажного фронту зменшуватимуть час очікування у черзі для здійснення вантажних операцій, а також необхідністю удосконалення автоматизованої інформаційно-керуючої системи взаємодії станції та ППЗТ [3].

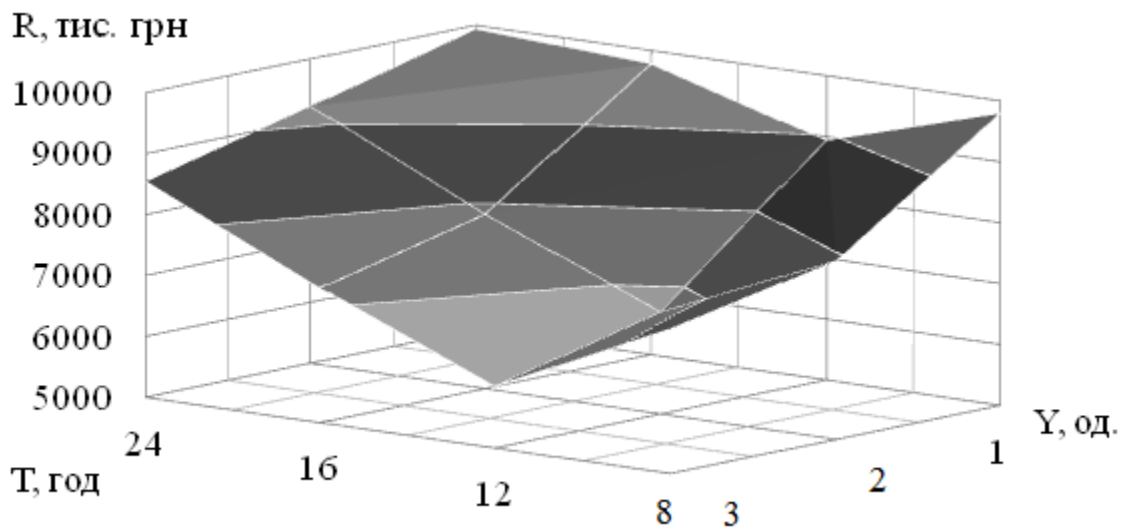


Рисунок. Залежність експлуатаційних витрат R від технології роботи вантажного фронту:
 T – тривалість роботи, год, Y – кількість подач за добу

Розроблений підхід можна вважати достатньо універсальним за своєю структурою і використовувати її при обробці груп навантажених та порожніх вагонів від станції примикання Укрзалізниці по коліям ППЗТ до вантажних фронтів підприємств, або у зворотному напрямку. Подальший розвиток в напрямку удосконалення роботи вантажної станції та ППЗТ передбачає впровадження автоматизованих систем ідентифікації рухомого складу та систем підтримки прийняття рішень оперативного персоналу в складі єдиного інформаційного середовища Укрзалізниці – ППЗТ.

1. Ломотько Д. В., Панкратов В. І. Удосконалення технології роботи підприємств промислового залізничного транспорту на базі логістичного управління. *Залізничний транспорт України*. 2008. № 5. С. 44–46.

2. Гриценко Н. В. Сучасний погляд на економічну оцінку транспортних проектів. *Регіональна економіка та управління* : науково-практичний журнал. 2021. Запоріжжя, 2021. № 2 (32). С. 47–60.

3. Огар О. М., Ломотько М. Д. Шляхи удосконалення автоматизованої логістичної системи управління залізничними станціями. *Інтелектуальні технології управління транспортними процесами* : зб. матеріалів Міжнар. наук.-техн. конф., 17–18 листоп. 2020 р. Секція: *Інтелектуальні технології управління транспортними процесами* : тези доп. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. Харків, 2020. С. 11–12.

УДК 656.072-05

БЕЗБАР'ЄРНЕ ІНФОРМАЦІЙНЕ СЕРЕДОВИЩЕ В ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ ОСОБЛИВОСТЯМИ

Софія Мартинюк

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

Користування громадським транспортом вимагає доступу до інформації на кожному кроці шляху, щоб спланувати поїздку, знати час прибуття та очікування, знати розташування місць висадки і посадки пасажирів. Завдання, звичайно, набагато складніше для людей, які живуть з обмеженими можливостями, такими як рухові, сенсорні чи інтелектуальні порушення. Доступність інфраструктури та створення безбар'єрного середовища є важливими показниками сталого розвитку.

Інформація для пасажирів може бути надана в різних цифрових форматах і може бути перевірена на зупинках або навіть у транспортних засобах. Незважаючи на те, що така інформація призначена для всіх пасажирів, надати її людям з інвалідністю набагато складніше.

У Конвенції ООН про права інвалідів зазначається особлива важливість доступності в сфері інформації та комунікації для людей з інвалідністю. Інформаційна доступність включає право шукати, отримувати і поширювати інформацію та ідеї, що стосуються прав людини, громадянських, соціальних, політичних та економічних питань.

Питання забезпечення інформаційної доступності стосується всіх аспектів життєдіяльності людей з інвалідністю: доступність інформації в транспорті, під час подорожі на вокзалах та аеропортах, у закладах харчування, лікарнях, аптеках; під час навчального процесу – випуск підручників абеткою Брайля або на електронних носіях; у програмах телебачення з використанням мови жестів; театральних спектаклях та творах мистецтва, матеріалах для голосування під час виборчого процесу тощо.

Пасажири з обмеженими можливостями повинні отримувати інформацію в режимі реального часу та у відповідному форматі, щоб:

- підготувати свій маршрут відповідно до їх мобільності (розташування зупинок, доступність транспортної мережі);
- отримувати інформацію про наступний крок у своїй подорожі.

Їхні специфічні потреби ускладнюються під час нерегулярних подій (поломок, об'їздів, заторів тощо). Люди з втратою слуху рідко можуть отримати інформацію про збої, оскільки зазвичай про це повідомляють усно. Люди з вадами зору втрачають орієнтацію і їм важко знайти альтернативний маршрут. Люди з обмеженими руховими можливостями можуть виявитися нездатними скористатися альтернативним транспортом через фізичні перешкоди.

Люди з інтелектуальною недостатністю також матимуть труднощі з розумінням інформації, прийняттям рішення та пошуком нових орієнтирів. Ще один важливий аспект полягає в тому, що стрес, викликаний перешкодами для всіх пасажирів, є набагато більш обтяжливим для пасажирів з обмеженими можливостями через їхні особливі труднощі та їх інколи підвищену чутливість (психічні відхилення, аутизм).

ТОВ «Дозор Україна» є лідером у галузі систем супутникового моніторингу міського пасажирського транспорту в країні. При встановленні GPS-трекерів DozoR кожен перевізник, а також організатор перевезень – орган місцевого самоврядування отримує повний доступ до програмного комплексу DozoR, а мешканці міста до мобільного додатку DozoR city та його веб-версії, що дає можливість:

- бачити, де зараз знаходиться ваш тролейбус чи автобус, і показати напрямок його руху;
- визначити фактичний час прибуття громадського транспорту для кожної зупинки;

- відобразити на карті повний перелік міських транспортних маршрутів, таких як громадські тролейбуси та приватні автобуси.

Однак такі планувальники подорожей повинні відповідати наступним умовам, якщо вони мають бути придатними для використання особами з обмеженими можливостями та відповідати їхнім потребам:

- веб-інтерфейс або телефонний інтерфейс має відповідати цифровим стандартам доступності (придатний для зчитування з екрана, адаптований до налаштувань дисплея користувача тощо).

У будь-якому громадському транспорті повідомлення про майбутню зупинку є важливою інформацією для пасажирів, особливо якщо вони не знайомі з маршрутом. Ця інформація часто доступна на панелі з підсвічуванням. Але його також потрібно озвучувати.

У разі збоїв (поломок, зміни маршрутів) інформація зазвичай передається пасажирам через систему озвучення, розташовану в транспортних засобах. Глухі люди залишаються помічати зміну ставлення пасажирів навколо них, але не помічають причини. Ситуація стає для них більш тривожною, коли вони незабаром усвідомлюють, що проблема є, але повністю пропускають будь-яке запропоноване рішення. Тому важливо, щоб така інформація також була представлена на екранах, встановлених для цієї мети.

Додавання аудіоінформації до візуальної інформації та навпаки, створення доступних цифрових послуг, використання телефонних додатків і підтримка спільноти на вимогу – це лише деякі з численних місцевих ініціатив, які виникли, щоб відкрити доступ до інформації для всіх пасажирів. Основним питанням сьогодні залишається стандартизація різних джерел і надання інформації всім, щоб кожна людина могла отримати переваги.

1. Ятвецька Г. В. Громадський транспорт в просторі соціокультурних взаємодій. *Вісник ОНУ ім. І.І. Мечникова. Сер. Соціологія і політичні науки*. 2015. Вип. 2(23). Т. 20. С. 51–56.

2. Steinert W. Mobility planning and good solutions in the field of barrier-free access for people with disabilities in Dresden – barrier-free city for all. *POLIS : conference (Dresden, 25–26.11.2010)*. 2010. Pp. 1–38.

3. Stjernborg V. Accessibility for All in Public Transport and the Overlooked (Social) Dimension – A Case Study of Stockholm. *Sustainability*. 2019. Vol. 11(18). Pp. 1–16, September. URL: <https://doi.org/10.3390/su11184902> (дата звернення: 26.04.2023).

4. Азін В. О., Байда Л. Ю., Грибальський Я. В., Красюкова-Еннс О. В. Доступність та універсальний дизайн : навч.-метод. посіб. / за заг. ред. Байди Л. Ю., Красюкової-Еннс О. В. Київ, 2013. 128 с.

УДК 625.767

ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ТА ПОКРАЩЕННЯ ВЕЛОСИПЕДНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У МІСТІ РІВНЕ

Богдан Микитюк

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

У нашому компактному місті майже повністю відсутня велосипедна інфраструктура, до того ж автомобілів з кожним роком на дорогах стає все більше і більше, тож через це вже зараз швидкість пересування містом на авто часто є нижчою, ніж комфортна швидкість пересування на велосипеді (а через декілька років думаю кількість авто буде настільки великою, що пішки пересуватись буде швидше, ніж автомобільним транспортом). Велосипед – це екологічно чистий вид транспорту, користуючись яким ми підтримуємо здоровий фізичний стан організму. Пересування по місту на велосипеді безперечно має чимало плюсів – від поліпшення екології до розвантаження вулиць від великої кількості автомобілів, але в той же час, через відсутність такої інфраструктури велосипедисти часто наражають себе на небезпеку, рухаючись у загальному потоці транспорту і заважаючи водіям, а рухаючись тротуарами (що є порушенням ПДД) у свою чергу заважають пішоходам.

За різними даними, в Україні за 2020 рік сталося від 1768 до 2097 ДТП з велосипедистами. Щонайменше 235 людей загинуло і 1610 – травмовані. Однією з причин таких ДТП є відсутність велоінфраструктури та висока швидкість автомобілів. Дослідження показують: якщо автомобіль здійснює наїзд на велосипедиста/пішохода при швидкості 80 км/год, у людини майже немає шансів вижити. Якщо ж авто здійснює наїзд при швидкості 30 км/год, вірогідність смерті лише 10%. Відповідно для того, щоб покращити статистику на дорогах, потрібно корегувати Правила дорожнього руху та створювати необхідну велоінфраструктуру. В цьому українцям допомагає громадська організація U-Cycle. [3] Вона бореться за те, щоб зробити простір безпечнішим як для пішоходів так і для велосипедистів.

Ще до 2018 року в Україні в Державних будівельних нормах (ДБН) не було навіть згадок про велосипедну інфраструктуру. U-Cycle вдалося це змінити. У ДБН з'явилася велосипедна інфраструктура, і тепер при реконструкції, ремонтах вулиць проєканти зобов'язані враховувати велосипедний рух. Норми зобов'язують не тільки створювати необхідну інфраструктуру, а й при проєктуванні вулиць закладати розрахункову швидкість – 60 км/год. Раніше вулиці проєктувалися за старими стандартами і розраховувалося, що можна їхати 100 км/год і більше. При новому проєктуванні вулиця не дозволить вам перевищувати швидкість 60 км/год. Також U-Cycle розробила та допомогла в розробці велосипедних концепцій для кількадесят українських міст.

Велосипедна концепція – це стратегія міста і план дій із розвитку інфраструктури велосипедного транспорту. Цей документ декларує прихильність міста до розвитку велотранспорту. Також це своєрідна дорожня карта – покроково розписана стратегія, як розвивати велосипедний транспорт. Вона містить мапу велошляхів.

В концепції велоінфраструктури міста Рівне існує маршрут Північний-Басів Кут через центр. Якщо велодоріжка (рисунок) буде якісно зроблена, по ній буде зручно їздити, то вона однозначно накладеться на цей веломаршрут і по ній буде безпечно та комфортно пересуватись через рекреаційну зону [4].

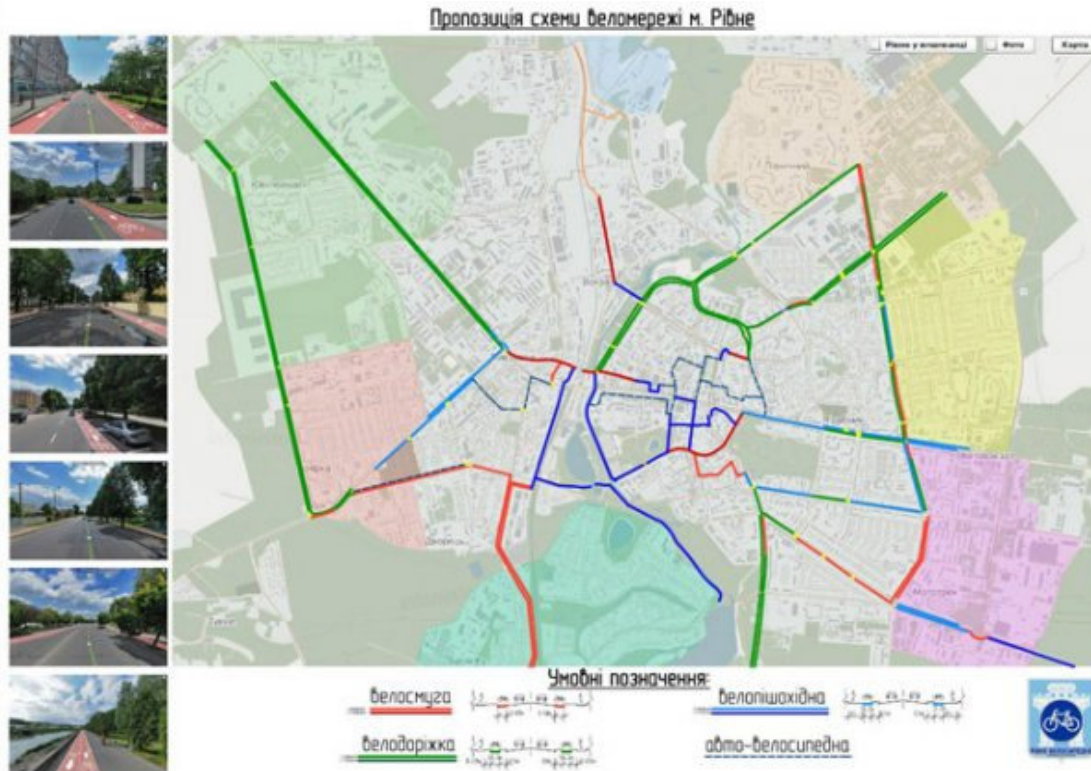


Рисунок. Схема веломережі м. Рівне

Постає логічне питання: як зробити місто більш пристосованим для велосипедів? [1] У світі поширені принципи Vision zero – ідеології нульової смертності. Це коли інженерно та інфраструктурно все організовано так, що система унеможливіє ДТП. В Україні наразі Vision zero немає. Тому, на мою думку потрібно:

1) Відокремлювати велосипедні смуги (велосипедна смуга бажано має бути відокремлена делініаторами чи бортами, тому що водії можуть паркуватися на велосмугах).

2) Робити місто більш інклюзивним (маломобільні – це не лише люди з інвалідністю, це і мама з візком, і людина з велосипедом, і травмована людина. Також бордюри мають бути інклюзивними, швидкість в місті – безпечна, додатково потрібен аналіз місць концентрацій ДТП).

3) Будувати велоінфраструктуру, яка зациклена не лише на велодоріжках (велодоріжки «з нікуди в нікуди» досить часто дратують. Тому у місті необхідно грамотно спроектувати велоінфраструктуру. Якщо на вулиці немає достатньо простору для велосипедної доріжки, там, наприклад, має бути врегульована швидкість. Вулиця може стати резидентською, де максимальна швидкість – 20–30 км/год. Тоді вона стає безпечною для руху велосипедом. Велодоріжки не з'являться скрізь, і не треба їх чекати на кожній вулиці, вони не потрібні всюди).

4) Корегування Правил дорожнього руху (ПДР потребують реальних змін, вони застарілі і не bike-friendly. Зараз, наприклад, відбувається «Велике будівництво», дороги будуються, оновлюються, але стоїть питання у швидкості, яка на них дозволена, та в інженерних рішеннях. Україна досі не має стратегії нульової смертності. Тобто, фактично, безпека не є в основі прийняття рішень).

Як бачимо, недооцінювати важливість велокультури у контексті розвитку комфортного міста не слід. Масове та щоденне використання такого, на перший погляд, простого винаходу неминуче веде до багатьох позитивних змін, серед яких: [2]

- розбудова міста;
- ремонт доріг та тротуарів поряд з облаштуванням велоінфраструктури;

- створення сприятливих умов для бізнесу та інвестицій;
- покращення екологічної ситуації в місті;
- підвищення мобільності містян;
- розвиток велобізнесу, пов'язаного із продажем, ремонтом, обслуговуванням та орендою велосипедів, а також велотуризмом та навіть рекламою;
- підвищення рівня якості життя населення, створення умов для активного дозвілля та зміцнення соціальних зв'язків.

У свою чергу, на поширення велокультури у містах значним чином впливає облаштування продуманої та зручної велоінфраструктури. В цьому плані багато чого залежить від місцевих управлінців. Не останню роль також відіграють велоактивісти, які повинні донести до суспільства необхідність популяризації велосипеда, а також соціальну та економічну користь від його використання: разом з велоінфраструктурою розвивається і велорух, а отже попит на велосипед, що створює нові можливості для розвитку велобізнесу в м. Рівне [2].

Таким чином, для сприяння розвитку та покращення велоінфраструктури у місті Рівному потрібно:

- проводити дослідження стану транспортної інфраструктури відповідно до світового досвіду та визначати на основі цих досліджень необхідні параметри майбутньої велосипедної мережі;
- розробляти та впроваджувати заходи з популяризації дотримання Правил дорожнього руху всіма віковими групами велосипедистів та іншими учасниками дорожнього руху;
- влаштовувати зручні та безпечні місця для паркування велосипедів біля державних, комунальних та приватних закладів для забезпечення потреб відвідувачів і працівників відповідних установ;
- доносити до осіб, що причетні до створення міської інфраструктури, правил та засад якісної велоінфраструктури;
- розробляти та створювати комплексну мережу велосипедних шляхів, які включатимуть доріжки, велосмуги та інші елементи дорожньої мережі.

1. Як зробити українські міста безпечними для велосипедистів. Українська правда : вебсайт. URL: <https://life.pravda.com.ua/society/2021/10/1/246082/>. (дата звернення: 11.04.2023).

2. Як велоінфраструктура може змінити місто. Агенція інформації та аналітики : вебсайт. URL: https://galinfo.com.ua/articles/yak_veloinfrastuktura_mozhe_zminyty_misto_274325.html. (дата звернення: 11.04.2023).

3. Самокати, електровелосипеди та інші види мікромобільності визнані. U-Cycle (ГО «Асоціація велосипедистів Києва») : вебсайт. URL: <https://u-cycle.org.ua/>. (дата звернення: 11.04.2023).

4. Рівне велосипедне. Еко-клуб : вебсайт URL: <https://ecoclubrivne.org/bike-r/>. (дата звернення: 11.04.2023).

УДК 656.02

ДОСЛІДЖЕННЯ РИНКУ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Вікторія Никончук, Анна Багнюк, Назар Бучак

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

Сучасний стан міжнародних вантажних перевезень є дуже важливим для нашої держави. Значні кошти до бюджету України надходять саме від представлення нашої території під транзит для міжнародних вантажних перевезень.

Протягом останніх десяти років обсяг перевезених усіма видами транспорту вантажів коливався у межах від 600 до майже 812 млн т, сягнувши максимуму у 2011 році, мінімуму у 2020 році і завершивши 2021 рік на позначці 619,9 млн т.

Безперечними лідерами виявилися залізничний та автомобільний транспорт. При цьому автотранспорт демонстрував постійне зростання від 140 млн т у 2009 році до рекордних 244 у 2019 році, а залізничний в цей період неухильно рухався до антирекорду, перевізши у 2019 році 312,9 млн т, а у 2020 році – лише 305,5 млн т. Станом на кінець 2019 року ринкові частки вантажних перевезень розподілилися наступним чином: 36% здійснювались автомобілями, залізницею – 46% (історичний мінімум).

Проте, війна в Україні суттєво змінила ринок міжнародних перевезень. Протягом лютого-березня більшість компаній перебувала в стані очікування: вивчали стан транспортно-логістичної діяльності в країні, оцінювали нові можливості ринків, визначали можливі ризики та шляхи їх мінімізації. Дослідження ринку вантажних перевезень з точки зору визначення обсягів транспортних послуг з перевезення вказують на помітну зміну ринкових часток. Особливо це спостерігається у разі сегментації ринку у розрізі більш властивих для кожного виду транспорту (рис. 1).

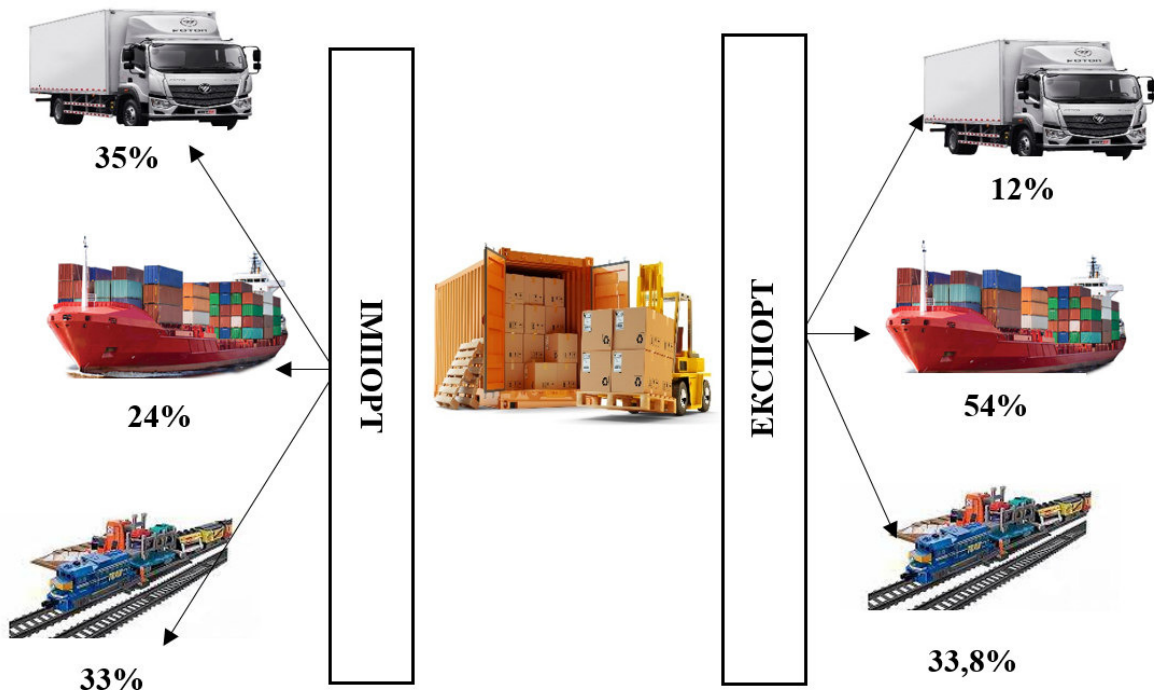


Рис. 1. Частка перевезень вантажів різними видами транспорту протягом 2022 року

Переважає більшість імпорту в Україну, а також значні обсяги експорту здійснюються наземними видами транспорту через західні пункти пропуску та контролю на державному кордоні. Під час вторгнення росії наземний транспорт продемонстрував більшу стійкість, ніж морський - значне скорочення обсягів вантажних перевезень спостерігалось лише у першій місяць війни, після чого вантажоперевізники адаптувалися до нових умов [1].

Обсяг імпорту найбільш стрімко збільшувався з березня до травня. У цей час галузі вдалось повернутись до обсягу міжнародних автомобільних вантажних перевезень, який Україна мала до повномасштабного вторгнення росії. Від травня до останнього дня року обсяг імпортованих товарів, які були ввезені в країну автотранспортом постійно і поступово збільшувався. На другому місці за обсягом завезеного в країну імпорту залізниця (9,89 млн тонн), а на третьому морський транспорт (7,16 млн тонн).

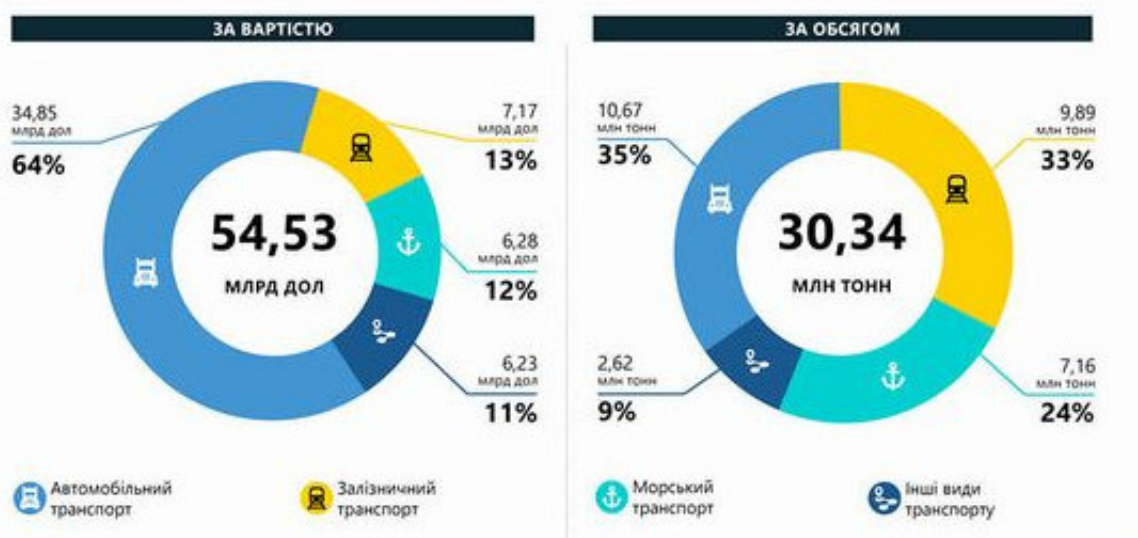


Рис. 2. Структура імпорту вантажних перевезень за 2022 р.

Лідером в експорті товарів за підсумками минулого року став морський транспорт з 53,86 млн тонн [3]. На другому місці – залізниця (33,73 млн тонн). На третьому – автомобільний транспорт (12 млн тонн). Загалом у 2022 році Україна експортувала майже 99,8 млн тонн товарів та імпортувала – понад 30,34 млн тонн товарів. Вартість експорту склала майже 44,2 млрд дол., а імпорту – більш як 54,5 млрд дол. (рис. 3).



Рис. 3. Структура експорту вантажних перевезень за 2022р.

При дослідженні ринку міжнародних перевезень вантажів можна відмітити тенденцію до зниження обсягів перевезень на 22% автомобільним транспортом, майже на половину – залізницею і більш ніж на 85% морським транспортом за період від березня до серпня, поки не почала діяти Зернова угода, в рамках якої протягом липня-грудня 2022 р. з України вдалось експортувати 19,3 млн т сільськогосподарської продукції [2]. За цей час частково були налагоджені альтернативні шляхи постачання для багатьох компаній. Як альтернативу українським портам стали використовувати основні порти країн-сусідів: Гданськ у Польщі, Констанцію у Румунії, Варну у Болгарії. Це дозволило відновити транспортно-логістичні шляхи. Зокрема, перевезення вантажів через пункти пропуску та контролю на державному кордоні України із Молдовою та країнами ЄС.

Таким чином, нагальним завданням розвитку ринку міжнародних перевезень вантажів є ріст мультимодальних перевезень, розширення мережі транспортних коридорів через збільшення кількості пунктів пропуску та контролю, розбудову інфраструктури наявних пунктів пропуску та супутньої логістики, пришвидшення процедур через тіснішу двосторонню взаємодію та цифровізацію процесу перевезення вантажів.

1. Торгівля-2022: третину імпорту товарів в Україну привезли міжнародні автомобільні перевізники. URL: <https://mtu.gov.ua/news/33944.html> (дата звернення: 11.04.2023).

2. Initiative on the Safe Transportation of Grain and Foodstuffs from Ukrainian Ports URL: https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/black_sea_grain_initiative_fu... (дата звернення: 11.04.2023).

3. Порти забезпечили 54% обсягів експорту з України – АМПУ URL: <https://latifundist.com/novosti/60794-porti-zabezpechili-54-obsyagiv-ek> (дата звернення: 11.04.2023).

УДК 656.11

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ

Вікторія Никончук, Віталій Завацький

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

Інтелектуалізація процесу управління громадським транспортом відіграє важливу роль в розвитку сучасного транспортного сервісу. Цей процес базується на використанні розумних технологій та аналітики даних для забезпечення ефективності та підвищення рівня обслуговування пасажирів.

Одним з ключових аспектів інтелектуалізації управління транспортною системою є використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій [1]. Наприклад, системи GPS та супутникової навігації можуть допомогти зібрати та опрацювати інформацію про маршрути транспортних засобів, розкласти рух, затримки, трафік та інші показники. Це дає можливість аналізувати та прогнозувати потреби пасажирів та забезпечити оптимальний рівень обслуговування. Іншим аспектом є впровадження електронних платіжних систем, що забезпечують швидкий та безпечний спосіб оплати проїзду. Це не тільки пасажиром уникає черг та затримок, але і забезпечує збір даних про використання транспорту, що може бути використано для підвищення ефективності системи. Крім того, інтелектуалізація процесу управління громадським транспортом включає також у себе використання аналізу даних для покращення планування маршрутів та розкладок руху транспорту. Це може допомогти зменшити час очікування транспорту, зменшити кількість затримок, підвищити точність руху транспортних засобів та безпеки дорожнього руху. В той же час, інтелектуальні системи можуть забезпечити підвищення ефективності роботи транспортних компаній та підприємств. Для цього вони використовують такі технології, як системи моніторингу транспорту, електронний облік вантажів та перевезень, автоматизацію процесів логістики тощо.

Інтелектуальні технології стають все більш популярними на транспорті, дозволяючи оптимізувати процеси та підвищити ефективність роботи транспортних компаній [2]. Деякі з інтелектуальних технологій, які використовуються на транспорті, включають:

1. Системи моніторингу та прогнозування: ці системи виконують дані про рух транспортних засобів та пасажирів для прогнозування потреб у транспорті та виконання підходів до планування маршрутів.

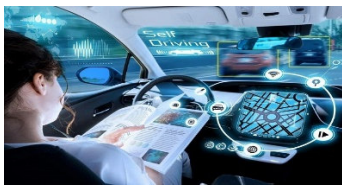
2. Системи управління трафіком: ці системи потребують датчиків для моніторингу потоків транспорту та дозволяють оптимізувати рух транспортних засобів на дорогах.

3. Електронні платіжні системи: ці системи дозволяють пасажирам безготівково оплачувати проїзд та інші послуги на транспорті, що зменшує час, необхідний для обслуговування.

4. Системи моніторингу вантажів: ці системи не можуть контролювати стан вантажів під час перевезення, а також оптимізувати маршрути транспорту.

5. Розумні транспортні засоби: ці засоби потребують датчики та інші технології для збору даних про стан автомобілів та їх рух, що дозволяють підвищити їх ефективність та безпеку.

Інтелектуальні технології знаходять своє застосування на транспорті для підвищення безпеки, ефективності та комфорту пасажирів [3]. Деякі з інтелектуальних технологій, що використовують на транспорті, зображено на рисунку.



Технологія автопілота для транспорту використовує штучний інтелект для керування транспортом. Вона включає систему розпізнавання обличчя, детектори втоми та інші сенсори для збору даних, що дозволяє транспорту автоматично керувати без водія



Інтелектуальні системи моніторингу дорожнього руху допомагають уникнути аварій та зменшити ризик травмування пішоходів та велосипедистів. Вони включають камери, датчики та інші датчики, що надають інформацію про дорожні умови, що дозволяє водіям реагувати на них



Інтелектуальні системи моніторингу дорожнього руху допомагають уникнути аварій та зменшити ризик травмування пішоходів та велосипедистів. Системи попередження зіткнення включають камери, датчики та інші датчики, що надають інформацію про дорожні умови, що дозволяє водіям реагувати на



Інтелектуальні системи енергозбереження зменшують споживання палива та відповідно викиду шкідливих речовин в атмосферу. Вони включають системи відновлення енергії гальмування, системи управління двигуном та інші технології.



Інтелектуальні системи керування трафіком, що складаються з набору технічних і програмних засобів з метою забезпечення максимізації пропускної спроможності не тільки окремого перехрестя, а і оптимізації трафіку по всьому місту для кожного окремо взятого транспортного засобу.

Рисунок. Види інтелектуальних технологій, що впроваджуються в транспортні системи міст

Реалізація інтелектуальних технологій на транспорті в глобальному масштабі стала можливою тільки в умовах насиченого інформаційно-комунікаційного простору, коли немає проблем з дешевою передачею значних обсягів цифрової інформації в реальному часі в будь-якій точці транспортної мережі. Формування та впровадження в Україні інтелектуальних транспортних систем сприяє підвищенню ефективності управління перевезеннями, скорочення витрати на транспортування вантажів та пасажирів, забезпечить зниження рівня завантаженості вулиць і доріг та сприятиме інформуванню учасників дорожнього руху щодо поточної дорожньо-транспортної ситуації та оптимальних маршрутів руху транспортних засобів.

1. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем: монографія / Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О. та ін. Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. 428 с.

2. Никончук В. М. Методологія забезпечення якості та розвитку інтелектуального капіталу в національній економіці : монографія. Рівне : Волин. обереги, 2020. 228 с.

3. Никончук В. М., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М., Функціонування громадського транспорту у соціальному просторі міста. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті* : науковий журнал. Луцьк : ЛНТУ, 2022. № 2(19). URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/journal-mbf/article/view/915> (дата звернення: 11.04.2023).

УДК 658.7.012.34(477)

ВНУТРІШНІЙ КОНТРОЛЬ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Уляна Плекан, Олег Цьонь

*Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна
вулиця Руська, 56, Тернопіль, Тернопільська область, 46001*

Оптимізація логістичних процесів прямо пов'язана з конкурентними перевагами підприємства, оскільки передбачає вдалий вибір контрагентів; оптимальних каналів розподілу продукції, моделювання логістичних систем і ланцюгів; створення умов для ресурсозбереження.

Система логістики автотранспортного підприємства, побудована одного разу, не є догмою та у міру зміни ринків збуту, видів транспортних послуг підприємства та вимог до логістичного сервісу її ефективність може змінюватись. Тому відповідальний підрозділ підприємства транспортної сфери повинен періодично проводити логістичний контроль ефективності функціонування системи логістики. Пов'язуючи викладене із характеристикою концепції логістики, зупинимось детальніше на сутності найбільш важливих логістичних складових сталого розвитку підприємства транспортної сфери, серед яких можна назвати наступні:

- елімінація часу логістичних операцій;
- підвищення якості надання послуг;
- зниження логістичних витрат.

Елімінація часу виконання логістичних операцій полягає у використанні методу цілісності часу надання транспортної послуги. Метод цілісності часу враховує весь процес здійснення транспортування, розвантажувально-навантажувальних та підготовчих робіт з врахуванням постачання необхідної кількості ресурсів та матеріалів у певний час [1]. Таким чином забезпечується, до прикладу, зменшення трудомісткості виконання функцій на один рейс.

Використання методу скорочення часу логістичних операцій дає можливість підприємству гнучко реагувати на зміни у ринковому середовищі. Тому, розглядаючи сутність поняття виробничого циклу, який вимірюється синхронністю часу, містить етап надання послуги транспортування, планування асортименту і якості, зміни технологій та задіяного рухомого складу, організацію збуту. В якості критерію організації надання послуги транспортування варто застосовувати метод цілісності часу, мінімізуючи загальні витрати часу. У такому випадку основною ціллю підприємства є організація роботи й узгодження інтересів постачальників та посередників. Цілісність часу надання транспортної послуги визначає, що необхідну послугу потрібно надавати у потрібний час і в потрібному обсязі, кількості та якості, що вимагає синхронного планування доставки від замовника до кінцевого одержувача. Оптимізація часу доставки продукції завдяки логістичному аналізу цього процесу значно впливає на кінцеву ціну. Одне перевезення може бути здійснене транспортним підприємством при різних способах організації його діяльності. За логістичною концепцією, обчислення вартості послуги транспортування відбувається в процесі корисної зміни параметрів часу, місця і форми.

Обґрунтування вибору цих факторів наведено в таблиці.

Таблиця

Переваги вибору основних логістичних факторів

Складові сталого розвитку	Час	Якісне обслуговування	Логістичні витрати
Процес перевезення та транспортний потенціал	Елімінація часу використання операцій, ефективна організація процесу перевезення	модернізація рухомого складу, відсутність простоїв	Ефективне планування витрат на перевезення
Маркетинг	Скоординована діяльність маркетингових служб, налагоджена співпраця з постачальниками, короткі терміни виконання замовлення	надання високоякісних перевізних послуг, постійна прихильність споживачів, передпродажний та післяпродажний сервіс	Високі витрати на обслуговування в кінцевому результаті призводять до зниження загальних витрат по підприємству
Фінанси	Скорочення витрат на виконання операцій	Підвищення обсягів фінансових надходжень унаслідок високих обсягів продажу	Складання бюджету за зниженими показниками витрат унаслідок зменшення логістичних витрат

Джерело: [3]

Логістичний контроль ефективності функціонування системи логістики автотранспортного підприємства – це систематичний та регулярний аналіз системи логістики з точки зору витрат, використання ресурсів та обслуговування, за результатами якого можуть бути розроблені рішення в частині організаційних перетворень у логістичній стратегії загалом. Внутрішній контроль логістичних процесів передбачає порядок дій для забезпечення виконання завдань контролю та перевірки, а на заключному етапі на основі результатів перевірки – прийняття рішення і складання на його основі управлінських висновків.

Механізм внутрішньої перевірки логістичних процесів автотранспортного підприємства на першому етапі включає:

- врахування показників, що характеризують логістичні процеси;
- введення формалізованих та неформалізованих критеріїв порівняння;
- діагностику показників ефективності логістичної стратегії.

На другому етапі на основі отриманих результатів діагностики проводиться аналіз даних. На заключному етапі відбувається узагальнення та перевірка результатів, приймаються рішення залежно від результатів, складається висновок та розробляються рекомендації.

Логістика допомагає знайти і реалізувати оптимальне співвідношення витрат, запасів і якості обслуговування. Для цього виконуються багатоваріантні розрахунки, оптимальним з яких є той, що забезпечує найбільшу вигоду системі в цілому. Вдало підібрана методика проведення перевірки та контролю є дієвою опорою логістичної стратегії підприємства.

1. Колодізева Т. О., Руденко Г. Р. Методичне забезпечення оцінки ефективності логістичної діяльності підприємств : монографія. Харків : Вид. ХНЕУ, 2012. 292 с.

2. Криворучко О. М., Сукач Ю. О. Менеджмент бізнес-процесів автотранспортних підприємств : монографія. Харків : ХНАДУ, 2012. 243 с.

3. Хвищун Н. В. Логістичні складові підвищення конкурентоспроможності підприємства. *Логістика: теорія та практика*. Луцьк : ЛНТУ, 2011. № 1. С. 126–134.

4. Шинкаренко В. Г., Ананко І. М. Удосконалення автотранспортних послуг. Харків : ХНДАУ, 2011. 33 с.

УДК 656.02

ТЕНДЕНЦІЇ ЗМІНИ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ В УКРАЇНІ У ПЕРІОД 2017–2021 РОКІВ

Микола Поstrанський, Софія Король

Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, 79000

Транспортна галузь є важливою частиною економіки, обслуговуючи внутрішні та експортні, імпорتنі та транзитні перевезення вантажів і пасажирів. Вона є невід'ємною складовою загальної економічної політики держави і забезпечує обороноздатність країни [1].

Одним з основних показників, що відображають попит на транспортні послуги, є обсяг перевезень. Науковці виділяють певні тенденції щодо зміни цього показника під дією різного роду чинників, зокрема таких як [2–5]:

- якість внутрішньої транспортної мережі;
- технічний стан рухомого складу;
- обмеженість швидкості перевезень;
- вид і характер вантажу та розмір його партій;
- дорожньо-кліматичні умови
- стан під'їзду до навантажувально-розвантажувальних пунктів;
- тривалість та вартість перевезень;
- провізні спроможності транспорту;
- своєчасність перевезення.

Окрім вищезазначеного, також на обсяги перевезень вантажів можуть впливати й такі зовнішні чинники, як й зміни в економічній ситуації, потреби у забезпечення мультимодальних перевезень, виникнення та поширення пандемій тощо [5].

Згідно статистичних даних наведених на сайті Державної служби статистики України [6], у період 2017–2021 років в державі перевезено понад 761000 тис. т вантажів. Серед них лідером є: кам'яне і буре вугілля, сира нафта та природний газ, кокс і продукти нафтоперероблення, основні метали (понад 383000 тис. т). Розподіл статистичних даних щодо перевезення цих вантажів за досліджуваний період, наведено на рис. 1.



Рис. 1. Обсяги перевезення продукції добувної промисловості [6]

При цьому, серед вантажів, які мали найменший обсяг перевезених спостерігається (рис. 2–рис. 3): текстиль та вироби текстильні, шкіра та вироби зі шкіри, пошта, поштові відправлення (менше 9000 тис. т).

Секція 2
Транспортні системи і логістика



Рис. 2. Обсяги перевезення продукції текстильної галузі



Рис. 3. Обсяги перевезення пошти та поштових відправлень

Згідно вищенаведених даними, можна дійти висновку, що найбільша частка обсягу перевезеної продукції добувної промисловості припадає на 2019 р. Також, обсяги перевезення продуктів текстильної галузі та перевезення пошти та поштових відправлень досягли свого в аналогічний період. Проте, згодом їх обсяги стрімко знизилися. Можна припустити, що це було зумовлено пандемією COVID-19 та, відповідно, певними обмеженнями, які зумовили зменшення використання перевезень цих вантажів.

1. Черніхова О. С. Проблеми та перспективи розвитку транспортної галузі України. *Наукова думка сучасності і майбутнього* : зб. статей учасників двадцятої всеукраїнської практично-пізнавальної конференції. 2018. Дніпро, 2018. С. 66–68.

2. Степанова Л. Б. Фактори, що впливають на ефективність міжнародних транспортних перевезень. *Університетська наука і освіта* : зб. матеріалів студентської міжнародної науково-практичної конференції, 15 липня 2015 р. 2015. С. 7–12.

3. Давідіч Ю. О. Розробка графіка руху транспортних засобів при організації вантажних перевезень: навч. посіб. / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Харків : ХНАМГ, 2010. 345 с.

4. Давідіч Ю. О., Ольхова М. В. Визначення факторів, що впливають на вибір видів транспорту при магістральних перевезеннях вантажів. *Комунальне господарство міст*. 2011. № 97. С. 294–298.

5. Шраменко Н. Ю., Шраменко В. О., Соларьов О. О. Аналіз ринку вантажних перевезень в Україні. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2021. № 16. С. 30–35.

6. Перевезення вантажів автомобільним транспортом за видами вантажів. *Державна служба статистики України*. 2022. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>. (дата звернення: 11.04.2023).

УДК 656.13

ЦІНОУТВОРЕННЯ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ВЕЛИКОГАБАРИТНИМИ АВТОПОЇЗДАМИ

Всеволод Приходько, Ігор Вікович

Національний університет «Львівська політехніка»,
Степана Бандери, 12, Львів, 79013

Вартість транспортування можна розділити на кілька категорій, таких як постійні витрати, змінні витрати, спільні витрати та загальні витрати, які будуть обговорюватися в цьому розділі.

Постійні витрати залишаються незмінними на всьому рівні діяльності протягом життєздатного діапазону логістичних операцій для заданої потужності протягом прийняттого періоду. Ці витрати вже отримані ще до того, як відбулося будь-яке фізичне переміщення товарів, і їх неможливо уникнути, окрім як припиненням усієї операції. Постійні витрати не залежать від обсягу перевезень, а скоріше включають вартість забезпечення інфраструктури, вартість постачання термінальних засобів (таких як обладнання та персонал для автобусних депо, залізничних станцій або аеропортів), а також витрати на залучення управлінського, адміністративного, та обслуговуючий персонал.

З іншого боку, змінні витрати – це витрати, пов'язані з фактичним рухом транспорту, і тому змінюються залежно від обсягу товарів, що транспортуються. Вони включають витрати на паливе, оплату праці та технічне обслуговування транспортних засобів у зв'язку з експлуатацією цих транспортних засобів у транспортній службі (наприклад, вартість заміни зношених шин, вартість планової перевірки транспортного засобу чи літака). Спільні витрати – це витрати, які розподіляють вантажовідправник і перевізник для надання транспортних послуг. Загальні витрати – це витрати перевізника, понесені від імені всіх або окремих вантажовідправників, наприклад витрати на термінали та управління (рис. 1).

