

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет залізничного транспорту



# ІТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

V МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ



ITP2024

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 5-ої міжнародної  
науково-технічної конференції**

**«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

Харків 2024

5-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 25–27 листопада 2024 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2024. – 339 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та машинобудівної галузей за чотирьма напрямками: розвиток інтелектуальних технологій при управлінні транспортними системами; транспортні системи та логістика; інтелектуальне проектування та сервіс на транспорті; функціональні матеріали та технології при виготовленні та відновленні деталей транспортного призначення.

© Український державний університет  
залізничного транспорту, 2024

## ЗМІСТ

### Секція РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ

EFFECTS OF TEMPORARY SPEED RESTRICTIONS ON RAILWAYS USING INTEGRATED CYCLIC TIMETABLES <i>M. Lagler</i>	22
ЕРГОНОМКА ЯК ФАКТОР БЕЗПЕКИ І ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ <i>В.Г. Брусенцов, Л.А. Катковнікова, Б.К. Гармаш, Н.В. Козодой</i>	24
ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНО- РОЗПОДІЛЬЧОГО ЦЕНТРУ ЗА УЧАСТЮ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З УРАХУВАННЯМ ЕФЕКТУ «ПЕРШОЇ МИЛІ» <i>Т.В. Бутько, Є.М. Артемов, Т.В. Куц</i>	26
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ – НАПРЯМКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ <i>Т.В. Бутько, Д.А. Гайдук, А.В. Баранов</i>	28
ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЛАНЦЮГА ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНОЇ І МАРГАНЦЕВОЇ РУДИ ТА ЧОРНИХ МЕТАЛІВ В ЕКСПОРТНОМУ СПОЛУЧЕННІ <i>Т.В. Бутько, М.М. Процик, С.М. Гаковець</i>	30
ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ТА МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗАДОВОЛЕНОСТІ ПАСАЖИРІВ В УЗШК <i>Т.В. Бутько, Т.Ю. Стомін</i>	32
ВПЛИВ ВПРОВАДЖЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ СМУГ РУХУ ДЛЯ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ПОКАЗНИКИ СИНХРОНІЗАЦІЇ МІЖМАРШРУТНОЇ ПЕРЕСАДКИ <i>В.О. Вдовиченко</i>	34

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ПІДРОЗДІЛУ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗКЛАДУ РУХУ МІЖНАРОДНИХ ПОЇЗДІВ <i>О.А. Трещова, Р.Ю. Зенькін</i>	36
ПІДХОДИ НЕЧІТКОГО ПРОГРАМУВАННЯ У МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСІВ ПРОСУВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ ІНТЕРМОДАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ <i>І.С. Демченко, Д.Ю. Ляпін, Т.В. Головка</i>	37
УСПІШНІ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ТРУДОВИМИ РЕСУРСАМИ <i>Є.С. Григор'єва, С.В. Гулевський, К.В. Говорова, А.Ю. Тертишник</i>	39
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМАТИКИ І УДОСКОНАЛЕННЯ РОЗПОДІЛУ МАСОВИХ ЕКСПОРТНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ <i>П.В. Долгополов, Р.В. Гудзенко</i>	41
УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ СИНХРОНІЗАЦІЇ РОБОТИ ТРАСПОРТНИХ ЮНІТІВ У ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛАХ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ РОЗКЛАДІВ <i>П.В. Долгополов, П.Р. Пелех, Е.О. Чечель</i>	43
РЕГЛАМЕНТАЦІЯ ВИСОТИ НАДВОДНОГО БОРТУ СУДНА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЛАВАННЯ ПРОТЯГОМ РЕЙСУ <i>О.Л. Дрожжин, І.І. Тихоніна</i>	45
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ <i>В.В. Скалозуб, І.В. Жуковицький</i>	47
ЛОГІСТИЧНІ ПІДХОДИ В ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МАСОВИХ ВАНТАЖІВ <i>Т.Ю. Калашнікова, В. Кащшин, Л. Пиляй</i>	49
ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ПІДРОЗДІЛУ <i>Т.Ю. Калашнікова, Д. Корнійчук, Д. Павлов</i>	50