Функція транспортних витрат

У цьому розділі обговорюватимуться транспортування та витрати на обробку, а також показано, як ці витрати можна розрахувати за допомогою визначених параметрів.

Вартість одиниці = вартість зберігання (запасів) + вартість переміщення = вартість зберігання + вартість доставки + вартість обробки.

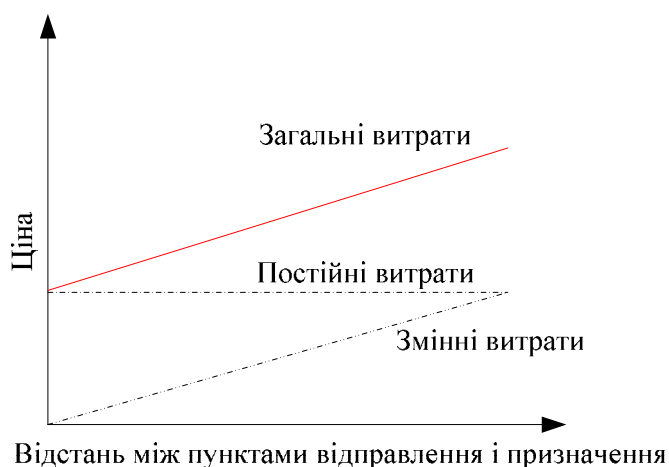


Рис. 1. Постійні та змінні витрати на транспортування

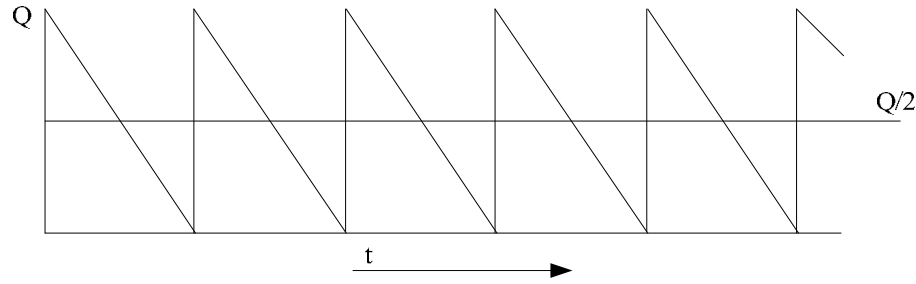


Рис. 2. Цикл поповнення запасів

Вартість транспортування = вартість доставки + вартість зберігання та вартість зберігання (запасів) = вартість зберігання запасів \times середньорічний запас = $rv(Q/2) = rv(TD/2)$.

Вартість відвантаження (транспортування) або переміщення = Вартість утримання запасів \times Середній річний запас.

$$\text{Вартість доставки } s_f + s_v Q \quad (1)$$

$$\text{З рис. 2, де } s_f = c_s(1 + n_s) + c_d d c_v = c_{vs} + c_{vd} d \quad (2)$$

$$\text{Вартість доставки} = [c_f = c_s(1 + n_s) + c_d d] + [Q(c_v = c_{vs} + c_{vd})d] \quad (3)$$

$$\text{Транспорт (ІСЦ)} = c_s \left(\frac{1 + n_s}{Q} \right) + c_d \left(\frac{d}{Q} \right) + c_{vs} \quad (4)$$

A = фіксована вартість замовлення (\$/доставку); r = вартість зберігання запасів (\$/рік); v = вартість покупки (\$/шт.); Q = розмір вантажу (шт.); Q_h = розмір обробки (предметів); $Q_{h\max}$ = максимальний розмір обробки (шт.); D = Річний попит (шт.); T = частота відвантаження (рік) = Q/D ; L = час виконання транспортування (рік); c_f = фіксована транспортна вартість (\$/доставку); c_v = змінна транспортна вартість (#/шт.); c_{fh} = фіксована вартість обробки (\$/доставку); c_{vh} = змінна вартість обробки (#/шт.); c_s = фіксована зупинка за вартість (\$/зупинка); c_d = вартість відстані (\$/відстань); d = пройдена відстань; c_{vd} = граничні витрати/пункт/відстань; c_{vs} = граничні витрати/вантаж/зупинка; n_s = кількість зупинок доставки.

$$\text{Вартість обробки} = c_{fh} + c_{vh} Q_h. \quad (5)$$

$$\text{Вартість транспортування та обробки} = c_s \left(\frac{1 + n_s}{Q} \right) + c_d \left(\frac{d}{Q} \right) + c_{vs} + c_{vh} + \left(\frac{c_{fh}}{Q_{h\max}} \right). \quad (6)$$

$$\text{Загальна вартість за одиницю } rv \left(\frac{T}{2} \right) + c_s \left(\frac{1 + n_s}{Q} \right) + c_d \left(\frac{d}{Q} \right) + \left[c_{vs} + c_{vh} + \left(\frac{c_{fh}}{Q_{h\max}} \right) \right]. \quad (7)$$

Загальну вартість доставки та обробки можна розрахувати за формулою (1.8):

$$c_s \left(\frac{1+n_s}{Q} \right) + c_d \left(\frac{d}{Q} \right) + \left[c_{vs} + c_{vh} + \left(\frac{c_{fh}}{Q_{hMAX}} \right) \right]. \quad (8)$$

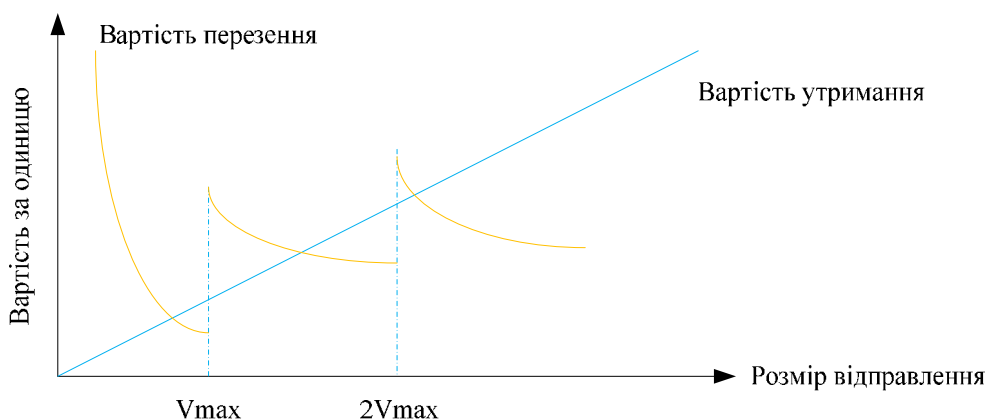


Рис. 3. Зв'язок між транспортною вартістю та розміром вантажу

Фактори, що впливають на вартість перевезення:

У цій частині пояснюється, як різні фактори впливають на вартість доставки (рис. 4).

1. Розмір або обсяг відправлення;

Для окремого відправлення: фіксує розподіл постійних витрат на багато позицій; дотримання логіки визначення розміру партії; вибір режиму роботи водіїв;

2. Баланс навантаження або потоку вантажу: зворотний потік зменшує витрати на зміну позиціонування. Субадитивність: витрати на обслуговування вибору напряму одним перевізником нижчі, ніж витрати на його обслуговування групою перевізників;

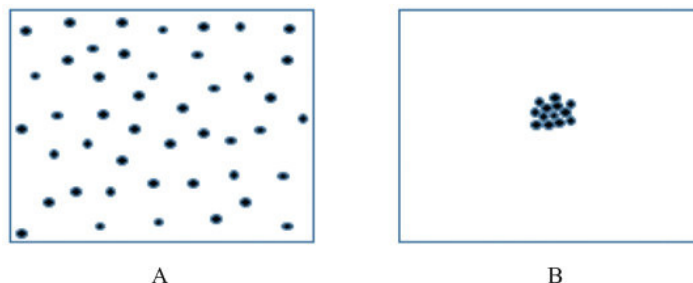


Рис. 4. Розподілена доставка; (В) Концентрована доставка

3. Розташування та щільність відправлення: підходить для консолідованих перевізників; щільність розташування – кількість клієнтів на одиницю площі;

Щільність відправлення: середня кількість відправлень у місці клієнта; Середньодобовий обсяг є критичним.

1. Босняк М. Г. Вантажні автомобільні перевезення. Київ : Слово, 2010. 208 с.

2. Hayton J. Logistics Transportation Systems. Bowling Green, OH, USA : Bowling Green State University, 2021. 444 с. (ELSEVIER).

3. Вельможин А. В., Гудков В. А., Миротин Л. Б., Куликов А. В. Грузовые автомобильные перевозки : учебник для вузов. 2-е изд., стер. М. : Горячая линия – Телеком, 2007. 560 с.

4. Прокудін Г. С. Моделі і методи оптимізації перевезень у транспортних системах. Київ : НТУ, 2006. 224 с.

5. Серажим В. І. Транспорт міжнародний. Українська дипломатична енциклопедія : у 2 т. / ред. кол.: Л. В. Губерський та ін. Київ : Знання України, 2004. Т. 2. 812 с.

УДК 656.022

ПОРІВНЯННЯ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ НА ОСНОВІ ЗАГАЛЬНИХ ЕКОНОМІЧНИХ ВИТРАТ

Назар Семенюк

студент 4 курсу, група ТТ-41, навчально-науковий механічний інститут
науковий керівник к.с-г.н. доц. Сорока В. С.

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

Країни розвитку Європейського Співтовариства обслуговуються міжнародними коридорами в т.ч. Берлін, Венеція, Європа, Гданськ, Чорноморський та Дунайський (рис. 1). Вибираючи між маршрутами вантажних перевезень, користувачі послуг надають перевагу значенням часової ефективності і економічній ефективності транспортних коридорів. За даними зарубіжних дослідників [1], багато країн, що не мають виходу до моря, стикаються з труднощами в імпорті та експорті товарів, оскільки вантаж повинен проходити через сухопутні кордони та магістралі чи залізниці, щоб отримати доступ до морських портів, розташованих у транзитних країнах (ТК), що призводить до вищих витрат на логістичні послуги та довший час транзиту.



Рис. 1. Міжнародні транспортні коридори України

Багато досліджень присвячено розвитку багатонаціональних транспортних коридорів та оцінюванню їх ефективності [1; 2]. Істотними перешкодами для транскордонного переміщення є тривалі митні процедури, а неефективність транспортної системи, яка негативно впливає на економічний розвиток країн, що розвиваються [3]. З точки зору економічних витрат, можна очікувати близькість конкуруючих портів до внутрішніх регіонів, що має визначати частку вантажів які переміщуються по кожному ТК між внутрішніми районами та портами. Для дослідження даної проблеми, було розроблено модель загальних економічних витрат (ЗЕВ), що пояснює раціональний вибір, зроблений вантажовласниками та постачальниками логістичних послуг при виборі найбільш економічного маршруту для переміщення вантажу між узбережжям і внутрішніми районами.

Дослідники [1] оцінювали ефективність ТК та економічний вплив на користувачів інфраструктури (портів, доріг і залізниць), враховуючи прямі транспортні витрати, при цьому час затримки на користувачів ТК. Було виявлено, що вартість яка необхідна для забезпечення та експлуатації інфраструктури, так і вартість прямого транспортування є найнижчою для ТК

Дунайський. У даному дослідженні проводиться оцінка з точки зору роздрібних торговців і виробників, які імпортують товари в рамках бізнес-операцій. Коридори оцінюються по вартості загального часу транспортування та мінливості часових затримок. Тому доцільно визначити приховані витрати зі сторони вантажовласників, які здебільшого є результатом мінливості часових затримок при транспортуванні часток вантажу.

Використання моделі ЗЕВ засвідчило, що вибір ТК, зроблений вантажовласниками та їхніми постачальниками логістичних послуг, дійсно раціональний і базується на максимізації економічної цінності для користувачів ТК. Таким чином, відсутність забезпечення впливу мінливості часових затримок є серйозним обмеженням продуктивності ТК. Крім того, важливо зауважити, що модель ЗЕВ включає всі фактори, що впливають на продуктивність коридору, включаючи політику, нормативні акти, інфраструктуру, а також прямі та непрямі витрати, оскільки загальні затримки вантажів, що транспортуються вздовж ТК, відображають вплив усіх цих факторів.

ТК можуть дати високий рівень економіки в країні та доступ до ресурсів і ринків через розвиток морського транспорту. За даними вчених [4] ТК – це лінійна орієнтація одного або кількох транспортних маршрутів і потоків, що з'єднують важливі місця, які діють як пункти відправлення, призначення або пункти перевалки. Посилання [5] визначає ТК як міжнародний інтермодальний транспортний маршрут, який може прискорити переміщення товарів і людей через міжнародні кордони, з'єднуючи ключові пункти вантажного транспорту в різних країнах. Міжнародна співпраця має важливе значення для забезпечення транзитного доступу та ефективних транспортних систем для країн [6].

Вчені [1; 2; 5; 7] поєднали оцінку міжнародних транспортних процесів із заходами щодо сприяння торгівлі та транспорту, використання простого підходу: часу-вартісті-відстані для оцінки інтермодальних ТК та визначення бар'єрів, пов'язані з часом і вартістю. Дослідники [5] побудували модель оцінки продуктивності, щоб зрозуміти відносну ефективність традиційної морської-сухопутної лінії поряд із двома контейнерними маршрутами, які формують частину ініціативи між Китаєм і Європою.

Причини тривалих затримок у портах були предметом попередніх досліджень [8], які виявили, що це є результатом кількох факторів, а саме:

- Митні органи, як правило, піддають 100% імпортних вантажів інтенсивним перевіркам, а також рентгенівському скануванню; це призводить до затримок терміном до двох тижнів від початку відправки вантажу з порта.
- Порти або не мають електронних систем для виставлення рахунків-фактур і отримання платежів від імпортерів, або вони дозволяють лише місцевим транспортним агентам отримати доступ до електронної системи, що спричиняє тривалі затримки для транзитних вантажів, які обробляються фрахтовими агентами, що працюють від ТОВ.

Вчені [9] продемонстрували, що, окрім плати за послуги, яку стягують транспортні оператори, затримка в часі та мінливість у часі затримки транспортних операцій призводять до різноманітних додаткових витрат вантажовласника. Щоб об'єктивно порівняти ТК використовуємо визначення ЗЕВ, яке включає прямі транспортні та логістичні витрати, відсотки, сплачені за вантаж, скорочення запасів, вартість зберігання вантажу та втрати через відсутність транспортних складів, несвоечасної доставки вантажу [10; 11].

Для підтримки методології були використані дані:

- Обсяги руху вантажівок на ТК, виміряні в рамках обстежень прикордонного руху, проведених протягом періоду з 2020 по 2021 рр. [12]. Ця інформація включала перевірку того чи іншого вантажу в країні імпорту, транзитні вантажі.

- Транспортні збори для кожного коридору були зібрані від репрезентативного набору експедиторів, які перевозили вантажі вздовж кордонів [13].

- Дані про часову затримку портів, зібрані з відповідних ТК [13–15].

- Оцінки параметрів витрат на діяльність транспортних послуг роздрібних торговців і виробників, що виникають через затримки часу логістики [16].

Прямі витрати. У таблицях 1 і 2 наведено вартісні параметри, які були використані при розрахунках собівартості; ці дані були надані транспортними перевізниками по регіонах ЄС.

Таблиця 1

Параметри прямих транспортних витрат

Місячна відсоткова ставка на фінансування вантажних автомобілів	1,00%
Кількість місячних платежів	120
Середня вартість вантажівки	180000\$
Щомісячний внесок	2582\$
Середня витрата палива (км/л)	1,5
Вартість палива за літр	0,8\$
Зарплата водія в місяць	1000\$
Додаткові транскордонні витрати на поїздку	700\$
Інші витрати на поїздку	180\$

*Ціна палива та курс долара до НБУ за 2021рік

Таблиця 2

Параметри витрат вантажовласника

Річна процентна ставка на інвестиції в акції	12%
Валовий дохід	50%
Вартість компонента як частка від загальної вартості виробленого продукту	70%
Річна вартість зберігання запасів як частка вартості запасів	40%
Середня кількість імпортованих компонентів на вироблений виріб	5
Середнє скорочення запасів на день зберігання	1%
Середнє значення завантаженості контейнерів роздрібними вантажами	100000\$
Середнє значення завантаження контейнера вантажу виробника	200000\$
Середня тривалість морського транспорту	4 тижні

*Курс долара до НБУ за 2021рік

Рівняння прямих витрат:

$$RTD_i = 2 \times TD_i + 4, \quad (1)$$

де RTD – затримка руху ТЗ в прямому і зворотньому напрямках у днях для i -го коридору, а TD – затримка руху ТЗ в прямому напрямку. До часу в дорозі додається чотири дні для забезпечення навантаження та вивантаження вантажу, заправки та технічного обслуговування транспортних засобів.

$$DC_{trip,i} = \frac{DC_{monthly} \times RTD_i}{30}, \quad (2)$$

де DC_{trip} – вартість поїздки водія для i -го коридору, а $DC_{monthly}$ – місячна вартість найму водія.

$$FC_i = \frac{2 \times Dist_i \times FuelCost}{FuelEcon}, \quad (3)$$

де FC – вартість палива, $Dist$ – відстань від початкової точки до місця призначення, $FuelCost$ – вартість палива на літр, а $FuelEcon$ – економія палива в км/літр.

$$DTC_i = DC_{trip,i} + FC_i + CBE + OC, \quad (4)$$

де DTC – прямі витрати на поїздку, CBE – транскордонні витрати (наприклад, дорожні податки), а OC – інші витрати (наприклад, добові для водія).

$$\text{NumTripspm}_i = \frac{30}{\text{RTD}_i}, \quad (5)$$

де NumTripspm_i , кількість поїздок на місяць для i -го коридору.

$$\text{TCpm}_i = \text{NumTripspm}_i \times \text{DTC}_i + \text{Instpm}_i, \quad (6)$$

де TCpm_i – загальна вартість витрат на місяць на одну вантажівку для i -го коридору, а Instpm_i – дорожній збір на одну вантажівку.

$$\text{TranspCost}_i = \frac{\text{TCpm}_i \times \text{RTD}_i}{30}, \quad (7)$$

де TranspCost_i , загальна вартість поїздки для i -го коридору. Потім транспортні витрати для кожного коридору були розраховані як частка від вартості вантажу як для роздрібною торгівлі, так і для виробництва.

Витрати внаслідок змінних часових затримок. Щоб дозволити точно розрахувати такі витрати лише для випадків, коли витрати справді будуть понесені, розраховуються коефіцієнти часових затримок для кожного коридору, а потім розраховували очікуваний ЗЕВ для кожного коефіцієнта. Інтегруючи ці внески, можна розрахувати загальну очікувану вартість усіх доставок вантажу на основі виміряного розкиду часових затримок.

Наступні непрямі витрати були визначені з точки зору роздрібних продавців і виробників, які імпортують вантажі в рамках своєї діяльності, використовуючи той самий підхід, що й [9]:

Вплив різних часових затримок залежить від збільшення часу протягом якого запаси перебувають у дорозі. Оскільки не всім вантажам потрібен однаковий час для переміщення вздовж коридору, загальну вартість слід розрахувати шляхом інтегрування всіх можливих часових затримок таким чином:

$$\text{TotCost} = \int_{t=0}^{\infty} \text{Cost}(t) p(t) dt, \quad (8)$$

де $\text{Cost}(t)$ – витрати понесені для затримки часу t , а $p(t)$ – розподіл ймовірностей для всіх можливих затримок часу. Однак, оскільки ми не знаємо справжнього розподілу ймовірностей часових затримок, доцільно взяти середнє значення за всіма коефіцієнтами для запасних часових затримок таким чином:

$$\text{TotCost} = \frac{\sum_{i=1}^{100} \text{Cost}_i}{100}, \quad (9)$$

де Cost_i – понесені витрати, що відповідають i -му коефіцієнту часових затримок. Розрахунок було застосовано до всіх розрахованих витрат, що залежать від часу.

Дорожні збори, сплачені при доставці товару від місця відправлення до місця одержувача розраховуються, як частка вартості вантажу: оскільки імпортер повинен сплатити за трати за товар після того, як він буде доставлений на борт у порту відправки, імпортер повинен сплатити витрати пов'язані з доставкою за період від відправлення вантажу до остаточної доставки в роздрібний розподільний центр або виробничий завод:

$$\text{CI} = \sum_{i=1}^{100} \text{IR}_i \times \text{VGIT}_i, \quad (10)$$

$$\text{VGIT}_i = \frac{\text{VAC} \times \text{TD}_i}{365}, \quad (11)$$

$$\frac{CI}{VAC} = \frac{IR \times TD_i}{365}, \quad (12)$$

CI = вартість відсотків за рік; IR = процентна ставка річних; VGIT = вартість товарів у дорозі; VAC = значення річного споживання; TD = затримка транзиту в днях для і-го коефіцієнта.

Скорочення витрат у дорозі розраховуємо шляхом:

$$TotShrinkage = \frac{\sum_{i=1}^{100} Shrinkage_i}{100} \quad (13)$$

$$Shrinkage_i = Shrinkagepd \times (1 - Shrinkage_{i-1}) (TDPercCorr_i - TDPercCorr_{i-1}) + Shrinkage_{i-1}, \quad (14)$$

де TotShrinkage – загальне скорочення для всього запасу, включаючи всі можливі часові затримки, Shrinkage – скорочення для і-го коефіцієнта, Shrinkagepd – добова частка скорочення, а TDPercCorr – часова затримка в днях для і-го коефіцієнта

Роздрібна торгівля: для роздрібною операції передбачається, що втрати продажів відбудуться, коли буферний запас буде вичерпано до наступної доставки:

$$\frac{LRI}{VAC} = FSL \times GM, \quad (16)$$

$$FSL = \frac{OTL}{ADT}, \text{ як } OTL > 0, FSL = 0, \text{ інакше } OTL = ADT - SDT - BSP, \text{ BSP} = \frac{BSS}{UR}, \quad (17)$$

де LRI = Втрата роздрібною доходу; FSL = Частка втрачених продажів; GM = валовий прибуток; OTL = Операційні втрати часу; ADT = фактичний час доставки; SDT = стандартний час доставки; BSP = період буферного запасу; BSS = розмір буферного запасу; UR = коефіцієнт використання.

Витрати на зберігання, сплачені за буферні запаси, як частка вартості вантажу.

$$\begin{aligned} \frac{SC}{VAC} &= \frac{SR \times MIS}{VAC}, \\ MIS &= (BSP + SDT - MDT) \times UR, \\ \frac{SC}{VAC} &= \frac{(BSP + SDT - MDT) \times SRFrac}{OneYear}, \end{aligned} \quad (18)$$

де SCp.a.=Вартість зберігання, SR = ставка зберігання на один рік, SRFrac = Вартість зберігання за 1 рік як частка вартості одиниці, MIS = максимальний розмір запасів в одиницях, MDT Мін. термін доставки.

Рівняння (1)–(18) дозволяють виразити загальні витрати внаслідок транспортних та інших логістичних затримок як частку від загальної вартості придбаних товарів таким чином:

$$\begin{aligned} TREI &= CI + SC + LRI, \\ TMEI &= CI + SC + LMI, \end{aligned} \quad (19)$$

де TREI = Загальний економічний вплив роздрібною торгівлі, TMEI = Загальний економічний вплив виробництва.

Розподіл вантажів між конкуруючими коридорами. У таблиці 3 показано середні щоденні обсяги ТЗ, які перетинають прикордонні пункти, які з'єднують порти. Оскільки не всі ТЗ, що перетинають кордон, прямують до одного пункту призначення, було враховувано

загальну кількість ТЗ і ТЗ у транзиті. Транзитні ТЗ мають залишити країну в'їзду з таким же вантажем.

Таблиця 3

Середній щоденний обсяг вантажівок, що перетинають прикордонні пункти

Прикордонний пост/коридор	Кількість перетинів кордону	Кількість на Дунайському	Кількість на Гданському	Кількість на Чорноморському
Рені	510	363		
Ягодин	700		646	
Виноградівка	1120			861
Кількість в коридорах	1870	363	646	861
Відсоток в коридорах	100%	19,41176471	34,54545455	46,04278075

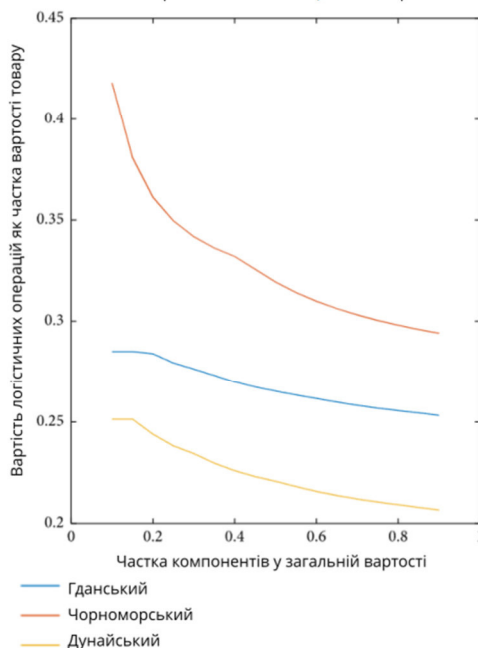


Рис. 2. Вартість логістичних операцій відносно товару

Таблиця 4 відображає відстань від кожного порту до м. Братислави, прямі транспортні витрати на основі моделі витрат для кожного коридору, середню частку, яку прямі транспортні витрати представляють у вартості самого вантажу, а також фактичні транспортні витрати, отримані від різних контрагентів, які використовують ці коридори. Ренійський МП знаходиться приблизно лише на 30% відстані від Братислави порівняно з іншими портами, і тому має бути в дуже сильній конкурентній ситуації, якщо всі інші аспекти продуктивності коридору ідентичні. Це підтверджується тим фактом, що прямі транспортні витрати для Дунайського коридору становлять нижчу частку середньої вартості вантажу порівняно з іншими портами [2].

Таблиця 4

Параметри вартості прямих автомобільних перевезень для різних коридорів

Стаття витрат	Дунайського	Гданського	Чорноморського
Відстань (км)	1201	1845	1579
Тривалість рейсу туди й назад (днів)	10,8	16,6	14,2
Кількість поїздок на місяць	2,8	1,8	2,1
Вартість водія за поїздку (USD)	532,4	742,9	700
Вартість палива за одну поїздку (USD)	2882,4	4428	3789,6
Витрати на вантажівку на місяць (USD)	9321,4	10221,7	11427,5
Вартість транспорту за одну поїздку (USD)	4712,5	6526,8	6126,3
Частка транспортних витрат для роздрібною торгівлі	5,10%	6,70%	6,40%
Частка транспортних витрат на виробництво	2,50%	3,20%	3%
Витрати, які стягують транспортні агенти (USD)	4200	5000	6750

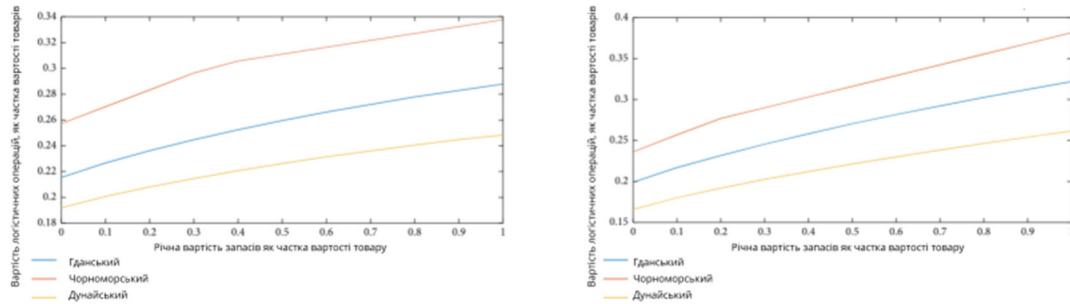


Рис. 3. Логістичні витрати

Модель ЗЕВ надає чіткі докази того, що мінливість часових затримок значно більше впливає на загальну вартість, яку відчують вантажовласники, ніж прямі транспортні витрати (рис. 3). У випадку неефективних коридорів, таких як коридор Чорноморський, витрати, що є результатом мінливості часових затримок, можуть досягати 50% загальних витрат на коридор. Це може призвести до того, що витрати на коридори перевищать 25% від вартості товарів, що транспортуються, що набагато вище, ніж середній світовий показник, який становить менше 10%.

Дослідження показують, що хоча Ренійський МП має найменшу частку вантажопотоку з трьох конкуруючих коридорів. Це значною мірою пояснюється тим, що ЗЕВ для коридору Дунайського вище, ніж для коридору з Гданського. Основним фактором такої високої вартості є мінливість часу затримки через порт Ренійський порівняно з портом Одеським. Затримки в дорозі та прикордонних пунктах також сприяють підвищенню ЗЕВ, хоча й меншою мірою.

1. S. Hanaoka, M. Sota, T. Kawasaki, and R. G. Thompson. Performance of cross-border corridors in East Africa considering multiple stakeholders. *Transport Policy*. 2019. Vol. 81, no. 81. Pp. 117–126.
2. K. Goldmann and J. Wessel. TEN-T – stairway to heaven or highway to hell? *Transportation Research*. Part A: *Policy and Practice*. 2020. Vol. 137. Pp. 240–258.
3. A. Hoffman, P. Lusanga, and E. Bhero. The use of tracking technology for improved management of trade corridors. *Transportation Conference* : in Proceedings of the IEEE Intelligent, The Hague, Netherlands, March, 2013.
4. J. P. Rodrigue, C. Comtois, and B. Slack. *The Geography of Transport Systems*, Routledge, New York, NY, USA, 2016.
5. D. Yang, L. Jiang, and A. K. Y. Ng. One belt one road, but several routes: a case study of new emerging trade corridors connecting the far east to Europe. *Transportation Research*. 2018. Part A, vol. 117. Pp. 190–204.
6. M. B. Regmi and S. Hanaoka. Assessment of intermodal transport corridors: cases from North-East and central Asia. *Research in Transportation Business and Management*. 2012. Vol. 5. Pp. 27–37.
7. P.-c. Athukorala and S. Narayanan. Economic corridors and regional development: the Malaysian experience. *World Development*. 2018. Vol. 106. Pp. 1–14.
8. A. Hoffman, S. Rabé, and K. Hartpence. Quantifying the relative contributions of customs, trade and ports to cargo time delays. *World Customs Journal*. 2021. Vol. 15, no. 1. Pp. 25–50.
9. A. Hoffman. Quantifying The Impact of Freight Transport Performance on the Total Economic Cost of Cargo Importers. *IEEE Intelligent Transportation Systems* : in Proceedings of the Conference, Auckland, New Zealand, August, 2019.
10. C. Mutendera and A. J. Hoffman. Comparing transport corridors based on total economic cost. *In Proceedings of the 8th Annual International Conference on Transportation*. Athens, Greece, June, 2022.
11. C. Mutendera. A systems-based comparative assessment of corridor bottlenecks: the case of Beira Corridor. North-West University, Potchefstroom, 2022, Ph. D. Thesis.
12. M. Fitzmaurice, TLC Report on Beitbridge, Chirundu, Kasumbalesa And Nakonde, Port Elizabeth: Transport and Logistics Consultants, 2018.
13. K. Hartpence, W. Van Zyl, and A. J. Hoffman, Cost and Performance Comparison Study for the Central and Dar Es Salaam Corridors, The World Bank, Washington, DC, USA, 2019.
14. A. Hoffman, North-south Corridor Performance Study, GIZ, Johannesburg, South Africa, 2017.
15. H. Nkwanga, W. Van Zyl, and A. Hoffman, Final Report: MRGP Study for Beira and Nacala Corridors, DFID, Nairobi, Kenya, 2016.
16. J. Maree, Impact Study on Customs Delays in the Vertical Tyre Market, North-West University, Potchefstroom, South Africa, 2021, Ph.D. thesis.

УДК 656.01:656.02

ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ ЧЕРГИ У МІЖНАРОДНОМУ ПУНКТІ ПРОПУСКУ «РАВА-РУСЬКА – ХРЕБЕННЕ»: ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА МОЖЛИВІСТЬ

Владислав Ткач

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

Здійснення перевезення вантажів є великою складовою, тим більше у теперішній час, коли ми захищаємо свою державу. Це впливає на збільшення попиту на перевезення саме вантажним автомобільним транспортом, через закриття портів та відміну авіа перевезень. Однак, слід зазначити, що до війни попит теж був суттєвим [1].

Ефективність перевезення залежить від багатьох факторів, проте велика складова полягає на водія автомобільного транспорту. Важливо щоб водій мав відповідні умови для праці та особистих потреб. Здійснення міжнародних перевезень потребує обов'язкового митного контролю, підлягають усі товари, ТЗ комерційного призначення, які переміщуються через митний кордон України, до інших країн (зокрема країн ЄС) [2]. Проте у пункті пропуску Рава-Руська-Хребенне наявна проблема, справа в тому, що пропускна здатність на добу згідно з Мемурандому складає 300 вантажівок, через це з'являються великі черги, довжина яких інколи сягає до 30 км, а це приблизно 1000–1500 вантажних автомобілів змушені стояти у живих чергах. В результаті чого більше тисячі водіїв вантажних автомобілів проживають по декілька днів у автомобілі в нелюдських умовах, водії мають працювати, мають жити, як усі люди, а не жити у черзі. Також змушені порушувати свій час праці, що є не допустимим, без можливості відстоювати обов'язковий відпочинок водія згідно Постанов, Директив та Регламенту Європарламенту та Європейської Ради [3; 4].

Вирішення цієї проблеми є впровадження електронної черги у пункті пропуску Рава-Руська. Це дасть можливість водіям ефективно виконувати свою роботу, зробить безпечний проїзд автомобільною дорогою національного значення М 09 Львів – Рава-Руська, а саме відрізок дороги від м. Жовква до пункту пропуску Рава-Руська. Через зазвичай наявну чергу великовагових транспортних засобів які прямують у сторону країн ЄС, ця частина дороги частково перекрита, що робить цю ділянку небезпечною для проїзду. А також унеможливить недобросовісних водіїв, які шукають різні способи, автошляхи, нехтуючи загальною чергою аби об'їхати її, в тому числі випадки, коли уповноважені органи поліції за неправомірну вигоду проводили транспортні засоби поза чергою до пункту пропуску [5].

Приклад вже наявного впровадження електронної черги. Вперше було введено в роботу електронну чергу у міжнародному пункті пропуску «Ягодин - Дорогуськ». Тестування нової системи перетину кордону тривало з 31 жовтня до 9 грудня. Та вже запрацювала з 12 грудня 2022 року – єЧерга – для перетину українсько-польського кордону, діє лише для вантажних автомобілів [6]. Електронна черга за декілька місяців свого функціонування показала неабиякий хороший результат. Робота її полягає так, що після завантаження вантажу та оформлення відповідного митного декларування митницею, водій або уповноваженні працівники транспортного підприємства реєструються на порталі echerha.gov.ua, вказавши відповідні дані водія, автомобіль та номер митної декларації на вантаж. Після успішної реєстрації на сайті можна бачити очікуваний час для приїзду. Чергу водій може очікувати у будь якому зручному місці, в тому числі за місцем проживання та спостерігати за вказаним часом для заїзду. Також важливим епізодом є те, що водій має можливість зробити відпочинок при потребі, вже перед заїздом до пункту пропуску. Для цього є відповідний термінал, майже на 300 паркувальних місць для вантажних автомобілів.

Таким чином, введення електронної черги у Міжнародному пункті пропуску «Рава-Руська – Хребенне» на перший погляд є доцільним та особливо важливим. Проблемою у впровадженні електронної черги у пункті пропуску є відсутність відповідного місця очікування для в'їзду на МАПП. Перш ніж ввести електронну чергу, потрібно облаштувати окрему територію, де уповноваженими органами державної служби України з безпеки на транспорті відбуватиметься ідентифікація водія та Т/З, звірка даних які були вказані при реєстрації у черзі. На цій території повинні бути відповідна кількість парко місць для вантажних ТЗ, щоб водій мав змогу зробити відповідний відпочинок перед процесом перетину кордону. Для вирішення цієї потреби потрібно виділити кошти з державного бюджету, або залучити відповідні кошти за допомогою інвестицій.

1. Міжнародні перевезення: теорія та практика : навч. посіб. / А.С. Галкін та ін. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. Книга 1. С. 88–91.

2. Питання пропуску через державний кордон України осіб, автомобільних, водних, залізничних та повітряних транспортних засобів перевізників і товарів, що переміщуються ними : ПКМУ від 21.05.2012 р. № 451.

3. Регламент Європейського Парламенту і Ради (ЄС) № 561/2006 від 15 березня 2006 року | про гармонізацію певного соціального законодавства стосовно дорожнього транспорту. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/reglament-es-5612006.pdf> (дата звернення: 22.04.2023).

4. Директива Європейського Парламенту і Ради 2002/15/ЄС від 11 березня 2002 року | про організацію робочого часу осіб, які здійснюють мобільну дорожньо-транспортну діяльність. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_009-02#n5 (дата звернення: 22.04.2023).

5. Державна служба України з безпеки на транспорті. URL: <http://dsbt.gov.ua/> (дата звернення: 22.04.2023).

6. Асоціація Міжнародних автомобільних перевізників України. URL: <http://www.asmap.org.ua/> (дата звернення: 22.04.2023).

7. Електронна черга перетину кордону. URL: <https://echerha.gov.ua/> (дата звернення: 22.04.2023).

УДК 656.658

СТОРОНИ ЛОГІСТИКИ В ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАНЬ

Микола Швець, Назарій Михальчук

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

Подальшим найбільш ефективним розвитком системи перевезень вантажів на сьогоднішній день є впровадження ланцюгів поставок. В склад ланцюга поставок, як правило, входить багато підприємств, і в багатьох випадках вони розташовані на великих відстанях один від одного і бувають в різних країнах. Але в процесі своєї діяльності вони користуються єдиними термінами і поняттями при позначенні компаній, що надають логістичні послуги для виробників, постачальників і продавців товарів: 1PL, 2PL, 3PL, 4PL, 5PL. На українську мову абревіатура PL дослівно перекладається як «сторона логістики». Отже, саме поняття «сторони логістики», їх спільні характерні риси та різниця в особливостях роботи між даними логістичними операторами, а також причини виникнення їх великої кількості і розглянемо в даному матеріалі.

Історія розвитку «сторін логістики» показує як змінювались підходи до логістичних організацій доставки вантажів протягом останніх десятиліть.

1PL (First Party Logistics) – це автономна логістика (однієї сторони), всі операції виконує сам власник вантажу, тобто використовує власні транспортні засоби для доставки вантажів до споживачів, зберігає товари на власних складах та виконує інші складські операції, використовувалась в основному до кінця 1970-х років. Як правило даний вид логістики складається з двох сторін (виробник та постачальник з однієї сторони та споживач з іншої), Особливість даного процесу у відсутності посередників.

2PL (Second Party Logistics) – це логістика (двох сторін) яка існувала протягом 1980-х років і передбачала зосередження зусиль транспортних компаній на основних елементах транспортного процесу, тобто введення поняття «сторонні постачальники логістики» які надають окремі послуги для виробників з транспортування, обробки та зберігання вантажів. Типовими представниками виступають експедитори, транспортні компанії та інші інтегровані постачальники послуг які відразу можуть запропонувати кілька окремих логістичних послуг, іноді комбінованих, а також в своєму складі мають власні активи, такі як автотранспортні засоби, вагони, вантажні судна чи склади. В основному даний вид логістики використовуються для міжнародних перевезень важких та оптових вантажів, а також для торгових цілей.

3PL (Third Party Logistics) – це логістика (трьох сторін) яка інтенсивно почала свій розвиток з початку 1990-х років та існує і по сьогоднішній день. Особливістю даної логістики є перекладання всіх транспортних функцій (обробка вантажу, зберігання, переміщення, складування) на сторонніх постачальників логістичних послуг (посередників). Тобто підприємства-виробники товарів фактично «залежать» від підприємств які доставляють товари споживачам, а результатом цього є укладання довгострокових партнерських відносин між постачальником послуг з логістики та замовником. Дані посередники беруть на себе всі витрати з організації потоку товарів та інформації для своїх клієнтів, розробляють власні логістичні процеси, при потребі можуть здійснювати митне оформлення та експедирування вантажів. В деяких випадках можуть самостійно приймати замовлення та обробляти їх, контролювати оплату, здійснювати комплектацію вантажів, їх упаковку та маркування, приймати рішення про повернення товару та проводити заходи щодо ремонтних робіт. До даних послуг також відносяться логістичні ІТ-продукти та послуги аналізу з відстеження просування вантажів на маршрутах.

4PL (Fourth Party Logistics) – це логістика (чотирьох сторін), початок розвитку якої припадає на середину 1990-х років. Постачальники послуг в даному випадку виступають як системні інтегратори які не мають власних активів і розміщуються між своїми замовниками та іншими постачальниками логістичних послуг (в більшості випадків це 3PL постачальники). Тобто вона передбачає наймання «наглядача» для управління всім ланцюгом постачань підприємства. Цей тип логістики часто називають провідним постачальником логістики, і їх часто трактують як консалтингову компанію для багатьох ланцюгів постачань. Дана сторона логістики контролює весь ланцюжок постачань, при цьому оптимально використовуючи наявні ресурси. Тобто здатність здійснювати координацію складних бізнес-процесів між різними компаніями за допомогою сучасних технологій та доповнювати власні сили додатковими постачальниками послуг є однією з ключових компетенцій 4PL. Одним з основних особливих завдань постачальника 4PL послуг є передача функції контролю та інтеграції в ланцюзі постачань без власних операційних ресурсів та підвищення ефективності ланцюга поставок. Тобто, виходячи з цього, постачальник сторони 4PL виступає нейтральним посередником між замовником та різними постачальниками послуг, намагаючись (на користь клієнта) оптимізувати різні пропозиції послуг у загальному пакеті. Так, як дана координація вимагає постійного супроводу, то з метою впровадження постійних оптимізаційних рішень, провайдери 4PL в своїй роботі покладаються на сучасну систему надійних інтернет-послуг. На сьогоднішній день це єдиний спосіб забезпечити інтеграцію різних зовнішніх постачальників послуг.

5PL (Fifth Party Logistics) – це логістика (п'яти сторін), яка представляє собою інтернет-логістику що включає планування, підготовка, управління і контроль за всіма елементами єдиного ланцюжка транспортування вантажів за допомогою сучасних інтернет систем. Суть 5PL логістики в ланцюгах постачань полягає в отриманні найбільш оптимального підходу до використання існуючих ресурсів та співробітництва в різних сферах. Дана мета досягається тим, що постачальники 5PL логістики об'єднують попит постачальників 3PL та інших учасників в масовий обсяг для узгодження оптимальних тарифів з транспортними компаніями. Останніми роками 5PL вважається найпопулярнішою та найрозвиненішою логістичною послугою для електронної комерції. Вона керує та координує діяльність 3PL та 4PL за допомогою інформаційних рішень, пов'язаних із попитом та пропозицією на ринку електронної комерції. Характерними особливостями 5PL логістики є наступні системи: «Система управління замовленнями (OMS)», «Система управління складами (WMS)» і «Система управління транспортом (TMS)». Ці три системи тісно пов'язані між собою в єдину систему за допомогою сучасних інформаційних технологій.

Отже, виходячи з даних дослідження можна зробити наступний висновок, що характерною особливістю 1PL логістики є підприємства, які вкладають інвестиції у власні транспортні та допоміжні засоби, в наявні промислові та людські ресурси необхідні для організації та здійснення логістичної діяльності для задоволення своїх потреб. Наступний вид розвитку (2PL логістика) зосереджується на наданні окремих послуг, що складають невеликий ланцюжок постачань, основними з яких є водні, наземні або авіаперевезення. Характерною особливістю 3PL та 4PL логістики, є загальний напрямок діяльності який полягає в створенні ланцюга постачань що починається в забезпеченні виробничого підприємства вхідними матеріалами до випуску продукції, та транспортування її до отримувача та кінцевого споживача. І останній вид 5PL логістики зосереджений на електронній логістиці, логістиці на основі електронної комерції, що є найбільш сучасним та перспективним видом логістики.

1. Є. Крикавський, О. Похильченко, М. Фертч. Логістика та управління ланцюгами поставок. Львів : вид-во Львів. Політехніка, 2017. 801 с.

2. Марченко В. М., Шутюк В. В. Логістика. Київ : Видавничий дім «Артек», 2018. 312 с.

ПОНЯТТЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ КАРШЕРИНГУ

Роман Шевчук, Світлана Пашкевич

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

З'явившись порівняно недавно, каршеринг стрімкими темпами нарощує свою популярність у всьому світі і особливо в Україні. Насамперед це обумовлено тим, що він виступає як про альтернативу особистому автомобілю, громадському транспорту та таксі, проте, чинне законодавство не регулює каршерингові відносини, що призводить до певних труднощів.

Можливість отримання автомобіля в оренду на будь-який термін і не на станції прокату, а зазвичай практично в будь-якій частині міста, відрізняє договір каршерингу від договору прокату. Найбільш важливими перевагами каршерингу є:

- Ціна. Використання орендованого транспортного засобу набагато дешевше, ніж утримання власного автомобіля, наприклад, орендар не сплачує технічне обслуговування.

- Доступність. Каршерингові автомобілі знаходяться на багатьох парковках, громадянинові, як правило, достатньо відкрити спеціальний додаток на своєму пристрої, і він виявить поряд з собою безліч різних варіантів.

- Гнучкість. Її суть полягає в тому, що люди перестають бути прив'язані до конкретного транспортного засобу і можуть спробувати інший тип, марку автомобіля.

- Звільнення міського простору. Використання каршерингових автомобілів звільняє місця паркування, зменшує загальну кількість транспортних засобів та заторів. В цілому розвиток каршерингу сприяє прагненню розвантаження інфраструктури міста.

- Остання перевага каршерингу - користь навколишньому середовищу. Передбачається, що короткострокова оренда автомобіля дозволить зменшити кількість викидів у навколишнє середовище за рахунок використання найбільш екологічних транспортних засобів, а також скорочення загальної кількості автомобілів, використовуються щодня. Такі висновки можна зробити із різних досліджень.

Існує розмежування райдшерингу та каршерингу. У якості розмежування критерію є ознака як спільне використання. Райдшеринг передбачає використання приватного транспортного засобу спільно кількома особами, це взаємодія здійснюється за допомогою спеціальних сервісів, основна мета яких – це знаходити попутників. Каршеринг при цьому деякі компанії передбачають можливість передачі вже орендованого транспортного засобу іншій особі, але за умови проходження певної верифікації з використанням відповідного програмного забезпечення.

Найбільшим повним визначенням, яке відповідає суті каршерингових відносин - каршеринг надає оренду транспортного засобу на нетривалий термін, фізичною особою у компанії, яка займається одержанням прибутку. Проте компанії встановлюють різні тарифи, зокрема існує можливість орендувати автомобіль на добу та більше. Безумовно, найпоширенішими є випадки оренди авто на кілька годин, а іноді й менший термін. Слід зазначити, що використання у понятті обмежувального терміну використано у взаємозв'язку з правовими актами суб'єктів України.

Орієнтиром серед суб'єктів є Київ, Львів, однак окремі акти, що так чи інакше регулюють відносини, що виникають при короткостроковій оренді транспортного засобу присутні тільки в Києві. Короткострокова оренда з похвилинною тарифікацією (до 24 годин) легкових автомобілів фізичними особами відповідно до цілей, які пов'язані із здійсненням підприємницької діяльності.

Одним із новаторів серед каршерингових організацій у Рівному стала компанія CarRentals, що надає можливість фізичним особам оформити оренду на певні автомобілі. Сьогодні така можливість надається у кількох областях, проте подальше зростання популярності оренди може призвести до долучання нових міст. При цьому спеціально вказується, що цей вид відносин є каршерингом.

У даному випадку спостерігаються певні плюси відсутності правового регулювання, оскільки така ситуація дозволяє компаніям запроваджувати різні інновації, використовуючи такий важливий принцип, як свободу договору. Варто враховувати, що відсутність належного правового регулювання може спричинити зловживання правами із боку підприємств.

Насамперед, каршеринг це короткострокова оренда. Час оренди автомобіля може бути виражено як у хвилинах і годинах, так і на добу. Ця ознака є достатньо важливою ще й тому, що дозволяє відокремлювати договір каршерингу від суміжних договорів – договору прокату та договору оренди транспортного засобу без екіпажу. Безумовно, цей критерій не буде єдиним, але все одно залишається досить важливим.

По-друге, каршеринг, як впливає з практики, що склалася, використовується виключно фізичними особами для задоволення особистих потреб, які не пов'язані із здійсненням підприємницької діяльності, оскільки каршеринг не є публічним договором – існують обмеження щодо допуску до керування орендованим автомобілем – вік, наявність прав та стаж водіння. Відповідно, цей критерій разом із першим дозволяє говорити про винятковий характер каршерингових відносин.

Третьою поширеною ознакою найчастіше називають прив'язку до спеціалізованої компанії. Таку ознаку можна назвати досить спірною з низки причин. Так, в даний час в основному транспортні засоби надаються виключно комерційним організаціям.

Зв'язок між орендарем та орендодавцем повинен здійснюватися через спеціальний сервіс, що курується юридичною особою. Ця ідея не нова, подібні послуги існують у деяких європейських країнах. Від результативності експерименту залежить правильне трактування поняття, тому що за наявності значного інтересу у населення поняття на оренду автомобіля у спеціалізованої організації не охоплюватиме всю багатогранність відносин.

Найбільш оптимальним варіантом можна назвати комплексний підхід, при якому каршеринг слід розглядати як короткострокову оренду транспортного засобу за кошти фізичної особи для задоволення особистих, сімейних та інших потреб, у спеціалізованої організації або у фізичного особи, що є власником транспортного засобу через спеціальний сервіс.

1. Frenken K Towards a prospective transition framework. A co-evolutionary model of socio-technical transitions and an application to car sharing in The Netherlands. *International workshop on the sharing economy*. 2015. Utrecht.

2. Nijland H., van Meerkerk J. Mobility and environmental impacts of car sharing in The Netherlands. *Environ Innov Soc Transit*. 2017. doi:10.1016/j.eist.2017.02.001

3. Аюшеева І. З. Цивільно-правове регулювання відносин щодо спільного використання транспортних засобів на прикладі каршерингу. *Вісник Університету імені О.Є. Кутафін*. 2019. № 2. С. 25–32.

УДК 656.13

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ВІЙНИ

Микола Яценюк

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

Через повномасштабну війну Росії проти України стало недоступним морське транспортування та закrywся повітряний простір.

Внаслідок російської агресії було пошкоджено близько 33% інфраструктури по всій країні: 305 мостів, 19 аеропортів, 110 залізничних станцій та 24 тис. км доріг. За попередніми оцінками, загальний обсяг втрат інфраструктури в Україні склав \$35,3 млрд, і ця цифра збільшується щодня. У перші тижні війни російські війська здійснювали масовані обстріли авіаційної інфраструктури. Всього з 35 аеродромів було пошкоджено 19, зокрема 12 цивільних і 7 аеродромів подвійного призначення. Сума втрат, за попередніми оцінками Київської школи економіки, становить \$2,14 млрд. Згодом, цілями активних атак стали об'єкти залізничної інфраструктури, зокрема електричні підстанції.

В цілому за період повномасштабної агресії РФ було пошкоджено або втрачено контроль над 6 тис. км колій залізниці. За даними Мінінфраструктури, попередній огляд стану доріг у деокупованих регіонах показує, що в середньому постраждали приблизно 10% доріг від їх загальної кількості в областях, де відбувались бойові дії. За оцінками минулого року, наданими Укравтодором, реконструкція зруйнованих доріг в середньому може обійтися в 29 млн грн за 1 км дороги, або близько \$26,6 млрд загалом. Якщо врахувати відновлення мостів, то це ще \$1,9 млрд. Українська портова інфраструктура теж зазнала суттєвих пошкоджень та збитків.

Київська школа економіки оцінила загальні прямі збитки портової інфраструктури та дотичних до неї підприємств у \$496 млн. Також з 13 українських портів 4 тимчасово знаходяться під російською окупацією, а саме Маріуполь, Бердянськ, Скадовськ та Херсон. Все цінне майно в них з великою ймовірністю вже розкрадене окупантами. Однак вони все ж тримали порти працюючими, щоб мати можливість вивезти українське зерно до РФ та інших країн. Водночас, під контролем України залишаються найбільші порти (Миколаїв, Ольвія, Одеса, Чорноморськ, Південний), але їх повноцінній роботі перешкоджає росія. Це завдає величезних збитків бізнесу, адже до війни більш ніж половина всього українського експорту та 90% експорту зерна перевозилася морським шляхом [5].

Частина річки Дніпро, яка є головною внутрішньою водною артерією України, також блокується в Херсонській та Запорізькій областях. Нещодавно запущена реформа відновлення внутрішніх водних шляхів, на жаль, знаходиться на паузі. Єдиним засобом для продовження експорту товарів та сировинних ресурсів наразі є залізниця та вантажні автомобілі. Проте, на жаль, Україна не має залізничних колій такої ж ширини, як у решти країн Західної Європи, а отже, потребує зміни колісних пар на кожному вагоні. Це є причиною довгих черг залізничних вагонів на кордонах та збільшення логістичних витрат. Для деяких видів вантажів логістичні витрати перевищують собівартість.

Досі залишається невирішеною проблема виникнення черг на україно-польському кордоні. Так, в окремих місцях черги вантажівок сягали до 60 кілометрів. Така ситуація негативно впливає не лише на український бізнес, який здійснює зовнішньоекономічну діяльність, а й на партнерів в ЄС, експортерів української продукції, виробників, які використовують у своєму виробництві матеріали з України.

В основному імпорт та експорт на даний час здійснюються наземним транспортом. Оскільки Україна є транзитною країною через своє географічне положення багато наземних шляхів сполучають Україну з країнами ЄС. Значний відсоток транспортних перевезень проходить через західні області України. Це дозволить розширити географію транспортних перевезень, покращити логістику та залучити міжнародні інвестиції для ремонту і розбудови транспортних коридорів України. До початку бойових дій через західні області України пролягали два міжнародні транспортні коридори. Перший – Брюссель – Ахен – Кельн – Дрезден – Вроцлав – Катовіце – Краків – Львів – Київ та Венеція – Трієст, другий – Копер – Любляна – Марибор – Будапешт – Ужгород – Львів – Київ. Зараз планується збільшити їх кількість до п'яти. Схема на якій зображено транспортні коридори які з'єднують Україну з країнами ЄС зображено на рисунку, в основному це автомобільні та залізничні шляхи сполучення [5].

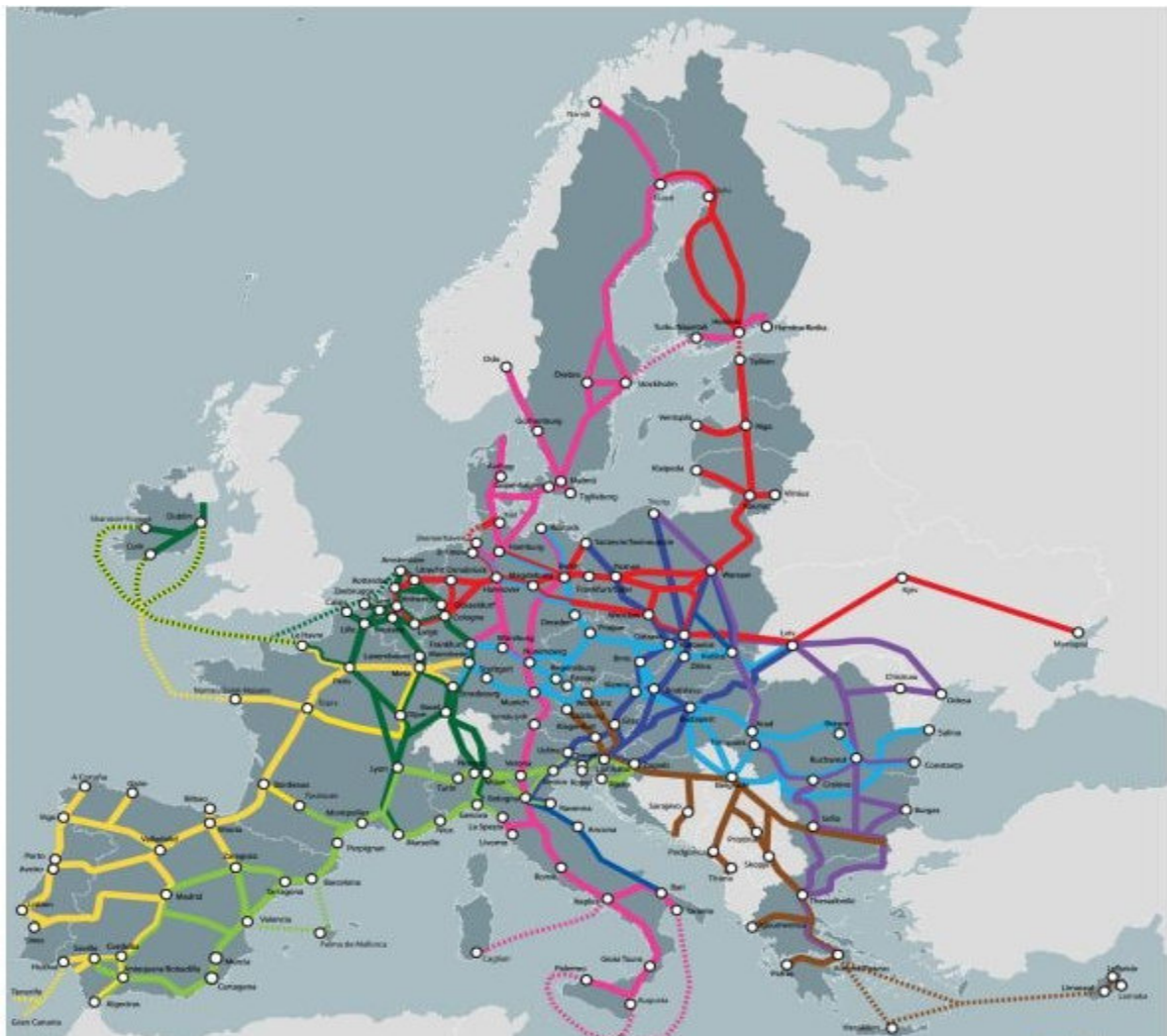


Рисунок. Схема Транс'європейської транспортної мережі (TEN-T)

Одним з варіантів розширення можливостей експорту, що пропонується бізнесом, є прокладання залізничної лінії з шириною колії 1520 мм територією Польщі, що з'єднає українську залізницю та порт Гданськ, а також литовську залізничну мережу. І вже зараз бізнес готовий використовувати цей транспортний коридор для експорту сільськогосподарських вантажів, продукції металургії, гірничодобувної та хімічної промисловості, будівельних матеріалів, нафти та нафтопродуктів, тощо. Адже навантаження

на залізничні шляхи суттєво зростає: у довоєнний час обсяг вантажного перевезення був в межах 300–400 млн тон за рік, а зараз для покриття експортних потреб країни необхідно наростити цей показник майже вдвічі – до 500–800 млн тон за рік. Проте, ще однією проблемою є те, що інфраструктура України та країн ЄС не розрахована на обробку таких великих обсягів товарів [2; 5].

Для вирішення цієї проблеми необхідні капітальні інвестиції не тільки в розвиток прикордонної інфраструктури, але й в портову інфраструктуру європейських країн, оскільки переважно через ці порти українське зерно транспортується до Азії або Африки. Час подумати над тим, як побудувати довгострокове співробітництво між Європою та Україною у сфері логістики та розвитку ланцюгів постачань.

Для сприяння нормальному функціонуванню інфраструктури та пришвидшення обробки вантажів з України можна вже зараз: модернізувати та розширювати залізничну мережу України під європейські стандарти, спростувати митні процедури при перетині кордону з ЄС для скорочення часу на оформлення вантажів на залізниці. І, водночас, запроваджувати спільний прикордонний та митний контроль та синхронізувати систему перевезень між країнами ЄС та Україною. Це дозволить мати комплексний транспортний план для кожного маршруту з інформацією про операторів, термінів та ціни

Необхідно забезпечити експорт іншими шляхами також посприяти впровадженню низки заходів з модернізації автомобільної інфраструктури. Зі своєї сторони Україна, почала повноцінну роботу та запровадила пілотний проєкт, щодо спрощеного оформлення транспортних засобів на декількох пунктах пропуску з Польщею. Крім того, було виділено додаткові пункти для пропуску порожніх вантажівок та запущено проєкт «Електронна черга» для вантажівок [1; 3].

1. Velychko O., Velychko L., Ramanauskas J. Transformation and development of production-logistics enterprises in Ukrainian agrarian economy. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*. 2016. № 1. С. 70–87.

2. Качуровський С. В. Економіко-математична модель оцінки ризиків складської логістики сільськогосподарських підприємств. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики* : всеукраїнський науково-виробничий журнал. 2016. № 16. С. 46–54.

3. Нагорний Є. В., Шраменко Н. Ю. Аналіз критеріїв ефективності функціонування логістичних систем при доставці вантажів. *Наукові нотатки* : міжвузівський збірник. Луцьк, 2010. Вип. № 28. С. 353–357.

4. Фришев С. Г., Докуніхін В. З. Транспортний процес в АПК. Київ, 2010. 415 с.

5. Державна служба статистики України : статистичний довідник URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 22.04.2023).

УДК 656.13

ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА РІВНЕ

Микола Яценюк

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

Сучасний світ характеризується постійним розвитком технологій, що сприяє розбудові міст це супроводжує постійне збільшення використання респондентами індивідуального транспорту, також процеси глобалізації супроводжують збільшення ролі автомобільного транспорту в сфері вантажних перевезень, це в свою чергу потребує постійного вдосконалення дорожнього комплексу всі ці процеси взаємопов'язані між собою та потребують поетапного та комплексного вдосконалення.

Рівне невелике компактне місто його площа сягає 63 км². Транспортна галузь міста Рівне включає в себе мережу автомобільних доріг, які в свою чергу на окремих ділянках не витримують навантаження автомобілями особливо в години пік, що також є суттєвою проблемою враховуючи дані, що на 1000 жителів міста припадає 330 автомобілів тобто в кожного третього жителя міста є власний автомобіль.

Для прикладу у містах Німеччини 600 автомобілів на 1000 жителів. Водночас у німецьких містах менше заторів, бо водій може, скористатися зручним громадським транспортом, а якщо дуже потрібно, то вибрати одну з п'яти вулиць, щоб доїхати на авто. В українських містах для водія буде вибір з однієї вулиці це часто призводить до колапсу на дорогах в години пік також це спричиняє збільшення кількості ДТП, а на окремих ділянках затримок громадського транспорту в години пік [1; 4].

Для того щоб вирішити ці недоліки існує декілька способів, перший збільшувати популярність громадського транспорту для населення міста другий спосіб є залучення сучасних ІТ технологій в сферу регулювання дорожнього руху, тобто потрібно запроваджувати інтелектуальні системи управління дорожнім рухом. Третім способом є засоби синхронного планування мобільності й забудови для того щоб поєднувати містопланування й планування транспорту. Для того щоб збільшити популярність громадського транспорту серед населення потрібно покращувати якість послуг, які надає громадський транспорт бо основою роботи громадського транспорту є послуга [1; 2].

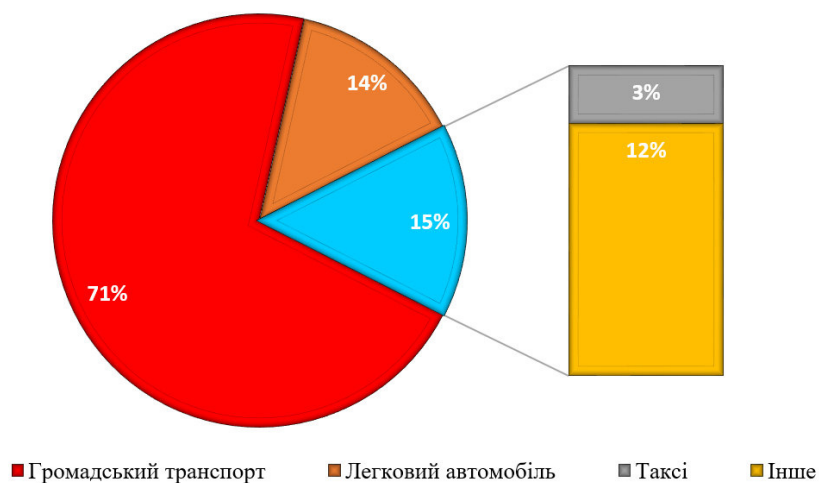


Рисунок. Загальний розподіл режимів переміщення мешканців міста

Громадський транспорт міста Рівне в багатьох аспектах є морально та фізично застарілий особливо це стосується міських автобусів, що погіршує якість послуг перевезення бо основним критерієм якості послуг громадського транспорту є комфортабельність поїздки. Тому в першу чергу потрібно оновлювати парк рухомого складу спочатку на маршрутах, які є найбільш завантаженими в години пік. Ще одним із варіантів розвантаження дорожньої інфраструктури міста є створення спеціальних зон для паркінгу приватного транспорту на в'їздах у місто. Це допоможе зменшити потік автомобілів в місті і зменшить навантаженість доріг приватним транспортом. Також це спричинить суттєвий позитивний вплив на екологію в місті оскільки викиди CO₂ в атмосферу зменшаться в рази, але впроваджувати його потрібно у взаємодії з оновленням парку рухомого складу громадського транспорту, щоб громадський транспорт був конкурентоспроможним в порівнянні з приватними автомобілями. Таким чином в населення з'явиться альтернатива і можливість обирати актуальний спосіб пересування.

Другим способом є залучення інтелектуальних систем управління дорожнім рухом, для прикладу це можуть бути інноваційні розробки в моделюванні і регулюванні транспортних та пішохідних потоків в проблемних зонах в пікові години. Це може надати суттєву інформативність і безпеку, а також якісно підвищить рівень взаємодії учасників дорожнього руху в порівнянні зі звичайними транспортними системами. Для міста потрібно розробити план сталої мобільності для всіх учасників дорожнього руху це необхідний інструмент для стратегічного планування розвитку транспортної системи та формування транспортної політики міста..

Щодо синхронного планування мобільності й забудови, то транспортна наука говорить про поєднання *land-use planning and transportation planning* (містопланування й планування транспорту. Тобто при планування розбудові міста потрібно поєднувати будівельне і транспортне планування для чіткої взаємодії та всіх учасників дорожнього руху.

Таким чином взаємодія всіх цих аспектів на кінцевому етапі надасть позитивні результати [1; 3].

1. Vdovychenko V. O. Influence of reserve of carrying capacity of massage of points is on the sentinel parameters of outage of passenger of transport vehicles. *Technology audit and production reserves*. 2018. № 1/2(39). С. 69–76.

2. Голотюк М. В., Дорошук В. О., Кучер О. О. Оптимізаційні моделі розвитку транспортної системи. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів* : науковий журнал. Харків : ХНТУСГ, 2018. Вип. 14. С. 140–146.

3. Доля В. К. Пасажирські перевезення. Харків : Видавництво «Форт», 2011. 504 с.

4. Державна служба статистики України статистичний довідник. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 22.04.2023).

УДК 656.13

МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВОГО ЗБІЖЖЯ

Олексій Воронков

*Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж інформаційних технологій та
землепорядкування Національного авіаційного університету»,
вул. Дружківська, 6, м. Київ, 03113*

В складі збирально-транспортного комплексу агрохолдингу зернового спрямування автомобільний транспорт має свій виробничий процес – транспортний. Він складається в визначену технологічну систему перевезення збіжжя (рис. 1).

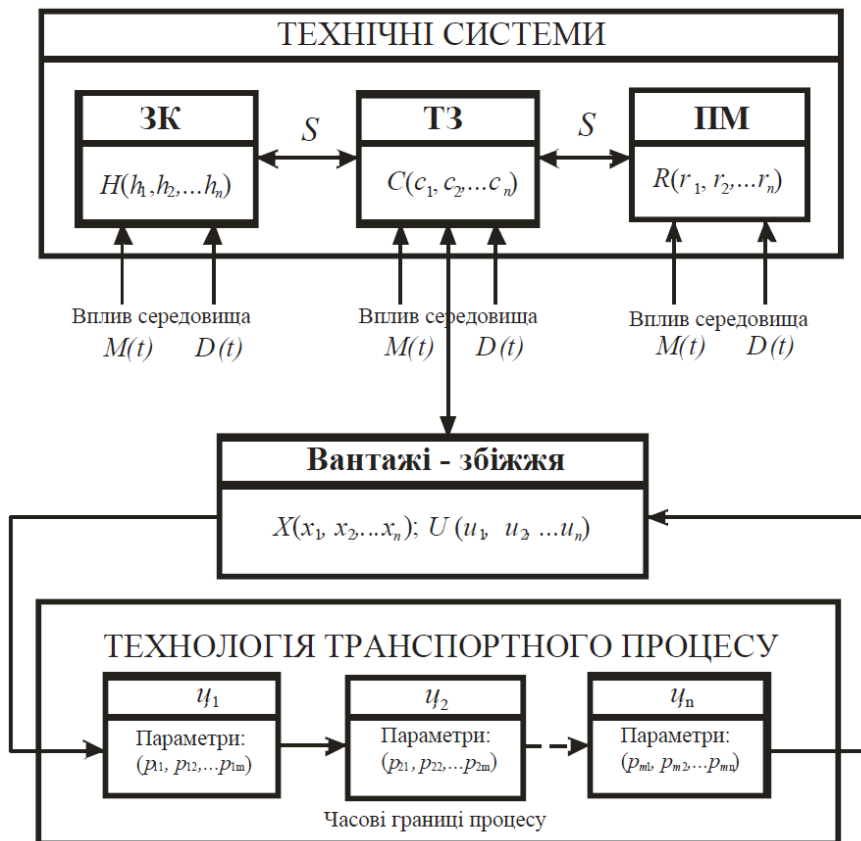


Рис. 1. Технологічна система перевезення збіжжя збирально-транспортного комплексу

В цій графічній моделі (рис. 1) технологічної системи перевезення збіжжя приймають участь складні технічні системи збиральні комбайни (ЗК) або перевентажувальні машини (ПМ) та транспортні засоби (ТЗ). Вони мають свої технологічні параметри: відповідно $H(h_1, h_2, \dots, h_n)$, $R(r_1, r_2, \dots, r_n)$, $C(c_1, c_2, \dots, c_n)$. Пристосованість або відповідність цих машин один одному характеризується показником S . На складні технічні системи впливає навколишнє середовище, в домінуючому характері, метеорологічні умови $M(t)$ та дорожні $D(t)$. Перелік вантажів, якими є збіжжя зернової групи сільськогосподарських культур, $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ зі своїми технологічними властивостями $U(u_1, u_2, \dots, u_n)$ представлені як операнда, причому у процесі транспортування їх властивості не змінюються, змінюється лише їх просторове розташування.

Технологія транспортного процесу перевезення збіжжя складається з безлічі перевізних циклів $\Pi(c_1, c_2, \dots, c_n)$, кожен з яких є функцією його параметрів. Вся технологічна система перевезень збіжжя збирально-транспортного комплексу може бути представлена нижченаведеною математичною моделлю:

$$\left\{ \begin{array}{l} Com = f[H(h_1, h_2, \dots, h_n), R(r_1, r_2, \dots, r_n), C(c_1, c_2, \dots, c_n)] \\ Adap = f(H, R, C) \\ OR = f[M(t), D(t)] \\ OC = f[X(x_1, x_2, \dots, x_n), U(u_1, u_2, \dots, u_n)] \\ OP = f[\Pi(c_1, c_2, \dots, c_n)] = \sum \Pi_i(p_j) \end{array} \right. \quad (1)$$

Ця модель (1) враховує технологічні параметри складних технічних систем. Перше рівняння системи (1), сумісність транспортних машин із сільськогосподарськими машинами. Друге рівняння системи (1), адаптивність складних технічних систем до умов навколишнього середовища та технологічних властивостей операнда – третє та четверте рівняння системи (1), параметри транспортно-технологічних циклів – п'яте рівняння системи (1). Таким чином, у моделі (1) враховані всі найбільш значущі фактори технологічних умов. Для здійснення транспортного процесу у складі збирально-технологічного комплексу, крім переміщення операнда, необхідно не тільки завантажити його в потрібному місці технологічного ланцюжка, але й вивантажити в точці призначення. Таким чином, елементарний технологічний цикл транспортного процесу складається з подачі транспортного засобу під навантаження, навантаження, переміщення вантажу (перевезення) та вивантаження операнда.

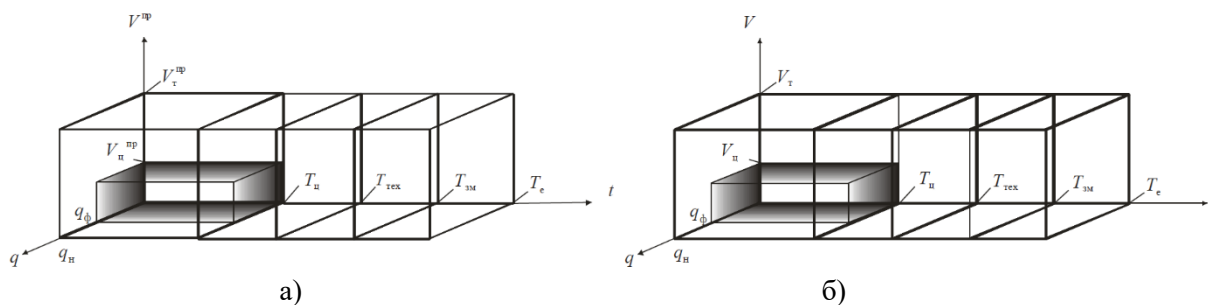


Рис. 2. Графічне зображення обсягів вантажної (а) і транспортної (б) роботи збирально-транспортного комплексу

Під технологією процесу перевезення збіжжя розуміється спосіб реалізації перевізного процесу шляхом розчленування його на систему послідовних взаємопов'язаних операцій та етапів. Операції, з яких складається процес перевезення, неоднорідні та відрізняються своєю тривалістю. Деякі операції, об'єднуючись, створюють певні етапи цього процесу, кожен із яких виконує свої завдання. Графічна об'ємна модель елементарного транспортного циклу вантажної роботи A_Q (обсягу перевезень збіжжя) в координатах q , V і t показано на рис. 2, а.

1. Воронков О. А., Роговський І. Л. Модель технологічної системи перевезення збіжжя збирально-транспортного комплексу агрохолдингу. *Розвиток транспорту*. Одеса, 2022. № 2(13) С. 42–52. URL: <https://doi.org/10.33082/td.2022.2-13.04>. (дата звернення: 22.04.2023).

2. Воронков О. А., Роговський І. Л. Аналітичні положення ефективності роботи збирально-транспортного комплексу зернового збіжжя. *Вісник Національного транспортного університету. Сер. Технічні науки*. 2022. Вип. 1 (51). С. 74–83. URL: <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2022-1-51-074-083>. (дата звернення: 22.04.2023).

3. Voronkov Oleksiy, Rogovskii Ivan, Eugeniusz Krasowski. Integrated approach organizing transportation work transportation of cereal grain. *ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. 2018. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. № 3. P. 89–97.

УДК 656.021

ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ

Денис Демидов, Віталій Давидюк

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

В умовах сучасного світу, дослідження транспортних потоків займає важливу нішу при вирішенні питань пов'язаних з організацією руху. Більшість методів дослідження потоків проводяться безпосередньо за участі людини. При дослідженні дорожнього руху вибирають багато різних методів, від найпростіших до тих які вимагають застосування сучасних технологій. Це пояснюється великою кількістю завдань, які можуть бути вирішені за допомогою організації руху, а також різноманітністю умов. Крім того, методи дослідження постійно вдосконалюються та модернізуються, щоб забезпечити більш точні та надійні результати.

Розглянемо існуючі методи досліджень. Документальне вивчення є інструментом для дослідження дорожнього руху, що дозволяє отримати значну кількість інформації без необхідності виходу на місце дослідження. Це може зберегти час та ресурси, особливо у випадку, коли виїзд на місце дослідження неможливий або небезпечний. Документальне вивчення може включати аналіз статистичних даних, документів, звітів, фото- та відеоматеріалів, а також зібраних інших джерел інформації. Для цього можна використовувати різноманітні методи аналізу, такі як статистичний аналіз, контент-аналіз, аналіз часових рядів та інші. Наприклад, документальне вивчення може бути використано для аналізу транспортних потоків у конкретних ділянках дороги. Для цього можна використовувати дані про рух транспорту, які збираються датчиками на дорогах, або дані про розміри транспортних потоків, які збираються за допомогою анкетного опитування водіїв. Ці дані можуть бути оброблені та проаналізовані з інстальованою характеристикою транспортних потоків, таких як середня швидкість руху, загальний обсяг транспорту та інші. Також документальне вивчення може бути використане для аналізу ефективності різних видів транспорту, таких як автомобільний, залізничний або водний. Для цього можна використовувати дані про відстані, які проходять до іншого транспорту, або дані про витрати палива, які вимагають їх пересування [1].

Натурне дослідження транспортних потоків проводиться за безпосередньої присутності експерта. Фіксація конкретних умов та показників дорожнього руху є головним завданням натурних досліджень, які відбуваються впродовж певного періоду часу. Ці методи дослідження дуже розширені та різноманітні. Вони дають можливість отримати достовірну інформацію про стан доріг та транспортних потоків. Натурні дослідження можна поділити на дві групи залежно від методу отримання інформації та її характеру. Перша група включає вивчення на стаціонарних постах, що дає можливість отримати багато характеристик транспортних потоків та їх зміну в часі, але тільки у вибраних місцях. Друга група виникає у вивченні за допомогою рухомих засобів, що дає можливість отримати просторові та просторово-часові параметри транспортних потоків. Для дослідження іншої групи ви можете використовувати автомобіль-лабораторію, а іноді також використовувати безпілотники. Проте, для всіх натурних досліджень необхідна присутність спостерігача яка традиційно супроводжуються відеозйомкою [1].

Математичне моделювання процесів дорожнього руху базується на використанні різних математичних методів для опису транспортного потоку. Ці методи можуть бути

детермінованими або стохастичними. Детерміновані моделі обґрунтовуються на середніх значеннях, які були отримані з натурних досліджень, тому вони є більш простими. Стохастичні моделі характеризують окремі елементи математичного опису процесу руху. Це дозволяє більш об'єктивно відтворити різні фрагменти дорожнього руху, зокрема, з урахуванням поведінки водіїв та пішоходів. Для аналізу варіантів при моделюванні дорожнього руху обирають різні спеціальні комп'ютерні програми та обчислювальну техніку. Це дозволяє значно прискорити процес моделювання та використовувати більший масив вихідних даних. У результаті такого моделювання можна отримати характеристики транспортного потоку, такі як швидкість руху, густина, пропускна здатність дороги, час очікування на перехрестях тощо. Ці дані можуть бути корисні для планування та управління дорожнім рухом, визначення рівня безпеки на дорогах, а також для розробки нових транспортних систем [2].

Так, для дослідження руху транспортних засобів і пішоходів, а також для об'єктивного аналізу отриманих результатів, необхідно мати достатню повну і точну інформацію про дорожні умови. Це може включати в себе такі дані, як стан дорожнього покриття, кількість і наявність перешкод на дорозі, погодні умови, наявність дорожньої розмітки, освітлення, наявність сигнальних пристроїв та інше. Без таких даних можна складно аналізувати рух транспорту та робити висновки щодо ефективності дорожнього руху та безпеки. Для цього використовують деякі або всі разом методи, які перелічені нижче.

Метод талонного обстеження дозволяє також отримати дані про напрямки руху транспортних засобів, а також додаткові характеристики, такі як загальна тривалість подорожі, час очікування на перехрестях, наявність пасажирів у транспортних засобах та інші. Одним із недоліків методу талонного обстеження є можливість втрати частини талонів, що може призвести до неточності в обробці даних. Також виникає проблема з визначенням руху транспортних засобів, які не зупиняються на постах видачі талонів. Отже, метод талонного обстеження є ефективним інструментом для отримання даних про інтенсивність транспортних потоків та інші характеристики руху транспорту, які можуть бути використані як самостійно, так і в поєднанні з іншими методами спостереження [2].

Спосіб реєстрації знаків дозволяє виключити зупинку транспортних засобів для реєстрації і при цьому дозволяє поєднати дослідження інтенсивності руху, складу та відповідності з отриманням даних про швидкість руху, а також виявлення транзиту при будь-якому спостереженні. На всіх спостережних постах в цьому випадку, як і при перевірці квитків, повинні бути синхронізовані хронометри (годинники) для фіксації точного часу. На кожному посту ведеться протокол за встановленою формою. Номерний знак транспортного засобу записується без літерного позначення, оскільки збіг номерів знаків несуттєвий для оглядів такого роду. Замість марки та моделі автомобіля може бути вказано лише тип автомобіля (пасажирський, вантажний, автобус, тягач). Час фіксується з точністю до 1 хвилини. Послідовне порівняння записів у протоколах суміжних постів по кожному транспортному засобу дозволяє визначити його маршрут і розрахувати час, а отже і швидкість руху [3].

Також існує метод який називається методом двох спостерігачів. Він виникає в тому, що двоє спостерігачів розташовуються на протилежних сторонах перехрестя або інших ділянок, де проводиться дослідження, і одночасно проводять спостереження за транспортними засобами, що проїжджають цю ділянку. Кожен спостерігач збиває час зупинки транспорту за допомогою секундоміра, і ці дані фіксуються в їх протоколах. Після закінчення дослідження протоколи спостерігачів об'єднуються в один загальний протокол, а за отриманими даними розраховують тривалість простою.

Метод двох спостерігачів є досить простим і швидким способом дослідження, що дає достатньо точні результати. Він може бути використаний для дослідження руху транспортних засобів на різних ділянках доріг, у тому числі на перехрестях, які не мають світлофорного

регулювання. Однак використання цього методу може бути складним на ділянках доріг з високим рівнем руху, після спостерегачів також відстежити кількість транспортних засобів.

При дослідженні руху на пості, отримана інформація стосується лише цього конкретного перехрестя. Щоб отримати просторові та часові характеристики транспортного потоку на дорожній мережі, дослідникам доводиться вдаватися до мобільних платформ, таких як тестовий автомобіль. Найпоширенішим методом стало використання «плаваючого» транспорту. «Плаваючий» транспортний засіб стосується транспортного засобу, який рухається зі швидкістю, типовою для більшості транспортних засобів у потоці руху. Типовим прикладом використання цього методу є дослідження просторових характеристик швидкості вздовж шосе. Щоб забезпечити надійні результати, транспортний засіб має рухатися в типовому стані потоку для даного потоку руху. Тому під час дослідження необхідно вести облік кількості транспортних засобів, які пройшли тестовий автомобіль, і тих, які його не пройшли. Поширеним методом безперервного автоматичного запису швидкості є запис на стрічку або паперовий диск записуючого пристрою [3].

Таким чином дослідження транспортних потоків на перехрестях є важливим завданням для організації безпечного та ефективного руху транспортних засобів бо він є ключовим етапом у розробці та впровадженні заходів, спрямованих на забезпечення максимальної пропускної здатності перехрестя, покращення якості руху, зменшення кількості аварій та підвищення рівня безпеки дорожнього руху.

1. Ренкас А. А., Руденко Д. В., Товарянський В. І. Підвищення ефективності функціонування перехресть з високоінтенсивними транспортними та пішохідними потоками. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2021. № 23. С. 61–67. URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.23.2021.09>. (дата звернення: 22.04.2023).

2. Лобашов О. О., Прасоленко О. В. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху». Хорків : ХНАМГ, 2011. 221 с.

3. Практичні заходи з організації дорожнього руху. Електронний посібник з дисципліни «Організація та безпека дорожнього руху». Луцьк, 2018. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%A1%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%20%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA/page16.html (дата звернення: 22.04.2023).

УДК 621.313

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК РІВНІВ ВИЩИХ ГАРМОНІК ОБЕРТАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН В АКТИВНО-АДАПТИВНИХ МЕРЕЖАХ

Володимир Нерубацький¹, Ігор Хоменко², Денис Гордієнко¹

¹Український державний університет залізничного транспорту,
майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050

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

Якість електричної енергії суттєво впливає на надійність та ефективність роботи електричних мереж та силового обладнання. Одним з важливих показників якості електричної енергії є рівень вищих гармонік, що обумовлює несинусоїдальні режими роботи електричних мереж [1; 2].

Природа вищих гармонік має різноманітний характер [3; 4]. Вплив вищих гармонік оберտальних електричних машин (синхронний генератор, асинхронний двигун і т. п.) на режими роботи електричної мережі недостатньо досліджений.

Сучасні тенденції розвитку електричних мереж, а саме, впровадження активно-адаптивних мереж вносять нові аспекти щодо якості електричної енергії. Це потребує постійного контролю параметрів якості електроенергії, і зокрема рівнів вищих гармонік, в режимі реального часу. Суттєве практичне значення мають дослідження природи окремих гармонік. Підтвердженням цього є дослідження, наприклад, третіх (насичення магнітопроводу) та зубцевих гармонік, що з'являються в результаті нерівномірності повітряного зазору оберտальних електричних машин [5].

Вищі гармоніки розподільчих електричних мереж мають конструктивну або технологічну природу [6; 7]. Кожна гармонічна складова має одне або декілька джерел та визначений простір розповсюдження. Амплітудне значення вищої гармоніки та її шляхи протікання обумовлені взаємодією індуктивних та ємнісних елементів електричної мережі. Найбільш неприємним випадком є випадок резонансу вищих гармонік струму або напруги в електричних мережах та на великих підприємствах. Проявлення у часі обумовлює випадковий або системний характер вищих гармонік. У процесі експлуатації електричні оберտальні машини генерують в електричну мережу так звані пазові гармоніки [8]. Природа цих гармонік пов'язана з магніторушійною силою обмотки ротора. Амплітудне значення цих гармонік обумовлено конструктивними параметрами електричної машини та напругою мережі. Суттєва небезпека пазових гармонік викликана залежністю цих частот від частоти мережі та ковзання, що може призводити до резонансних явищ [9].

Визначення рівнів вищих гармонік за рахунок експериментального зняття кривих з урахуванням електромагнітної асиметрії на реальних електричних машинах пов'язано з великою трудомісткістю, обумовленою необхідністю виготовлення спеціальних тарувальних стендів. Знаходження розрахунковим шляхом значень вищих гармонік, що відповідають гранично допустимій несиметрії електричної машини, дає змогу уникнути роботи з громіздкими тарувальними стендами.

Методика розрахунку енергетичного рівня вищих гармонік у вигляді суми квадратів електрорушійної сили пазової гармоніки, знятих при послідовному відключенні кожної з трьох фаз обмотки статора, ґрунтується на визначенні залежності магнітних втрат від пазових гармонік магнітного поля в повітряному зазорі від ступеня електромагнітної асиметрії. Енергетичний рівень гармонік індукції пазової частоти характеризує собою магнітні втрати в сталі від магнітного поля пазового порядку. Визначимо питомі магнітні втрати в сталі від пазової гармоніки індукції:

$$P_{mg} = \varepsilon_g \cdot \frac{f}{50} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot T_z} \cdot \int_0^{2\pi} \int_0^{T_z} B_n^2(\varphi, t) d\varphi \cdot dt + \sigma \left(\frac{f_n}{50} \right)^2 \cdot \frac{1}{2\pi \cdot T_n} \cdot \int_0^{2\pi} \int_0^{T_n} B_n^2(\varphi, t) d\varphi \cdot dt, \quad (1)$$

де B – магнітна індукція; f – частота магнітної індукції; ε_g – питомі втрати від гістерезису; σ – питомі втрати від вихрових струмів; $f_n = \frac{\omega_n}{2\pi}$ – електрична частота пазової гармоніки індукції; $T_z = \frac{2\pi}{\omega_z}$ – період пазової гармоніки індукції; $K_n = \varepsilon_g \cdot \frac{f_z}{50} + \sigma \left(\frac{f_n}{50} \right)^2$ – коефіцієнт втрат потужності; $B_n(\varphi, t)$ – просторово-часовий розподіл магнітної індукції поля в зазорі з електромагнітною несиметрією; ω_n – кутова частота пазової гармоніки індукції.

Знайдемо питомі магнітні втрати від верхньої пазової гармоніки індукції з частотою $\omega_{up} = \omega_1 \cdot \left[\frac{z_n}{p} \cdot (1-S) + 1 \right]$ в трифазному режимі роботи, підставляючи вираз для просторово-часового розподілу індукції пазової частоти для трифазного режиму:

$$P_{mg3} = K_n \cdot \frac{1}{2\pi \cdot T_n} \cdot \int_0^{2\pi} \int_0^{T_n} B_{up}^2(\varphi, t) d\varphi \cdot dt. \quad (2)$$

У загальному випадку з урахуванням всіх доданків ряду Фур'є λ_n вираз для питомих магнітних втрат від верхньої пазової частоти індукції буде мати вигляд:

$$P_{mgup} = \frac{1}{16} \cdot K_{an} \cdot (\lambda_0 \cdot \lambda_{j1} \cdot F_1)^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \lambda_{r1}^2 \right) \cdot K_{an}, \quad (3)$$

де K_{an} – коефіцієнт електромагнітної асиметрії.

Зростання амплітуди магнітної індукції вищих гармонік магнітного поля обумовлює різке зростання магнітних втрат від пазових гармонік із збільшенням електромагнітної асиметрії відповідно до залежності $K_{an} = f(a_m)$. Значне зростання додаткових втрат при збільшенні електромагнітної асиметрії підтверджується і цілим рядом експериментальних досліджень [10].

Пазові гармонічні складові магнітного поля в повітряному зазорі наводять в обмотках статора електрорушійні сили з частотами ω_n . У провіднику кожного поза обмотки статора наводиться електрорушійна сила пазової чистоти, яка пропорційна зміні індукції. Відповідно квадрат електрорушійної сили буде пропорційний $B_n^2(\varphi, t)$ і пропорційний пульсаційним втратам в сталі від пазових гармонік індукції в елементарному обсязі пазової зони поблизу k -го паза. Тоді сума квадратів електрорушійної сили в провідниках всіх пазів обмотки статора $\sum_{k=1}^n E_{nk}^2$ буде пропорційна сумарним магнітним втратам електричної машини від пазових гармонік поля в зазорі, а оскільки рівень пульсаційних втрат залежить від ступеня електромагнітної асиметрії, то дана величина буде при інших рівних умовах пропорційна енергетичному рівню пазових гармонік і буде деякою функцією несиметрії.

Електрорушійна сила пазової чистоти, що виникає в котушці обмотки статора, яка

містить W витків, сторони яких лежать в пазах з кутовими координатами φ , визначається як похідна потокозчеплення за часом:

$$e_{kn}(t) = -W_k \cdot l_\delta \cdot R \cdot \frac{d}{dt} \int_{\varphi_k}^{\varphi_n} \frac{1}{2} \cdot \lambda_0 \cdot \lambda_{j1} \cdot F_f \cdot (1 + \lambda_{j1} \cdot \cos Z_1 \cdot \varphi) \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot \lambda_{\alpha 0} + \lambda_{n1} \cdot \cos(\varphi - \psi_\alpha) \right] \times \\ \times \cos(p \cdot \varphi - \psi_f) \cdot \cos(Z_2 \cdot \varphi - \omega_z \cdot t) \cdot d\varphi, \quad (4)$$

де l_δ – ефективна довжина провідника в пазу статора; R – радіус розточення статора.