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ЗАЛІЗНИЦІ <i>Г.І. Кириченко, Ю.А. Бердниченко, Л.А. Коробенюк</i>	52
ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ НА ОСНОВІ ПРОГНОЗУВАННЯ ОЧІКУВАНОВОГО ЧАСУ ПРИБУТТЯ ВАНТАЖНОГО ПОЇЗДА <i>А.М. Кисельова, Ю.С. Мінейкіс, Т.І. Руденко</i>	54
ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ІТС З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ <i>Г.Л. Комарова, С.Б. Крамаренко, В.Ю. Свєтош</i>	55
ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМУ ШВИДКІСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ <i>Д.В. Константинов, І.В. Вжос</i>	58
РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ <i>Д.В. Константинов, О.В. Зуй, О.В. Рудницький</i>	61
АДАПТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ПРИМІСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ <i>Д.В. Константинов, М.С. Шевченко</i>	63
СУЧАСНІ ПІДХОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РИЗИКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ <i>Д.О. Кульова, С.В. Прохоров</i>	66
СУЧАСНІ ПІДХОДИ УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ НА ОСНОВІ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ <i>О.В. Лаврухін, А.В. Гончар, П.В. Шкрабалюк</i>	67

ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕВІЗНИМ ПРОЦЕСОМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ В УМОВАХ РИЗИКІВ <i>О.В. Лаврухін, К.В. Мітішова, О.М. Мішук</i>	69
ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ <i>О.В. Лаврухін, М.А. Никитинський, Н.Я. Кузьо</i>	70
СПРОЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОШУКУ ПОШКОДЖЕНЬ ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИФРОВОГО ПОМІЧНИКА <i>О.В. Лазарєв</i>	72
THE STRUCTURE AND NODE FUNCTIONS OF THE HIERARCHICAL FUZZY MODEL OF CONTROL <i>N.M. Lazarijeva</i>	73
ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОПУСКНОЮ СПРОМОЖНІСТЮ НА ПРИКЛАДІ ТИМЕТABLE REDESIGN FOR SMART CAPACITY MANAGEMENT (TTR) <i>О.А. Малахова, М.Д. Попов</i>	74
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКІВ З ІНТЕГРОВАНИМ ШВИДКІСНИМ РУХОМ НА ОСНОВІ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ <i>О.А. Малахова, Х.О. Токаренко, О.О. Мезенцев</i>	77
НОВІ ПІДХОДИ ДО ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛУ У ПАСАЖИРСЬКОМУ СУДНОПЛАВСТВІ <i>Ю.В. Михайлова, Д.М. Чайка</i>	80
АНАЛІЗ ВЗАЄМОДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ <i>М.І. Музикін, С.І. Бібік, А.С. Алтухова</i>	82

<p>ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ У М. ДНІПРО <i>М.І. Музикін, О.І. Чубенко, М.А. Юрченко</i></p>	84
<p>ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ НАКОПИЧЕННЯ ВАГОНІВ НА ЇХ ПРОСТІЙ НА СОРТУВАЛЬНІЙ СТАНЦІЇ <i>Г.І. Нестеренко, О.Г. Стрелко, С.І. Бібік</i></p>	87
<p>РОЗВИТОК ТЕОРІЇ УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ РОБОТОЮ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СИСТЕМИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ І РИЗИКІВ <i>Л.О. Пархоменко</i></p>	89
<p>ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ШПАЛАХ ДЛЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАЛІЗНИЦІ <i>С.М. Продащук, Г.В. Шаповал, П.В. Квасов</i></p>	91
<p>ПРИНЦИПИ ТОЧНОГО РОЗКЛАДУ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ (PSR) ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИКОЮ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ <i>В.М. Прохоров</i></p>	93
<p>ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ВАНТАЖНИХ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ <i>В.М. Прохоров, В.А. Баско</i></p>	95
<p>ПРИШВИДЧЕННЯ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ <i>В.М. Прохоров, С.В. Лоскучерявий</i></p>	96
<p>ВИРОБЛЕННЯ ПІДХОДІВ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ У СТИСЛИХ УМОВАХ <i>В.М. Прохоров, В.С. Сергєєв, О.В. Небоян</i></p>	98
<p>АНАЛІЗ ВЗАЄМОДІЇ МОРСЬКОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ <i>В.М. Прохоров, Д.В. Тарасенко</i></p>	99



УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МІСЦЕВОЇ РОБОТИ НА СТАНЦІЯХ І ДІЛЬНИЦЯХ <i>В.М. Прохоров, В.А. Яремчук, Д.Г. Грищенко</i>	101
УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУР ПРІОРИТЕЗАЦІЇ ПОЇЗДОПОТОКІВ В УМОВАХ ДЕФІЦИТУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ <i>А.В. Прохорченко, А.М. Киман, Д.Р. Харченко</i>	102
УДОСКОНАЛЕННЯ МІЖНАРОДНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ВАГОННИМИ ВІДПРАВКАМИ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ РАЙДШЕРИНГУ <i>С.А. Золотарьов, А.В. Білоус, М.А. Кравченко, О.В. Новіков</i>	104
УДОСКОНАЛЕННЯ ШВИДКІСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ У ВНУТРІШНЬОМУ ТА МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ <i>М.Д. Зав'ялова, А.С. Дубініна, Т.М. Курганевич, А.С. Панченко</i>	106
УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМ ОБІГУ ШВИДКІСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ АВТОМАТИЗАЦІЇ <i>Г.О. Прохорченко, О.О. Лукін, Д.Д. Серєда</i>	108
АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ГРАФІКА РУХУ ПОЇЗДІВ НА ПРИКОРДОННІЙ ДІЛЬНИЦІ ПРИ НАДАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ «ВІКОН» <i>Г.О. Прохорченко, О.Ю. Симутін, В.В. Пасторова</i>	110
УДОСКОНАЛЕННЯ МІЖНАРОДНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ТЮТЮНОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ОСНОВІ БРОНЮВАННЯ ВАГОННИХ ВІДПРАВOK У ВАНТАЖНОМУ ПОЇЗДІ <i>Г.О. Прохорченко, С.О. Шкуркін, М.В. Єрмоєнко</i>	112
ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ СУДНОПЛАВСТВА <i>Ю.О. Коскіна, Д.М. Решетков</i>	114
УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ВАГОНОПОТОКАМИ, ЯКІ ПРЯМУЮТЬ В НАПРЯМКУ КОРДОНУ <i>Л.І. Рибальченко, А.О. Непран</i>	116

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА АІ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА УНІФІКАЦІЇ ДАНИХ У ЗАЛІЗНИЧНІЙ ЛОГІСТИЦІ ТА БЕЗПЕЦІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ <i>В.М. Самсонкін, О.В. Роговий, О.В. Погорілий</i>	118
ВИСОКОШВИДКІСНИЙ НАЗЕМНИЙ ТРАНСПОРТ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ <i>А.В. Сохацький</i>	120
РОЗРАХУНОК ВИТРАТИ РІДКОГО АЗОТУ ГАЗИФІКАТОРОМ ВСЕРЕДИНИ КЛАСИЧНОГО КОНТЕЙНЕРУ З ТЕРМОВКЛАДИШЕМ <i>О.Г. Слинько, В.А. Столянов</i>	122
ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ДИНАМІЧНОГО УЗГОДЖЕННЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ <i>Г.М. Сіконенко, А.В. Качан</i>	125
ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ НА ОСНОВІ МОБІЛЬНИХ ХМАРНІХ ПЕРИФЕРІЙНИХ ОБЧИСЛЕНЬ <i>О.М. Харламова</i>	127
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ НА МІЖНАРОДНИХ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ТЕРМІНАЛАХ З УРАХУВАННЯМ ПРИНЦИПІВ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ <i>Є.В. Ходаківська, В.Ф. Чеклов, П.М. Турзов</i>	129
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИКОРИСТАННЯ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЙ В ОРГАНІЗАЦІЇ МИТНОГО КОНТРОЛЮ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ <i>О.М. Ходаківський</i>	131
УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В СУЧАСНИХ УМОВАХ <i>О.Е. Шандер, Д.О. Куценко, М.В. Земськов</i>	135
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ЗА РОБОЧИМИ УМОВАМИ У КАБІНАХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ <i>О.В. Щербак, М.Ю. Крайнюк</i>	137