Амплітуда електрорушійної сили пазової гармоніки окремої фази обмотки статора може як зростати зі збільшенням електромагнітної асиметрії відносно розподілу витків даної фази, так і зменшуватися, тоді як сума квадратів електрорушійної сили пазової гармоніки всіх трьох фаз однозначно зростає із збільшенням α , відображаючи собою збільшення пульсаційних втрат при наявності несиметрії, за характером близької до квадратичної.

Таким чином, згідно з запропонованою методикою енергетичний рівень вищих гармонік можна оцінювати за сумою квадратів електрорушійної сили пазової гармоніки, знятих при послідовному відключенні кожної з трьох фаз обмотки статора при роботі випробуваної машини на холостому ході. Для виключення впливу явищ насичення на результат контролю та для зниження струмових перевантажень електродвигуна при роботі в режимі з відключеною фазою вимірювання необхідно проводити при живленні працюючих двох фаз обмотки пониженою однофазною напругою.

Алгоритм розрахунку залежностей електрорушійної сили пазової гармоніки від електромагнітної асиметрії наведено на рисунку.

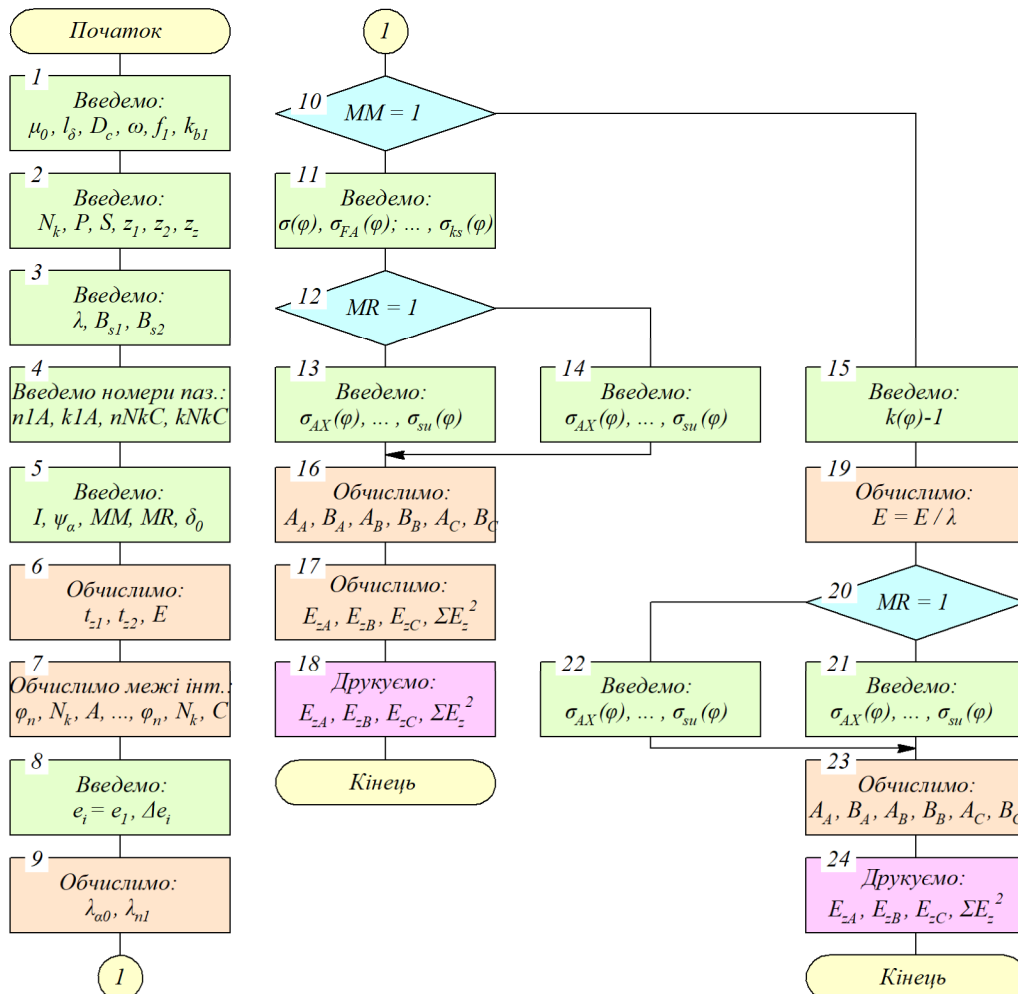


Рисунок. Розрахунковий алгоритм

Запропонована методика дає змогу визначати рівні пазових гармонічних складових у фазних обмотках електричних машин. Ці гармоніки залежно від схеми з'єднань обмоток асинхронного двигуна (зірка, трикутник), схеми і навантаження електричної мережі поширюються електричною мережею, створюючи гармоніки струму чи гармоніки напруги. При аналізі асиметричних і несинусоїдальних режимів на окремих частотах виникають різноманітні гармонічні складові, що призводить до виникнення специфічних гармонік струму і напруги. Всі ці явища необхідно враховувати при аналізі режимів розподільних мереж.

Сучасний рівень розвитку електронних обчислювальних машин та їх програмного забезпечення дає змогу формувати математичні моделі електричної мережі на пазовій частоті в несиметричних режимах, розглядаючи всі її елементи як трифазні. При цьому як математичні моделі як мережі в цілому, так і її окремих елементів служать рівняння в фазних координатах – рівняння, що містять як шукані та задані величини параметри режиму (напруги, струми, потужності фаз).

Всі несиметричні аварійні пошкодження в електричній мережі (відключення фаз, короткі замикання окремих фаз між собою і на землю та ін.) можуть бути досить просто відображені за рахунок формування вузлових рівнянь з урахуванням відповідних комутацій у вузлах і гілках трифазної мережі. Причому наявність декількох несиметричних пошкоджень не призводить до яких-небудь ускладнень алгоритмів формування та рішення вузлових рівнянь порівняно з випадком місцевих ушкоджень. Тому математичні моделі, засновані на рівняннях в фазних координатах, більш гнучкі і універсальні, можуть застосовуватися для аналізу несиметричних режимів роботи як з простою, так і зі складною не симетрією.

1. Gundebommu S., Hunko I., Rubanenko O., Kuchansky V. Assessment of the Power Quality in Electric Networks with Wind Power Plants. *2020 IEEE : 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*. 2020. P. 190–194. DOI: 10.1109/ESS50319.2020.9160231.

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. Lin C., Han G., Du J., Xu T., Peng Y. Adaptive Traffic Engineering Based on Active Network Measurement Towards Software Defined Internet of Vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2021. Vol. 22 (6). P. 3697–3706. DOI: 10.1109/TITS.2020.3028990.

4. Huang T., Tan L., Wang R., Li C., Li H., Huang X. Research on Suppression of Higher Harmonics in Wireless Power Transmission System. *2020 IEEE PELS Workshop on Emerging Technologies: Wireless Power Transfer (WoW)*. 2020. P. 228–232. DOI: 10.1109/WoW47795.2020.9291304.

5. Cheng M., Zhu X., Wang Y., Wang R., Wang W. Effect and Inhibition Method of Armature-Reaction Field on Superconducting Coil in Field-Modulation Superconducting Electrical Machine. *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 2019. P. 1–12. DOI: 10.1109/TEC.2019.2948974.

6. Syvokobylenko V. F., Lysenko V. A. Use of higher harmonics in currents and voltages for phase-to-ground fault protection in medium voltage networks. *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2021. P. 172–176. DOI: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9569967.

7. Dalai S., Sahu R., Tripathy C. Harmonic Mitigation in Single-Phase Grid Connected Photovoltaic System Using SPWM Inverter. *2020 International Conference on Computational Intelligence for Smart Power System and Sustainable Energy (CISPSSE)*. 2020. P. 1–6. DOI: 10.1109/CISPSSE49931.2020.

8. Sangilivadimalu R., Beidl C. Adaptive Harmonic and Disturbance Estimators for Rotary Machines With Applications to Engines. *IEEE / ASME Transactions on Mechatronics*. 2020. P. 1–11.

9. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Scherbak Ya., Mashura A., Khomenko I. Energy efficiency criterion of power active filter in a three-phase network. *2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2020. P. 165–170. DOI: 10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250073.

10. Khomenko I., Stasiuk I., Iglin S. On the Influence of Electromagnetic Processes of Power Transformer on Parameters of Normal Regime of Electric Network Operation. *2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)*. 2018. P. 248–252. DOI: 10.1109/IEPS.2018.8559528.

УДК 621.314

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ЧАСТОТНО-ІМПУЛЬСНИМ КЕРУВАННЯМ

Володимир Нерубацький, Денис Гордієнко

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

Використання перетворювачів постійного струму відіграє важливу роль у ряді галузей науки і техніки, таких як автоматизація промислових установок, електричний транспорт, зварювальні апарати, побутова техніка, радіоелектроніка, радіотехніка тощо [1]. У цих же галузях з'явилася потреба в електроенергії, що відрізняється від промислової за частотою, формою вихідної напруги або струму, кількістю фаз, можливістю регулювання параметрів електроенергії. Ці завдання найчастіше виникають при розробці регульованого електроприводу постійного і змінного струму, частка якого складає близько 60% всього споживання електроенергії країни.

З усіх відомих способів керування електроприводами наразі найкращим вважається спосіб керування із застосуванням широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) [2]. Для керування електроприводами постійного струму використовуються широтно-імпульсні перетворювачі (ШІП). Цей спосіб керування дає змогу сформувати необхідну форму і амплітуду напруги живлення двигуна, досягти високої плавності та більшого діапазону регулювання кутової швидкості при зміні навантаження в широких межах. Широтно-імпульсний модулятор є головним блоком системи керування широтно-імпульсного перетворювача. Широтно-імпульсний перетворювач перетворює постійну напругу в імпульсну, середнє значення якої (тобто її постійна складова, що виділяється у навантаженні фільтрами) можна регулювати. Принцип регулювання вихідної напруги ШІП заснований на періодичному замиканні та розмиканні вентильних ключів – транзисторів або тиристорів [3].

У перетворювачах високої напруги та великої потужності модулі біполярних транзисторів із ізольованим затвором (IGBT) стали одними з найбільш широко використовуваних силових напівпровідникових приладів. Однак стрімкий розвиток силової напівпровідникової техніки призводить до збільшення номінальної потужності та зменшення габаритів, що спричиняє неминучі проблеми з тепловиділенням силових електронних перетворювачів. Збільшення температури впливає на якість з'єднання припою та дротяного зв'язку, що призводить до зменшення терміну служби силових напівпровідникових компонентів.

Втрати в імпульсному напівпровідниковому перетворювачі переважно створюються IGBT-транзисторами і діодами. До основних втрат відносяться статичні (втрати провідності) та динамічні (комутаційні) втрати. Статичні втрати виникають при включеному стані (або стійкому стані) IGBT-транзисторів. Динамічні втрати в IGBT-транзисторах відбуваються при переході з одного режиму, що встановився, в інший, тобто при переході від вимкненого стану до увімкненого (динамічні втрати увімкнення) і, навпаки, від увімкненого стану до вимкненого (динамічні втрати вимкнення).

Для зменшення динамічних втрат, а отже збільшення ККД імпульсного напівпровідникового перетворювача, можна використовувати інший метод керування, що ґрунтується на застосуванні частотно-імпульсної модуляції (ЧІМ) [4]. Спосіб керування з ЧІМ використовується у частотно-імпульсному перетворювачі (ЧІП).

Основні відмінності ЧІП від ШІП такі:

– тривалість імпульсу вихідної напруги ЧІП постійна (тривалість імпульсу вихідної напруги ШІП змінюється);

- період вихідної напруги ЧПІ змінюється (період вихідної напруги ШПІ постійний);
- вихідна частота ЧПІ змінюється (вихідна частота ШПІ постійна).

У середовищі Matlab з використанням блоків із бібліотеки Simulink / SimPowerSystem / Simscape змодельовано схеми ШПІ та ЧПІ, що наведено на рис. 1.

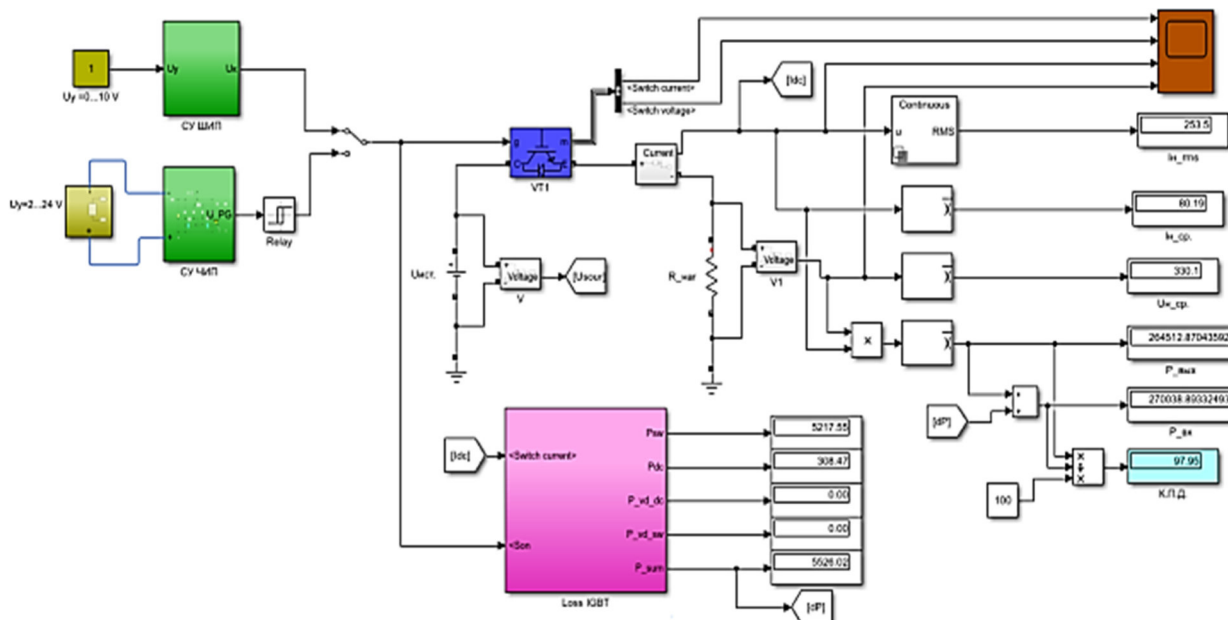


Рис. 1. Модель схеми імпульсного напівпровідникового перетворювача з ШПІ та ЧПІ керуванням

Моделі імпульсного напівпровідникового перетворювача з ШПІ та ЧПІ містять блок зміни шпаруватості, що регулюється за допомогою напруги керування. Напряга керування моделі ШПІ регулюється в діапазоні від 0 до 10 В, а моделі ЧПІ – від 2 до 30 В.

Систему керування моделі ШПІ побудовано з використанням блоків з бібліотеки Simulink. Систему керування ЧПІ побудовано з використанням елементів бібліотеки Simscape, що наведено на рис. 2.

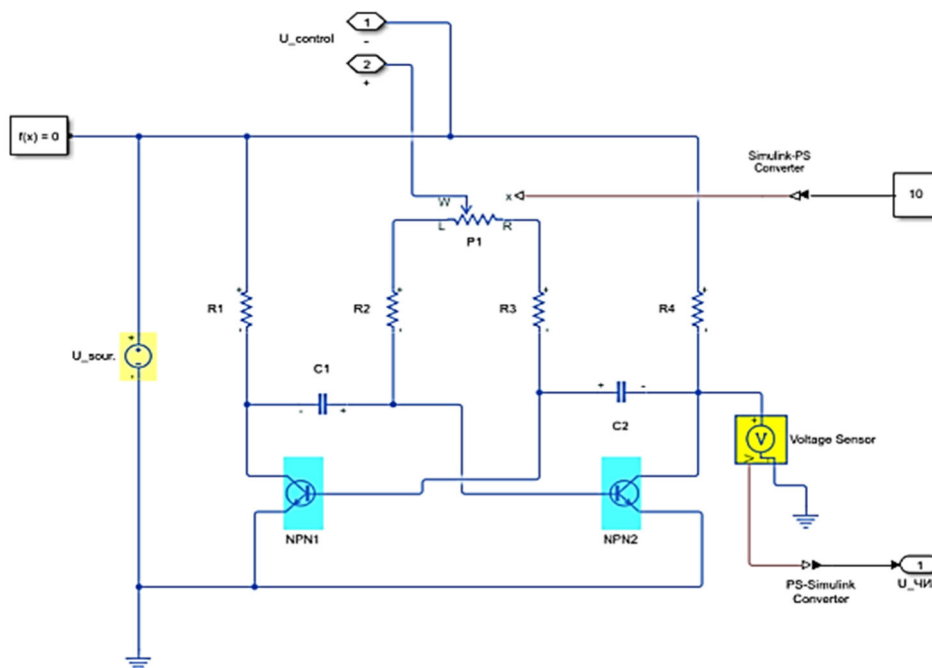


Рис. 2. Модель схеми системи керування ЧПІ

На рис. 2 наведено блок силової схеми ЧП, що складається з силового напівпровідникового перетворювача, активного навантаження і силової ланки живлення, представлена у вигляді батареї з напругою 3300 В.

Як силовий напівпровідниковий перетворювач використовується IGBT-транзистор фірми MITSUBISHI типу CM800HC-66H, характеристики якого наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Основні характеристики IGBT-транзистора

Тип транзистора	$I_{c.n.}, A$	$V_{ce.n.}, B$	$V_{ce.sat.}, B$	$E_{on.}, Дж$	$E_{off.}, Дж$
CM800HC-66H	8800	3300	3,6	1,1	11,05

Розрахунок втрат потужності IGBT-транзистора здійснюється різними методами. Найчастіше використовується розрахунок втрат потужності IGBT-транзистора методом апроксимації графіків втрат.

Апроксимація графіків втрат потужності IGBT-транзистора типу CM800HC-66H проведена за допомогою таких рівнянь:

$$U_{ce}(I_c) = -1,29 \cdot I_c^4 + 5,297 \cdot I_c^3 - 7,796 \cdot I_c^2 + 7,229 \cdot I_c + 0,86; \quad (1)$$

$$E_{on}(I_c) = -0,1002 \cdot I_c^3 + 1,237 \cdot I_c^2 + 0,5766 \cdot I_c + 0,138; \quad (2)$$

$$E_{off}(I_c) = 1,2243 \cdot I_c + 0,284. \quad (3)$$

Отримані математичні залежності досить точно описують енергетичні графіки втрат потужності IGBT-транзистора. Використовуючи цей метод розрахунку, можна визначити статичні, динамічні, сумарні втрати IGBT-транзистора та ККД перетворювача. Результати моделювання статичних втрат IGBT-транзистора наведено на рис. 3.

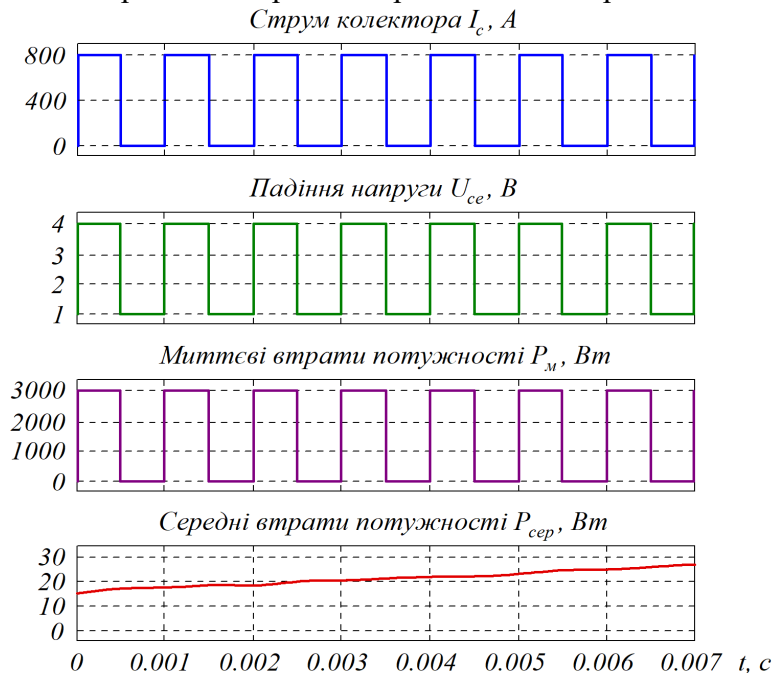


Рис. 3. Діаграми статичних втрат IGBT-транзистора типу CM800HC-66H

На рис. 4 наведено діаграми, де порівнюються динамічні втрати, а також ККД ШП та ЧП при частоті комутації 2 кГц.

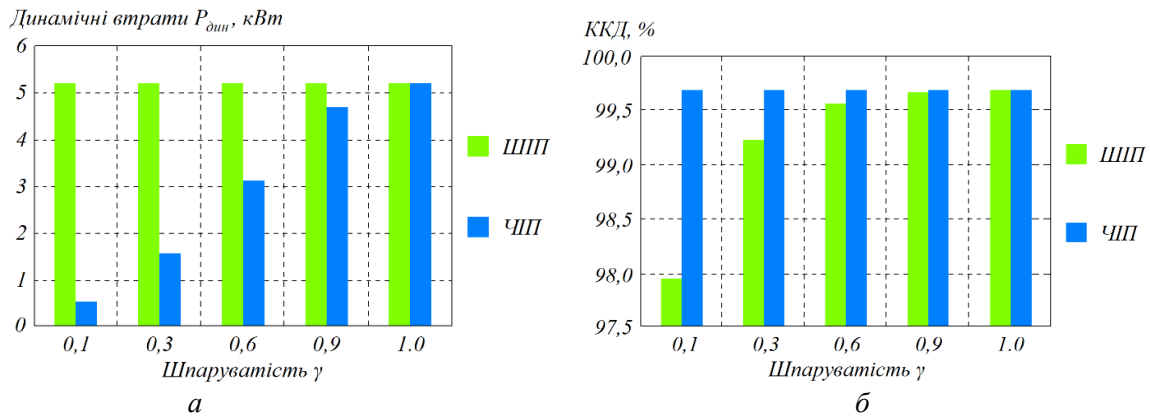


Рис. 4. Динамічні втрати IGBT-транзистора (а) та порівняння ККД ШПП і ЧПП (б)

Аналіз втрат, отриманих при моделюванні схем напівпровідникових перетворювачів у режимах ШПП і ЧПП при різній шпаруватості (відношення періоду проходження до тривалості імпульсу), наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Результати моделювання схем напівпровідникових перетворювачів у режимах ШПП і ЧПП

Шпаруватість γ	f , кГц		$I_{сер}$, кА	I_{rms} , кА	$I_{нік}$, кА	P_{dyn} , кВт		P_{dc} , кВт	ККД, %	
	ШПП	ЧПП				ШПП	ЧПП		ШПП	ЧПП
1	2	2,0	0,80	0,80	0,80	5,217	5,217	3,078	99,69	99,6900
0,9	2	1,8	0,72	0,76	0,80	5,217	4,695	2,775	99,67	99,6890
0,6	2	1,2	0,48	0,62	0,80	5,217	3,130	1,850	99,56	99,6885
0,3	2	0,6	0,24	0,43	0,80	5,217	1,565	0,925	99,23	99,6880
0,1	2	0,2	0,08	0,25	0,80	5,217	0,521	0,308	97,95	99,6870

У ШПП при зміні шпаруватості від максимального значення у бік зменшення частота комутації не змінюється. При постійній частоті комутації динамічні втрати залишаються незмінними, що призводить до зменшення ККД перетворювача при низьких шпаруватостях.

У ЧПП в міру зменшення шпаруватості від максимального значення до мінімального значення частота комутації зменшується прямо пропорційно. Це призводить до зменшення динамічних втрат та значно меншого зниження ККД ЧПП у порівнянні з ШПП.

Проводячи аналіз отриманих характеристик перетворювачів, можна побачити, що при зміні шпаруватості від 0,1 до 0,5 ККД ЧПП значно перевищує ККД ШПП. Це перевищення сильніше відчувається за більшої частоти комутації перетворювачів. Наприклад, при шпаруватості 0,1 та частоті 2 кГц ККД ЧПП виходить на 1,737 % більше, ніж у ШПП; при 4 кГц ККД ЧПП виходить на 3,5% більше, ніж у ШПП.

1. Elmenshawy M., Massoud A. Multimodule DC-DC Converters for High-Voltage High-Power Renewable Energy Sources. 2019 2nd International Conference on Smart Grid and Renewable Energy (SGRE). 2019. P. 1–6. DOI: 10.1109/SGRE46976.2019.9020690.

2. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D., Podnebenna S. Synthesis of a regulator recuperation mode a DC electric drive by creating a process of finite duration. 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). 2021. P. 272–277. DOI: 10.1109/UKRCON53503.2021.9575792.

3. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D. Adaptive Modulation Frequency Selection System in Power Active Filter. 2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). 2022. P. 341–346. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969261.

4. Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Tugay D. V., Hordiienko D. A. Method for optimization of switching frequency in frequency converters. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2021. No. 1 (181). P. 103–110. DOI: 10.33271/nvngu/2021-1/103.

УДК 656.025.2

ОРГАНІЗАЦІЯ ЗЛАГОДЖЕНОЇ РОБОТИ РІЗНИХ ТИПІВ ПАСАЖИРІВ ТРАНСПОРТУ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛАХ

Світлана Пашкевич, Віктор Денисюк

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

Одним з основних напрямів розвитку залізничного транспортного комплексу України є підвищення транспортної мобільності населення всередині та між агломераціями з метою забезпечення просторового розвитку країни, розширення мережі високоякісних транспортних засобів, швидкісних магістралей та розвитку високошвидкісного руху. Все це неможливо без системи транспортних вузлів, які є ключовими елементами транспортної інфраструктури. Раціональна планувальна структура вузла передбачає наявність транспортних і соціально-побутових об'єктів для швидкої, комфортної та безпечної пересадки з одного виду транспорту на інший, а також для надання ряду додаткових послуг. Створення транспортно-пересадочного вузла сприяє розвитку міської мобільності та покращенню якості міського середовища через раціональну структуру вузла та створення громадських просторів на території транспортно-пересадочного вузла. Також важливо визначити наявність транспортно-пересадочних вузлів. Транспортно-розв'язувальний вузол є центром тяжіння пасажиропотоку. Пасажир, маючи можливість пересісти з одного виду транспорту на інший у транспортно-пересадочному вузлі чи іншому вузлі/зупинці, вибере транспортно-пересадочний вузол, оскільки ця пересадка буде швидкою (зазвичай не більше 3 хвилин) і зручною, при цьому є можливість надання додаткових соціальних послуг. Основною відмінністю транспортно-розв'язувальних вузлів від інших пересадочних вузлів є забезпечення узгодженого розкладу для всіх транспортних засобів, які перетинаються в хабі. Враховуючи те, що всі види міського, приміського та міжміського транспорту можуть перетинатися на пересадочному вузлі, узгодити графік руху всіх транспортних засобів з урахуванням попиту та пропозиції дуже складно. У зв'язку з цим виникає потреба в моделюванні та управлінні системою транспортно-пересадочних вузлів, що дозволить вирішити задачу якісної взаємодії видів транспорту в транспортно-пересадочному вузлі та спланувати раціональну планувальну структуру вузла.

Моделювання системи транспортно-пересадочних вузлів передбачає можливість раціонального вибору розміщення транспортно-пересадочних вузлів, прогнозування обсягів пасажиропотоку, складання узгодженого графіка руху всіх транспортних засобів, визначення потреби в рухомому складі, що зв'язує міські маршрути громадського транспорту між собою, з приміськими та міжміськими маршрутами. Найбільш складним є прогнозування пасажиропотоку в транспортно-пересадочному вузлі та узгодження графіка руху всіх видів транспорту. Тут важливо спланувати рух міських видів транспорту так, щоб витрати часу на пересадки між міськими маршрутами і витрати часу на пересадки з основного виду транспорту (залізниці) на міські види транспорту були мінімальними. Для вирішення проблеми організації якісної взаємодії різних видів транспорту в транспортно-пересадочних вузлах необхідно:

- зробити раціональний вибір щодо розміщення транспортно-пересадочного вузла,
- зібрати та проаналізувати дані про пасажиропотік, визначити їх розміри та напрямки руху,
- узгодити розклад маршрутів міського громадського транспорту залежно від попиту та пропозиції,
- узгодити графік руху міських та приміських маршрутів, міжміського транспорту залежно від попиту та пропозиції,

- здійснити моделювання пасажиропотоку у транспортно-пересадочних вузлах;
- визначити раціональну планувальну структуру вузла, створити необхідні функціональні зони та забезпечити розвиток громадського простору.

Вибір місць розташування транспортних вузлів безпосередньо пов'язаний з пасажиропотоком та вже визначеною мережею міського пасажирського транспорту, з маршрутами міського громадського транспорту та маршрутами приміського, міжміського транспорту. На міській пасажирській транспортній мережі можна виділити міські транспортно-розв'язувальні вузли та регіональні транспортно-розв'язувальні вузли (рис. 1).

У міських транспортно-пересадочних вузлах перетинаються маршрути міського громадського транспорту. У регіональних транспортно-пересадочних вузлах діють міські, приміські та міжміські маршрути. У регіональних вузлах основним видом транспорту зазвичай є залізниця.

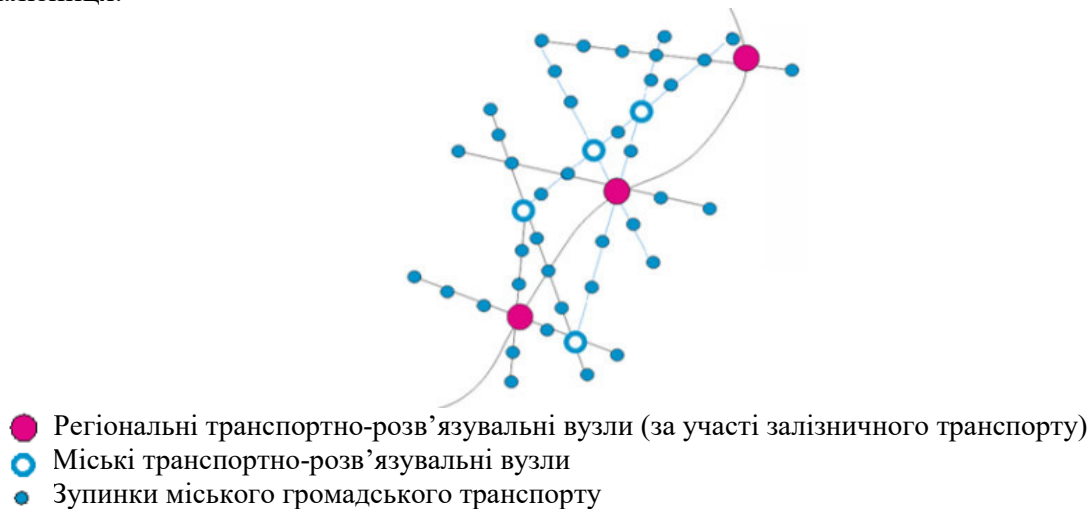


Рис. 1. Міські та регіональні транспортно-розв'язувальні вузли на мережі міського громадського транспорту

Вибір місць розміщення міських транспортних вузлів базується на використанні кількісних методів, основним критерієм яких є середній час поїздки. Розраховано прогнозоване значення кількості пасажирів, які використовуватимуть той чи інший транспортно-розв'язувальний вузол як пункт відправлення, призначення або пересадки. Вибір місць розміщення регіональних транспортних вузлів базується на принципі взаємодії основного виду транспорту (зазвичай залізничного) та «постачальних» видів транспорту (міського).

Збір та аналіз даних про міські пасажирські перевезення здійснюється за допомогою даних опитувань та анкет, даних транспортної моделі міста. Дані про пасажирські перевезення у приміському та міжміському сполученнях збираються та аналізуються за кількістю проданих квитків та пасажирів, перевезених залізницею, приміськими та міжміськими автобусами. Для узгодження графіка руху всіх транспортних засобів транспортно-розв'язувального вузла, моделювання пасажиропотоку та планування простору вузла пропонується використовувати ряд програмних продуктів, які забезпечать якісну взаємодію транспортних мереж різних видів транспорту в вузлі, що дасть змогу прогнозувати та управляти (керувати) пасажиропотоком у будь-який період часу, визначити раціональну планувальну структуру вузла. Для вирішення задачі організації якісної взаємодії різних видів транспорту в транспортно-пересадочному вузлі запропоновано метод, який включає три етапи (рис. 2).

Запропонований у статті метод базується на використанні кількісних методів і реалізується за допомогою програмних продуктів імітаційного моделювання PTV Visum, AnyLogic. Цей спосіб застосовний для будь-якого міста, але він незамінний для міст з розвинутою системою міського наземного транспорту (у містах, де більша частина території міста підпорядкована транспортному сполученню, трамвайні, автобусні та тролейбусні маршрути охоплюють місто).



Рис. 2. Запропонована методологія вирішення задачі організації якісної взаємодії різних видів транспорту в транспортно-пересадочному вузлі

На першому етапі здійснюється:

- прогнозування кількості пасажирів, які використовують транспортно-пересадочний вузол в системі міського пасажирського транспорту,
- визначення напрямку пасажиропотоку,
- вибір міських маршрутів, що потребують послідовного графіку для забезпечення швидких пересувань.

На цьому етапі на основі даних, отриманих з транспортної моделі міста, складається матриця міжзупинкових відповідностей на мережах громадського транспорту міста. За допомогою програмного моделювання розробленої програми «Ефективні пересадки» підбираються оптимальні маршрути з пункту і в пункт j за критерієм мінімального часу в дорозі. Визначено прямі та пересадочні маршрути. Спочатку призначаються прямі маршрути, потім маршрути з однією пересадкою, з двома пересадками і так далі. Результатом є набір пересадочних вузлів мережі міського пасажирського транспорту та обсяг пасажиропотоку в кожному з них.

За допомогою спеціального алгоритму в програмі «Ефективні пересадки» можна отримати дані не тільки про кількість пасажирів, які користуються розглянутим транспортом. - пересадковий вузол як пункт відправлення, призначення та пересадки, а також на маршрутах, якими користуються пасажирів під час пересадки в цьому вузлі.

Наступним кроком дослідження є перелік усіх транспортно-пересадочних вузлів мережі міського пасажирського транспорту із зазначенням прогнозованого обсягу пасажиропотоку вузла, що перетинає маршрути, що потребують узгодженого графіка руху транспортних засобів у системі міського громадського транспорту.

На другий етап, здійснюється: прогнозування кількості пасажирів, які використовують розглянутий транспортно-пересадочний вузол для пересадки з приміського, міжміського транспорту на міські види транспорту, - визначення напрямку пасажиропотоку, - вибір таких міських маршрутів, графік руху яких співпадає з розкладом маршрутів приміського та міжміського транспорту.

На цьому етапі важливо ввести дані про приміські пасажиропотоки в існуючу транспортну модель міста. Тут точками виникнення пасажиропотоку є приміські населені пункти, а точками погашення – пункти j на міській транспортній мережі. Пасажири, які відправляються з приміських населених пунктів, прибувають до регіональних транспортних вузлів (рис. 1) і пересідають із залізничного транспорту (приміського, міжміського) на інші види міського транспорту загального користування. Про розмір пасажиропотоку можна судити на підставі аналізу проданих квитків, даних опитування, анкетування, даних про місце проживання працівників великих підприємств і організацій при обліку «трудового» листування. Визначено міські та приміські маршрути, які потребують узгодженого графіка руху транспортних засобів для забезпечення швидкої, безпечної та комфортної пересадки на вузловий пункт

На третьому етапі здійснюється: – узгодження графіка руху всіх видів транспорту, - визначення потреби в рухомому складі, – моделювання та дослідження пасажиропотоку в вузлі з метою раціональної організації планувальної структури транспортно-пересадочного вузла. Використовуючи дані про пасажиропотік та про маршрути міського та приміського транспорту, які перетинаються в транспортно-пересадочному вузлі та потребують узгодженого розкладу, можна забезпечити якісну взаємодію різних видів транспорту, розрахувати потребу в рухомому складі. Моделювання пасажиропотоку в транспортно-пересадочному вузлі з урахуванням часу доби можливе в програмах імітаційного моделювання (PTV Visum, AnyLogic). Знаючи графік руху транспортних засобів, визначається щільність пасажиропотоку в змодельованому просторі вузла з метою виявлення «бар'єрних» місць та організації раціональної планувальної структури. На цьому етапі також планується впорядкування громадських просторів та об'єктів соціальної інфраструктури.

Дана методологія дозволяє організувати якісну взаємодію пасажирських транспортних систем у транспортно-пересадочному вузлі шляхом збору та аналізу даних про розміри та напрямки пасажиропотоку, вибору оптимальних маршрутів, моделювання пасажиропотоку на транспорті. вузол пересадки. При цьому забезпечується узгодження розкладу руху транспортних засобів у системі міського громадського транспорту, розкладу міських та приміських маршрутів, міжміського транспорту, моделюється пасажиропотік, розраховується потреба в рухомому складі, створено необхідні функціональні зони та забезпечено розвиток громадського простору.

1. Фан Б., Ян Ю. та Лі Л. Комплексна оптимізація пасажирського транспорту міської агломерації розміщення концентратора та дизайн мережі. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*. 2018. 2018 (1), 168.

2. Калюжний Н. та Лосін Л. Метод математичного моделювання створення пересадочного вузла. *Transportation Research Procedia*. 2018. Vol. 36. P. 245–251.

3. Крістерссон П. Роль транспортних розв'язок у регіональному плануванні. *Regions Magazinen*. 2012. Vol. 285 (1). P. 16–17.

4. Лудан І., Майоров Е., Сантана Дж. та Саприкін О. Комплексний підхід до побудови мікрорайонів модель міста. *Технології, телекомунікації та системи управління* : матеріали V Міжнародної конференції молодих вчених з інформації. Ахен, Німеччина : CEUR, 2018. Т. 2298. С. 8.

5. Монсон А., Ернандес С. та Ді Чоммо, Ф. Ефективні міські розв'язки: модель city-HUB. *Transportation Research Procedia*. 2016. Vol. 14. P. 1124–1133.

УДК 656.022

ОЦІНКА ДОСТУПНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ РАЙОНІВ МІСТА В СИСТЕМІ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Галина Півторак, Владислав Сулов

*Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79000*

Серед основних критеріїв ефективності функціонування транспортної системи та оцінки зручності перевезень населення є мобільність, доступність, зв'язаність мережі та рівень транспортної дискримінації населення. Транспортна доступність території може оцінюватися можливістю досягнення певної ділянки з використанням певних режимів переміщення наявною транспортною мережею [1]. Фактично показник доступності відображає корисність переміщення між двома пунктами, охарактеризовуючи складність виконання цього переміщення [2].

Доступність все частіше розглядається як один з важливих критеріїв оцінки рівня інтегрованості транспортних систем та підвищення якості транспортних послуг для пасажирів. Доступність громадського транспорту є особливо важливою при проектуванні та оцінці транспортної системи з точки зору сталості, адже саме перехід до громадського та немоторизованого видів переміщень у місті є одним із ключових елементів забезпечення сталої міської мобільності [3; 4].

Фактично, для визначення доступності потрібно мати інформацію про «вартість» переміщення між пунктом відправки та пунктом призначення для певного користувача транспортних послуг. Найпростішим показником вартості переміщення є відстань, яку потрібно подолати. Проте вартість переміщення часто є набагато ширшим поняттям, яке може включати в себе характеристики транспортної чи маршрутної мережі, частоту руху, швидкість, комфорт, фінансові і часові витрати на поїздку [5].

Ключовими елементами у визначенні доступності є характеристики транспортної інфраструктури, яка не тільки забезпечує існуючі зв'язки, а й повинна мати резерви для забезпечення зростаючої мобільності населення.

При переміщенні міською територією для більшості користувачів громадського транспорту критерієм вибору маршруту руху є безпересадковість поїздки. В умовах, коли за кожну поїздку потрібно платити окремо, цей критерій часто є важливішим за відстань чи тривалість переміщення. Тому при оцінці доступності міських територій з точки зору громадського транспорту доцільно враховувати кількість можливих альтернативних варіантів маршрутів між кожною парою транспортних районів.

Моделювання впливу кількості альтернативних маршрутів громадського транспорту між парою транспортних районів на величину пасажиропотоку проведено для м. Львова у програмному середовищі PTV Visum.

Маршрутна мережа Львова складається з 66 маршрутів (трамвайних, тролейбусних та автобусних). Територію міста було поділено на 20 транспортних районів. Кожен район характеризується ємностями на відправку та на прибуття, що, відповідно, визначаються кількістю жителів в районі та кількістю і потужністю точок тяжіння для переміщень з різною метою (робота, навчання, покупки тощо). Серед розглянутих 190 пар транспортних районів 38 не мають безпересадкового сполучення маршрутами громадського транспорту (20%). Ще 16% зв'язані між собою тільки одним безпересадковим маршрутом ГПТ, 29% – двома або трьома такими маршрутами, і 35% мають більше, ніж три варіанти маршрутів для переміщення між собою.

В результаті моделювання отримано розподіл переміщень з кожного транспортного району за режимами: приватний транспорт, громадський транспорт та рух пішки або велосипедом. Аналіз отриманих результатів показав, що при співмірних відстанях між районами збільшення кількості маршрутів, що їх зв'язують, впливає на перерозподіл пасажиропотоку між режимами (збільшується частка користувачів громадського транспорту).

На рис. 1 подано графічну залежність між кількістю безпересадкових маршрутів, що зв'язують між собою пару районів походження та призначення переміщення, та відсотком зростання кількості користувачів режиму громадського транспорту. Залежність описується логарифмічною кривою з коефіцієнтом детермінації, рівним 0,93. При зростанні кількості маршрутів від 0 до 15 кількість користувачів ГТ збільшується на 20%. Подальше зростання кількості маршрутів вже несуттєво впливає на зростання частки перевезень ГТ: при зростанні кількості маршрутів від 15 до 25 частка користувачів ГТ збільшується на 4%, а від 25 до 35 – на 2%.

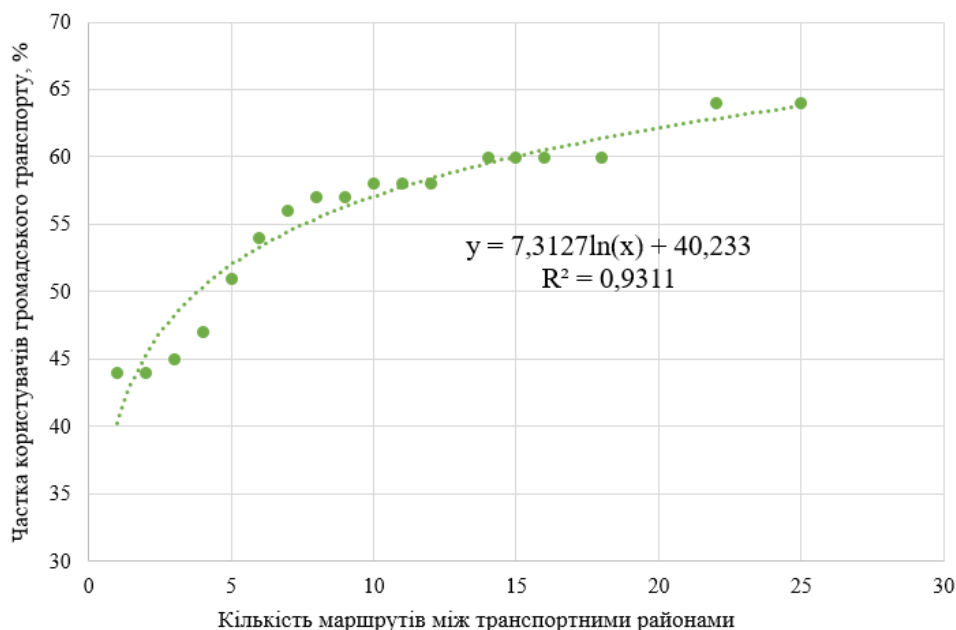


Рис. 1. Залежність між кількістю безпересадкових маршрутів між ТР та часткою користувачів, що використовують ГТ для переміщень між ними

Отримані результати свідчать про доцільність врахування кількості безпересадкових маршрутів між парою пунктів відправки та призначення поїздки при оцінці доступності цих районів.

1. Пашинська Н. Нові підходи до дослідження транспортної доступності в географії транспорту. *Географічна наука і практика: виклики епохи* : матеріали міжнародної наукової конференції, м. Львів, 16–18 травня 2013 р. Львів, 2013. С. 147–150.

2. Handy S. L., Niemeier D. A. Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives. *Environment and planning*. 1997. Part A. Vol. 29, No. 7. P. 1175–1194.

3. Saif M. A., Zefreh M. M., Torok A. Public transport accessibility: a literature review. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 2019. Vol. 47, No. 1. P. 36–43.

4. Makarova I., Pashkevich A., Shubenkova K., Mukhametdinov E. Ways to increase population mobility through the transition to sustainable transport. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 187. P. 756–762.

5. Ford A. C., Barr S. L., Dawson R. J., James P. Transport accessibility analysis using GIS: Assessing sustainable transport in London. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2015. Vol. 4, No. 1. P. 124–149.

УДК 656.02

ДО ПИТАННЯ ТРАНСПОРТНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ PTV VISSIM

Хітров Ігор

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

Ефективна транспортна система є важливою передумовою економічного розвитку та активом місцевої, регіональної та міжнародної мобільності. З інтеграцією світового ринку, економічним зростанням та підвищенням рівня доходів населення, транспорт став основним сектором економіки, який характеризується кількісним, а також якісним зростанням.

Транспортні системи відносяться до класу складних систем, що характеризуються великою кількістю елементів і різноманітністю зв'язків між ними. Одним із способів опису і прогнозування поведінки такого об'єкта представляється моделювання, суть якого полягає в заміні реального об'єкта управління його спрощеною копією, тобто, моделлю. В якості моделі може виступати будь-який об'єкт, який з достатньою для цілей користувача точністю відтворює властивості реальної системи [1].

Досить розповсюджене і популярне для моделювання є PTV Vissim – програмне забезпечення від компанії PTV Group для імітаційного моделювання дорожнього руху, створення мікро- і мезомоделей руху індивідуального та громадського транспорту, перевірки інженерних гіпотез щодо організації дорожнього руху [2].

Програмне забезпечення PTV Vissim дозволяє побудувати імітаційну модель на основі кроків у часі та поведінки для реалістичного моделювання з широким спектром завдань, зокрема: побудова транспортної мережі з врахуванням всіх особливостей вулично-дорожньої мережі; моделювання різного типу перехресть, транспортних розв'язок; вибір оптимальної схеми організації дорожнього руху; оцінка пропускної здатності ділянки руху; моделювання та оптимізація роботи світлофорних об'єктів; прогнозування виникнення заторів; моделювання та аналіз пішохідного руху; широкий спектр аналізу отриманих даних.

За допомогою PTV Vissim найчастіше розробляються проекти з [3]:

- оцінки змін в проектах (схемах) організації дорожнього руху (ОДР);
- оцінки змін режимів світлофорного регулювання;
- аналізу масових заходів, як то концерти, спортивні змагання та заходів з евакуації, для виявлення вузьких місць, часу евакуації та ін.;
- моделювання паркувального простору, автостоянок; вантажно-розвантажувальних зон;
- імітаційної візуалізації в режимі 2D та 3D.

Таким чином, застосування програмного забезпечення для транспортного моделювання, зокрема PTV Vissim, є невідемним атрибутом в оцінці стрімкого розвитку транспортної системи, в тому числі і на перспективу.

1. Чернецька-Білецька Н. Б., Штиков А. Р. Аналіз застосування програмного забезпечення PTV VISSIM для моделювання автотранспортних потоків. *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2021. № 4 (268). С. 105–111.

2. PTV Group : вебсайт. URL: <https://www.ptvgroup.com/ru/reshenija/produkty/visum/> (дата звернення: 22.04.2023).

3. Беспалов ЛАБ: транспортне моделювання. B-lab.pro : вебсайт. URL: <https://b-lab.pro/ptv-vissim/> (дата звернення: 22.04.2023).

УДК 656.13

ІМІТАЦІЙНЕ МІКРОМОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛІВ (ДИНАМІЧНИЙ РОЗПОДІЛ В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ VISSIM)

Микола Яценюк

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

На сьогоднішній день швидкість розвитку технологій в різних сферах в медицині в IT є досить високою транспортна галузь не є виключенням рівень автомобілізації населення по всьому світі з кожним днем збільшується досить швидко це часто призводить до колапсу на дорогах особливо в великих містах або в містах в яких погано розвинута дорожня інфраструктура одним із варіантів вирішення проблем є саме процеси моделювання вони допомагають вирішити багато існуючих проблем, а також запобігти новим після розбудови нових районів саме тому основним завданням транспортного моделювання є перевірка ефективності впровадження різних заходів, проектів.

Транспортні проекти дорогі і вимагають багато часу. Може статись так, що ми вклали великі кошти, в розвиток проекту, а він виявився неефективним, або зміни організації дорожнього руху призвели до організації заторів на іншій ділянці, для того, щоб такого не відбувалося, використовується транспортне моделювання. Також моделювання потрібне для перевірки, чи місто не відхиляється від обраної стратегії розвитку транспорту. Існує два рівні моделювання – макроскопічне та мікроскопічне. Вибір рівня моделювання залежить від території, яку ми досліджуємо. Чи це місто, область, регіон, чи окреме перехрестя. Якщо область дослідження – ціле місто, тоді обирається макроскопічне моделювання. Якщо окремих вузол, перехрестя – мікроскопічне. Для макромоделювання використовується програмне забезпечення Visum, для мікромоделювання – Vissim.

PTV Vissim – програмне забезпечення від компанії PTV Group для імітаційного моделювання дорожнього руху, створення мікро- і мезомоделей руху індивідуального та громадського транспорту, перевірки інженерних гіпотез щодо організації дорожнього руху. Імітаційна модель (мікромодель) дозволяє відображати існуючу транспортну ситуацію на рівні окремих транспортних засобів і пішоходів, де вихідними даними служать дані натурних обстежень [1].

За допомогою PTV Vissim розробляються проекти з:

- Оцінки змін в проектах (схемах) організації дорожнього руху (ОДР);
- Оцінки змін режимів світлофорного регулювання;
- Аналізу масових заходів, як то концерти, спортивні змагання та заходів з евакуації, для виявлення вузьких місць, часу евакуації та ін.;
- Моделювання паркувального простору, автостоянок; вантажно-розвантажувальних зон;
- Оцінка впливу типу перетину доріг на пропускну здатність (нерегульоване, регульоване перехрестя, круговий рух, залізничний переїзд, розв'язка на різних рівнях).
- Проектування, тестування і оцінка впливу режиму роботи світлофора на характер транспортного потоку.
- Оцінки транспортної ефективності запропонованих заходів.
- Аналізу управління дорожнім рухом на автострадах і міських вулицях, контроль за напрямками руху як на окремих смугах, так і на всій проїжджій частині дороги.
- Аналізу можливості надання пріоритету громадському транспорту та заходів,

спрямованих на пріоритетний пропуск трамваїв.

- Аналізу впливу управління рухом на ситуацію в транспортній мережі (регулювання руху транспорту, зміна відстані між вимушеними зупинками транспорту, перевірка під'їздів, організація одностороннього руху і смуг для руху громадського транспорту).

- Аналізу пропускну здатності великих транспортних мереж (наприклад, мережі автомагістралей або міської вулично-дорожньої мережі) при динамічному перерозподілі транспортних потоків.

- Детальної імітації руху кожного учасника.

- Моделювання зупинок громадського транспорту і станцій метрополітену, з урахуванням їх взаємного впливу.

- Імітаційної візуалізації в режимі 2D та 3D.

Розглянемо в програмному середовищі Vissim приклад побудови моделі транспортного вузла (рис. 1–7) з метою розвантаження дорожньої інфраструктури в години пік на основних магістралях [1; 3].

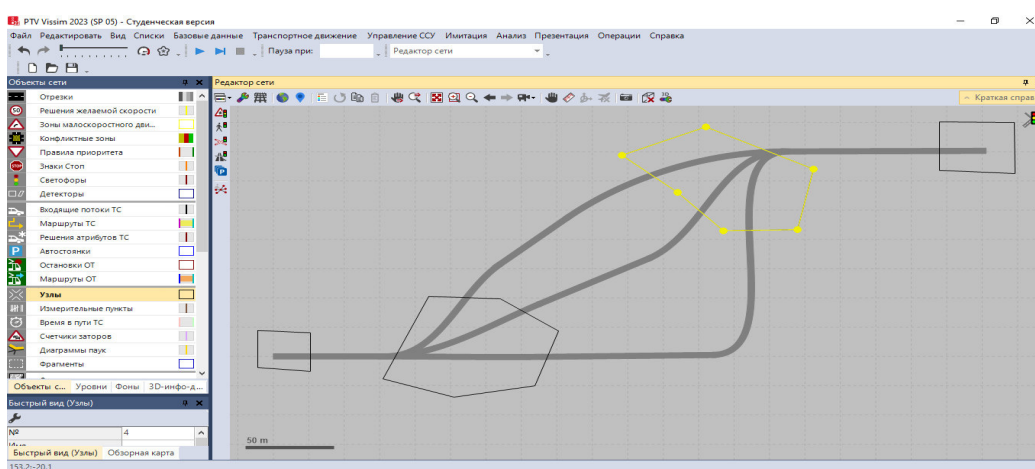


Рис. 1. Фрагмент побудови дорожнього вузла в програмному середовищі Vissim

На рис. 2 подано схема перетворення вузлів в робочу зону на дорожньому покритті

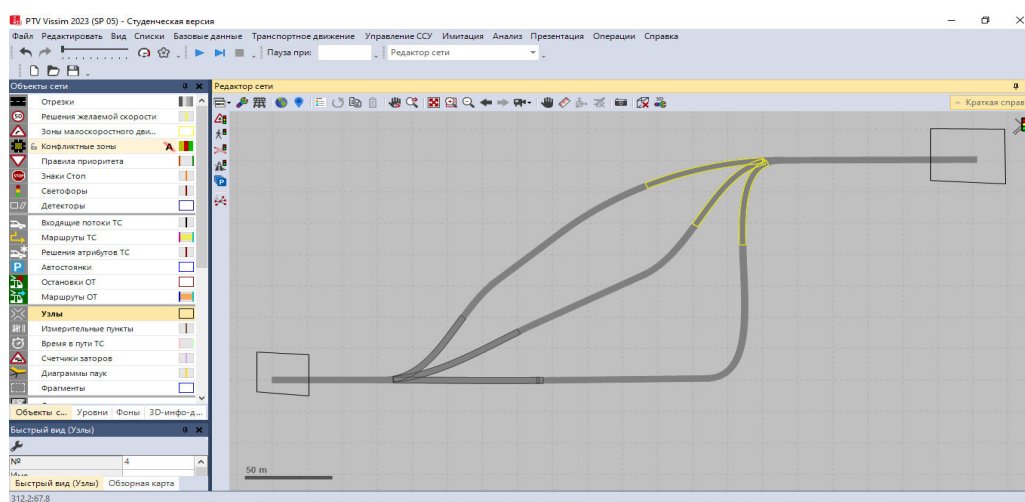


Рис. 2. Схема перетворення вузлів в робочу зону на дорожньому покритті

Секція 3 Моделювання транспортних та логістичних процесів

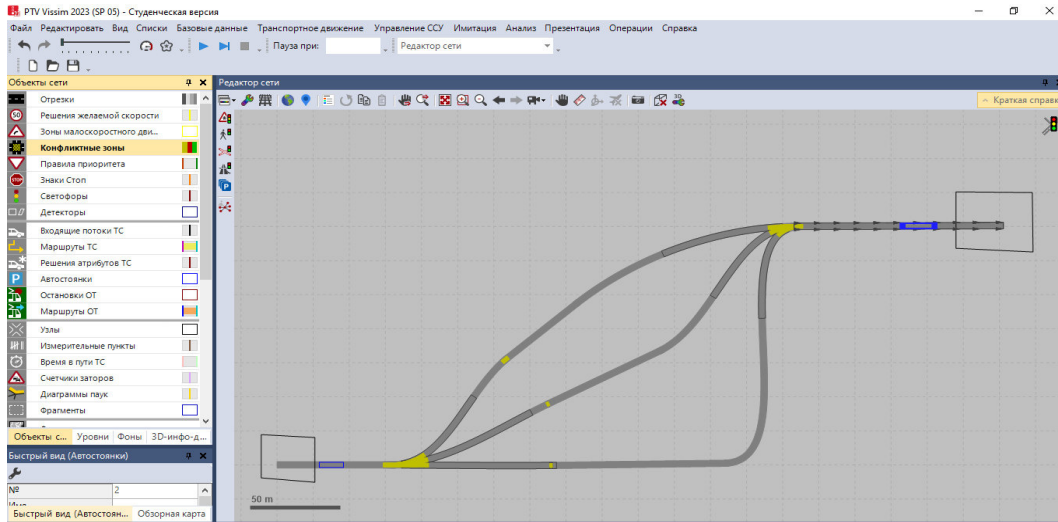


Рис. 3. Процес створення зон початку та закінчення руху ТЗ

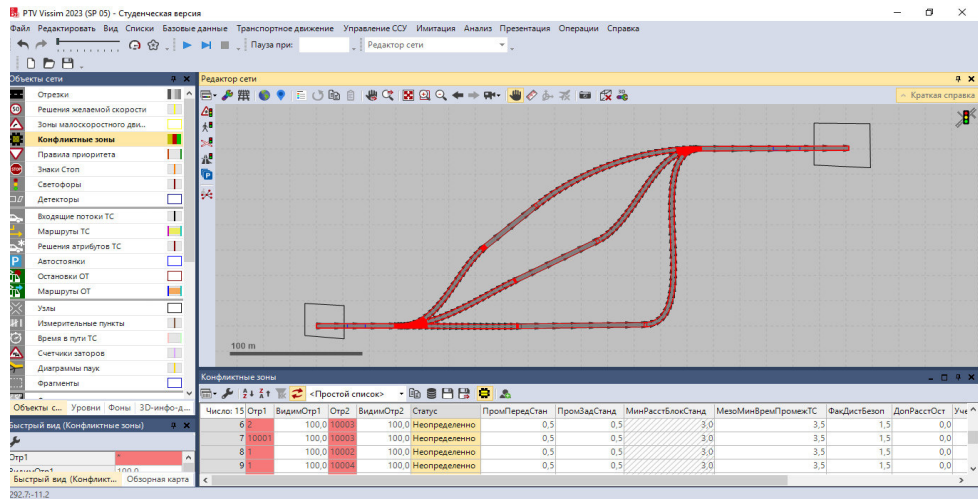


Рис. 4. Усунення конфліктних зон, оптимізація моделі

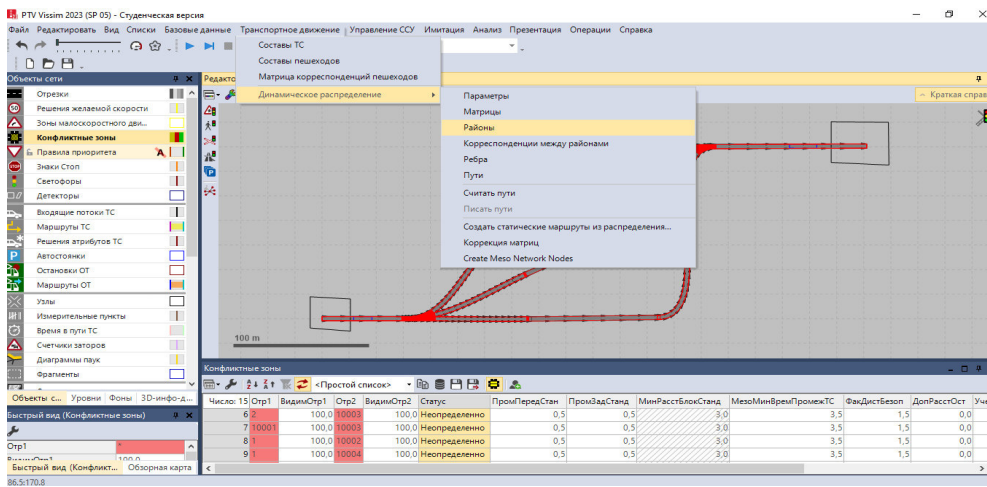


Рис. 5. Побудова районів розосередження, динамічний розподіл ТЗ

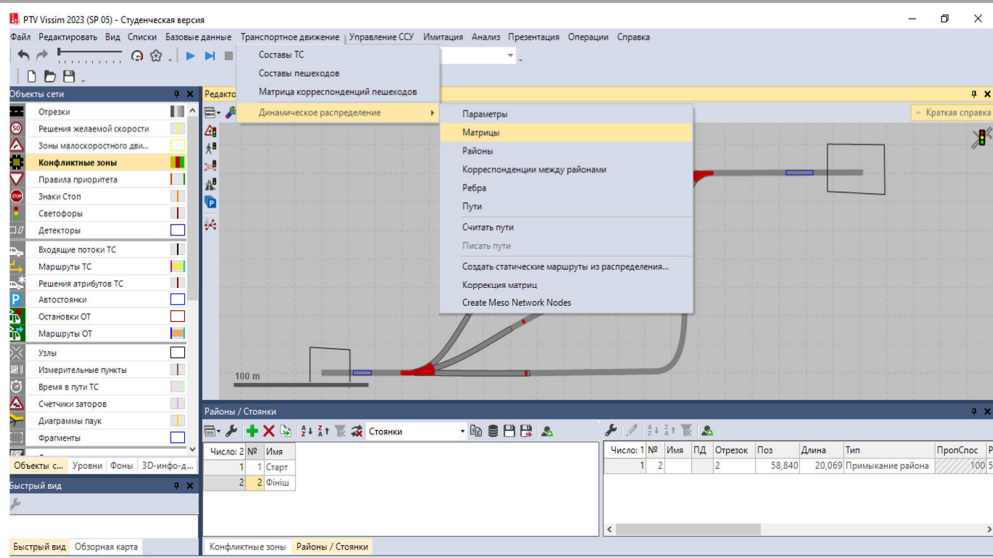


Рис. 6. Фрагмент побудови матриць динамічного розподілу ТЗ

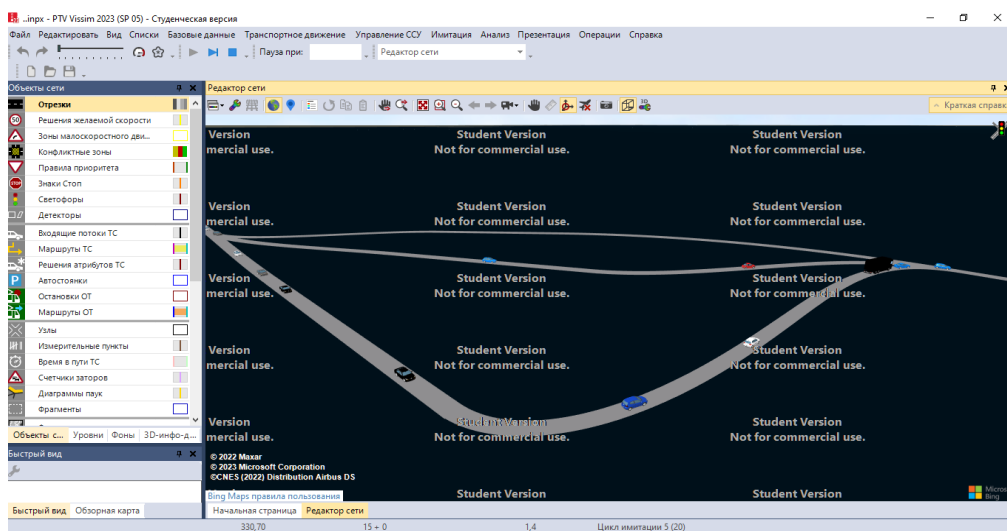


Рис. 7. Імітація роботи моделі в 3D вимірі

Отже після створення 3D моделі транспортного вузла за допомогою програмного забезпечення Vissim зрозуміло, що моделювання дає можливість розробляти моделі, які в майбутньому допомагають уникати багатьох проблем і економлять кошти. Такі моделі дають змогу наочно контролювати процеси щодо оптимізації дорожньої інфраструктури, контролювати інтенсивність руху автомобільного транспорту в пікові години, що дасть змогу підвищити ефективність перевізного процесу та зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод [1; 2].

1. Імітаційне мікромодельювання транспортного руху. URL: <https://college.udhtu.edu.ua/transportne-planuvannya-ptv-visum-ptv-vissim>. (дата звернення: 22.04.2023).

2. Опис програмного забезпечення PTV. URL: <https://pro-mobility.org/instruction/students-ptv-vissim-visum>. (дата звернення: 22.04.2023).

3. Дмитро Беспалов транспортне мікро та макромодельювання. URL: <https://b-lab.pro/ptv-vissim>. (дата звернення: 22.04.2023).

УДК 629.332

СЕНСОРНИЙ РЕГУЛЬОВАНИЙ ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД З РОЗУМНИМ СВІТЛОФОРОМ

Іван Гевко, Віктор Гудь, Анатолій Матвійшин, Богдан Гевко

*Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя,
вул. Руська, 5б, м. Тернопіль, 46001*

Якість організації дорожнього руху у повній мірі визначає безпеку дорожнього руху, а також ефективність автомобільних перевезень. Це, не в останню чергу, забезпечується регулюванням руху пішоходів та автотранспортних засобів. Відтак використання сенсорних регульованих пішохідних переходів для регулювання руху пішоходів та автотранспортних засобів з врахуванням безпеки та ефективності цього руху має суттєве значення.

Відомо, що сенсорні регульовані пішохідні переходи з розумним світлофором обладнані кнопками перемикання світлофора для вмикання забороняючого світла для руху транспортних засобів по дорожньому полотні при переході пішохода. Їх використання забезпечує можливість безпечного переходу дорожнього полотна пішоходами на ділянках насиченого руху транспортних засобів та низької кількості пішоходів, де існує висока ймовірність аварій і потрапляння пішоходів у ДТП. Головною метою таких регульованих пішохідних переходів з розумним світлофором є захист пішоходів та сприяння максимальній інтенсивності руху та мінімізації простоїв на них автотранспортних засобів. Проте на регульованих пішохідних переходах з розумним світлофором досить часто виникає інша проблема. Як правило кількість пішоходів, бажаючих одночасно скористатись можливістю безпечного переходу дорожнього полотна при натисканні кнопки перемикання світлофора, є незначною, і при перетині ними дорожнього полотна ще тривалий час існує забороняюче світло для руху транспортних засобів по дорожньому полотні у світлофорних тумбах. Це призводить до ряду втрат (негативів) через не виправдане очікування транспортних засобів:

- надлишкові витрати палива автотранспортних засобів при очікуванні;
- непродуктивний час роботи (простій) транспортних засобів, що впливає на ефективність їх використання та зношення;
- непродуктивний час роботи (простій) водіїв, що впливає на ефективність їх використання та витрати з оплати праці;
- додаткове забруднення навколишнього середовища за рахунок викидів шкідливих речовин при згоранні палива при очікуванні.

Тому з метою підвищення безпеки руху пішоходів та мінімізації простою транспортних засобів на регульованих пішохідних переходах [1] нами розроблено сенсорний регульований пішохідний перехід з розумним світлофором, схему якого зображено рис. 1.

Сенсорний регульований пішохідний перехід з розумним світлофором складається із опор світлофора 4 розташованих на пішохідному переході 2 з обох сторін дорожнього полотна 1 зі світлофорними тумбами 3. В опорах світлофора 4 вмонтовано сенсорні датчики фіксації появи на пішохідному переході пішоходів 6, а під світлофорними тумбами 3 на опорах світлофора 4 вмонтовані інформуючі цифрові табло 8, які показують час відведений на подолання пішохідного переходу 2 та кнопки перемикання світлофора 5.

Сенсорний регульований пішохідний перехід з розумним світлофором працює наступним чином. Для подолання пішохідного переходу 2 пішохід 7 натискає кнопку перемикання світлофора 5. Це забезпечує вмикання забороняючого світла для руху транспортних засобів по дорожньому полотні 1 у світлофорних тумбах 3 та вмикання інформуючих цифрових табло 8, на яких відраховується час наданий пішоходу 7 для

подолання пішохідного переходу 2. Після вмикання забороняючого світла для руху транспортних засобів у світлофорних тумбах 3 пішохід 7 переходить дорожнє полотно 1 по пішохідному переході 2. Захід і схід пішохода 7 на пішохідному переході 2 фіксується сенсорними датчиками фіксації появи на пішохідному переході пішоходів 6. В разі завершення руху усіх пішоходів 7 на пішохідному переході 2 та залишенні часу відведеного на подолання пішохідного переходу 2, який відображається у інформаційних цифрових табло 8, сигнал з сенсорних датчиків фіксації появи на пішохідному переході пішоходів 6 подається до світлофорних тумб 3, в яких відбувається перемикання світла на дозволяюче для продовження руху транспортних засобів. При цьому час відведений на подолання пішохідного переходу 2 в інформуючих цифрових табло 8 обнулюється.

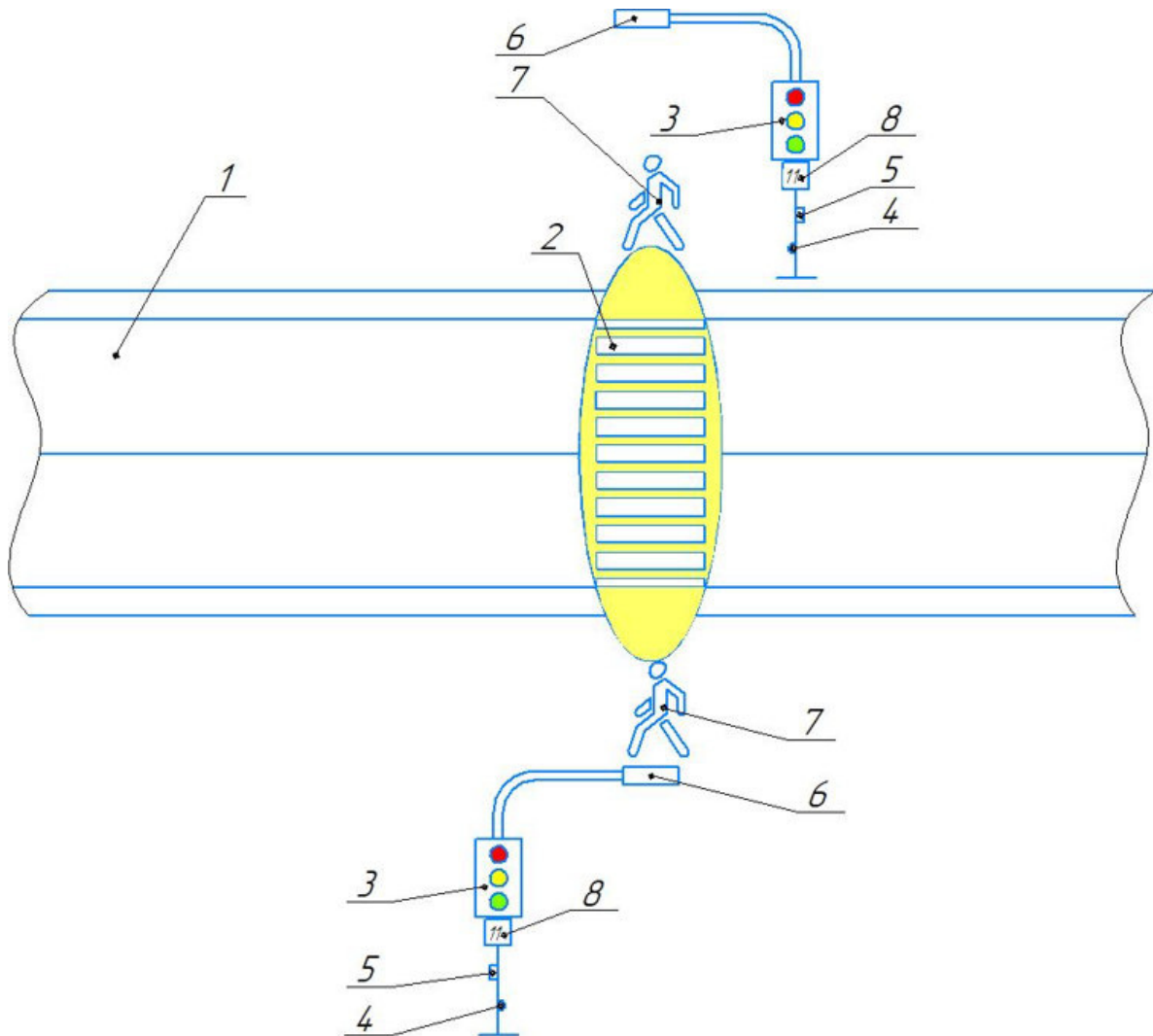


Рис. 1. Сенсорний регульований пішохідний перехід з розумним світлофором

Таким чином, запропонований регульований пішохідний перехід з розумним світлофором дозволить уникати надлишкових витрат палива, непродуктивного часу простою транспортних засобів та їх водіїв, а також додаткового забруднення навколишнього середовища.

1. Гевко І. Б. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : навч. посіб. Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

НОВА КУЛЬТУРА МОБІЛЬНОСТІ ТА ЇЇ ЗМІНИ

Гук Валерій, Запорожцева Олена

*Одеська державна академія будівництва та архітектури,
вул. Дідріхсона, 4, 65029
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61000*

Суспільство, що змінюється, після війни з Російською федерацією, ставить нові завдання для міського і транспортного планування з урахуванням мобільності населення. Мобільність міського населення та розвиток міського простору сильно взаємопов'язані. Сьогодні розуміння мобільності змінилося. Довгий час при плануванні руху (трафіку) у містах України основна увага приділялася можливостям інфраструктури, що залежать від розширення чи розбудови міських просторів та доріг. Але швидке підвищення рівня автомобілізації населення та поточні проблеми, такі, як подальше зниження шуму та викидів CO₂, конгестія, створюють необхідність у вивченні нових сфер діяльності, міського та транспортного планування, яке необхідно враховувати при відбудові поселень після російської агресії. Під впливом комп'ютеризації виник новий стан рухомості «культура мобільності», активність якої проявляється на кількох рівнях: на стратегічному рівні з розвитком комплексного планування концепцій вона має забезпечити якість дизайну; на рівні міського планування та на архітектурному рівнях вона має покращити сам процес планування із залученням різних зацікавлених сторін міста [1; 3].

Мають місце наступні рівні дій для культури мобільності:

1) Комплексне планування концепції. Транспортне планування слід розглядати як невід'ємну частину розвитку міст та містобудування. Вже в процесі просторового планування, містобудування та землекористування, питання транспорту мають бути включені та ретельно розглянуті. Всім мешканцям міських просторів незалежно від їх соціального статусу має бути гарантований високий рівень мобільності.

Мобільність та доступність є пріоритетними особливостями якості життя майбутніх міст. Ідеальне місто – це не умовне поняття, а можливість досягнення високоефективних принципів, які роблять повсякденне життя міста приємним, зрозумілим та зручним.

2) Міська та архітектурна якість планування. Ретельно розроблені та ефективно обслуговувані суспільні простори не просто існують, а є частиною міської культури. Громадські простори, площі та вулиці також несуть у собі і інфраструктурне значення. Як видно за кордоном, багато міст демонструють чудові приклади: автобусні та залізничні станції, автобусні зупинки та автопарковки, що знаходяться на привабливих міських просторах, стають привабливими місцями для прибуття, переїзду та виїзду з міста. Вони є місцями для зустрічей та спілкування, створюючи при цьому особливу ідентичність міської архітектури.

3) Якість процесу планування. Культура будівництва та планування означає більше, ніж просто високоякісний архітектурний вигляд. Це стосується не тільки проектування будівлі або простору, але також включає культуру планування і такого елемента як сама процедура планування: планування та управління розвитком, діалогу та участі громадян, організації змагань між проектами та ідеями.

Активна мобільність. Паралельно інвестиціям у громадський транспорт з'явилося поняття «активна рухливість (мобільність)» [3], під якою розуміється здійснення пересування пішки та їзди на велосипеді або на інших одно та двоколісних електросамокатах. Активна

мобільність, з нашої точки зору, може мати навіть сильніший вплив на майбутній вигляд міст, що відновлюються, ніж громадський транспорт. Крім сприятливого впливу на довкілля міста та регіону, вона дозволяє скористатися низкою переваг: зустрічі у міському просторі, щоденні фізичні вправи, менш напружений психічний стан, ніж при користуванні автомобілем чи громадським транспортом. Активна мобільність змінює уявлення людей про відстань та навколишнє міське середовище у зв'язку з фізичними зусиллями на рух; активна мобільність зміцнить попит городян на локальні центри інтересів, наголосить на необхідності реконструкції міста та модернізації монофункціональних зон на базі малих відстаней та їх перетворення у зв'язку з послугами для повсякденних потреб. Нині поняття рухливості чи мобільності має низку визначень, що наводяться нижче.

Рухливість населення – статистичний показник, який обчислюється як середня кількість переміщень на людину за рік. Транспортна рухливість враховує лише переміщення, що здійснюються транспортом. Загальна рухливість населення включає і піші пересування.

Рухливість населення – міграційна сукупність між поселених і всередині поселених пересування людей (незалежно від тривалості перебування на новому місці), пов'язаних та не пов'язаних зі зміною місць застосування праці; просторова форма соціально-економічних пересувань.

Щоранку на шляхах прямування (тротуарах) виникають потоки людей (пішоходопотоки), що йдуть пішки, на вулицях і дорогах потоки автомобілів (автопотоки), в громадському транспорті пасажирів об'єднуються в пасажиропотоки. Транспортування пасажирів та вантажу та перевезення це різні поняття та їх потрібно розрізняти.

Перевезення – це рух транспортного засобу разом з пасажиром або вантажем в автомобілі, літаку та ін., подача газу трубопроводами). Таким чином, при транспортуванні рухається лише пасажиропотік чи продукція: газ, нафта. До транспортування відносять рух людей на рухомому пішохідному тротуарі, а для вантажів це сплав лісу, рух вантажів на конвеєрі гідравлічним способом.

Критеріями вибору способу перевезення є: сума матеріально-технічних витрат, час перевезення, безпека, надійність, доступність та провізна спроможність транспорту на певній відстані, відомим як дальність поїздки L , км зі встановленою швидкістю сполучення V , км/год.

Показник, що визначає проїзд автомобіля із можливою швидкістю дальність поїздки матиме вигляд $\beta = L \cdot V$ км²/год. [2]. Цей коефіцієнт вказує, що мобільність у місті залежить як від середньої дальності поїздки так і від швидкості руху. Швидкість може змінюватись від рівня вільного руху V_0 близько 100 км/год., 50 км/год., згідно правил дорожнього руху, до 4–2 км/год при стані конгестії і до нуля при заторі. Тому керувати рухом транспорту це керувати швидкістю різними методами, а головне – планувальними, що закладаються в проектах дизайнерами.

Наприклад, знаючи середню тривалість руху автомобіля, чи дальність поїздки, та середню швидкість руху автомобілів по магістралі певного класу (швидкісній, неперервній, регульованій), можна легко оцінити якість дорожнього руху. Так, для швидкісної дороги $\beta=1000-1500$ км²/год; для магістралі з безперервним рухом $\beta=800-1200$ км²/год; для магістралі з регульованим рухом $\beta=300-600$ км²/год; із жорстким регулюванням $\beta=60-120$ км²/год.

В загалі стан мобільності визначається зовнішньою працездатністю вулично-дорожньої системи (в фізиці – ексергією) E , авт. км/год, як суми дорожнього і транспортного потенціалів. Ексергія залежить від щільності потоку Q , авт./км і хвиль розповсюдження щільності. Тому мобільність на вулицях і шляхах також, як зворотна хвиля, залежить від щільності транспортного потоку $\beta(Q)/Q = dE/dQ = L_{cp} \cdot V_0(1 - V/V_0)(1 - 2Q/Q_m)$.

Пропускна спроможність має місце при швидкості 50 км/год. і щільності в 50 авт/км. Далі наступає конгестія, а при 100 авто на км – затор. Щоб уникнути станів конгестії та затору необхідно визначити яка кількість смуг потрібна на шляхах і магістралях міста. Зараз мікрорайон має площу в 1 км² і відокремлений магістралями в 4 км по довжині, ширина яких залежить від кількості населення і автомобілізації. В ДБН рекомендовано розселяти

160 мешканців на гектарі де буде мешкати 16 тис. осіб та 4800 автомобілів. Якщо всі 4800 авто в годину «пік» виїдуть на магістральну мережу навколо мікрорайону для поїздок за своїми цілями, то їм буде потрібно для розміщення $4800 \times 20 = 96000$ м або 96 км або 48 км двохсмугової проїзної частини, де 20 метрів, простір на один автомобіль при пропускній спроможності однієї смуги руху (навколо мікрорайону тільки 4 км). Тому потрібно збільшувати смуговість. Додамо ще по смузі $48/2 = 24$ км; смуг недостатньо і тільки по 12 смуг $48/12 = 4$ км. Звичайно, всі автовласники відразу не виїжджають, ну, хоча б половина (з прилеглих мікрорайонів також буде виїжджати частина автомобілістів).

Виникає питання в пропускній спроможності смуги руху на рівні максимальної інтенсивності N_m , яку визначимо за формулою [2] $N_m = 0,25 \cdot V_o \cdot Q_m$, де V_o – швидкість вільного або дозволеного правилами руху 50 км/год, а Q_m – максимальна щільність при заторі авт/км. При дозволений в містах швидкості $V_o = 50$ км/год пропускна спроможність складає 1250 авт/год. Але це все при безперервному режимі руху, коли всі перетини в різних рівнях. Будувати через кожен кілометр перетин в різних рівнях дорожувато і довго, тому розглянемо пропускну спроможність при регульованому русі. Для цього прийемо, що всі чотири перехрестя мають однакові цикли по 60 с, де для руху одного напрямку відводиться 28 с, за які при інтервалі в 1,8 с може проїхати 15 авт/хв по одній смузі або $15 \times 60 = 900$ авт/год. Отже, для проїзду 4800 авто буде потрібно $4800 : 900 = 5,7$ або близько 6 смуг руху в двох напрямках. Введення смуг для громадського транспорту, облік зменшення зеленого сигналу для виділення лівих поворотів і пішохідних переходів потребують 5 смуг в одному напрямку, 44 м, до яких необхідно додати крайові смуги, велодоріжки, захисні зелені смуги для дерев, місцеві проїзди і пішохідні тротуари.

1. Энгель Барабара. Культура мобильности – направление в развитии городского транспортного планирования. *Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния*. Екатеринбург : Изд-во АМБ, 2015. С. 96–102.

2. Гук В. І., Шкодовський Ю. М. Транспортні потоки : теорія та їх застосування в урбаністиці : монографія. Х. : Золоті сторінки, 2009. 232 с.

3. Руководство по устойчивой городской мобильности и территориальному планированию – содействие активной мобильности. СЕК ООН. Женева, 2020. 222 с.

УДК 656.13

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВІД АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В МІСТІ РІВНЕ

Василь Косюк

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

Екологічні проблеми, що виникають в місті Рівне у зв'язку з функціонуванням автомобільного транспорту з часом поглиблюються і в процесі автомобілізації стають все гострішими. Основний споживач палива в місті – автомобільний транспорт. В Рівному переважають автомобілі з бензиновими двигунами. Співвідношення кількості автомобілів за типами двигунів представлені на рис. 1.

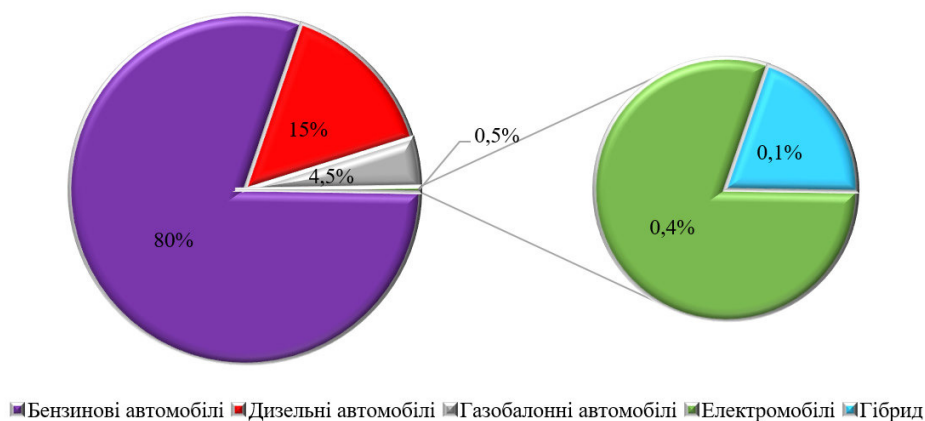


Рис. 1. Співвідношення кількості автомобілів за типами двигунів у %

Автомобільний транспорт у процесі своєї діяльності щомиті викидає в атмосферу оксид вуглецю (CO), діоксид вуглецю (CO₂), оксиди азоту (NO_x), двоокис сірки (SO₂), озон, бензол, а також дрібнодисперсійні тверді частинки. Транспорт, що включає крім автомобільного, авіаційного, залізничний та водний, є одним з найбільших постачальників викидів діоксиду вуглецю (CO₂) в атмосферу. Дані речовини здатні спричинити кислотні дощі і самі по собі є отруйними: ці речовини подразнюють слизові оболонки людини, провокують астму та респіраторні алергічні реакції. Діоксид азоту впливає переважно на дихальні шляхи і легені, а також змінює склад крові, зокрема зменшує вміст у крові гемоглобіну. Вплив діоксиду азоту на організм людини знижує її опірність до захворювань, призводить до кисневого голодування тканин, особливо у дітей, підсилює дію канцерогенних речовин, сприяючи виникненню злоякісних новоутворень [1; 2].

Протягом останніх десятиліть екологи також звернули увагу на негативний вплив шуму на організм людини. Відповідно до проведених досліджень, 60–80% шумів, що супроводжують людину в житловій забудові, створюють транспортні потоки. Транспортний шум є одним з найбільш небезпечних параметричних забруднень навколишнього середовища. Шум може викликати роздратування і агресію, артеріальну гіпертензію (підвищення артеріального тиску), тиннітус (шум у вухах), втрату слуху. При надмірному рівні шум впливає на орган слуху, центральну нервову систему і серцевосудинну систему. За даними лабораторних досліджень, зміни в нервовій системі в 2/3 випадків починаються до того, як почнеться зниження слуху (кохлеарний неврит). Шум впливає на обмін речовин, пригнічує окислювальні процеси, сприяє розвитку гіпертонічної хвороби [3; 4].

Коефіцієнт корисної дії бензинових двигунів внутрішнього згоряння низький 27–28%. Тому для підвищення октанового числа до бензину в Україні додають сполуки свинцю.

Етильований бензин ще й досі переважає, а раніше його частка досягала 70%. Свинець у бензині не лише забруднює довкілля, а й знижує функцію каталізаторів, що їх застосовують для знешкодження токсичних продуктів згоряння палива у двигунах автомобіля. Через це країни з високим рівнем автомобілізації реалізують програми, спрямовані на виведення з експлуатації автомобілів з антидетонаторами, що містять свинець. Використання такого бензину заборонене у США, Канаді, Японії, Австралії. Етильований бензин виходить з ужитку і в країнах Західної Європи [4; 5].

Використання природного газу як палива дещо зменшує вміст токсичних компонентів у продуктах згоряння. У багатьох країнах проводились експерименти використання альтернативних видів палива: водню (проте, його виробництво є надзвичайно енергомістким), вугільних суспензій, аміаку, олії, гідразину та ін., але в Україні немає бази для їх впровадження.

Найбільшим забруднювачем довкілля в Рівному є автомобільний транспорт в окремих частинах міста його частка у загальному забрудненні перевищує 50%. Сучасний автомобіль викидає понад 200 токсичних речовин, серед них окисли вуглецю, сірки, азоту, свинець і його сполуки, бензапірен тощо. На автомобільний транспорт припадає 55% викидів вуглеводневих сполук, 47% оксиду вуглецю, 98,6% оксидів азоту від загальної кількості цих речовин, що надходять в атмосферу міста. Концентрація токсичних речовин значною мірою залежить від технічного стану автомобіля, швидкості його руху і строку експлуатації.

Саме тому з точки зору негативного впливу на екологію міста Рівне автомобільний транспорт лідирує в аспектах забруднення міста викидами CO₂ є однією з причин підвищеної захворюваності населення. Особливо небезпечним є канцероген бензопірен; кількість його у викидах автомобіля настільки значна, що середньодобова концентрація на великих магістралях приблизно дорівнює 3 мкг/100 м³, а це означає, що в середньому міський житель вдихає протягом дня 0,6 мкг бензопірену що несе руйнівні наслідки для здоров'я населення особливо це стосується малих дітей. Оскільки діти вразливіші до викидів CO₂ через особливості свого малого росту. Саме тому відсоток вдихання цих речовин в дітей набагато більший ніж в дорослого населення через це спостерігається загальна негативна тенденція по різним видам захворювання в дітей, що часто пов'язують з погіршенням екологічного фону в місті [4; 5].

Отже для розв'язання екологічних проблем через вплив автомобільного транспорту необхідний системний та комплексний план, який буде ґрунтуватись, на пріоритетних цілях контролю факторів впливу автотранспортної системи на стан екосистеми міста Рівне.

1. Буралев О. В. Безпека життєдіяльності на транспорті. Академія, 2012.
2. Вплив транспорту на екологію міста. Аналіз та стратегії для України. URL: https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/transport-ukr4_small.pdf (дата звернення: 22.04.2023).
3. Бистров А. С. Тимчасова типова методика визначення економічної ефективності здійснення природоохоронних заходів і оцінки економічного збитку, що завдається народному господарству забрудненням навколишнього середовища. Економіка, 1996.
4. ДСТУ EN 1679-1:2018. Двигуни внутрішнього згоряння поршневі. Безпека. Частина 1. Дизельні двигуни. Київ : Видавництво стандартів, 2018.
5. ДСТУ 4276:2004. Норми і методи вимірювань димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями. Київ : Видавництво стандартів, 2004.

УДК 656.13.08

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ АВАРІЙНОСТІ НА КОНФЛІКТНИХ ОБ'ЄКТАХ

Євген Тхорук

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

Проблема аварійності є однією з найбільш значних на автомобільному транспорті. Згідно із статистичними даними саме дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) займають перше місце за кількістю загиблих і травмованих. Важливою складовою всієї роботи з організації та забезпечення безпеки дорожнього руху є аналіз даних про ДТП, а також методи, які використовуються для прогнозування аварійності.

Протягом 2022 року на підконтрольних Україні територіях сталося 18 628 ДТП із постраждалими, в яких загинула 2791 особа та 23 145 осіб отримали травми. При цьому найпоширенішою ДТП за минулий рік стало зіткнення транспортних засобів (39,7%).

Аварійність переважно залежить від чотирьох груп факторів – людина, автомобіль, дорога, організація дорожнього руху. Боротьба з аварійністю має вестися з усіх цих напрямів з використанням найрізноманітніших методів та засобів. І тут особливу значимість набуває прогнозування аварійності, що дозволяє приймати оптимальні рішення.