**Секція**  
**ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ЛОГІСТИКА**

ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В СУЧАСНИХ УМОВАХ <i>Д.В. Арсененко, Д.М. Ткаченко</i>	139
НЕОБХІДНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОПТИМІЗАЦІЇ НА ПРИНЦИПАХ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ <i>Д.В. Арсененко, В.В. Ткаченко, Д.А. Гавриш</i>	142
ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ <i>Д.В. Арсененко, О.В. Шибашков, І.С. Шостак</i>	145
ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ВАРТОСТІ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У СОБІВАРТОСТІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ <i>Є.І. Балака, М.Є. Резуненко</i>	147
ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ У КОНТЕЙНЕРАХ <i>Г.С. Бауліна, І.В. Керницький</i>	149
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ ШЛЯХОМ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ВАНТАЖНИХ РЕСУРСІВ <i>Г.Є. Богомазова, Є.А. Мигалатій, В.В. Зеленський</i>	151
ПОКРАЩЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПУНКТУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОБРОБКИ ПЕРЕВІЗНИХ ДОКУМЕНТІВ ІЗ ЗАКРІПЛЕНИМИ ВАНТАЖНИМИ СТАНЦІЯМИ <i>Г.Є. Богомазова, Н.Л. Яковлєва, Н.М. Шевченко</i>	152
УПРАВЛІННЯ ЯКІСЮ ПІДПРИЄМСТВ ЛОГІСТИЧНОЇ СФЕРИ <i>Н.О. Валявська, О.А. Філін</i>	154
НАЗЕМНИЙ ТРАНСПОРТ В ЛОГІСТИЦІ: ВИДИ, ЗНАЧЕННЯ ТА ВИКЛИКИ <i>Н.В. Водолазська, М.С. Хоменко</i>	156

ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ У КОНТЕЙНЕРАХ <i>Ф.А. Волянський</i>	158
ТЕХНОЛОГІЯ БЛОКЧЕЙН, ЯК ІНСТРУМЕНТ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ <i>Н.В. Гриценко</i>	160
ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СФЕРІ ВАНТАЖНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ <i>Н.В. Гриценко, В.В. Волохов</i>	162
ЗМІНЮВАННЯ ЧАСУ РЕАКЦІЇ ВОДІЯ В ТРАНСПОРТНОМУ ЗАТОРУ <i>Н.У. Гюлев, О.В. Желтоног</i>	164
ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ З ЛОГІСТИКИ ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ В УКРАЇНІ <i>О.А. Дромашко</i>	166
ПРИЧИНИ ВІДМОВ У ЛАНЦЮЗІ ПОСТАЧАНЬ <i>О.М. Загурський</i>	168
РЕАЛІЗАЦІЯ ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ У ЗАЛІЗНИЧНОМУ СПОЛУЧЕННІ З КРАЇНАМИ ЄС <i>В.М. Запара, Ю-Н.І. Боровець, С.Г. Сенник</i>	170
УДОСКОНАЛЕННЯ СФЕРИ ПОСЛУГ КЛІЄНТІВ НА РИНКАХ ЄС МІЖНАРОДНИМ ПІДРОЗДІЛОМ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ» <i>В.М. Запара, Я.А. Беляєв, О.С. Кравцов</i>	172
МОЖЛИВОСТІ ПОКРАЩЕННЯ ЛОГІСТИКИ АГРОСЕКТОРА ЗАЛІЗНИЦЕЮ УКРАЇНИ <i>В.М. Запара, Я.В. Запара, Р.І. Боровець</i>	174
THE IMPORTANCE OF DIGITALIZATION IN URBAN FREIGHT TRANSPORTATION <i>О. Kalinichenko, Y. Salnikov</i>	176
THE ROLE OF DIGITALIZATION IN INTERNATIONAL CARGO TRANSPORTATION <i>О. Kalinichenko, Y. Salnikov</i>	177

ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ І ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ <i>Д.О. Грунський, В.О. Олексюк, А.О. Добровольський</i>	179
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ <i>А.О. Ковальов, О.В. Ковальова, Д.Ю. Прокопенко</i>	181
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ ЗА РАХУНОК ІНТЕГРАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ <i>Р.А. Пурий, Ю.В. Прохоренко, А.А. Ковальова</i>	183
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ПІДГОТОВКИ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ <i>Д.М. Козаченко, О.В. Клига, Є.В. Харченко</i>	185
ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ <i>Д.С. Козодой, Н.В. Грищенко</i>	187
ВИЗНАЧЕННЯ КОМФОРТУ ПОЇЗДКИ У МІСЬКОМУ ПАСАЖИРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ З ВИКОРИСТАННЯМ КРАУДСОРСИНГУ <i>Д.М. Копитков, Г.О. Самчук</i>	189
АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІНТЕРМОДАЛЬНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ <i>О.М. Костєнніков, В.С. Буклей, М.М. Гузенко</i>	191
ВПРОВАДЖЕННЯ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМУ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ <i>О.М. Костєнніков, С.В. Круподєря, А.В. Головка</i>	193
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНОЮ СИСТЕМОЮ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МАСОВИХ ВАНТАЖІВ	

ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ <i>Д.В. Кудряшов, Н.С. Кудряшова</i>	195
УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СХЕМИ ІМПОРТУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ В УМОВАХ ВІЙНИ <i>І.Ю. Леснікова, Н.В. Халіпова</i>	197
УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЦЯМИ В УМОВАХ СТВОРЕННЯ ЄДИНОГО ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ <i>Д.В. Ломотько, Г.М. Афанасов, О.Ф. Афанасова</i>	200
ПИТАННЯ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ПРИНЦИПАХ ЛОГІСТИКИ <i>Д.В. Ломотько, І.А. Беляєва, Є.М. Попов, В.О. Стратієнко</i>	202
АКТУАЛЬНІСТЬ ТА СВОЄЧАСНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ТРАНСПОРТНУ ЛОГІСТИКУ <i>Д.В. Ломотько, А.В. Гриценко</i>	204
ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ <i>Д.В. Ломотько, Б.В. Данілов, М.В. Ралков, А.В. Атамась</i>	206
ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ СУХИЙ ПОРТ <i>Д.В. Ломотько, Д.Д. Ковальов</i>	208
ПИТАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ЗАЛІЗНИЦІ ІЗ МІСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ <i>Д.В. Ломотько, А.М. Шаповалов, А.М. Жуков</i>	210
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РІШЕННЯ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МАНЕВРОВИМИ ОПЕРАЦІЯМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ <i>Д.В. Ломотько, М.Д. Ломотько, О. Іщука</i>	212

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ЛОГІСТИКА НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ <i>М.Д. Ломотько</i>	215
ОБГРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО І КЛІЄНТО-ОРІЄНТОВАНОГО МЕТОДУ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ <i>В.В. Літачевський</i>	217
МОЖЛИВОСТІ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ СИПКИХ ВАНТАЖІВ <i>Є.В. Михайлов, О.О. Шигарев</i>	221
ЕНТРОПІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОЦІНКИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ КОНТЕЙНЕРОПОТОКІВ В СИСТЕМІ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ <i>С.П. Онищенко, Ю.А. Бондаренко</i>	223
ЛОГІСТИЧНА ВЗАЄМОДІЯ В СТРУКТУРІ АГРАРНОЇ КОМПАНІЇ <i>О.В. Павленко</i>	227
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОРГАНІЗАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ ЗА УЧАСТЮ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ <i>Г.О. Примаченко</i>	229
ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВАНТАЖНИХ ХАБІВ ДО ЗАГАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ <i>Г.О. Примаченко, Г.С. Пащенко</i>	231
АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ В КОНТЕЙНЕРАХ <i>С.М. Продащук, К.В. Кім, Д.С. Гордідан</i>	233
ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ В МТП ДП ЧОРНОМОРСЬК В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ <i>Н.А. Ткач</i>	235

РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗА УМОВИ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ <i>М.В. Харченко, В.С. Семенова</i>	237
SPECIFIC FEATURES OF THE GEOINFORMATION TECHNOLOGIES APPLICATION IN DEVELOPING MULTIMODAL TRANSPORT SYSTEMS <i>V. Osmak, O. Tsapenko, Ya. Porova</i>	239
ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСАХ <i>О.С. Черніхова, Д.С. Зімачова</i>	241
ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ <i>О.О. Шапатіна, І.Ю. Гончарова, О.В. Антонова</i>	243
ЗАСТОСУВАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ <i>О.О. Шапатіна, І.О. Кузьменко, О.І. Вегерін</i>	244
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНИХ ХАБІВ У СХІДНІЙ ЄВРОПІ <i>Ю.В. Шульдінер, С.В. Петрик, Ю.О. Глазкова, С.В. Демченко</i>	246
ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПІД ЧАС ВІЙНИ В УКРАЇНІ <i>Ю.В. Шульдінер, О.С. Грейман, С.М. Довгополий, Е.І. Кірелін</i>	248