На жаль, існуючі сьогодні методи прогнозування аварійності відрізняються невисокою точністю прогнозу, що стримує їх застосування та знижує ефективність боротьби з аварійністю.

Існують чотири основні групи методів прогнозування аварійності: статистична, конфліктних ситуацій, потенційної небезпеки та експертна [1; 2; 3; 4; 6].

Статистична група методів використовує накопичений досвід впливу різних заходів на аварійність, дає прогноз на основі статистики аварійності за минулий період і обов'язково вимагає наявності реального об'єкта. Ці методи застосовуються в основному для попередньої оцінки ефективності тих чи інших заходів, що впроваджуються на реальних об'єктах вулично-дорожньої мережі.

Група методів конфліктних ситуацій використовує переведення вимірюваного числа конфліктних (тобто дуже небезпечних, видимих) ситуацій у ймовірну кількість аварій і зазвичай вимагає наявності реального об'єкта, на якому проводять вимірювання. Методи дають змогу швидко, протягом кількох годин спостережень виявити наявні недоліки, що призводять до аварій, і розробити відповідні заходи щодо їх усунення.

Візуальний метод конфліктних ситуацій використовує інформацію спостереження (безпосередньо фахівцем або з використанням відеоапаратури) за конфліктною взаємодією транспортних і пішохідних потоків і виявленням конфліктних ситуацій.

Параметричний метод ґрунтується на віднесенні до певного ступеня тяжкості тієї чи іншої конфліктної ситуації залежно від критичних сповільнень (прискорень) автомобілів під час конфліктної взаємодії.

Імітаційний метод конфліктних ситуацій базується на математичному моделюванні конфліктної взаємодії транспортно-пішохідних потоків на об'єкті.

Група методів потенційної небезпеки не вимагає ні реального об'єкта, ні статистики аварійності, а дає прогноз за сукупністю факторів, що впливають на аварійність, які можна або виміряти на реальному об'єкті, або задати в будь-якій комбінації під час проектування. Тому її можна використовувати для оптимізації рішень як на реальному об'єкті, так і на стадії розробки або проектування.

Потенційна небезпека – це невидима, прихована небезпека, яка є деякою складною

функцією багатьох чинників і множини їх комбінацій – інтенсивність, швидкість, регулювання, умови руху тощо.

Існують чотири методи в групі потенційної небезпеки – метод лінійних графіків, метод конфліктних точок, метод конфліктних зон і метод зон дилеми.

Метод лінійних графіків придатний для прогнозування аварійності на замських дорогах і реалізований у вигляді двох модифікацій [2; 5].

Метод зон дилеми призначений для прогнозування зіткнень з ударом ззаду і ґрунтується на визначенні параметрів, так званої зони дилеми, в якій водії можуть з рівною ймовірністю ухвалювати два взаємовиключні рішення – або продовжити рух, або зупинитися.

Метод конфліктних точок полягає в підрахунку потенційної небезпеки в кожній конфліктній точці з подальшим сумуванням їх у межах перехрестя [6]. Метод застосовується для прогнозування аварійності на конфліктних об'єктах - перехрестях, пішохідних переходах тощо.

Метод конфліктних зон у модель визначення потенційної небезпеки за конфліктними точками передбачає введення значної кількості чинників.

Конфліктна зона являє собою групу компактно розташованих конфліктних точок, які взаємодіють між собою, межі яких перетинаються. Конфліктні зони різні для кожного режиму руху і можуть бути утворені як окремою конфліктною точкою, межі якої визначаються розмірами конфліктуючих учасників, так і компактною групою конфліктних точок, а в окремих випадках – усіма конфліктними точками, що належать до перехрестя.

Розрізняють конфліктні точки злиття, перетину траєкторій руху і відхилення [1; 3; 6]. На графіках конфліктні точки зображуються у вигляді безрозмірних точок перетину осей траєкторій руху учасників конфлікту. Насправді ж «конфліктна точка» має свої межі і займає деяку площу на проїжджій частині, що визначається розмірами конфліктуючих транспортних засобів та відхиленням траєкторії їх руху від ідеальної (по центру займаної смуги). На рисунку показана схема утворення конфліктних точок, їх межі та займана ними площа на проїжджій частині.

При прогнозуванні необхідно розглядати конфліктні зони для різних режимів руху. На перехресті з двофазним циклом регулювання таких режимів три: нерегульований, внутрішньофазний і міжфазний. Оскільки всі три режими конфліктного руху істотно відрізняються один від одного за кількістю конфліктних точок, кількістю і характеристиками конфліктних зон, тривалістю, швидкістю руху, транспортним навантаженням тощо, необхідно визначати потенційну небезпеку окремо для кожного режиму конфліктного руху.

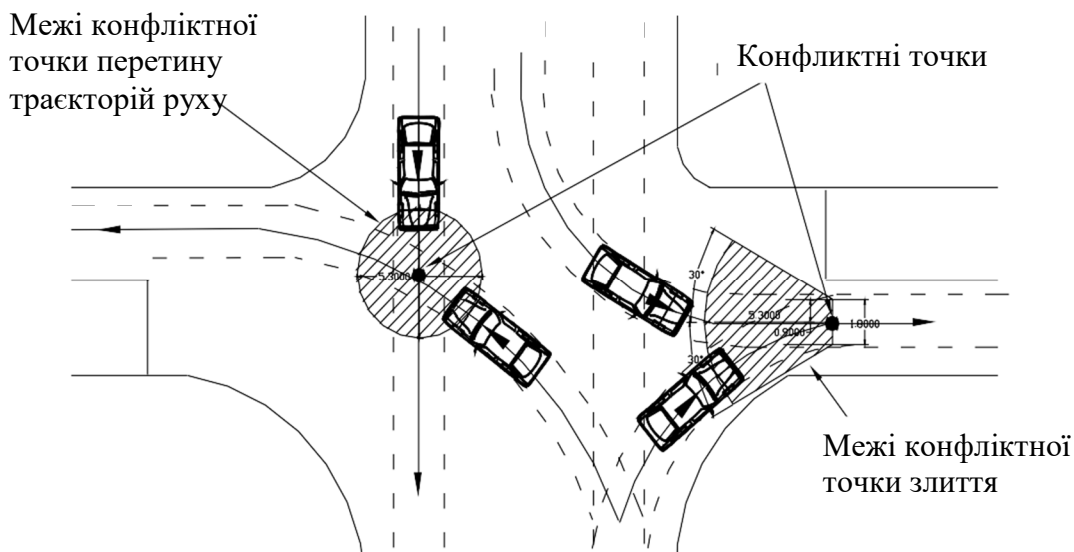


Рисунок. Межі конфліктної точки

Оскільки оцінка водієм небезпеки, хоч би якою суб'єктивною вона не була, є реальною, цілком об'єктивною дією, результатом якої є прийняття і реалізація відповідного рішення.

Можна припустити, що чим більше в конфліктній зоні конфліктних точок, тим менша вагомість кожної конфліктної точки. Якщо ж водій долає кілька абсолютно незалежних конфліктних зон або окремих конфліктних точок, то в кожній із них він має оцінювати найбільшу небезпеку й ухвалювати відповідні рішення. Ця обставина має відповідним чином відображатися під час сумування потенційної небезпеки конфліктних точок у межах конфліктної зони. При цьому необхідно ранжувати конфліктні зони в межах перехрестя, оскільки «малі» конфліктні зони долаються водієм значно простіше:

$$P'_{oz} = P_{oz} \cdot e^{-\beta} \leq P_{oz}, \quad 1, \quad (1)$$

$$\beta = \frac{P_o^m - P_o}{P_o^m (S - 5K_{nn})}, \quad 0 \leq \beta \leq 1, \quad (2)$$

де P'_{oz} – розрахункове значення потенційної небезпеки в досліджуваній (другорядній) конфліктній зоні; P_{oz} – початкове значення потенційної небезпеки в досліджуваній конфліктній зоні; P_o^m – максимальне значення потенційної небезпеки у конфліктній точці «головної» конфліктної зони; P_o – максимальне значення потенційної небезпеки в конфліктній точці досліджуваної конфліктної зони; S – відстань між найближчими конфліктними точками досліджуваної та «головної» конфліктної зон; β – поріг чутливості; K_{nn} – динамічний коефіцієнт аварій.

Експертна група методів базується на використанні досвіду висококваліфікованих фахівців (експертів) із прогнозування. Це люди, які через накопичений досвід або природні дані можуть передбачити аварійність на об'єктах. Слід зазначити, що прогнозування аварійності експертами – справа надзвичайно складна, «тонка» і досить приблизна.

Таким чином, одним із найперспективніших для прогнозування аварійності на конфліктних об'єктах є метод конфліктних зон, що входить до групи методів потенційної небезпеки, та дає змогу здійснювати прогноз як на існуючих об'єктах, так і на об'єктах, що проєктуються. Цей метод має високу точність прогнозу, оскільки враховує велику кількість чинників і дає змогу прогнозувати не тільки кількість аварій, а й тяжкість їхніх наслідків.

1. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах : монографія / Є. Ю. Формальчик, І. А. Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич ; за заг. ред. Є. Ю. Формальчика. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 236 с.

2. Кужель В. П., Кашканов А. А., Кашканов В. А. Методика зменшення невизначеності в задачах автотехнічної експертизи ДТП при ідентифікації дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2010. 200 с.

3. Taber J. T. Multi-objective optimization of intersection and roadway access design. *Principal Investigator. Utah Transportation Center*. Utah : State University, 1998. P. 8–12.

4. Comparison of conceptual graphs for modeling knowledge of multiple experts : rapport de recherche / Institut national de recherche en informatique et en automatique; R. Dieng. 1997. 88 p. № 3161.

5. Elvik R. Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects. *Accident Analysis & Prevention*. Vol. 33. P. 327–336.

6. Rappoport H. A. Die Ausbildung plangeicher Knotenpunkte im Landstrassennet. *Strassen und Tiefbau*. 1955. № 8. S. 499–510.

УДК 331.56;656.13

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ В ТРАНСПОРТНОМУ ПРОЦЕСІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Сергій Чеберячко, Олег Дерюгін, Яна Літвінова

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
пр. Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005*

З поширенням індустріалізації у світі зростає відповідальність роботодавців за безпеку праці. Це призвело до необхідності запровадження різноманітних правових актів як на міжнародному [1], так і на національному рівнях, щодо гігієни праці та безпеки на виробництві. Зокрема на міжнародному рівні прийнято конвенцію Міжнародної організації праці (МОП) і Європейського Союзу (ЄС) 89/391/ЄЕС «Рамкова директива про охорону здоров'я та безпеки праці», а на національному рівні – відповідне законодавство про охорону праці [2; 3; 4; 5], основою якого є оцінка професійного ризику (далі – ПР). Рахується, що її запровадження, дозволяє значно підвищити рівень безпеки праці, за рахунок усунення виробничих небезпек, які впливають на працівників під час виконання професійної діяльності. Відповідна, якісна оцінка ПР є дуже важливим етапом системи управління безпекою праці та здоров'ям працівників.

Процедура оцінки ПР згідно ISO 31000:2018, ISO 39001:2012, ISO 45001:2018 складається з декількох основних кроків: ідентифікації небезпек і небезпечних чинників (далі – НЧ), визначення рівня шкоди і вірогідності настання небезпечної події, встановлення причинно-наслідкових зв'язків між небезпекою, НЧ і небезпечною подією з одного боку та небезпечною подією і наслідками з іншого. Далі проводиться безпосередньо оцінювання величини ПР, що є основою для обґрунтування захисних і запобіжних заходів. Останній крок – це перевірка й проведення оцінки ПР. Неврахування будь-якої небезпеки чи НЧ може призвести до катастрофічних наслідків, тому в кожному конкретному випадку виникає необхідність в обробці доволі значних об'ємів інформації: роботи з листами непрацездатності, дослідження матеріалів нещасних випадків, результатів санітарно-гігієнічних, ергономічних аналізів робочого місця, карт умов праці, результатів спостереження за виконанням виробничих операцій, анкетування, опитування працівників, щоб з'ясувати не тільки наявність самих небезпек, а й причин – НЧ, які мають вплив на зростання вірогідності настання і тяжкості інцидентів, аварійних ситуацій, дорожньо-транспортних пригод (далі – ДТП), нещасних випадків чи надзвичайних ситуацій. Також, можна зазначити, що на цей процес доволі сильно впливає суб'єктивна думка фахового експерта. Когорта різних когнітивних упереджень (завелика кількість інформації, помилки планування, упередження оптимізму, фундаментальні помилки атрибуції та інші) доволі часто призводить до невірних оціночних рішень, розрахунків величини ПР [6; 7] – нехтування очевидними фактами. Тому дослідження, які направлені на вдосконалення даної процедури, а саме зменшення впливу суб'єктивності суджень при розрахунку ПР є досить актуальною задачею [8].

Метою дослідження є удосконалення процесу ідентифікації небезпечних чинників, які збільшують вірогідність настання небезпечної події і тяжкість її наслідків з метою зменшення суб'єктивності суджень під час проведення процедури керування професійними ризиками при здійсненні вантажних автомобільних перевезень. Для зазначеної вище процедури передбачається застосування методу fuzzy Dematel, який базується на парних інструментах порівняння та прийняття рішень на основі теорії графів [9], що дозволить провести перетворення причинно-наслідкових зв'язків у структурно-візуальні моделі та разом з перевіркою оцінок експертів на викиди, згідно критерію Граббса, ідентифікувати й зрозуміти

найактуальніші взаємозалежності між різними НЧ, які спричиняють шкоду людині.

Метод **fuzzy Dematel** перевершує інші багатокритеріальні методики прийняття управлінських рішень, таких як методи «Interpretive structural modeling» (ISM) і «Analytic Hierarchy Process» (АНР), оскільки він дозволяє ефективно оцінити загальний ступінь впливу різних чинників або проблем, виділити причинно-наслідкові групи і встановити причинно-наслідкові зв'язки [10]. Застосування нечіткостей в методі fuzzy Dematel дозволяє використовувати неточну інформацію, яка типова для звичайних людських суджень. Метод включає 4 основні етапи [11].

Формування даних для аналізу. Для виявлення областей, у яких можливо вдосконалення процесу, необхідно зібрати дані, які стосуються досвіду проблеми, що розглядається, щоб можна було застосувати різні кількісні та якісні операції для уточнення деталей.

Ідентифікація отриманих даних. Інформація, зібрана на першому етапі, важлива для виявлення потенційних проблем, які перешкоджають нормальному функціонуванню технологічного (транспортного) процесу, що розглядається. Виходячи з характеру отриманої інформації, проводиться кількісний та якісний аналіз даних. Можливе також перетворення якісних (логічних висловлювань) даних у кількісні та навпаки.

Аналіз взаємозв'язків. Число проблем, виділених на цьому кроці, може змінюватись в діапазоні від декількох одиниць до дуже великих значень. Вважається, що жодна із проблем не існує сама по собі, поза зв'язком з іншими. Інакше висловлюючись, кожна проблема може проводити чи залежати від інших проблем. Отже, важливо проаналізувати взаємозв'язки між проблемами.

Інтерпретація отриманих результатів. На цьому етапі виконується інтерпретація результатів аналізу, проведеного на етапі аналізу взаємозв'язків.

Наведені чотири етапи можна розбити на декілька послідовних кроків проведення дослідження, які дозволять отримати відповідний результат з аналізу впливу тих чи інших НЧ на ефективність функціонування технологічного (транспортного) процесу.

На першому кроці проводиться формування групи експертів-фахівців відповідної галузі, які мають теоретичний і практичний досвід у відповідній сфері діяльності з метою ідентифікації НЧ, пов'язаних з професійною діяльністю водія та їх наслідків. Для проведення даної процедури було підібрано п'ять експертів.

На другому кроці проводиться визначення критеріїв оцінювання і розробка нечіткої лінгвістичної шкали для проведення експертного оцінювання. На цьому етапі визначаються різні критерії та ступені відносної значимості кожної проблеми, а також їх представлення у лінгвістичних класифікаційних термінах: *дуже високий вплив, високий вплив, низький вплив, дуже низький вплив і ніякого впливу*. Відповіді експертів, перетворюються на нечіткі числа з використанням розмитої шкали (табл. 1). Використовується трикутне нечітке число \tilde{z} , яке визначається наступним чином: $\tilde{z} = (l, m, u)$, де l, m і u дійсні числа та $l \leq m \leq u$.

Таблиця 1

Словесні фрази та відповідні нечіткі числа [11]

Остаточний еквівалент	Опис	Нечіткий еквівалент		
Дуже високий вплив	ДВ	0,75	1	1
Високий вплив	В	0,5	0,75	1
Низький вплив	Н	0,25	0,5	0,75
Дуже низький вплив	ДН	0	0,25	0,5
Ніякого впливу	НВ	0	0	0,25

Третій крок передбачає побудову нечіткої нормалізованої матриці прямого зв'язку на підставі результатів експертних суджень проблеми, що розглядається.

На четвертому кроці проводимо аналіз нормалізованої нечіткої матриці прямих зв'язків.

П'ятий крок полягає в розрахунку загальної нечіткої матриці зв'язків.

Шостий крок полягає в розрахунку загальної матриці зв'язків. Також обчислюються

вектори значущості та відносного становища.

На сьомому кроці всі нечіткі числа перетворюються на точні значення.

За результатами розрахунку, який проведено на 7 кроку, будується причино-наслідкова діаграма. Її особливістю є визначення причинних і наслідкових небезпечних чинників. У результаті $r + c$ вказує на важливість критерію i в системі, $r - c$ показує дію критерію i в системі. Якщо $r - c$ додатне, дія критерію i належить до групи причин, а якщо $r - c$ негативне, ефект критерію належить до групи «залежних», що дозволяє встановити найвагоміші (причинні), за якими проводиться визначення ризиків при виконанні ВАП.

Для оцінки ризиків при здійсненні ВАП, можна скористатися моделлю «Краватка-Метелик» [12], яка є найбільш розповсюдженою, оскільки дозволяє чітко встановлювати, візуалізуючи, причино-наслідкові зв'язки. При чому, саме за її допомогою, можна доволі просто показати дію НЧ, які збільшують вірогідність настання небезпечної події (рис. 1).



Рис. 1. Модель керування ПР при наявності НЧ зовнішнього та внутрішнього середовища організації

Так, аналіз різноманітних літературних джерел [13] та вивчення найчастіших причин ДТП, дозволили встановити основні небезпеки, які призводять до ДТП та представляють собою будь-яке джерело з можливістю заподіяння травми і погіршення стану здоров'я водія. Враховуючи, що на настання небезпечної події значно впливають різні НЧ, які підвищують вірогідність її виникнення і тяжкість наслідків, виникає необхідність у побудові відповідного реєстру, в якому було б враховано принаймні декілька різних груп НЧ: людський, організаційний, соціальний, технічний, кліматичний, ергономічний. В кожній з груп, що наведені (табл. 2), розглядаються конкретні НЧ, які притаманні тій чи іншій організації.

Як вже зазначалось, необхідною умовою успішної оцінки ПР є виявлення всіх потенційних небезпек і їх НЧ, що є основою першого кроку в оцінці ПР – ідентифікації небезпек. До основної складності застосування згаданого процесу відносять – обробку значної кількості інформації, тобто визначення впливу того чи іншого чинника на основі встановлення причинно-наслідкових зв'язків, що проводимо за допомогою методу DEMATEL, алгоритм дій за яким описано вище. Група експертів окремо один від одного, проводила попарні порівняння з визначених НЧ (табл. 2) та заповнювала відповідну матрицю-діаграму за задалегідь встановленими критеріями (табл. 1).

Розміри матриці-діаграми визначаються кількістю НЧ, які впливають на діяльність водіїв при виконанні ВАП. В даному випадку, була запропонована відповідна кількість (тридцять) НЧ при здійсненні ВАП. Хоча цей перелік далеко не повний. Кожен експерт аналізує причинно-наслідковий зв'язок між парою НЧ. При цьому зв'язок може бути відсутнім, слабким чи сильним, що кодується відповідними символами. Суб'єктивність суджень експертів, на даному етапі, зменшується під час осереднення їх результатів після проведення кроків 4, 5, коли будується загальна матриця зв'язків визначених НЧ.

Таблиця 2

Приклад реєстру НЧ – вантажний автомобіль, що рухається (при здійсненні ВАП)

№ з/п	Група небезпечних чинників	Позначення чинника	Небезпечний чинник (НЧ)
1.	Людський	A ₁	Відволікання під час водіння – текстові повідомлення або розмова по мобільному телефону
		A ₂	Брак навичок розуміння системи та навичок прийняття безпечних рішень
		A ₃	Агресивна поведінка під час водіння вантажного автомобіля
		A ₄	Негативний фізичний і психофізіологічний стан здоров'я водія
		A ₅	Відсутність регулярного та періодичного навчання з підвищення навичок професійної майстерності
2.	Технічний	A ₆	Невідповідність вантажного автомобіля фізико-хімічним властивостям вантажу, що перевозиться
		A ₇	Невідповідність вантажопідйомності транспортного засобу кількості вантажу, що перевозиться
		A ₈	Експлуатація технічно несправного вантажного автомобіля та обладнання
		A ₉	Неякісні запчастини та несвоєчасна установка і заміна агрегатів та вузлів згідно умовам ТО і Р
		A ₁₀	Експлуатація обладнання після завершення строку експлуатації
		A ₁₁	Невчасна заміна гідравлічної арматури під час проведення ТО і Р
		A ₁₂	Недбалість дотримання технічного стану систем пасивної безпеки вантажного автомобіля (подушки безпеки, пасики безпеки, поглинаючі удар бампери та інше)
		A ₁₃	Відсутність відповідного оснащення вантажного автомобіля для виконання ВАП
3.	Організаційний	A ₁₄	Відсутність якісного нагляду та перевірки технічного стану вантажного автомобіля
		A ₁₅	Відсутність аварійного обладнання (вогнегасник та інше), аптечки долікарської допомоги
		A ₁₆	Перевищення нормативу робочого часу керування вантажним автомобілем (втомі водія)
		A ₁₇	Перевантаження автомобіля при виконанні ВАП
		A ₁₈	Забруднена кабіна, наявність сторонніх предметів на місці водія
4.	Операційний	A ₁₉	Відсутність регулярної діагностики і відповідного ТО
		A ₂₀	Невідповідність тиску шин дорожнім умовам
		A ₂₁	Невідрегульовані електронні системи допомоги водієві при керуванні вантажним автомобілем
		A ₂₂	Відсутність належного передрейсового медичного контролю стану здоров'я водія
		A ₂₃	Туман, дощ, сніг/нічна пора доби – погана видимість дороги водієм
5.	Соціальний	A ₂₄	Відсутність фінансової підтримки під час скрутного становища
		A ₂₅	Низька заробітна платня
		A ₂₆	Відсутність грошових доплат за складність виконання професійних функцій
		A ₂₇	Понаднормовий графік роботи
6.	Ергономічний	A ₂₈	Відсутність можливості зручного регулювання керма
		A ₂₉	Відсутність достатньої оглядовості на робочому місці
		A ₃₀	Відсутність відповідної системи кондиціонування/опалення

В даному випадку судження експертів, як правило, базується на підході контролю ПР. Далі проводиться опрацювання результатів перетворення, що дозволяє отримати пріоритезацію НЧ (табл. 2) та провести детальний аналіз з визначення їх впливу на небезпечну подію. Так, у наведеному прикладі найбільший показник $(r + c)$ зафіксовано у НЧ під номером А₂, А₃, А₄, А₁₁, А₁₂, А₁₄, А₁₅, А₁₆, А₁₅, А₁₇, А₁₈, А₂₀, А₂₁, А₂₂, А₂₃, А₂₅, А₂₆, А₂₇, А₂₈, А₂₉, А₃₀ при цьому до уваги приймалися тільки ті небезпечні чинники, в яких різниця $(r - c)$ мала позитивні значення. Виходячи з досліджень [15] визначенні причинні чинники можна поділити на вирішальні, тобто ті, що впливають на вірогідність настання небезпечної події й другорядні – які мають не такий сильний вплив. Для цього скористались умовою, що рівень впливу, який розраховується як $r - c$ повинен бути більшим за середнє значення S_{cp} матриці загального впливу $\tilde{N}_k = (l_k, m_k, u_k)$; $k = 1, 2, \dots, n$. В основі цього лежить поєднання критеріїв r і c в єдину матрицю шляхом перетворення «позитивного» показника значення кожного чиннику в «позитивний». Додатково представлений альтернативний підхід для визначення суттєвих небезпечних чинників. Так причинні небезпечні чинники визначаємо за виконанням умови $r_i / c_i > 1$ або $(r_i - c_i) > 0$. Наступним кроком є встановлення суттєвості причинного небезпечного чинника. Для цього пропонуємо визначити діапазон для показника рівня впливу $(r_i - c_i)$ з принципу «As low as reasonably practicable» (ALARP), тобто залишковий рівень ризику має бути зменшений настільки, наскільки це практично можливо. В даному випадку, передбачено наступну умову: $\max(r - c) \geq (r_i - c_i) > 0,2 \max(r - c)$, тобто величина рівня впливу обмежується 80% усіх випадків. В результаті проведених обрахунків заданій умові задовольняють тільки 11 небезпечних чинників А₂, А₃, А₁₂, А₁₄, А₁₅, А₁₆, А₁₇, А₁₈, А₂₂, А₂₃, А₂₇. Процес ідентифікації НЧ передбачає визначення причини та джерел ризику, а також події та ситуації, які можуть мати загальні результати щодо цілей і характеру ПР. В сукупності – це є фундаментом для проведення обґрунтування дієвих запобіжних і захисних заходів. В даному прикладі виявлено шість основних НЧ, які мають найбільший вплив на вірогідність настання інциденту, а також шість НЧ, які впливають на важкість наслідків, що дозволяє в подальшому ретельніше провести дослідження саме цих чинників на величину ризику.

Таблиця 3

Пріоритезація НЧ на основі ступеня важливості $(r + c)$ та рівня впливу $(r - c)$

НЧ	Розрахункові дані		Ступінь важливості $r + c$	Рівень впливу $r - c$	Визначення типу НЧ	Визначення суттєвості впливу причинного НЧ	Визначення НЧ, який використовується у розрахунках ризику (якщо причинний і суттєвий)
	r	c					
1	2	3	4	5	6	7	8
А ₁	28,44	28,73	57,17	-0,29	наслідковий	не враховується	не використовується
А ₂	32,53	28,28	60,11	3,65	причинний	суттєвий	використовується
А ₃	31,36	28,24	59,1	3,12	причинний	суттєвий	використовується
А ₄	26,69	29,24	55,93	-2,55	наслідковий	не враховується	не використовується
А ₅	28,02	28,39	56,41	-0,37	наслідковий	не враховується	не використовується
А ₆	28,02	29,79	57,81	-1,77	наслідковий	не враховується	не використовується
А ₇	29,26	28,1	57,36	1,16	причинний	не суттєвий	не використовується
А ₈	27,71	29,21	56,92	-1,5	наслідковий	не враховується	не використовується
А ₉	28,93	28,12	57,05	0,81	причинний	не суттєвий	не використовується
А ₁₀	27,72	28,53	56,25	-0,81	наслідковий	не враховується	не використовується
А ₁₁	25,74	28,7	54,44	-2,96	наслідковий	не враховується	не використовується
А ₁₂	30,55	28,48	59,03	2,07	причинний	суттєвий	використовується
А ₁₃	27,77	28,93	56,7	-1,16	наслідковий	не враховується	не використовується
А ₁₄	32,26	28,61	60,87	3,65	причинний	суттєвий	використовується
А ₁₅	31,14	29,31	60,45	1,83	причинний	суттєвий	використовується
А ₁₆	30,58	29,16	59,74	1,42	причинний	суттєвий	використовується
А ₁₇	31,13	28,82	59,95	2,31	причинний	суттєвий	використовується
А ₁₈	31,23	28,4	59,63	2,83	причинний	суттєвий	використовується
А ₁₉	26,53	27,55	54,08	-1,02	наслідковий	не враховується	не використовується

продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
A ₂₀	28,6	27,94	56,54	0,66	причинний	не суттєвий	не використовується
A ₂₁	27,08	27,82	54,9	-0,74	наслідковий	не враховується	не використовується
A ₂₂	31,49	29,33	60,82	2,16	причинний	суттєвий	використовується
A ₂₃	30,61	29,2	59,81	1,41	причинний	суттєвий	використовується
A ₂₄	28,72	29,14	57,86	-0,42	наслідковий	не враховується	не використовується
A ₂₅	26	27,86	53,86	-1,86	наслідковий	не враховується	не використовується
A ₂₆	25,85	28,05	53,9	-2,2	наслідковий	не враховується	не використовується
A ₂₇	30,09	28,51	58,6	1,58	причинний	суттєвий	використовується
A ₂₈	27,77	27,63	55,4	0,14	причинний	не суттєвий	не використовується
A ₂₉	26,18	27,87	54,05	-1,69	наслідковий	не враховується	не використовується
A ₃₀	26,91	28,39	55,3	-1,48	наслідковий	не враховується	не використовується

Примітка* причинний при $r - c > 0$ або $r / c > 1$; *наслідковий при $r - c \leq 0$ або $r / c \leq 1$; ***суттєвий** $S_{cp} > 1,2$ або $\max(r - c) \geq (r - c) > 0,2 \max(r - c)$; ***не суттєвий** $S_{cp} \leq 1,2$ або $0,2 \max(r - c) > (r - c) > 0$.

Визначені найвпливовіші НЧ, на основі причинно-наслідкових зав'язків за допомогою методу fuzzy Dematel з використанням критерію Граббса, які впливають на вірогідність настання небезпечної події та тяжкість її наслідків, для оцінки ризику настання дорожньої пригоди. Запропоновано, найвпливовіші НЧ визначати, за рахунок порівняння показника рівень впливу НЧ (c) з середнім числом матриці загального впливу (S_{pc}), коли виконується умова ($c_i \geq S_{pc}$). Запропонована форма для аналізу причинно-наслідкових зв'язків між небезпекою, небезпечною подією і небезпечними чинниками з розподілом останніх на ті, що впливають на вірогідність настання небезпечної події і тяжкість наслідків від неї та як результат, проведення процесу ідентифікації суттєвих причинних НЧ.

1. Міжнародне законодавство про охорону праці : Конвенції та рекомендації МОП : у 3-х томах / упоряд. Е. М. Теличко. К. : Основа, 2018. 1454 с.
2. Про охорону праці : Закон України від 14 жовтня 1992 р. (Редакція станом на 20.01.2018).
3. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці : наказ Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 р. № 15.
4. Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві : Постанова Уряду України від 17.04.2019 № 337.
5. Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності : Закон України. (Редакція станом на 04.04.2018).
6. Stephens A. N., & Ohtsuka K. Cognitive biases in aggressive drivers: Does illusion of control drive us off the road? *Personality and Individual Differences*. 2014. 68, 124–129. URL: <https://doi.org/10.1016/j.paid.2014.04.016>. (дата звернення: 22.04.2023).
7. Tsopa V. A., Cheberiachko S. I., Yavorska O. O., Deryugin O. V. & Aleksieiev A. A. Improvement of the safe work system. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2022. 6, 104–111. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-6/104>. (дата звернення: 22.04.2023).
8. Măirean C., Havârneanu G. M., Barić D., & Havârneanu C. Cognitive Biases, Risk Perception, and Risky Driving Behaviour. *Sustainability*. 2022. 14(1), 77. URL: <https://doi.org/10.3390/su14010077>. (дата звернення: 22.04.2023).
9. Sadehnezhad F., Zaranejad M., & Gheitani A. Using combinational method DEMATEL and ANP with fuzzy approach to evaluate business intelligence performance. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*. 2013. 2(3), 1374–1386. URL: <https://european-science.com/eojnss/article/view/757>. (дата звернення: 22.04.2023).
10. Tsopa V., Cheberiachko S., Yavorska O., Deryugin O., & Bas I. Increasing the safety of the transport process by minimizing the professional risk of a dump truck driver. *Mining of mineral deposits*. 2022. 16(3), 101–108. URL: <https://doi.org/10.33271/mining16.03.101>. (дата звернення: 22.04.2023).
11. Lin C. J., & Wu W. W. A causal analytical method for group decision-making: Under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*. 2007. 34(1), 205–213. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.08.012>. (дата звернення: 22.04.2023).
12. Nechayeva I., & Donchik D. Use of BOWTIE tie technology in risk assessment practice. *Economy and Society*. 2021. (33). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-33-51>. (дата звернення: 22.04.2023).
13. Su C.-M., Horng D.-J., Tseng M.-L., Chiu A.S.F., Wu K.-J., & Chen H.-P. Improving sustainable supply chain management using a novel hierarchical grey-DEMATEL approach. *Journal of Cleaner Production*. 2015. xxx, 1–13. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.080>. (дата звернення: 22.04.2023).

UDC 656.13

WLTP AND RDE PROCEDURES OF VEHICLES IN PROCESS OF TESTING

WLTP і RDE ПРОЦЕДУРИ АВТОМОБІЛІВ В ПРОЦЕСІ ВИПРОБУВАННЯ

Ivan Rogovskii

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
St. Heroiv Oborony, 15, Kyiv, 03041*

Since the 1980s, CO₂ emissions of new European cars and fuel consumption have been tested according to the New European Driving Cycle (NEDC) (Fig. 1).



Fig. 1. Advantages of globally harmonized test procedures for passenger cars

From September 1, 2017, a new test procedure, the Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedures (WLTP), was introduced, giving both buyers and car owners a more realistic understanding of how a car works. With the development of technologies in the automotive industry

and changes in traffic conditions, it became necessary to replace the New European Driving Cycle (NEDC), which has been in effect for almost 40 years. The new WLTP test method, in addition to providing a more accurate way of calculating and comparing a car's fuel consumption and CO₂ emissions, provides for more realistic testing conditions, so the measurements obtained better reflect the car's driving characteristics when operating on roads.

Between September 2017 and September 2018, all new cars must undergo the new WLTP test procedure (light commercial vehicles will undergo these tests a year later).

The WLTP test itself lasts 30 minutes. At this time, the test bench simulates three driving modes - in the city, on a country road and on the autobahn. The car is accelerated to 60, 80, 100 and 130 km/h. They accelerate, accelerate, brake, and all the time they take indicators of fuel consumption and emissions of substances into the atmosphere.

Electric cars tested before by NEDC also received unrealistic results. It is assumed that now, being tested by WLTP, they will show their true capabilities. But, there is one "but". WLTP tests are conducted at 23°C, which is the optimum temperature for battery powered vehicles. Meanwhile, it is known that electric vehicles in the cold have a significantly reduced power reserve.

Testing of plug-in hybrids has also undergone significant changes. These machines are tested several times. In the first step, the plug-in hybrid must have a fully charged battery. The test cycle is repeated until the battery runs out.

This is followed by a test phase with a dead battery. At this time, only the internal combustion engine is running, and the battery receives recuperation energy. Averages are calculated from the results of these two stages.

To date, these are 28 EU countries, as well as Norway, Iceland, Switzerland, Liechtenstein, Turkey and Israel. Later this year it will be introduced in India, Japan and South Korea. China and the United States have not yet decided.

Think WLTP is tough? No, it's still flowers. From September 1, 2019, RDE testing, which stands for Real Driving Emissions – emissions in real conditions, will come to his aid. In this test, a special device that measures nitrogen oxide and soot emissions will be attached to the car. And the testing itself will take place in real traffic in the city, suburban highway and autobahn.

Only first-released new models will be controlled, and the tightening of RDE standards will take place in two stages.

At the first stage, in real conditions, it will be allowed to exceed the established "laboratory" limit on the emission of harmful substances by 2.1 times.

That is, the nitric oxide limit for a diesel car of 80 mg/km will be allowed to exceed 168 mg/km on the road. In the second stage, from 2020, the tolerance coefficient will be reduced to 1.5.

1. Hrynkiv A., Rogovskii I., Aulin V., Lysenko S., Titova L., Zagurskiy O., Kolosok I. Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3 (5(105)). P. 19–29. doi:10.15587/1729-4061.2020.206073.

2. 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. *Earth and Environmental Science : IOP Conference Series*. 2021. Vol. 677. 022100. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022100>. (дата звернення: 22.04.2023).

3. Voinalovych O., Hnatiuk O., Rogovskii I., Pokutnii O. Probability of traumatic situations in mechanized processes in agriculture using mathematical apparatus of Markov chain method. *Engineering for Rural Development*. 2019. Vol. 18. P. 563–269. doi:10.22616/ERDev2019.18. № 245.

УДК 621.314

ПРОБЛЕМИ ПЕРЕХОДУ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ДВЗ НА ВОДНЕВИЙ ТРАНСПОРТ В УКРАЇНІ І СВІТІ

Євген Базар

*Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»
вул. Л. Курбаса, 13, м. Тернопіль, 46016*

Перший двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), винайшов і побудував французько-швейцарський винахідник Франсуа Ісаак де Ріваз в 1807 році. Паливом для двигуна служила воднево-повітряна суміш. Водень добувався електролізом води. А в 1874 році у книзі Жуля Верна у один із героїв фактично пророкує майбутній тренд розвитку енергетики говорячи: «Вода – це вугілля наступних століть». Водень – найбільш поширений хімічний елемент, який формує основну масу зірок, які випромінюють світло під час термоядерного згорання саме цієї сполуки. При звичайних умовах водень – це газ без кольору та запаху, який майже в 15 разів легше повітря і має надзвичайно високу температуру згорання – більше 2700 С. Однак, у чистій формі у природі він не існує, тому його можливо отримати в лабораторних або промислових умовах шляхом виділення зі складу інших хімічних сполук [1].

На сьогоднішній день автомобілі на водневому паливі умовно можна розділити на три класи.

Перший – це машини зі звичайним ДВЗ, який працює на водні або водневій суміші. Такі двигуни й автомобілі були сконструйовані й пройшли всі випробування в нас і за кордоном приблизно в 70–80-х роках.

Другий – це машини з двома енергоносіями, так звані гібридні, їх колеса рухає електропривід, енергію якому постачає акумулятор, що у свою чергу заряджається від високоекономного ДВЗ, що працює на водні або водневій суміші.

Третій – справжній водневий автомобіль – це машина з електродвигуном, який працює від паливного елемента, що знаходиться в автомобілі. Теоретично ККД паливного елемента, що працює на суміші водень-повітря, може перевищувати 85%. Зараз вже вдалося одержати двигуни з ККД близько 75% – це більш ніж удвічі вище відповідного показника найкращих двигунів внутрішнього згорання.

Паливний елемент, працюючий на водні, – одна з ключових деталей у новому автомобілі. Паливний елемент (інакше – електрохімічний генератор) – це пристрій для перетворення хімічної енергії на електричну. Те ж відбувається й у звичайних електричних акумуляторах, але в паливних елементах є дві важливі відмінності: по-перше, вони працюють доти, поки надходить паливо; по-друге, паливний елемент не потрібно перезаряджати.

Паливний елемент складається з багатьох десятків комірок, кожна приблизно в сантиметр завтовшки (рис. 1). Кожна комірка складається з двох електродів, розділених електролітом. На один електрод (анод) підводиться паливо (водень), на інший (катод) – окисник (кисень повітря). Водень тут не згоряє, хімічна реакція окиснення відбувається при низькій температурі (приблизно 280° С) в присутності каталізатора. Смісл пристрою в тому, щоб, використовуючи цю реакцію, розділити позитивний і негативний заряди в просторі й створити між ними напругу. Тому електроліт, який заповнює простір між електродами, повинен мати здатність пропускати крізь себе протони (тобто іони гідрогену) і не пропускати електрони. На аноді водень розпадається на електрони і протони, далі протони проходять крізь шар електроліту, досягають катода і, з'єднуючись із киснем, утворюють воду. Однак у

питаннях отримання якісного й недорогого електроліту наука поки що зазнає величезних труднощів [2].

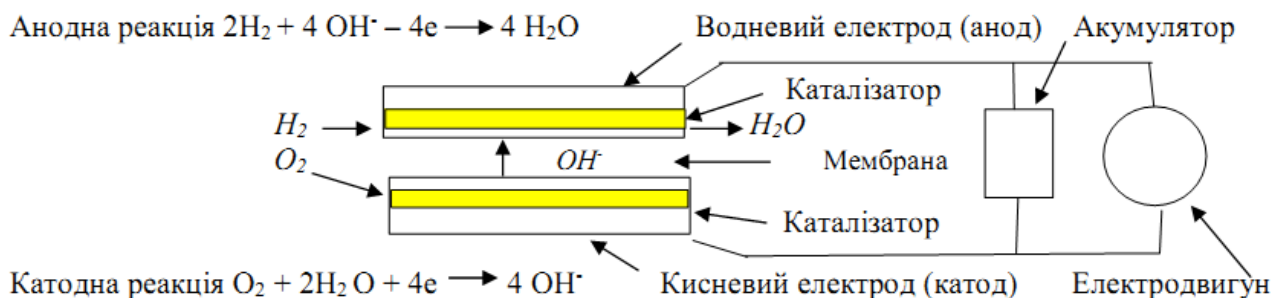


Рис. 1. Схема паливного елемента

Загальна схема водневого двигуна зрозуміла: електродвигун, акумулятор, паливний елемент, водень для його роботи. Проблема полягає в тому, де зберігати водень, бо у паливний бак не наллеш. Це на сьогодні складає значні технічні труднощі. Найбільш перспективним вважається збереження водню в балонах високого тиску – більше 350 атм.

Можна зберігати водень у рідкому вигляді. Але це вимагає охолодження до температур, близьких до абсолютного нуля (відповідно, зростає вартість водню). Дуже перспективний напрямок – зберігання водню в наноструктурах (карбонічних нанотрубках), однак ці дослідження знаходяться поки що на початкових стадіях.

Автовиробники покладають на водень великі надії. У 2017 році кілька великих компаній, таких як Audi, BMW, Honda, Toyota, Daimler, GM, Hyundai створили «Водневу раду». Виробники разом досліджують та розробляють водневі технології [3].

Компанія Honda стала першим світовим автовиробником, що почав масовий випуск автомобілів на цілком водневому паливі. Випуск нового автомобіля Honda Civic FCX, оснащеного водневим двигуном, компанією Honda почався в 2008 році.

Компанія Toyota займалася водневою технологією більше 20 років, після чого випустила автомобіль Mirai спочатку на японський, а потім на американський ринок. У США протягом 2015 року було продано біля тисячі машин, а до кінця 2023 року бренд розраховує збільшити загальне число продажів до 30 тис.

Компанією Ford був розроблений у 2007 році автомобіль Ford Airstream в якості концепції гібридного авто з електромотором і водневими елементами. Також машина використовує для руху Li-Ion батареї. Акумулятори можуть заряджатися від двигуна, що працює на водні.

Компанія Mercedes-Benz розробила автомобіль GLC F-Cell, який має можливість проїхати до 50 км на електриці і до 500 км – на водневому паливі. Бак для водню заповнюється протягом трьох хвилин [4].

Автопарк автомобілів на водні на кінець 2019 року перевищив 25 тис. машин, причому понад 12 тис. було продано за 2019 рік. Здебільшого парк розширюється у Китаї, Японії, Республіці Корея, хоча лідером за кількістю водневих автомобілів залишаються США.

Перші «водневі» АЗС у Німеччині з'явилися років 15 тому. Нині ж у ФРН працює близько 90 таких заправок, а до 2023 року їхня кількість має зрости до 400 і більше. США і Південна Корея та Китай мають приблизно по 40, а в Японії кількість водневих заправок досягає 200. Вартість відповідного проекту оцінюється по мільйону доларів на кожну АЗС. Більшість коштів інвестують фірми Toyota, Honda, BMW, Volkswagen і Daimler.

У 2018 році була створена Енергетична асоціація «Українська Воднева Рада» – єдина національна воднева енергетична асоціація в Україні, що займається розвитком зеленої водневої енергетики як невід'ємної частини у виробництві та постачанні альтернативних джерел енергії, а також поширенням водневих технологій в різних галузях промисловості та бізнесу з метою підвищення їх енергоефективності. В 2021 році вона спільно з Інститутом

відновлюваної енергетики НАН України розробили та презентували проект Водневої стратегії України. Представлено основні напрями та перспективи застосування «зеленого» водню в Україні: в електро – і теплоенергетиці, промисловості, транспорті, в автономних системах енергозабезпечення, – а також можливості інтеграції водню в газові мережі та переваги України як експортера «зеленого» водню [5].

На початку вересня 2021 року Українська воднева рада сертифікувала перший у країні водневий автомобіль, наразі в Україні вже дві такі машини. Це вживані машини Toyota Mirai, завезені зі США, кожна за \$15 000. Придбали їх представники асоціації «Української водневої ради» (але власники машин поки заправляють їх в Польщі). В асоціації очікували, що перша воднева заправка мала з'явитися в Україні в 2022 році. Але так поки й не з'явилась.

Хоча в водневих автомобілів є багато шанувальників, вони мають серйозну проблему. Енергія в них повинна переходити від джерела до газу і від газу до проводу для живлення автомобіля. Завжди є значні втрати при зміні так званого вектора енергії. Для акумуляторних електромобілів енергія залишається на проводах аж до двигуна автомобіля.