**Секція  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ  
ТА СЕРВІС НА ТРАНСПОРТІ**

МЕХАНІЗМ ФІКСАЦІЇ КОНТЕЙНЕРА В РОБОТІ РІЧСТАКЕРА <i>М.М. Балака, С.І. Лисак, А.Д. Мацибура</i>	250
РОЗРОБКА ТА АПРОБАЦІЯ НОВОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ВОДИ В ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛЬНОМУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ <i>О.Б. Калюжний, Р.О. Кандауров</i>	252



ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ <i>І.В. Берестов, А.В. Колісник, Д.М. Кулінченко, Ю.В. Биченко</i>	254
ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ ПРИКОРДОННОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ВУЗЛА <i>В.В. Кулешов, Л.Ф. Агаєва, П.Ф. Хохлов</i>	256
ДО ПИТАННЯ ПОШУКУ РАЦІОНАЛЬНИХ РІШЕНЬ У РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ПЛАНУ ТРАСИ ПРИ ВВЕДЕННІ ШВИДКІСНОГО РУХУ <i>М.Ю. Куценко, А.С. Зверєва, М.О. Колеснік</i>	260
ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМИ ГІРКОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ <i>М.Ю. Куценко, Т.В. Коновалова, І.В. Олійник</i>	262
АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ <i>М.Ю. Куценко, А.М. Куценко, Б.І. Гурьєвський</i>	263
ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ З ПІДТРИМКОЮ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У КОМПЛЕКСАХ ГІРКОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ <i>М.Ю. Куценко, Н. В. Муштай</i>	265
ДО ПИТАННЯ ПОШУКУ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ <i>М.Ю. Куценко, Г.С. Литовченко, Л.С. Левченко</i>	267
THE ISSUE OF EFFECTIVE PROCESSING OF LOCAL WAGONS AT PORT STATIONS <i>V.K. Myronenko, H.I. Shelekhan</i>	269

НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ НА СОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ <i>О.М. Огар, А.О. Левченко, Р.В. Лагута</i>	271
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ СОРТУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ШЛЯХОМ ОБґРУНТУВАННЯ ЙОГО ЕФЕКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ <i>О.М. Огар, М.М. Мороз, І.В. Кондратьєв</i>	273
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ СТАНЦІЙНИХ ГОРЛОВИН <i>О.М. Огар, М.В. Продащук</i>	275
СИТУАЦІЙНА АДАПТАЦІЯ НАПІВВАГОНА ДО ПЕРЕВЕЗЕНЬ КОНТЕЙНЕРІВ <i>С.В. Панченко, А.О. Ловська, П.В. Рукавішников</i>	277
ВИЗНАЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПОВІТРОРІЗПОДІЛЬНИКА ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА ПІД ЧАС ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМ <i>В.Г. Равлюк, Я.В. Дерев'янчук</i>	279
RESEARCH OF DYNAMIC LOADS IN THE LIFTING MECHANISM OF ALBATROSS PORTAL CRANES DURING BULK CARGO TRANSshipment <i>V.V. Strelbitskiy</i>	281
ВДОСКОНАЛЕННЯ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ <i>О.П. Строков, О.В. Головіна, А.В. Сорокін</i>	283
ЗАГАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ЕЛЕКТРОВОЗА <i>А.Л. Сумцов</i>	285
STUDY OF THE TRANSITION OF RAILWAY INFRASTRUCTURE TO EUROPEAN STANDARDS <i>G. Shapoval, T. Kushnir</i>	287

USE OF INFORMATION TECHNOLOGY TO IMPROVE THE  
EFFICIENCY OF INTERACTION AMONG ELEMENTS OF RAILWAY  
INFRASTRUCTURE  
*G. Sharoval, L. Lys* 288

ВПЛИВ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ ПРИПОРТОВИХ СТАНЦІЙ НА  
ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ ПОЇЗДОПОТОКІВ  
*Г.І. Шелехань, В.В. Луців, Ю.Т. Папка* 289

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ  
СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ НА ОСНОВІ  
ТЕХНОЛОГІЙ МАШИННОГО ЗОРУ  
*А.А. Токаренко* 290

### Секція

## **ФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ТА ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ СИНХРОНІЗАЦІЇ  
ЧАСУ ВІД ВПЛИВУ ВІБРАЦІЙ  
*Л.В. Волошина, Б-А.О. Харченко* 293

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ПАР ТЕРТЯ  
*І.В. Дощечкіна* 295

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ  
*А.О. Загурський* 297

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ АБРАЗИВНИХ ЧАСТИНОК НА  
ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ  
ГРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ  
*О.В. Сайчук, А.В. Захаров, О.М. Потоскаєв, О.Ю. Боровик* 299

ТЕХНОЛОГІЧНА СПАДКОВІСТЬ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ТА  
ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНІКИ  
*С.А. Клименко, М.Ю. Копейкіна* 302

ІНТЕГРАЦІЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ <i>Г.Л. Комарова, Д.М. Сергєєв, П.В. Пліщенко</i>	304
ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ ЛАЗЕРАМИ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ <i>Н.О. Лалазарова, Афанасьєва, Г.Л. Комарова, О.М. Івахненко</i>	307
МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РІЗЧОГО ІНСТРУМЕНТА ТА ЯКОСТІ ПОВЕРХНІ <i>С.В. Лисенко</i>	309
METHODS OF INDUSTRIAL CONVEYOR MONITORING WITH APPLICATION OF MACHINE LEARNING MODELS <i>M. Rucki, D. Bzinkowski, T. Ryba</i>	311
ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ МОРФОЛОГІЇ НАНОСТРУКТУРНОЇ КЕРАМІКИ <i>В.П. Нерубацький, Е.С. Геворкян, Л.В. Волошина, Г.Л. Комарова, Д.І. Волошин</i>	313
ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ НОВОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО КЕРАМІЧНОГО МАТЕРІАЛУ <i>В.П. Нерубацький, Е.С. Геворкян, А.О. Каграманян, Л.В. Волошина, С.С. Огурцов</i>	315
ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ НА ПОВЕРХНІ ТЕРТЯ В АБРАЗИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ <i>І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, Р.С. Рижков</i>	317
ADVANCED ANTIFRICTION COMPOSITES BASED ON TOOL STEEL GRINDING WASTE FOR PRINTING MACHINES' FRICTION UNITS <i>T.A. Roik, O.A. Gavrysh, Iu.Iu. Maistrenko</i>	319

ШЛІФУВАННЯ ЗУБЧАТИХ КОЛИС РЕДУКТОРІВ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН <i>С.В. Рябченко</i>	321
МЕТОД БРИНЕЛЛЯ: СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ВИМІРЮВАННЯ ТВЕРДОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОСКОПІВ, КАМЕР І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ <i>С.С. Тимофєєв, О.В. Сергєєв</i>	323
АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ КАЛІБРУВАННІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ <i>Тимофєєва Л.А., Роценко О.В.</i>	325
SURFACE HARDENING OF 3D-PRINTED Ti-6Al-4V ALLOY THROUGH COMPLEX TREATMENT <i>B.V. Efremenko, Yu.G. Chabak<sup>2</sup>, V.G. Efremenko, E.Yu. Balalayeva, E.V. Tsvetkova, A.A. Simonov</i>	327
ENHANCING ABRASIVE WEAR RESISTANCE OF HYBRID MULTI- COMPONENT CAST IRONS BY HIGH-TEMPERATURE QUENCHING <i>Yu.G. Chabak, V.G. Efremenko, M.A. Golinskyi, I. Petryshynets, V.V. Kudin, A.S. Kalinichenko</i>	330
MECHANICAL PROPERTIES OF THICK SHEETS OF X70 API 5L GRADE STEEL PRODUCED FROM HEAVY SLAB <i>B.V. Efremenko, Yu.G. Chabak, V.G. Efremenko, D.A. Mironenkova</i>	334

**Секція**  
**РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**ПРИ УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ**

**УДК 656.2:625.1**

**НАСЛІДКИ ТИМЧАСОВОГО ОБМЕЖЕННЯ ШВИДКОСТІ НА**  
**ЗАЛІЗНИЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕГРОВАНОГО ЦИКЛІЧНОГО**  
**РОЗКЛАДУ**

**EFFECTS OF TEMPORARY SPEED RESTRICTIONS ON RAILWAYS USING**  
**INTEGRATED CYCLIC TIMETABLES**

***M. Lagler***

*TU Wien, Інститут транспортних наук (м. Відень, Австрія)*

***M. Lagler***

*TU Wien, Institute of Transportation (Vienna, Austria)*

Maintenance of railway lines is an important factor in ensuring high-quality passenger and freight transport by train. Traditionally, railway maintenance was done by a large manual workforce, but more and more large machinery has been in use.