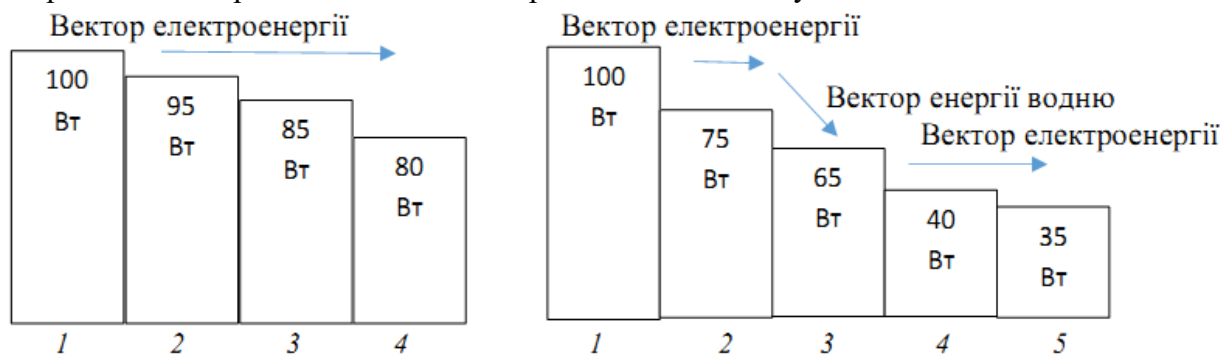


Рис. 2. Втрати енергії при роботі електромобіля (зліва) і водневого автомобіля (справа)

Якщо візьмемо 100 Вт електроенергії, що виробляється відновлюваним джерелом, таким як вітряна турбіна, то для живлення водневого автомобіля ця енергія повинна бути перетворена на водень, можливо шляхом пропускання його через воду (процес електролізу). Це приблизно на 75% енергоефективно, тому близько однієї чверті електроенергії автоматично втрачається. Вироблений водень має бути стиснутий, охолоджений та транспортований на водневу станцію, процес, на якому втрачається ще 10% енергії. Опинившись усередині автомобіля, водень має бути перетворений на електрику, при цьому втрачається ще 25%. Нарешті у двигуні для руху автомобіля, втрачається ще 5%. Разом взяті, використовуються лише 35% первісної електрики – 35 Вт зі 100. З електричними транспортними засобами енергія проходить проводами весь шлях від джерела до автомобіля. Ті самі 100 Вт потужності від тієї ж турбіни втрачають близько 5% ефективності в цій подорожі через мережу. Ще 10% енергії від заряджання та розряджання літій-іонного акумулятора, а також ще 5% від використання електрики, у двигуні. Таким чином, електрика, що використовується у двигуні для руху автомобіля, становить 80 Вт [6].

1. URL: <https://razumkov.energy/meny/news/overview-hydrogen-energy/> (дата звернення: 22.04.2023).
2. URL: <https://auto.today/bok/4339-kak-rabotaet-vodorodnyy-dvigatel.html> (дата звернення: 22.04.2023).
3. URL: <https://economics.segodnya.ua/economics/avto/bez-batarei-i-vybrosiv-elektromobilyam-na-batareyah-ostalos-nedolgo-1250662.html> (дата звернення: 22.04.2023).
4. URL: <https://www.obozrevatel.com/ukr/green/transport/mizh-benzinom-ta-elektrikoyu-skladeno-top-vodnevih-avtomobiliv.htm> (дата звернення: 22.04.2023).
5. URL: <https://hydrogen.ua/ua/> (дата звернення: 22.04.2023).
6. URL: <https://energsmi.ru/archives/44892> (дата звернення: 22.04.2023).

УДК 629.332

ПІДЛОГОВИЙ СТАПЕЛЬ ДЛЯ РИХТУВАННЯ КУЗОВА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Іван Гевко, Роман Рогатинський, Роман Хорошун, Марія Сіправська

*Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя,
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001*

Рихтування кузовів легкових автомобілів є доволі частою операцією у вітчизняних СТО та автотранспортних підприємствах [1], що сприяє відновленню та подовженню використання автомобілів після ДТП і значній економії коштів для власників цих автотранспортних засобів [2] у порівнянні з їх заміщенням. Тому з метою підвищення ефективності виконання рихтувальних робіт нами розроблено підлоговий стапель для рихтування кузова легкового автомобіля, схему якого зображено на рисунку.

Підлоговий стапель для рихтування кузова легкового автомобіля виконано у вигляді засобів для кріплення кузова легкового автомобіля 2, які фіксують кузов легкового автомобіля 1 до підлоги 3. Також у підлозі 3 виконано стаціонарний паз 4, у якому з можливістю зміщення перпендикулярно один до одного розташовано зовнішній 5 та внутрішній 6 рихтувальні стояки П-подібної форми. По зовнішньому та внутрішньому периметру, по відношенні до розташування кузова легкового автомобіля 1, зовнішнього 5 та внутрішнього 6 рихтувальних стояків П-подібної форми виконано направляючі 7 для фіксації тягових елементів 8 для створення виправляючого тягового зусилля при рихтуванні, величина якого забезпечується гідравлічним циліндром двосторонньої дії 9. Також у підлозі 3 між стаціонарним пазом 4 та кузовом легкового автомобіля 1 виконано направляючий паз 13, у якому з можливістю кільцевого зміщення розташовано механізм руху 12. У механізмі руху 12 закріплено Г-подібний кронштейн 10, на якому з можливістю зміщення по всій його довжині розташовано сканувальний пристрій 11.

Робота підлогового стапеля для рихтування кузова легкового автомобіля здійснюється наступним чином. На першому етапі роботи кузов легкового автомобіля 1 фіксується засобами для кріплення кузова легкового автомобіля 2 до підлоги 3.

На другому етапі роботи визначається пошкодження кузова легкового автомобіля 1. Це здійснюється шляхом подачі сигналу з персонального комп'ютера (на рисунку не показано) на механізм руху 12 та сканувальний пристрій 11, що приводить їх рух та забезпечує передачу відсканованих геометричних розмірів кузова легкового автомобіля 1. При цьому, сканувальний пристрій 11 здійснює зворотньо-поступальний повздовжній рух по усій довжині Г-подібного кронштейна 10 та здійснює сканування і передачу даних відсканованих геометричних розмірів кузова легкового автомобіля 1 до персонального комп'ютера (на рисунку не показано), а механізм руху 12 із закріпленим у ньому Г-подібним кронштейном 10 та сканувальним пристроєм 11 поступово здійснює кільцеве зміщення по направляючому пазу 13. Відскановані геометричні розміри кузова легкового автомобіля 1 аналізуються з допомогою відповідного програмного забезпечення у персональному комп'ютері (на рисунку не показано) і визначаються необхідні дії по рихтуванню окремих ділянок кузова легкового автомобіля 1.

На третьому етапі роботи проводиться рихтування попередньо визначених окремих ділянок кузова легкового автомобіля 1. Для цього до ділянки кузова легкового автомобіля 1, яку необхідно рихтувати, по стаціонарному пазу 4 зміщується зовнішній 5 чи внутрішній 6 рихтувальний стояк П-подібної форми. Далі проводиться фіксація тягових елементів 8 у направляючих 7 у визначеному місці і з допомогою гідравлічного циліндра двосторонньої дії 9 забезпечується створення необхідного виправляючого тягового зусилля при рихтуванні.

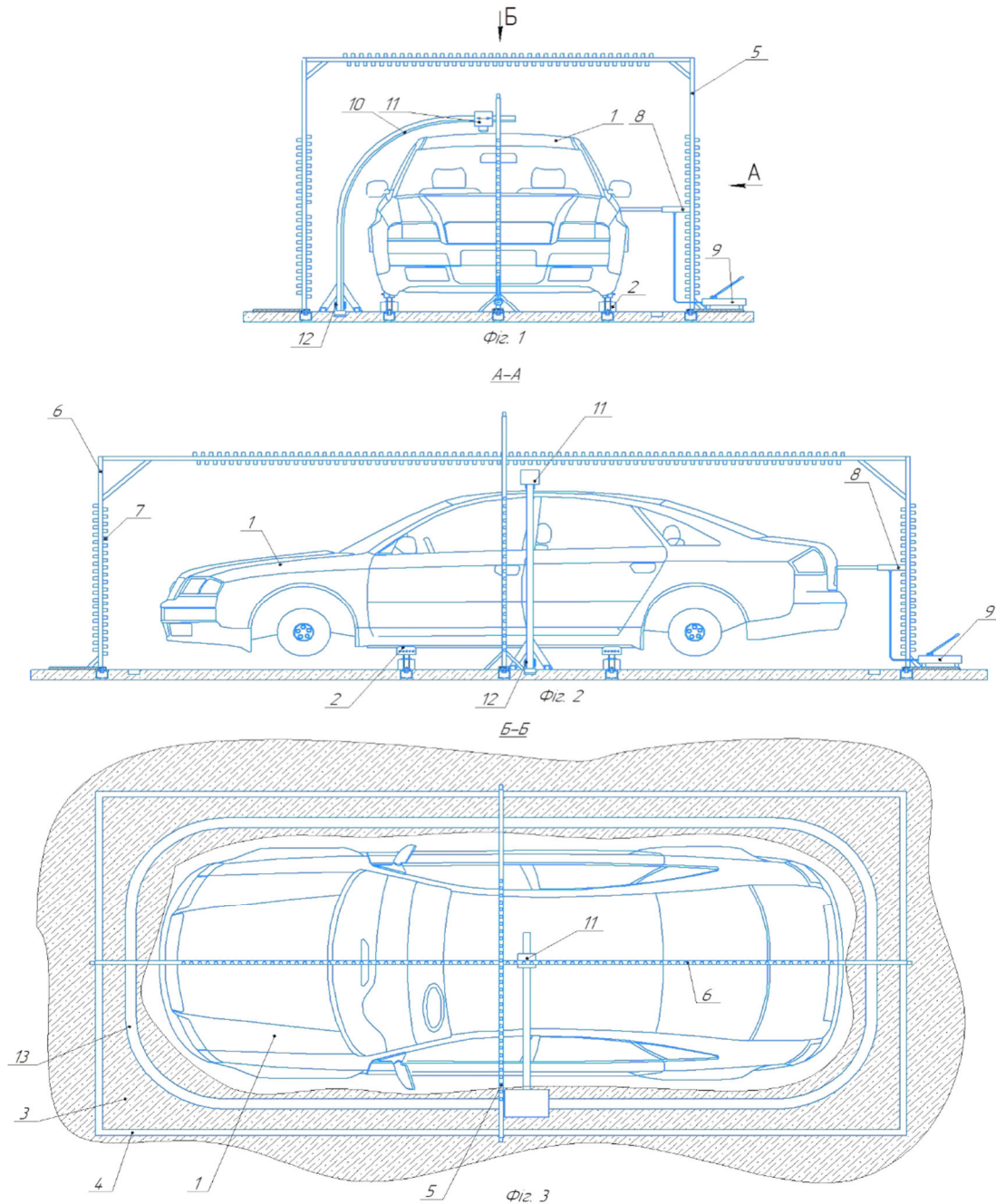


Рисунок. Підлоговий стапель для рихтування кузова легкового автомобіля

До переваг підлогового стапеля для рихтування кузова легкового автомобіля відноситься підвищення ефективності та розширення технологічних можливостей при рихтуванні кузовів легкових автомобілів.

1. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. / І. Б. Гевко та ін. Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 550 с.

2. Гевко І. Б. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : навч. посіб. Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

УДК 629.113

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВЕНТИЛЯЦІЇ МІСЬКИХ АВТОБУСІВ НА ОСНОВІ ЦИРКУЛЯЦІЇ ПОВІТРЯНИХ МАС

Костянтин Голенко¹, Юрій Войчишин², Володимир Гончар¹

¹ Хмельницький національний університет, вул. Інститутська 11, м. Хмельницький, 29016;

² Національний університет «Львівська політехніка», вул. Степана Бандери 12, Львів, 79013

Міські автобуси є одними з найбільш популярних транспортних засобів у світі. Кожного дня мільйони людей використовують автобуси для переміщення по місту. Проте, здоров'я та комфорт пасажирів можуть бути погіршені внаслідок незадовільної якості мікроклімату та вентиляції в салонах автобусів. У цій статті ми розглянемо фактори, що впливають на мікроклімат та вентиляцію салонів міських автобусів, ознайомимось з підходом до оцінки циркуляції повітряних мас, швидкості теплових потоків, розподілу температури, тощо.

Мікроклімат в салоні автобуса може бути погіршеним через різні фактори, такі як кількість пасажирів, рівень шуму, температура повітря, вологість та інші. Найважливішим фактором, що впливає на мікроклімат в салоні автобуса, є кількість пасажирів. Забагато людей в салоні може призвести до перенасичення повітря газами, що може погіршити його якість в салоні. Пасажирообіг – це кількість перевезених пасажирів на один кілометр маршруту автобуса. Для розрахунку пасажирообігу, необхідно знати скільки пасажирів перевозиться автобусом та довжину маршруту. Отже, базова формула для розрахунку пасажирообігу така:

$$P = N/L, \quad (1)$$

де P – пасажирообіг; N – кількість перевезених пасажирів; L – довжина маршруту.

Для розрахунку ефективності експлуатації автобуса можна використовувати такі формули:

- ефективність експлуатації за рік (річна ефективність):

$$E_y = P \cdot d \cdot q / Q_a, \quad (2)$$

де E_y – річна ефективність; d – кількість робочих днів на рік; q – кількість рейсів на день; Q_a – кількість автобусів.

- ефективність експлуатації за один рейс (денна ефективність) – E_d :

$$E_d = P/q. \quad (3)$$

Також для повноти картини слід додати гібридну модель визначення ефективності експлуатації, яка була раніше була популярною у вітчизняному автобусобудуванні:

$$W_r = 365 \cdot \alpha_K q_H \gamma T_H \eta_H \beta V_E, \quad (4)$$

де α_K – коефіцієнт використання автобуса; q_H – номінальна місткість автобуса, пас; γ – коефіцієнт використання місткості; T_H – середній час наряду, год; η_H – коефіцієнт використання наряду; β – коефіцієнт використання пробігу; V_E – експлуатаційна швидкість руху, км/год.

Отже, для розрахунку ефективності експлуатації міського автобуса можна використовувати розрахунки пасажирообігу, кількості робочих днів на рік, кількості рейсів на

день та кількості автобусів на маршруті. У свою чергу наведений вище розрахунок ефективності автобуса дозволяє заздалегідь визначити, який тип (Low-floor, Low-entry або на основі шасі), клас (mini, midi або maxi) є оптимальним для конкретного міста; яка цільова пасажиромісткість має бути забезпечена; яку кількість машин має нараховувати автобусний парк, тощо. Володіючи цими даними, можна розробляти відповідні моделі міських автобусів й проектувати для них системи забезпечення мікроклімату салонів з необхідною вентиляцією та кондиціонуванням. Тобто, розрахунок ефективності експлуатації є частиною технічного завдання при створенні нових моделей автобусів.

У багатьох країнах, включаючи Європейський Союз, існують правила та норми, що встановлюють максимальну кількість пасажирів, яку дозволяється перевозити в автобусах. Наприклад, для міських автобусів в ЄС норма складає близько 4 пасажирів на 1 м² площі салону. Проте, норма пасажирів на одиницю площі в салоні автобуса може відрізнятись у різних країнах та регіонах в залежності від місцевих вимог до безпеки та комфорту пасажирів. Тому перед експлуатацією будь-якого автобуса варто ознайомитись з місцевими нормами та рекомендаціями.

Розрахуємо об'єм повітря в салоні міського автобуса, який споживають пасажирів протягом 1 години. Для міських автобусів в ЄС норма складає $n = 4$ пас/м². Площа підлоги салону у середньому класі (наприклад, автобус типу Low-entry ВАТ «Укравтобуспром» – модель 4289) становить порядку $S=14.5$ м², що відповідає ефективній довжині салону приблизно 8 м та ширині порядку 1.8 м (рис. 1, б). Відтак, кількість пасажирів, які можуть бути в салоні автобуса, складає:

$$N = S \cdot n = 14.54 \cdot 4 = 58 \text{ пас.} \quad (5)$$

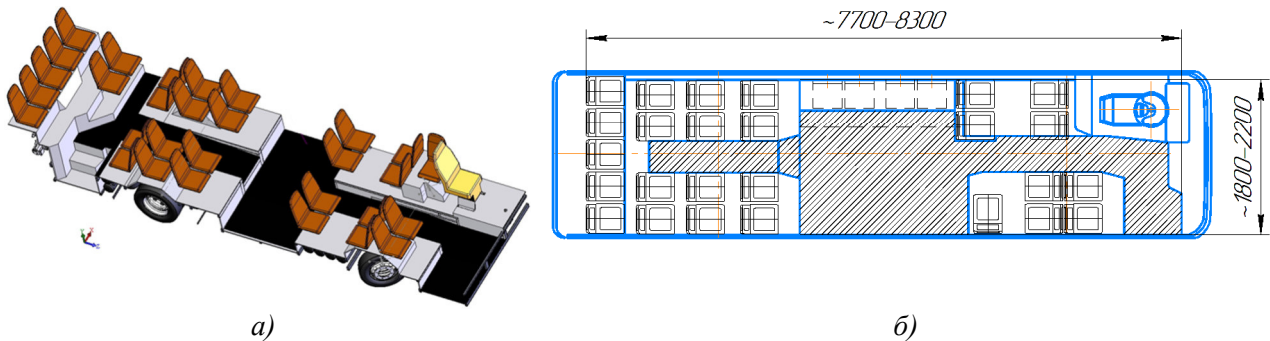


Рис. 1. Компонувальна схема салону автобуса типу Low-entry ВАТ «Укравтобуспром» 4289:
а) просторова модель салону; б) план визначення ефективної площі салону

Об'єм повітря, який споживає людина за годину, залежить від кількох факторів, таких як стать, вік, стан здоров'я, рівень фізичної активності та температура повітря. Однак, зазвичай, людина споживає близько 0,3 м³ повітря за хвилину, або 18 м³ повітря за годину. Цей показник відноситься до здорових дорослих людей, які перебувають в стандартних умовах температури та вологості, а також не займаються фізичними вправами. Варто зазначити, що показник може відрізнятись в залежності від індивідуальних особливостей кожної людини та умов приміщення. Отже, можна оцінити, яке надходження свіжого повітря необхідне людині за годину ($v_h=18$ м³). Для 58 пасажирів в автобусі, об'єм повітря V_h , який вони споживають за годину, дорівнює:

$$V_h = v_h \cdot Q = 18 \cdot 58 = 1044 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (6)$$

Для забезпечення цього об'єму повітря необхідно забезпечити достатню вентиляцію та циркуляцію. Основною метою вентиляції є видалення забрудненого повітря з салону і забезпечення надходження свіжого повітря. Для розрахунку вентиляційної системи для досліджуваного автобуса можна скористатися рекомендаціями щодо вентиляції транспортних засобів, які визначені в стандарті EN 13779:2007. Згідно з цим стандартом, вентиляційна система повинна забезпечувати обмін повітря не менше 6 разів на годину. Отже, в ідеальному випадку потрібно, щоб об'єм повітря V_{rh} , що циркулює в салоні, становив:

$$V_{rh} = 6V_h = 6 \cdot 1044 = 6264 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (7)$$

Загалом, при проектуванні автобуса слід розуміти, що у світі є різні норми щодо вентиляції, циркуляції, тощо. Серед основних: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Standards and Guidelines; Indoor Air Quality Association (IAQA) – Standards and Guidelines; Building Performance Institute (BPI) – Standards and Guidelines; Energy Star - Indoor Air Quality Resources; Environmental Protection Agency (EPA) - Indoor Air Quality Resources.

Ефективне розташування вентиляційних отворів в салоні автобуса залежить від кількох факторів, включаючи форму та розмір салону, кількість та розташування пасажирських місць, кількість та місцезнаходження вихлопних отворів двигуна та інше.

Однак, загальні принципи ефективного розташування вентиляційних отворів в салоні автобуса можуть включати:

- розташування вентиляційних отворів на різних рівнях в салоні автобуса, щоб забезпечити оптимальний обмін повітря між верхнім та нижнім рівнями салону;
- розташування вентиляційних отворів вздовж бокових стін салону, щоб забезпечити рівномірний розподіл повітря по всьому салону;
- розташування вентиляційних отворів вбік від пасажирських місць, щоб уникнути прямого потоку повітря на пасажирів;
- встановлення вентиляційних отворів поруч з вихлопними отворами двигуна, щоб забезпечити видалення вихлопних газів з салону.

Зазвичай, розташування вентиляційних отворів в салоні автобуса планується при проектуванні автобуса з урахуванням дизайну та характеристик салону та систем вентиляції. Додаткові дослідження можуть бути проведені для визначення оптимального позиціонування вентиляційних отворів у випадку модернізації або реконструкції існуючого автобуса.

Щоб визначити швидкість потоку повітря, який проходить через вентиляційний отвір, спочатку необхідно обрахувати об'єм повітря, який проходить через цей отвір за одну годину. Знаючи, що об'єм повітря, який споживають пасажирів за годину становить 1044 м^3 , можна припустити, що кількість повітря, яка проходить через вентиляційний отвір за годину також становитиме 1044 м^3 .

Далі, для визначення швидкості потоку повітря можна скористатися рівнянням Контин'юїті, яке говорить, що об'єм потоку рівний швидкості потоку помноженій на площу перерізу:

$$Q = vA, \quad (8)$$

де Q – об'єм потоку, v – швидкість потоку, A – площа перерізу вентиляційного отвору, котрий конструктивно передбачений під лобовим склом автобуса; $A = 0,2 \text{ м}^2$ (рис. 2, а).
Отже, швидкість потоку повітря в автобусі буде дорівнювати:

$$v = Q/A = 1044/0.2 = 5220 \text{ м/год.} \quad (9)$$

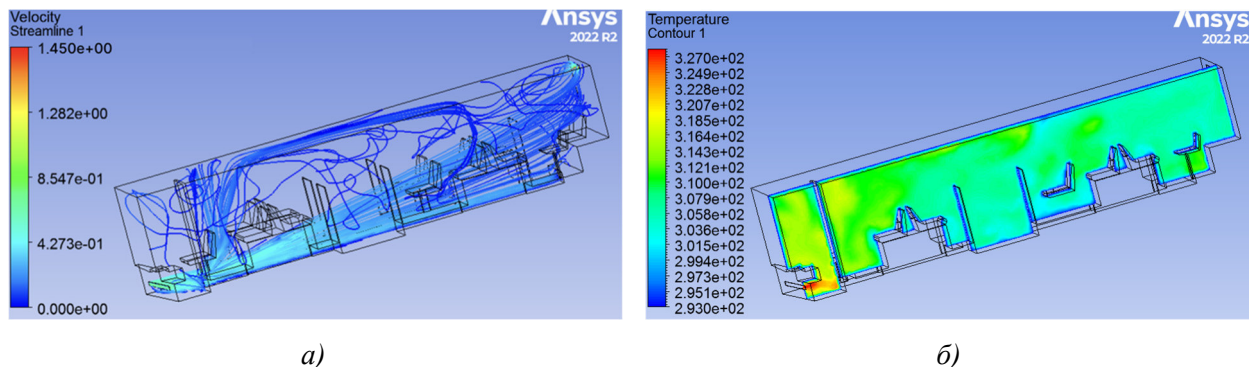
Змоделюємо процес вентиляції салону міського автобуса у середовищі Ansys Fluent (рис. 2) – закладемо розраховану швидкість повітряного потоку $v = 5220 \text{ м/год} = 1,45 \text{ м/с}$ на вході вентиляційного отвору площею $A = 0,2 \text{ м}^2$. Візуально можемо спостерігати характер розповсюдження повітряних мас (рис. 2, а) та розподіл температури в салоні.

Оскільки швидкість експлуатації міських автобусів є відносно низькою, а значна частина часу (порядку 30–40%) проходить стаціонарно (на зупинках та заторах), для забезпечення заповнення салону свіжим повітрям потрібні системи кондиціонування та штучної вентиляції. Розрахуємо потужність вентилятора відповідно до площі A . Потужність вентилятора можна обчислити за формулою:

$$P = \rho_o \cdot Q \cdot \Delta P = 1.2 \cdot 1044 \cdot 0.1 \cdot 9.81 = 1216 \text{ Вт}, \quad (10)$$

де P – потужність вентилятора (Вт); ρ_o – густина повітря (прийmemo 1.2 кг/м^3); Q – об’ємний потік повітря ($\text{м}^3/\text{год}$); ΔP – відносний тиск (прийmemo 10%).

Отже, потужність вентилятора повинна бути близько 1216 Вт. Очевидно, що посилаючись на показник V_{rh} та норми стандарту EN 13779:2007, циркуляцію салону слід проводити щонайменше 4 рази за годину (оптимально 6), тому доцільно застосовувати декілька вентиляторів, розосереджених по салону автобуса. Ідеальним випадком є застосування системи кондиціонування з відповідним попереднім прорахунком під задану модель автобуса у середовищі Ansys Fluent або альтернативному йому.



а)

б)

Рис. 2. Вентиляція салону автобуса типу Low-entry:

а) швидкість потоку повітряних мас (м/с);

б) розподіл температур в довільному поздовжньому січненні салону ($^{\circ}\text{C}$)

Таким чином, знаючи геометричні дані автобуса, його тип та призначення, умови експлуатації, а також цільові показники ефективності на базі пасажирообігу, можна розробляти необхідні методики визначення параметрів вентиляції та кондиціонування ще на етапі проектування автобуса. Отримані показники швидкості повітряних потоків від вентиляторів з вказанням температури повітря навколишнього середовища та салону автобуса доцільно закласти в якості крайових умов перевірконого розрахунку у середовищі Ansys Fluent. Саме в такий спосіб поетапного детального моделювання особливостей мікроклімату салону можна сформуванати комфортні умови перевезення пасажирів й планувати економічну складову ефективності експлуатації міських автобусів.

1. Nyuk Hien Wong, Yueer He, Ngoc Son Nguyen, Srivatsan V. Raghavan, Miguel Martin, Daniel Jun Chung Hii, Zhongqi Yu, Jiyu Deng, An integrated multiscale urban microclimate model for the urban thermal environment, *Urban Climate*. 2021. Vol. 35, 100730. ISSN 2212-0955. URL: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100730>. (дата звернення: 22.04.2023).

2. Alexei Pichardo-Orta F., Luna O. A. P. & Cordero J. R. V. A frontal air intake may improve the natural ventilation in urban buses. *Sci Rep.* 2022. 12, 21256. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25868-x> (дата звернення: 22.04.2023).
3. Fei Li, Eon S. Lee, Bin Zhou, Junjie Liu, Yifang Zhu, Effects of the window openings on the micro-environmental condition in a school bus. *Atmospheric Environment.* 2017. Vol. 167, P. 434–443, ISSN 1352-2310. URL: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.08.053>. (дата звернення: 22.04.2023).
4. Shengwei Zhu, Philip Demokritou, John Spengler, Experimental and numerical investigation of micro-environmental conditions in public transportation buses. *Building and Environment.* 2010. Vol. 45, Issue 10, P. 2077–2088. ISSN 0360-1323. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.03.004>. (дата звернення: 22.04.2023).
5. Fei Li, Eon S. Lee, Junjie Liu, Yifang Zhu, Predicting self-pollution inside school buses using a CFD and multi-zone coupled model. *Atmospheric Environment.* 2015. Vol. 107, P. 16–23. ISSN 1352-2310. URL: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.02.024>. (дата звернення: 22.04.2023).
6. Lin B., Wang X. & Hu X. Research on the effect of natural ventilation on buses in summer based on cfd numerical simulation method. *Adv. Mat. Res.* 2012. 361, 1056–1060. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.361-363.1056> (дата звернення: 22.04.2023).
7. Li N. et al. Multi-objective optimization for designing of high-speed train cabin ventilation system using particle swarm optimization and multi-fidelity kriging. *Build Environ.* 2019. 155, 161–174. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.021> (дата звернення: 22.04.2023).
8. Raczkowski, A., Suchorab, Z. & Brzyski, P. Computational fluid dynamics simulation of thermal comfort in naturally ventilated room. *MATEC Web Conf.* 2019. 252, 04007–5. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201925204007> (дата звернення: 22.04.2023).
9. Sun C. & Zhiqiang Z. The efficacy of social distance and ventilation effectiveness in preventing covid-19 transmission. *Sustain. Cities Soc.* 2020. 62, 102390. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102390> (дата звернення: 22.04.2023).

УДК 629.113

ПАРАМЕТРИ ОЦІНКИ МІКРОКЛІМАТУ САЛОНІВ МІСЬКИХ АВТОБУСІВ НА ОСНОВІ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВІТРЯ

Костянтин Голенко¹, Юрій Войчишин², Сергій Посонський¹, Артем Старий¹

¹ Хмельницький національний університет, вул. Інститутська 11, м. Хмельницький, 29016;

² Національний університет «Львівська політехніка», вул. Степана Бандери 12, Львів, 79013

Звичайний проїзд автобусом може бути досить дратівливим досвідом для багатьох пасажирів, які проводять у ньому значну частину свого часу. Потужність транспортних засобів та інші технічні параметри можуть забезпечувати швидкість і точність переміщення, проте вони не завжди можуть забезпечити належні умови комфорту для пасажирів. Якість повітря в салоні автобуса є однією з головних складових самого поняття комфортності перевезень. Дослідження показують, що погана якість повітря може призвести до різних проблем, таких як втома, головний біль, кашель, нежить і нудота. Це може бути наслідком високого рівня вуглекислого газу (CO_2) в повітрі салону, який виникає в результаті викидів автобуса, а також з дихальних шляхів самих пасажирів.

Одним з основних факторів, який впливає на якість повітря в салоні автобуса, є система вентиляції. Недостатньою вентиляцією можна викликати появу запахів, відчуття задушливості та перенасичення повітря в салоні, тощо. У той же час, занадто потужна вентиляція може створювати надмірний шум, який також впливає на комфорт пасажирів. Важливою складовою якості повітря в салоні є вологість. Низький рівень вологості може спричиняти сухість в очах та шкірі, тоді як високий рівень вологості може викликати відчуття задухи та незручності. Оптимальний рівень вологості в салоні автобуса повинен бути в діапазоні від 40% до 60%. Нижче ми розглянемо ключові показники мікроклімату автобуса та методи їх визначення.

Вміст вуглекислого газу (CO_2) в салоні автобуса можна розрахувати з використанням формули:

$$CO_2 = \frac{(V \cdot (F_{CO_2} / F_{air}))}{1 + \left(\frac{V \cdot (F_{CO_2} / F_{air})}{V_0 \cdot C_a} \right)}, \quad (1)$$

Де CO_2 – вміст вуглекислого газу в салоні автобуса; V – об'єм повітря, що пройшов через салон за годину; F_{CO_2} та F_{air} – об'єми витрат CO_2 та повітря відповідно; V_0 – об'єм салону автобуса; C_a – концентрація CO_2 в зовнішньому повітрі. За даними ЕПА США, ця концентрація зазвичай становить близько 400 ppm (parts per million) або 0,04%. Тобто, $C_a = 0,0004$.

Щоб знайти значення F_{air} , нам потрібно знати об'єм повітря, що проходить через салон за годину (V), який ми попередньо розрахували для нашого автобусу типу Low-entry ВАТ «Укравтобуспром» – модель 4289: 6264 м³/год $V_0=31,9$ м³ (об'єм салону автобуса).

Рівень витрати повітря в салоні автобуса (F_{CO_2}) може бути вимірний з використанням датчиків, що встановлюються в системі вентиляції салону. $F_{CO_2} = 22$ л/людина/год (за припущенням, що кожен пасажир видихає 22 л CO_2 за годину).

Рівень витрати повітря на зовнішній стороні автобуса (F_{air}) може бути визначений шляхом вимірювання вітрової швидкості та площі вентиляційних отворів на зовнішній стороні автобуса. $F_{air} = 500$ л/людина/год (за припущенням, що кожен пасажир вдихає близько 500 л

повітря за годину).

Якщо значення вмісту CO_2 в салоні автобуса перевищує рекомендований рівень (більше 1000 ppm), то це може призвести до зниження концентрації кисню та збільшення ризику виникнення симптомів дискомфорту та погіршення здоров'я пасажирів. Щоб запобігти цьому, необхідно забезпечувати ефективну вентиляцію та зменшувати витрати CO_2 шляхом використання більш екологічних палив та енергозберігаючих технологій.

Для розрахунку ppm (parts per million) нам необхідно знати об'ємну частку CO_2 у повітрі. Це можна знайти, поділивши кількість CO_2 (1) в міліграмах на загальний об'єм повітря в мілілітрах, і помноживши на мільйон. Отже, для розрахунку ppm необхідно знайти кількість CO_2 в міліграмах у $31,9 \text{ м}^3$ повітря.

$$ppm_{CO_2} = \left(\frac{CO_2}{31\,900\,000} \right) \cdot 10^6. \quad (2)$$

При розрахунку рівняння (2) приймаємо значення CO_2 , яке базується на 6-кратній оновлюваності повітря в салоні ($V=6264 \text{ м}^3/\text{год}$). Згідно стандарту EN 13779:2007 пасажирів будуть себе нормально почувати протягом подорожі, адже значення ppm_{CO_2} складає порядку 40 ppm у нашому випадку досліджень міського автобуса типу Low-entry.

Наступним показником, що впливає на комфортність перевезень, власне, на мікроклімат, є вологість. Найпоширенішим методом вимірювання вологості є використання гігрометра, який вимірює точку роси – це температура, при якій волога в повітрі починає конденсуватися. Однак, вологість може бути також розрахована за допомогою формул, що використовуються в метеорології. Нижче наведено дві найпоширеніші формули для її розрахунку:

- абсолютна вологість (A_B) – це маса водяної пари в одиниці об'єму повітря:

$$A_B = \frac{(P \cdot H)}{(R \cdot T)}, \quad (3)$$

де P – тиск повітря; H – вологість повітря, $\text{г}/\text{м}^3$; R – універсальна газова стала, T – температура, K .

- відносна вологість (B_B) – це відношення маси водяної пари в повітрі до максимальної маси водяної пари, яку може містити повітря при даній температурі:

$$B_B = \left(\frac{A_B}{A_{Bmax}} \right) \cdot 100\%, \quad (4)$$

де A_{Bmax} – максимальна абсолютна вологість при даній температурі.

Отже, для розрахунку вологості в салоні автобуса можуть бути використані наведені формули, що базуються на параметрах тиску, температури та вологості повітря. Проте, для більш точного реального вимірювання вологості рекомендується використовувати спеціальні прилади, наприклад, гігрометри. Також для розрахунку вологості в повітрі можна використовувати формулу абсолютної вологості:

$$W = \frac{(622 \cdot p \cdot (H/100))}{R \cdot T}, \quad (5)$$

де 622 – молекулярна маса водяної пари (18,01528 $\text{г}/\text{моль}$) поділена на молекулярну масу сухого повітря (28,966 $\text{г}/\text{моль}$) (число виникає при переведенні вологості повітря з масової частки у молярну концентрацію); W – абсолютна вологість, $\text{г}/\text{м}^3$; p – атмосферний тиск, Па; H – відносна вологість, %; R – газова стала, 8,314 Дж/(моль·К); T – температура, К.

Ця формула дозволяє розрахувати кількість водяної пари у повітрі на основі відносної вологості та температури. Для розрахунку нашого автобуса необхідно виміряти температуру

та відносну вологість у його салоні, а також атмосферний тиск в зоні експлуатації автобуса. Наприклад, якщо температура повітря в салоні складає 20°C, а відносна вологість – 60%, то за таблицею насичених парових тисків частковий тиск водяної пари складатиме близько 2380 Па. Відтак, значення вологості повітря в салоні можна визначити за таким рівнянням:

$$V = \frac{(18,02 \cdot 10^{-3} \cdot P_w \cdot 1000)}{(R \cdot (T + 273,15))}, \quad (6)$$

де $18,02 \times 10^{-3}$ – молярна маса повітря в кілограмах на моль; 1000 – кількість грамів у кілограмі; V – об’ємна концентрація водяної пари, г/м³; P_w – частковий тиск водяної пари, Па; температура у салоні становить $T = 20^\circ \text{C}$ (або $20 + 273,15$ для переведу у К).

Для розрахунку P_w можна використати наступну формулу:

$$P_w = \frac{W \cdot p}{(0,622 + 0,378 \cdot W)}, \quad (7)$$

де p , W були визначені у (5) та залежать від кліматичних та погодних умов, особливостей експлуатації автобуса.

При температурі 20°C та атмосферному тиску відносна вологість 50% вважається комфортною для більшості людей. Зазначимо, на відміну від зими, коли опалюванням часто знижують вологість в приміщеннях (до 30–40%), влітку комфортнішою може вважатися відносна вологість до 60–70%. Оскільки показник W залежить від температури T (5), то постає питання – яке ж її значення приймати у розрахунку, враховуючи нерівномірність прогрівання салону в результаті вимушеного руху повітряних мас в салоні автобуса завдяки роботі вентилятора. Для цього моделюється solid-модель внутрішнього простору салону у CFD-середовищі, наприклад, Ansys Fluent з відповідною вхідною швидкістю повітря та температурою. Для досліджуваної моделі автобуса було проведено 2 типи випробувань:

- 1-й – швидкість потоку повітря 0,25 м/с та температура 45°C;
- 2-й – швидкість потоку повітря 0,75 м/с та температура 55°C.

В обох випадках вентилятор було розташовано у передній частині автобуса (під лобовим склом) – відрізнялися лише швидкість та температура вхідного потоку. Температура зовнішнього середовища – 10°C. На рівні підлоги в кабіні водія створюється температура відповідно 25°C та 30°C, що видно на основі довільно обраної поздовжньої площини розподілу температури в салоні (рисунок). Швидкість повітря на рівні підлоги складає 0,2 та 0,6 м/с відповідно (рисунок). Температура в салоні коливається для кожного з режимів так: 14–18°C та 19–23°C. Якщо проаналізувати рух повітряних мас в місці найбільшого скупчення людей (накопичувальна площадка), то можна побачити, що при роботі вентиляторів на 2-му режимі повітряні маси потраплятимуть на цю ділянку салону більше, ніж у першому випадку, а швидкість повітря становить 0,05–0,18 та 0,15–0,45 м/с відповідно.

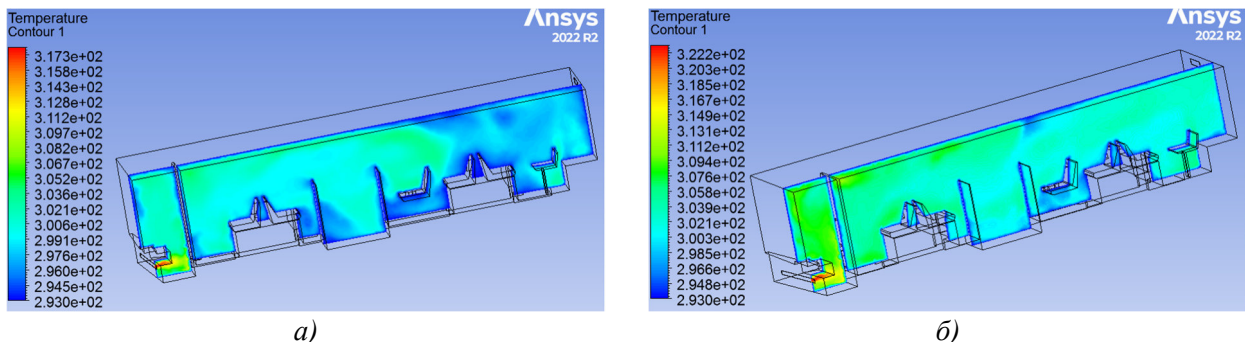


Рисунок. Розподіл швидкостей повітря та температур по салону автобуса типу Low-entry BAT «Укравтобуспром» 4289: а) 1-й режим; б) 2-й режим

Конвекція повітря може відігравати важливу роль в очищенні повітря салону автобуса, оскільки допомагає переносити забруднення та інші забруднюючі речовини від пасажирів та інших джерел до фільтрів та систем вентиляції. Одним з показників конвекції повітря є конвективна швидкість (v), яка може бути визначена з використанням формули:

$$v = g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot h^3 / 12\eta L \quad (8)$$

де g – прискорення вільного падіння (9.81 м/с^2); β – коефіцієнт термічного розширення повітря, $1/^\circ \text{C}$; ΔT – температурний градієнт, $^\circ \text{C/м}$; h – висота приміщення, м; η – кінематична в'язкість повітря, $\text{м}^2/\text{с}$; L – характерна довжина, м.

Вимірювання конвективної швидкості може допомогти встановити ефективність вентиляційної системи та оцінити якість очищення повітря, що також впливають на мікрокомфорт.

Таким чином, комплексний підхід у вигляді аналітичних попередніх розрахунків, що доповнюється МКЕ-моделюванням у середовищі Ansys Fluent або альтернативному йому, дають можливість якісно і кількісно оцінити показники мікроклімату салону міських автобусів (вентиляцію та викиди CO_2 , вологість) та внести зміни у solid-модель перед фазою деталювання креслень. Застосовуючи представлені принципи, в залежності від кліматичної зони, специфіки міста експлуатації автобусу, пасажиропотоку та довжини рейсів, можна підбирати оптимальні конфігурації обладнання для вентиляції або кондиціонування задля підтримання комфортної температури та вологості у салоні. В умовах жорсткої ринкової конкуренції на ринку міських пасажироперевезень України з переходом від мікроавтобусів та автобусів на базі рами вантажних авто до більш сучасних низькопідлогових машин типу Low-floor та Low-entry подібні знання про умови мікроклімату мають фінансовий вплив, адже визначають дохідну частину перевезень й їхню кінцеву економічну ефективність.

1. Davis, Robert & McGregor, Glenn & Enfield, Kyle. Humidity: A review and primer on atmospheric moisture and human health. *Environmental Research*. 2016. 144. 106–116. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.10.014> (дата звернення: 22.04.2023).

2. Holenko K. & Voichyshyn Y. & Horbai O. & Burian M. & Popovych V. & Makovkin O. Thermal comfort formation of the bus interior depending on the power unit layout. *Problems of Tribology*. 2022. 27. 58–68. URL: <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2022-106-4-58-68>. (дата звернення: 22.04.2023).

3. Zhihong Guo & Mingming Xu & Kejun Li & Lin Niu. The Influence of Humidity on Setting of DC Bus in Converter Station. 2011. 98. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-21765-4_37 (дата звернення: 22.04.2023).

4. Kyogoku Sae & Takebayashi Hideki. Experimental Verification of Mist Cooling Effect in Front of Air-Conditioning Condenser Unit. *Open Space, and Bus Stop. Atmosphere*. 2023. 14. 177. URL: <https://doi.org/10.3390/atmos14010177>. (дата звернення: 22.04.2023).

5. Changfan Zhang & Jing He & Xiaoqing Zhu. Research of intelligent humidity control system based on field-bus. *2004 8th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)*. 2005. Vol. 3. P. 2145–2149. URL: <https://doi.org/10.1109/ICARCV.2004.1469496>. (дата звернення: 22.04.2023).

6. Allana Adrian & Chua Alvin. FUZZY LOGIC PROGRAM FOR BUS INDOOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT. *ASEAN Engineering Journal*. 2021. 11. 129–142. URL: <https://doi.org/10.11113/aej.v11.17869> (дата звернення: 22.04.2023).

7. Pavansai A. & Deepak P. & Hari S. & Harish R. & Kumar M. B. Analyzing social distancing policy effectiveness using Computational Fluid Dynamics inside a bus to prevent COVID-19 airborne transmission. *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*. 2021. 1128. 012005. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1128/1/012005>. (дата звернення: 22.04.2023).

8. Rong Yu & Wang Haifang & Zhang Liang & Qu Mengke. The design of temperate and humidity fuzzy controller based on CAN bus. 2010. URL: <https://doi.org/10.1109/ICIME.2010.5477794> (дата звернення: 22.04.2023).

УДК 629.1.07

ДОСЛІДЖЕННЯ МОБІЛЬНОСТІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В США І КРАЇНАХ НАТО

Василь Кохан

*Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного,
вул. Героїв Майдану, 32, м. Львів, 79026*

The NATO Mobility Reference Model is a recognized international standard for simulating the mobility of ground combat and tactical vehicles and can be used for on-road and cross-country scenarios and take into account several parameters, such as terrain type, moisture content, rough terrain and vehicle geometry, and is suitable for studying the performance properties (crossability, responsiveness, stability) of vehicles in real-world Ukrainian conditions.

Моделювання мобільності розпочалося в США для усунення недоліків транспортних засобів, що були виявлених в 1941–1945-х рр. Для вирішення поставлених задач були створені спеціальні лабораторії WES [1; 2] та TARDEC Land Locomotion Laboratory [1; 3]. Після десятиліть досліджень Командування матеріального забезпечення Сухопутних військ США звернулося до двох армійських лабораторій (TARDEC, WES) з проханням про спільну роботу над моделлю мобільності. Ці дві лабораторії в координації з Технологічним інститутом Стівенса випустили модель мобільності AMC-71 в 1971 році [1; 4].

Тим часом у 1976 році Група НАТО AC/225 Panel II, яка входила до складу Групи НАТО з питань озброєння армії (NAAG), визнала потребу в стандартизованих методах для порівняння характеристик машин, і США запропонували свою допомогу в ініціюванні цієї роботи [5].

Дослідження і розробки продовжувалися, і друга версія моделі, NRMM II, була впроваджена в 1992 році, включивши багато змін, які були зроблені за цей час [1; 6]. Нові алгоритми були в основному пов'язані з випробуваннями мобільності, що проводилися WES з 1979 року, включаючи програму випробувань колісних і гусеничних машин [1; 7], а також включали нові рівняння в області зчеплення з ґрунтом, опору ґрунту і ковзання поверхні. Крім того, було включено спеціальне програмне забезпечення для радіальних шин та систем центральної підкачки шин (CTIS).

Восени 2002 році командуванню НАТО було запропоновано ідею з удосконалення мобільності військових автомобільної техніки (BAT) [8]. Для координації та виконання цього завдання була створена робоча група НАТО AVT-107 – «Моделювання мобільності. AVT-107», основними країнами-учасниками проекту були Канада, Франція, Румунія, Великобританія і США, меншу участь в роботі приймали участь Нідерланди і Німеччина.

Результати AVT-107 були представлені Групі AVT 6 жовтня 2006 року, а остаточний звіт випробувань був опублікований у 2011 році [1; 2]. Робота комітету та остаточний звіт є цінними в декількох аспектах, оскільки в них широко обговорюються наступні питання:

- історія розвитку моделі NRMM;
- детальний статус моделі;
- виявлені обмеження;
- інформування про використання і модернізацію NRMM різними країнами [1].

Незважаючи на успіхи AVT-107, багато обмежень інструменту NRMM так і не були усунуті. Як наслідок, NRMM стало менш ефективно використовуватися в країнах НАТО. Одним із суттєвих недоліків полягає в тому, що інструмент розрахунку і отримання даних не був вдосконалений з метою підвищення його точності і ефективності, тому результати не

могли відповідати реальним показникам мобільності ВАТ, і командування підрозділів не змогло в повній мірі прогнозувати показники мобільності конкретних зразків ВАТ в різних оперативних сценаріях.

Наступним етапом, було створення дослідницької технічної групи AVT-248 восени 2014 року в Брюсселі, яка вирішила більшість проблематичних питань у NRMM, а також робочій групі було поставлено чотири нові цілі:

1. Розробці прототипу еталонної моделі мобільності НАТО наступного покоління (NG-NRMM), що передбачало кілька напрямів роботи;
2. Розробці двох демонстраційних прототипів, один в області простої трасомеханіки, а другий в області складної трасомеханіки;
3. Проведенні навчань з верифікації та валідації із використанням як гусеничної, так і колісної техніки;
4. Написання рекомендованого стандарту (STANREC) для забезпечення керівництва щодо стандартів моніторингу та оцінки, які можуть бути застосовані для розробки NG-NRMM [1].

Усі цілі були реалізовані в даному звіті AVT-248.

Застосування методів математичного моделювання дозволяє мінімізувати необхідність проведення експериментів з реальними технічними системами та об'єктами. оцінити всю систему транспортного засобу (двигун, трансмісія, підвіска, вага, геометрія, інерція тощо), оскільки вона взаємодіє з ґрунтом, рослинністю, схилами, канавами, курганами та іншими особливостями у синергетичний спосіб.

AVT-248 розробила нові сучасні методи що покращило результати NRMM за допомогою моделей, заснованих на фізиці, щоб замінити емпіричний підхід, який використовується в NRMM.

Узагальнення результати пошуку показала нам, що вивчення і впровадження звіту науково-технічної організації НАТО AVT-248 Next-Generation. NRMM 2020 року [1] є придатним для вивчення експлуатаційних властивостей (прохідності, швидкохідність, стійкість) як цивільної так і військової автомобільної техніки в реальних умовах України.

1. AVT-248 Next-Generation NATO Reference Mobility Model (NRMM). 2020. 519 p. DOI:10.14339/CTO-TP-AVT-248
2. Jones R., Ciobotaru T., Galway M. (eds). NATO Reference Mobility Modeling, NATO RTO Technical Report. 2011. TR-AVT-107.
3. Liston R. A. The Land Locomotion Laboratory. *Journal of Terramechanics*. 1965. Vol. 2(4). URL: [https://doi.org/10.1016/0022-4898\(65\)90132-1](https://doi.org/10.1016/0022-4898(65)90132-1) (дата звернення: 22.04.2023).
4. AMC '71 Mobility Model. *Technical Report*. 1973. No. 11789 (LL 143).
5. Haley P. W., Jurkat M. P., Brady P. M. NATO Reference Mobility Model, Ed. I Users Guide. 1979. Vol. 1 (ADB047979) and Vol. II (ADB047980). URL: <https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/tdg/TERRAMECHANICS%20AND%20MOBILITY/b047980.pdf> (дата звернення: 22.04.2023).
6. Ahlvin R. B. and Haley P. W. NATO Reference Mobility Model, Edition II, NRMM II User's Guide, Technical Report GI-92-19, US Army Corps of Engineers Geotechnical Laboratory, Vicksburg, MS. 1992.
7. Willoughby W. E., Jones R. A., Cothren C. D., Moore D. W., Rogillio D. M. US Army Wheeled Versus Tracked Vehicle Mobility Performance Test Program. Report 1. Mobility in slippery Soils and Across Gaps. 1991. Vol. 1. Program Summary, ADB152890 (restricted to US Government only).
8. McClelland R. 2002. A Proposed NATO Study Group on Ground Vehicle Mobility Modeling, presentation to NATO AVT Panel, October 2002.

УДК 631.372/629.115

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН В АПК

Володимир Пахаренко, Микола Голотюк, Олена Налобіна

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

У сучасних умовах функціонування сільськогосподарських підприємств роль ефективного забезпечення технологічних процесів машинними комплексами, а також роль технічної служби, як найважливішої складової функціонування машинно-тракторного парку агропромислового комплексу, зростає багаторазово.

У більшості випадків оптимізація параметрів технічного обслуговування досягається за рахунок вирішення однієї з двох завдань – забезпечення необхідних робіт з мінімальними витратами на обслуговування або забезпечення максимального рівня робіт, можливих при обмежених витратах.

Для складних технічних систем, які все більш широко використовуються в сільськогосподарських підприємствах і різних сервісних підрозділах, зниження показників нижче допустимого рівня може привести до серйозних наслідків, в зв'язку з чим показники ефективності є пріоритетними, а витрати, як менш важливі, розглядаються як об'єктивна оптимізаційна функція.

Завдання оптимізації системи технічного обслуговування залежать від типу і складності технічного об'єкта, виконуваних ним функцій, виду і кількості можливих станів і т. д. Організація технічного обслуговування машинно-тракторного парку (МТП) повинна бути організована за територіальною ознакою, так як основним засобом виробництва є сільськогосподарські угіддя.

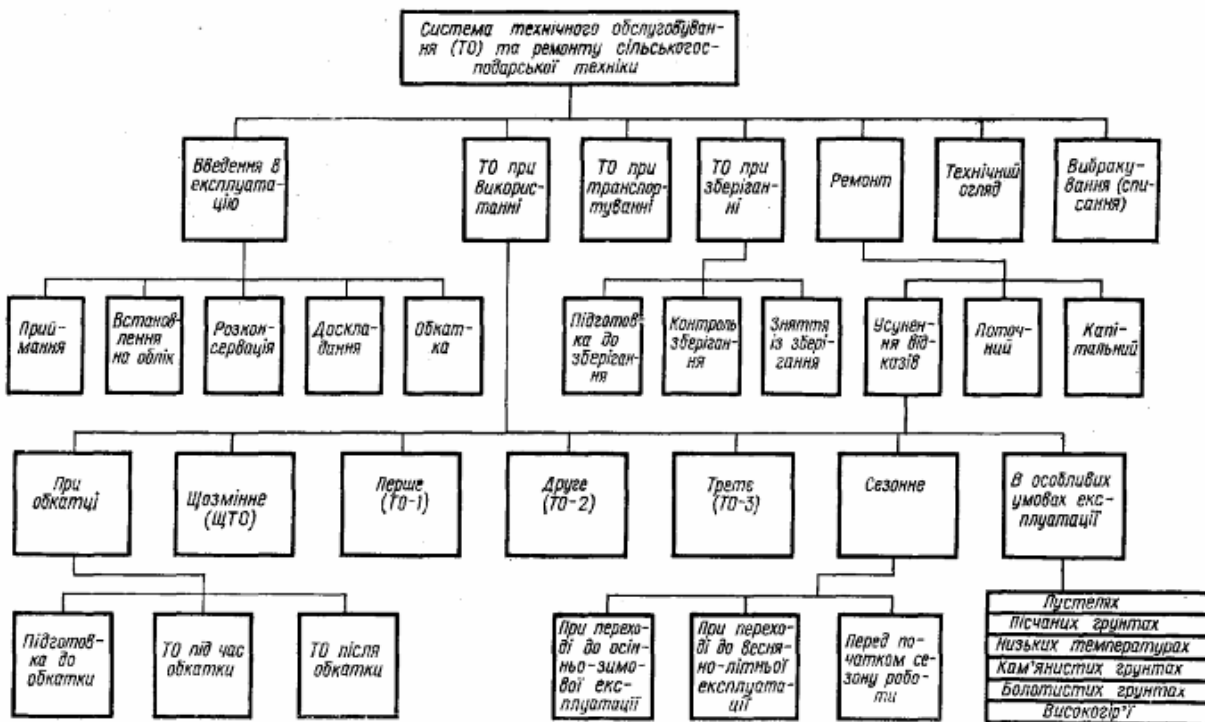


Рисунок. Схема системи технічного обслуговування машин

Розподіл засобів технічного обслуговування по всьому регіону ускладнює збір і обробку управлінської інформації, що призводить до створення колл-центрів і диспетчерських (інформаційних) центрів для прийому інформації, передачі по лініях комутації, а також зберігання та аналізу [1; 2; 3].

Найбільш трудомісткими є операції зі збору і первинної інформації про виходи з ладу машин, обладнання, час роботи тракторів та іншої самохідної техніки для виявлення трудовитрат на обслуговування, ремонт, а також потреби в запасних частинах, паливно-мастильних матеріалах і технологічних рідинах.

Інформація узагальнюється в журналах, виписках, рахунках-фактурах та інших первинних документах, оцифровується і передається лініями зв'язку.

Сезонність сільськогосподарського виробництва в рослинництві забезпечує зайнятість в сезон ремонтно-збиральних робіт і скорочення потоку заявок на транспортні засоби в осінній зимовий період, що може бути компенсовано зимовими ремонтами машинно-тракторного парку, централізованим відновленням зношених деталей в осінньо-зимовий період, створенням обмінного фонду і резервів запасних частин, деталей і вузлів, диверсифікацією виробництва автотранспортних підприємств.

До основних принципів управління, які можуть бути застосовані в МС, зазвичай відносять: розподіл повноважень; визначення темпів і пропорцій технічного обслуговування по відношенню до потоку запитів на технічне обслуговування і ремонт; економічні та зовнішньоекономічні методи мотивації персоналу; використання інноваційних технологій; розподіл обов'язків по відділах, підрозділах, структурування та ієрархія; управління персоналом; ефективність і ресурсне забезпечення; поєднання галузевого і територіального управління; єдність процесів як послідовність кількісних і якісних змін; матеріальна зацікавленість персоналу; визначення домінанти розвитку.

Адаптація системи технічного обслуговування до мінливих умов агропромислового комплексу забезпечується шляхом інтеграції ресурсів сільгоспвиробників, спеціалізованих логістичних організацій, виробників техніки – пропонується гібридна структура для організації технічного обслуговування в агропромисловому комплексі. Також пропонується використовувати такі принципи: удосконалення технічного сервісу, як систем управління надійністю технологічних систем; створення гібридних систем транспортних засобів у вертикально інтегрованих структурах шляхом спеціалізації, кооперування та інтеграції ресурсів сільгоспвиробників, спеціалізованих логістичних організацій та виробників нової техніки; модернізація та впровадження інноваційних методів технічного обслуговування; включення малого бізнесу в сфері транспортних засобів в АПК в систему дилерських і сервісних фірм; державно-приватне партнерство; імпортозаміщення на основі включення станцій і пунктів транспортного засобу в агропромисловий комплекс.

1. Оптимізація рівня технічної готовності рухомого складу на основі витрат на сервісні обслуговування / О. І. Субочев, О. Є. Січко, М. Г. Погорелов, Р. А. Горбань. *Вісник Національного транспортного університету. Сер. Технічні науки*. К. : НТУ, 2020. Вип. 1(46). С. 313–323.

2. Коновалюк О. В., Кіяшко В. М., Колісник М. В. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : навч. посіб. К. : Аграрна освіта, 2013. 404 с.

3. Андрусенко С. І., Бугайчук О. С. Організація технічної експлуатації автомобілів в Україні за сучасних умов. *Вісник НТУ. Сер. Технічні науки* : наук.-техн. зб. К. : НТУ, 2016. Вип. 1 (34). С. 12–20.

УДК 62-182.66:621.979:621.9.048.6

ОЗДОБЛЮВАЛЬНО-ЗАЧИЩУВАЛЬНА ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ У ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВІЙ УСТАНОВЦІ

Пікула Микола

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

Темпи розвитку сучасних технологій машинобудівної галузі, зокрема автомобільної промисловості, та ремонтного виробництва потребують пошуку нових високопродуктивних методів оздоблювально-зачищувальної обробки (ОЗО), які виконують:

1) очищувальні операції: очищення поверхні деталей від пригару після лиття в разові форми, від окалини після термообробки, від корозії та поверхневих забруднень; видалення облою з деталей, отриманих литтям під тиском; видалення задирок на деталях, отриманих холодним листовим штампуванням і різанням;

2) оздоблювальні операції: підготовка поверхонь деталей під гальванічні покриття; полірування.

Одним з ефективних шляхів реалізації ОЗО є обробки деталей машин гранульованими обробними середовищами в технологічних системах, робочі органи яких здійснюють складні рухи. Це зумовлює перспективність їх застосування для підвищення продуктивності оздоблювально-зачищувальної обробки.

Разом з тим, незважаючи на різноманіття конструкцій установок, існує чимало невирішених питань, що певною мірою стримує практичне застосування ОЗО в гранульованих середовищах. Зокрема, нема єдиного підходу до опису кінематики руху інгредієнтів обробних середовищ та їх контактної взаємодії з оброблюваною деталлю, недостатньо теоретично обґрунтовано зв'язок якості та інтенсивності процесу з конструктивними параметрами установок, відсутні відповідні аналітичні залежності.

Однією з найпоширеніших методів ОЗО є вібраційна обробка деталей у середовищі гранульованого абразиву, якому надаються коливання в діапазоні низьких частот (15–25 Гц) та амплітуд 2–10 мм. Однак в основному, вібраційна обробка більшою мірою реалізується в установках з дебалансними вібраторами. Траєкторія руху робочої камери і робочого середовища в установках такого типу нестабільна в часі. Закономірність її руху залежить від багатьох факторів: конструкції пружин, їх жорсткості й розміщення, маси робочого середовища і конфігурації оброблюваних деталей та кінематики приводу. Це створює певні незручності для контролю й прогнозування результатів технологічного процесу.

Більш точні розрахунки параметрів обробки характерні для вібраційних установок з жорсткою кінематичною схемою ланок механізму приводу, яка визначає закономірність руху робочої камери і не змінюється в часі. Наприклад, вібраційно-відцентрова установка із жорсткою кінематичною схемою з об'ємними кутовими коливаннями камери [1] дозволяє забезпечити високоенергетичний процес обробки деталей у робочій зоні, яка створена центральною циліндричною вставкою та двома напівбарабанами, вільно встановленими на вставці. Напівбарабани обертаються у вставці, причому їх приводи забезпечують їх зустрічне обертання. А встановлення циліндричної вставки в карданному підвісі забезпечує її коливальний рух. Крім того, компоновання установки з горизонтальною віссю робочої камери забезпечує максимальну компактність і дозволяє:

- 1) реалізувати процес об'ємної ОЗО по всьому контуру профілю деталі;
- 2) забезпечити безперешкодне проходження деталей через робочу зону.

Переміщення маси завантаження у такій установці можна розділити на два етапи:

- 1) рух у безпосередньому контакті з робочими поверхнями вставки і напівбарабанів;
- 2) рух у відриві від робочих поверхонь вставки і напівбарабанів.

Аналіз кінематики руху частинок обробного середовища, що прилягає до стінки камери, дозволяє отримати залежності абсолютної швидкості та прискорення частинок обробного середовища від геометричних характеристик вставки та кута його коливання до осі обертання. Це є початковими умовами для визначення динамічних характеристик середовища на другому етапі, що дозволяє отримати співвідношення визначення кута їх відриву, коли елементи маси завантаження переходять у ковзний режим. При скочуванні верхні шари маси завантаження обертаються навколо своїх осей, втягуючи прилеглі шари частинок мас завантаження, які в результаті перекочуються відносно один одного. Крім цього, при скочуванні лавиною по нерівній поверхні нижчих шарів відбуваються удари невеликої сили та ковзання часток мас завантаження.

Інтенсивність перебігу цих процесів залежить від габаритів камери, мас частинок обробного середовища, коефіцієнта заповнення робочої камери, швидкості обертання напівбарабанів, геометрії робочого об'єму та інших факторів.

Зміна інтенсивності впливу на оброблювану деталь обумовлена зміною кількості ковзних шарів середовища в процесі передачі енергії деталі від стін ротора. Зміна кута коливання вставки щодо осі її підвісу забезпечує додаткове поздовжнє переміщення маси обробного середовища і суттєво змінює її загальний характер руху. Маса завантаження може вільно переміщатися між напівбарабанами (від периферії до центру і назад), здійснюючи циркуляційний рух, змінюючи при цьому щільність середовища в підсекціях. Частинки обробного середовища в зоні ковзання здійснюють складний рух – поступальне переміщення разом з елементарним шаром, та коливання з незначною амплітудою.

Як впливає із запропонованої моделі руху частинок обробного середовища в робочій зоні установки, шари обробного середовища в області підвісу вставки мають малу швидкість руху. Тому поверхні деталі, що потрапляють у цю область, будуть піддаватися слабкому впливу з боку частинок і, як наслідок, зазнають менш ефективної обробки. В умовах реальної обробки миттєві центри руху інгредієнтів обробного середовища не мають чітко фіксованого становища, хаотично змінюють його. Тому для практичних розрахунків товщину ковзного шару з достатнім ступенем ймовірності можна прийняти на рівні половини висоти завантаження обробного середовища в робочу зону установки.

З вищевикладеного слідує, що основними характеристиками, що визначають динамічний стан обробного середовища і, як наслідок, технологічний ефект обробки визначається тиском середовища та швидкістю його переміщення. Саме в сукупності ці два фактори визначають щільність енергетичного впливу потоку обробного середовища на поверхню деталі, і ефективність обробки.

Висновки: 1. На основі аналізу руху частинок обробного середовища у вібраційно-відцентровій установці встановлено, що основними геометричними та кінематичними характеристиками, що визначають технологічний ефект обробки, є кут коливання циліндричної вставки відносно осі обертання та частота обертання напівбарабанів.

2. Надання деталі додаткового зустрічного обертання деталі відносно напрямку руху потоку гранул обробного середовища, додатково інтенсифікує процес обробки поверхонь за рахунок збільшення часу контактної взаємодії з нею частинок обробного середовища.

3. Найбільший технологічний ефект ОЗО в установці досягається в умовах її завантаження 60–70% об'єму робочої зони і швидкості обертання напівбарабанів не більше 50–60 об/хв.

4. Встановлення закономірностей обробки деталей у вібраційно-відцентровій установці дозволить розробити конструкторсько-технологічні рекомендації для реалізації технології ОЗО.

УДК 621.43+621.43.016.4+681.518

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ ДВИГУНА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Дмитро Погорлецький

*Херсонська державна морська академія,
вул. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000*

Розглядаються конструктивні та технологічні особливості адаптації системи теплової підготовки під час експлуатації транспортного двигуна, що працює як на бензині, так і на зрідженому газовому паливі. Наведено результати експериментальних досліджень теплової підготовки двигуна транспортного засобу в різних експлуатаційних умовах. Описано особливості інформаційного комплексу для дистанційного моніторингу та керування процесами теплової підготовки автомобільного двигуна з тепловим акумулятором фазового переходу в умовах експлуатації.

Для дослідження процесів теплової підготовки транспортного двигуна, обладнаного системою упорскування зрідженого газового нафтового палива, в умовах експлуатації необхідно реєструвати параметри технічного стану транспортного засобу. До них належать такі параметри: витрата палива, температури технологічних рідин (у різних контурах системи охолодження), часу теплової підготовки, частоти обертання, швидкості та положення транспортного засобу у просторі (на карті місцевості) та інші. Здійснення дистанційного моніторингу транспортного засобу в режимі реального часу здійснювалося за допомогою системи, розробленої авторами та описаної раніше [1; 2; 3].

Для моніторингу процесів теплової підготовки використовувалася додаткова система моніторингу на основі, виготовлених авторами, датчиків для теплоносіїв у системі охолодження двигуна транспортного засобу, трекеру та системи комунікацій [4; 5]. Система моніторингу параметрів технічного стану транспортного засобу в експериментальних дослідженнях включала: штатні датчики транспортного двигуна і транспортного засобу, штатні датчики системи подачі газового палива, електронного блоку управління (ЕБУ) транспортного двигуна та ЕБУ системи подачі газового палива, лінії системи стандарту OBD-II, адаптер (сканер) OBD-II [1; 2; 3; 5].

У процесі експериментальних досліджень метою ставилася дистанційна реєстрація процесів теплової підготовки транспортного двигуна.

Отримані значення параметрів технічного стану зіставлялися на основі інформації з двох джерел: від адаптера (сканера) OBD-II через інформаційний блок (42 параметри технічного стану) [1; 2; 3] та додатковий трекер з додатковими датчиками температури теплоносіїв у системі охолодження двигуна транспортного засоби (12 параметрів технічного стану) [4; 5].

Експериментальні дослідження теплової підготовки проводилося на бензиновому автомобілі KIA CEE'D 2.0 5MT2 обладнаним двигуном G4GC (4FS 8.2/9.35). Для проведення експериментальних досліджень двигун додатково оснащений комплектом газобалонного обладнання 4-покоління (інжекційний газовий редуктор Tomasetto AT-09 Alaska, форсунками Napa, блоком керування STAG, температура запуску газової апаратури (за температурою охолоджуючої рідини) встановлена + 45°). Теплова підготовка двигуна здійснювалася за допомогою встановлення теплового акумулятора з фазово-перехідним теплоакumuлюючим матеріалом. Додатково встановлено датчики температури в системі охолодження транспортного двигуна G4GC для проведення експериментальних досліджень щодо теплової

підготовки (рисунок). На рисунку показано розташування датчиків температури в системі охолодження [1–6] транспортного двигуна G4GC для проведення експериментальних досліджень щодо теплової підготовки. Як датчики використовувалися датчики температури Arduino DS18B20 [4].



Датчик 1 – патрубок системи охолодження на виході з блоку циліндрів



Датчик 2 – патрубок радіатора обігрівача салону



Датчик 3 – патрубок дросельної заслінки



Датчик 4 – патрубок газового редуктора випарника

Рисунок. Розташування датчиків температури у системі охолодження транспортного двигуна G4GC

Датчики були встановлені за допомогою спеціально виготовлених перехідників у патрубках системи охолодження, в найбільш теплонавантажених або найбільш важливих місцях системи охолодження: датчик 1 на виході з блоку циліндрів; датчик 2 перед радіатором обігрівача салону; датчик 3 перед дросельною заслінкою; датчик 4 перед газовим редуктором випарником [5]. У процесі дослідження на першому етапі ставилося завдання встановити характер прогріву різних контурів системи охолодження транспортного двигуна G4GC в залежності від зміни температури навколишнього середовища та варіанту прогріву в умовах експлуатації транспортного засобу. Це необхідно для приведення рекомендацій щодо встановлення газового редуктора та теплового акумулятора в умовах експлуатації.

Для дистанційної реєстрації параметрів температур теплоносія у різних контурах системи охолодження двигуна G4GC використовувався спеціальний компактний GPS/GSM трекер, цей термінал виконував додаткове визначення швидкості та координат транспортного засобу, передавав їх по мережі GSM спільно з даними температур транспортного двигуна, обмін інформацією здійснюється через мережі отримання та передачі інформації, а саме GPS, A-GPS, GPRS, Internet або локальну мережу. До системи моніторингу параметрів технічного стану передаються параметри стану транспортного засобу та транспортного двигуна. Результати проведених вимірювань транспортного двигуна при роботі на рідкому нафтовому

паливі з використанням адаптера (сканера) OBD-II транспортного засобу описані та показані в роботах [1–6].

Реєстрація параметрів транспортного двигуна під час роботи на газовому паливі проводилася аналогічно. Експериментальні дослідження транспортного засобу проводилися в температурному діапазоні в умовах навколишнього середовища від -20 до +20° С.

Одне з основних завдань дослідження – встановити експериментальним шляхом температури включення подачі газу у різних контурах системи охолодження. Це необхідно для того, щоб надалі визначити місце розміщення газового редуктора та теплового акумулятора фазового переходу, для забезпечення якісної теплової підготовки двигуна ТЗ в умовах експлуатації.

Місця встановлення датчиків температури в системі охолодження двигуна ТЗ, працюючого на зрідженому газовому паливі, були обрані для проведення аналізу температур охолоджуючої рідини в різних контурах системи охолодження. Це необхідно для визначення місця установки газового редуктора-випарника та теплового акумулятора фазового переходу, для здійснення швидкого прогріву системи охолодження двигуна ТЗ та переходу на живлення зрідженим газовим паливом використовувався тепловий акумулятор фазового переходу [1–5]. У процесі проведеного дослідження було виявлено, що швидше здійснюється прогрівання рідини, що охолоджує, на виході з блоку циліндрів ДВЗ (датчик № 1), потім радіатор обігрівача салону (датчик № 2), а за ним – дросельна заслінка (датчик № 3).

За рахунок отриманих в ході дослідження даних, можемо рекомендувати встановлення та підключення:

- газового редуктора на виході з блоку циліндрів двигуна ТЗ. У цьому випадку прогрів газового редуктора може здійснюватися відразу після прогріву двигуна і температура в ньому не буде значно відрізнятися від температури охолоджувальної рідини ДВЗ;

- теплового акумулятора фазового переходу для передпускового прогріву ДВЗ транспортного засобу та підтримання заданої температури системи охолодження – на вході в блок циліндрів двигуна ТЗ по ходу циркуляції охолоджуючої рідини. Це забезпечить одночасне прогрівання блоку циліндрів та газового редуктора випарника, що в свою чергу, забезпечить своєчасний перехід системи живлення на зріджене газове паливо.

1. Gritsuk I., Mateichyk V., Aleksandrov V., Prilepsy Y. et al. Features of Modeling Thermal Development Processes of the Vehicle Engine Based on Phase-Transitional Thermal Accumulators. *SAE Technical Paper 2019-01-0906*. 2019. URL: <https://doi.org/10.4271/2019-01-0906>. (дата звернення: 22.04.2023).

2. Gritsuk I., Pohorletskyi D., Mateichyk V., Symonenko R. et al. Improving the Processes of Thermal Preparation of an Automobile Engine with Petrol and Gas Supply Systems (Vehicle Engine with Petrol and LPG Supplying Systems). *SAE Technical Paper 2020-01-2031*. 2020. doi:10.4271/2020-01-2031.

3. Погорлецький Д. С. Структура вимірювального комплексу для дослідження роботи транспортного засобу з двигуном, обладнаним системою впорскування газового палива, в умовах експлуатації засобами ITS. *Системи і засоби транспорту. Проблеми експлуатації і діагностики* / за ред. Гришука Ігоря. Херсон, ХДМА, 2019. С. 383–394.

4. Arduino цифровий датчик температури DS18B20. URL: <http://arduino-diy.com/arduino-tsifrovoy-datchik-temperature-DS18B20>. (дата звернення: 22.04.2023).

5. Gritsuk I. V. The development and the study of the combined heating system of engines and vehicles. *Herald of Kharkiv National Automobile and Highway University*. 2015. 70. P. 23–32.

6. Особливості теплової підготовки транспортного двигуна в умовах експлуатації / Д. С. Погорлецький, В. П. Матейчик, А. П. Полівінчук, М. В. Володарець, М. П. Цюман. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь : ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. Вип. 19. Т. 4. С. 286.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЦІНИ ВЖИВАНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ВІД ТЕХНІЧНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ

Олександр Стадник^{1,2}, Володимир Ключко¹

¹Національний університет водного господарства та природокористування,
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028

²Науково-виробнича фірма «Продекологія»

Кількість електрокарів стрімко зростає, що пов'язано з їх екологічністю. У всьому Світі станом на кінець 2020 року налічувалося 9,9 млн. електромобілів. [1]. В Україні кількість електромобілів також швидко збільшується. Станом на 1 січня 2022 року їх кількість становила 33592 одиниці [2], що менше 1% від загальної кількості від усіх легкових автомобілів. Найбільш поширеними моделями електромобілів, що обирають в Україні є Nissan Leaf, Tesla Model 3, Renault Zoe, Volkswagen E-Golf, Chevrolet Bolt та інші [3]. Основною проблемою використання електромобілів в Україні є недостатньо розвинена інфраструктура, зокрема, недостатня кількість станцій для підзарядки тягових акумуляторних батарей.

Ціна електромобілів на вторинному ринку суттєво залежить від їх марок і основних технічних та експлуатаційних показників, таких як вік, пробіг, потужність двигуна, ємність акумуляторної батареї, запасу ходу та технічний стан.

Після початку експлуатації ціна вживаного електромобіля знижується і залежить, в основному, від залишкового ресурсу основних його комплектуючих. У перші роки експлуатації ціна є близькою до ринкової, її зниження не таке суттєве. Далі настає період рівномірного зниження ціни майже до рівня у 2–3 рази вищого залишкової вартості матеріалів з яких виготовлений електромобіль. В кінці періоду експлуатації зниження ціни не таке суттєве і прямує до залишкової вартості матеріалів електромобіля. Залишковий ресурс транспортного засобу класично визначають за пробігом, але фактор періоду експлуатації (віку) є також вагомим, оскільки коли електромобіль тривалий час залишається на простой все одно відбуваються хімічні реакції у літій-іонній акумуляторній батареї, старіють і втрачають експлуатаційні якості пластикові та гумові частини, відбувається корозія деталей. Ці всі процеси підпорядковуються експоненційному закону в залежності від віку транспортного засобу. З іншого боку, зношення механічних передач, підшипників залежить в основному від пробігу. Зниження їх ресурсу також підпорядковується експоненційному закону від пробігу. Отже, якщо річний пробіг електромобіля змінюється у невеликому діапазоні, то зниження його ціни має відповідати експоненційному закону залежно від віку. З урахуванням того, що електромобілі експлуатуються в Україні порівняно невеликий період (до 11 років для проаналізованих у роботі марок) і їх ціна в цей період знижується рівномірно у роботі були виконані дослідження з урахуванням лінійного закону зниження ціни залежно від віку і пробігу.

У попередніх дослідженнях виконано аналіз залежності ціни вживаних електромобілів найбільш поширеної в Україні марки Nissan Leaf від віку, пробігу, потужності електродвигуна, ємності тягової акумуляторної батареї та запасу ходу [4, 5] за даними сайту AVTO.RIA. Також, актуальними є аналогічні дослідження для марки Tesla Model 3, Renault Zoe, якими були доповнені ці дослідження.

Метою роботи є визначення впливу основних технічних та експлуатаційних показників на ціну вживаних електромобілів вторинного ринку України на основі аналізу інформації за даними сайту AVTO.RIA.

Основні показники електромобілів, що були проаналізовані за даними сайту AVTO.RIA [6]: ціна, вік, пробіг, потужність двигуна, ємність акумуляторної батареї, запас ходу. Інформація

була проаналізована станом на 28 січня 2023 року у межах всієї України по марках електромобілів Nissan Leaf, Tesla Model 3 та Renault Zoe.

Дослідження були виконанні у такій послідовності. На сайті AVTO.RIA були відібрані пропозиції по електромобілях Nissan Leaf, Tesla Model 3 та Renault Zoe та розбито на сторінки по 20 пропозицій. З кожної сторінки було обрано один електромобіль за допомогою онлайн генератора випадкових чисел [7] (<https://generator-online.com/uk/numbers/>). Якщо обрана пропозиція виявлялася автомобілем, що був у складній ДТП, ціна якого потенційно може не адекватно відображати загальні тенденції залежності від технічних та експлуатаційних показників, то така пропозиція відкидалася. Також були виключені пропозиції, які не містили обраних для аналізу показників. У такому випадку для цієї сторінки генерувалося інше випадкове число, щоб обрати з групи 20 електромобілів один. З отриманих масивів були отримано рівняння регресії залежності ціни електромобіля від основних технічних та експлуатаційних показників.

За результатами лінійного регресійного аналізу було виключено незначимі фактори та отримані рівняння регресії для розрахунку ціни вживаних електромобілів Nissan Leaf, Tesla Model 3 та Renault Zoe залежно від віку, пробігу потужності двигуна ємності акумуляторної батареї та запасу ходу:

$$\text{Nissan Leaf} \quad P = 73066 - 706,3A + 27,4W + 68,4E + 44,8D, \text{ USD}, \quad (1)$$

$$\text{Tesla Model 3} \quad P = 21766 - 1350,7A - 45,1L + 37,5W + 22,8D, \text{ USD}, \quad (2)$$

$$\text{Renault Zoe} \quad P = 172385 - 969,7A + 10,5L + 57,2E + 6,0D, \text{ USD}, \quad (3)$$

де P – ціна електромобіля, USD; A – вік, років; L – пробіг, тис. км; E – ємність акумуляторної батареї, кВт·год; W – потужність електродвигуна, кВт; D – запас ходу, км.

Коефіцієнти кореляції для отриманої залежностей становить 0,813–0,957, що свідчить про тісний зв'язок, середня похибка 5,8–7,4%.

Кожен наступний рік експлуатації електромобіля марки Nissan Leaf знижує його ціну на вторинному ринку на 706,3 USD, електромобіля марки Tesla Model 3 – на 1350,7 USD, електромобіля марки Renault Zoe – на 969,7 USD. У відсотках ціна електромобіля марки Tesla Model 3 зменшується на 3,8% за рік відносно середньої (досліджуваний вік становив від 1 до 6 років), тоді як ціна електромобілів марки Nissan Leaf знижується на 4,9% (досліджуваний вік становив від 1 до 11 років) [4; 5], а електромобілів марки Renault Zoe – на 5,3% (досліджуваний вік становив від 1 до 9 років)

Кожні 10 тис. км пробігу знижують ціну електромобіля марки Tesla Model 3 на 451 USD, а електромобіля марки Renault Zoe – на 105 USD. Усі інші досліджувані параметри збільшують ціну електромобілів на вторинному ринку. З урахуванням можливих діапазонів міни параметрів що сприяють збільшенню ціни електромобілів найбільш суттєво на її значення впливає запас ходу. Кожні 10 км запасу ходу сприяють збільшенню ціни вживаного електромобіля марки Nissan Leaf на 448 USD, електромобіля марки Tesla Model 3 – на 228 USD, а електромобіля марки Renault Zoe – на 60 USD.

Найбільш суттєво на ціну електромобілів впливає їх вік (рисунок). Між цими параметрами простежується середній та тісний зв'язок з коефіцієнтом кореляції від 0,58 (Tesla Model 3) до 0,92. Це пов'язано з тим, що у перші роки експлуатації автовласники, як правило, продають електромобілі по ціні близькій до ціни купівлі на первинному ринку.

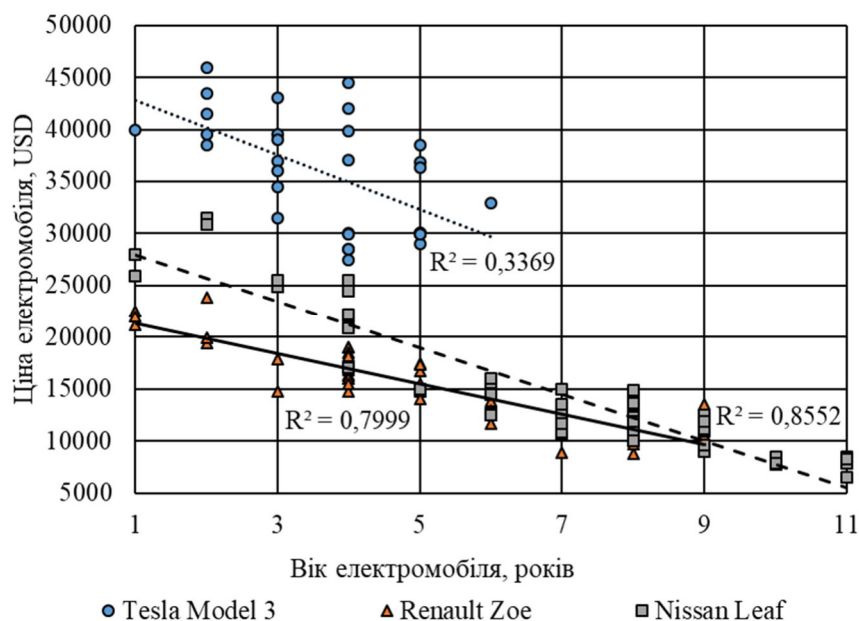


Рисунок. Залежність цін електромобілів марок Nissan Leaf, Tesla Model 3 та Renault Zoe від віку

У результаті виконання роботи отримано рівняння регресії, що показує залежність ціни вживаних електромобілів марок Nissan Leaf, Tesla Model 3 та Renault Zoe від віку, пробігу потужності двигуна і запасу ходу, яке може бути застосоване для перевірки адекватності цінових пропозицій на вторинному ринку та оцінити рівень впливу на ціну кожного досліджуваного параметру. Доцільно виконати аналогічні дослідження по інших популярних марках електромобілів вторинного ринку України.

1. Аналітики порахували кількість електромобілів у світі. URL: <https://autogeek.com.ua /analyky-porakhuvaly-kilkist-elektromobiliv-u-sviti-majzhe-polovyna-z-nykh-v-kytai/> (дата звернення: 28.01.2023).
2. Стало відомо, наскільки зросла кількість електромобілів в Україні на 1 січня 2022 року. URL: <https://www.rbc.ua/ukr/auto/utsu-1641112445.html> (дата звернення: 28.01.2023).
3. В Україні росте ринок електромобілів. URL: <https://eauto.org.ua/news/61-zafiksuvali-pik-prodazhiv-elektromobiliv-v-ukrajini-nauporulyarnishi-modeli-zhovtnya> (дата звернення: 28.01.2023).
4. Стадник О., Морозюк С., Ключко В. (студент). Аналіз залежності ціни вживаних електромобілів Nissan Leaf від технічних та експлуатаційних показників. *Покращення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів і машин* : зб. тез Міжнародної науково-технічної конференції (Київ, 16–17 листопада 2022 року). Київ : НТУ, 2022. С. 93–95.
5. Stadnyk O. Analysis of used Nissan Leaf electric cars price dependence on technical and performance indicators. *European scientific congress* : book of abstracts of the 1st International Scientific and Practical Conference (Madrid, Spain, February 20–22, 2023) Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 2023. P. 176–179.
6. AVTO.RIA. URL: <https://auto.ria.com/uk/> (дата звернення: 28.01.2023).
7. Генератор випадкових чисел. URL: <https://generator-online.com/uk/numbers/> (дата звернення: 28.01.2023).

УДК 629.3.018.7+629.113(075.5)

ДО ПИТАННЯ ЗРУЧНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Ігор Хітров

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

Під зручністю використання транспортного засобу (далі в тексті – ТЗ) розуміємо комплексну експлуатаційну якість, яка характеризується сукупністю певних властивостей, що визначаються його конструктивними особливостями, зокрема: готовністю до руху, запасом ходу, компактністю, легкістю керування, плавністю ходу, маневреністю, комфортністю, зручністю виконання навантажувально-розвантажувальних робіт та зручністю посадки і висадки пасажирів [1].

Готовність до руху характеризує пристосованість ТЗ до поїздки (виїзду з місця стоянки) і виконанню транспортної роботи у найкоротший термін. Мінімізація затрат часу на підготовку ТЗ до виїзду збільшує його продуктивність і підвищує ефективність поїздки (виконання завдання). Це особливо актуально для ТЗ служб невідкладної медичної допомоги, пожежних, аварійно-рятувальних та інших [2].

Тривалість підготовки ТЗ до виїзду, в основному, визначається умовами зберігання, пристосованістю його конструкції до швидкого пуску за низьких температур, рекомендованої тривалості прогріву двигуна, пускових властивостей, відповідною облаштованістю кабіни або кузова для конкретних потреб.

Суттєве значення для експлуатації відіграє запас ходу ТЗ, який визначається найбільшим пробігом (кілометражем). Як правило, запас ходу повинен відповідати найбільшому добовому пробігу для обраного типу ТЗ без проміжної заправки. При поїздки на далекі відстані за запас ходу приймається необхідна відстань між заправними пунктами. Для оцінки експлуатаційних якостей ТЗ прийнято визначати запас ходу за встановленими експлуатаційними нормами.

Легкість керування визначає умови роботи водія, тобто затрати праці на управління ТЗ. Водіння ТЗ супроводжується постійним зоровим напруженням водія, оскільки потребує контролю на змінну дорожніх умов керуючими діями, однак збільшує його втому. Зменшення втоми під час керування ТЗ підвищує безпеку руху.

Плавність ходу виизначає пристосованість ТЗ до руху з найменшими коливаннями, які виникають при їзді нерівностями дороги. Від плавності ходу залежить збереженість вантажу, рівень втоми пасажирів [3].

Комфортність поїздки, в першу чергу, забезпечується зручними сидіннями і вільним навколишнім простором салону ТЗ. Сидіння повинно забезпечувати зручне положення тіла водія і пасажирів, а також бути в міру пружним. Найзручніша поїздка забезпечується при відношенні коливань пасажирів на сидінні до частоти коливань кузова 1,6–2,0 [1].

Комфортність також визначається достатньо надійною захищеністю водія і пасажирів від атмосферних впливів, пилу, шумів, проникненню відпрацьованих газів і парів палива, можливості підтримання відповідного мікрокліму в середині ТЗ. Широко застосовуються пристрої додаткового комфорту як встановлення системи фільтрації, вентиляції і кондиціонування повітря, освітлення, радіомовлення, наявності холодильного відділення, тощо.

Комфортність автобусів визначається чотирма класами, які позначаються символом – * (зірка), кількість яких збільшується відповідно до підвищення класу комфортності. Вищий клас позначають – ****, нижчий – * [4].

Пристосованість для посадки і висадки пасажирів пасажирського ТЗ (автобусів) визначається шириною і висотою дверного проходу, напрямом розкривання дверей, числом

сходинок та їх висотою, зручністю розташуванням поручнів. Для зменшення можливості потрапляння пасажирів під колеса під час його рушання з місця задні двері автобуса розміщують позаду задніх коліс.

Конструктивне виконання складних (зсувних) дверей автобуса повинно виключати можливість забруднення одягу пасажирів. Наприклад, у відкритому положенні (під час здійснення посадки і висадки пасажирів) зсувні двері складаються таким чином, що внутрішня її частина буде направлена в сторону проходу.

Зручність посадки і висадки пасажирів впливає не тільки на зручності, створені для пасажирів, але і на тривалість простоїв автобусів на зупиночних пунктах. Для міських автобусів, час який затрачається на посадку і висадку пасажирів складає значну частину загального часу, тому в конструктивному виконанні таких ТЗ передбачається декілька дверей, низько розташовану підлогу салону, великі накопичувальні площадки.

Для легкового ТЗ пристосованість для посадки і висадки пасажирів характеризується розмірами дверного отвору і напрямом відкривання дверей. В більшості випадків кріплення (підвішування) дверей спереду, що характеризується як більш безпечне (під час руху відкривання дверей на ходу перешкоджає зустрічний потік повітря), також покращується оглядовість за задньою частиною ТЗ під руху заднім ходом при відкритих водійських дверях, хоча дещо погіршує зручність виходу пасажирів.

Пристосованість ТЗ для вантажно-розвантажувальних робіт – це властивість ТЗ забезпечувати виконання даних робіт з дотриманням відповідних умов і норм часу [5].

Пристосованість ТЗ для вантажно-розвантажувальних робіт характеризується наступними елементами його конструкції: навантажувальною висотою підлоги платформи або кузова; здатністю виконувати навантаження з різних сторін; розмірами, розміщенням і конструкцією дверей (у випадку закритого кузова); наявністю спеціальних пристроїв (підйомні борти, крани та інші) для підвищення ефективності процесу.

Оцінка пристосованості конструкції ТЗ найпоказовіша шляхом їх порівняння за типовими різновидами однакової вантажопідйомності. Пристосованість ТЗ для виконання таких робіт визначається відповідністю конструкції і тими умовами, для яких він буде застосовуватися [5]. Хоча навантажувальна висота підлоги платформи або кузова ТЗ різної вантажопідйомності наразі не регламентована, але, наприклад, уніфікація висоти підлоги кузова з висотою складських навантажувальних рамп збільшує ефективність використання засоби малої механізації, зменшують час простою ТЗ. Здатність виконувати навантаження з різних сторін для відкритої бортової платформи визначається кількістю бортів, які відкриваються, у випадку кузова фургону – кількістю і розміщенням дверей, або можливістю швидкого демонтажу і монтажу захисної конструкції (наприклад тенту з обрешетуванням).

Таким чином, під зручністю використання ТЗ розуміємо комплексну експлуатаційну якість, яка характеризується сукупністю визначених властивостей.

1. Рудзінський В. В. Автомобілі: Техніко-експлуатаційні властивості, аналіз конструкцій. Київ : ІСДО, 1993. 163 с.

2. Кошарний М. Ф. Основи механіки та енергетики автомобіля. Київ : Вища шк., 1992. 220 с.

3. Волков В. П., Вільський Г. Б. Теорія руху автомобіля. Суми : Університетська книга, 2010. 320 с.

4. Про затвердження Порядку визначення класу комфортності автобусів, сфери їхнього використання за видами сполучень та режимами руху : наказ М-ва транспорту та зв'язку від 12 квіт. 2007 р. № 285. *Верховна Рада України* : вебсайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0499-07#Text> (дата звернення: 07.04.2023).

5. Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Никончук В. М. Експлуатаційні властивості транспортних засобів. [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2022. 176 с. URL: https://ep3.nuwm.edu.ua/24432/1/EVTZ_%D0%B2%D0%B8%D0%BF%D1%80_zah.pdf. (дата звернення: 07.04.2023).

Наукове видання

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ ТЕЗ

IV Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції
«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ МАШИНОБУДУВАННЯ
ТА ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ
СИСТЕМ»

26–27 квітня 2023 р.

Матеріали тез 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.*

*Відповідальний за випуск
Комп'ютерне верстка
Технічний редактор*

*В. М. Никончук
І. О. Хітров
Г. Ф. Сімчук*

*Видавець і виготовлювач
Національний університет
водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*