When conducting maintenance, several safe systems of work are available [6], for example the use of lookouts using warning signals, automatic track warning systems, other operational measures, or a complete blockage of the line. These measures depend on the kind of the necessary maintenance. On double-track lines, it can be necessary to also consider the other track than the track where maintenance takes place. For this purpose, rail track safety barriers might be built, or temporary speed reductions might be established.

From an operational perspective, some of the mentioned measures influence running times of the trains and their punctuality, especially in case of temporary speed restrictions. To compensate for that, recovery margins (also called buffer times or supplements) are used in the calculation of train schedules. For example, the International Union of Railways (UIC) recommends using a recovery margin of 1,5 min per 100 km and 5 % of the journey time for certain passenger trains ( $m > 700$  t,  $141 < V_{\max} < 160$  km/h). Similar recommendations – 1 min per 100 km and 3 % of the journey time – are given for freight trains. [7] Some railway operators use higher values, e.g. 7 % on important main lines. While those values make sure that trains can recover smaller amounts of the time lost due

to speed restrictions and other factors, for larger amounts of time they might not be sufficient.

In Central European countries like Switzerland and Austria, it is a goal to have integrated cyclic (or clockface) timetables for all passenger trains (long-distance and regional trains). In Austria, the Mobility Master Plan [1] and the Target Network 2040 [2] state that further extension of railway lines should be compatible with the integrated cyclic timetable. Paths for freight trains are considered as well to ensure the railway network has enough capacity for them. [2] In integrated cyclic timetables, certain important stations serve as nodes, where trains to all directions meet at the same time and therefore short connections between trains are possible. The running time between two nodes needs to be a multiple of the half interval between trains [4] according to the equation:

$$t_{\text{running}} = n * \frac{t_{\text{interval}}}{2}, n \in \mathbb{N} \quad (1)$$

In case of maintenance the effects on the train schedules need to be considered carefully. If the loss of time is too large and cannot be absorbed by the recovery margins, the cyclic timetable might not be possible any longer. The same problem arises when track degradation or other external factors cause temporary speed restrictions. If the railway in one country adheres to an integrated cyclic timetable and the railway in a neighbouring country does not, intense coordination is necessary so that delays in one country do not propagate to the other country's railway network, especially if the threshold for trains to be considered punctual is different [3].

Possible operational solutions (each not without disadvantages) are including the recovery margin before a node station [5], temporarily using non-integrated cyclic timetables, using higher recovery margins than recommended in [7], temporarily accepting shorter transfer times in node stations, or (on double-track railways) building enough crossovers allowing medium to high speeds when using them. Another possible solution would be to undertake maintenance with high impact to the running in times of less demand (nights, weekends) [8]. More detailed analyses are possible using simulation software.

[1] Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology (BMK), *Austria's 2030 Mobility Master Plan*, Vienna 2021.

[2] Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology (BMK), *Zielnetz 2040 / Das Bahnnetz der Zukunft – Fachentwurf*, Vienna 2024.

[3] D. Grechi, E. Maggi, The importance of punctuality in rail transport service: an empirical investigation on the delay determinants, *European Transport / Trasporti Europei* 12/2018, paper No. 2.

[4] J. Pachl, *Systemtechnik des Schienenverkehrs*, Wiesbaden 2022.

[5] R. Rudolph, T. Siefer, Betrieblicher Fahrplan und „gefühlte“ Verspätung, *ZEVrail* 08/2009, p. 322–325.

[6] Trackopedia, Safety measures, URL: <https://www.trackopedia.com/en/encyclopedia/maintenance-of-way/safety-at-work/safety-measures> (accessed 17 November 2024).

[7] UIC Code 451-1 Timetable recovery margins to guarantee timekeeping - Recovery margins, Paris 2000

[8] W. Weigand, Kriterien der Pünktlichkeit: Warum fahren die Züge in Japan und in der Schweiz pünktlich?, *Eisenbahntechnische Rundschau* 04/2024, p. 15–21.

**ЕРГОНОМІКА ЯК ФАКТОР БЕЗПЕКИ І ЕФЕКТИВНОСТІ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ERGONOMICS AS A FACTOR OF SAFETY AND EFFICIENCY OF  
RAILWAY TRANSPORTATION**

*Д-р техн. наук В.Г. Брусенцов, канд. техн. наук Л.А. Катковнікова,  
канд. техн. наук Б.К. Гармаш, Н.В. Козодой*  
*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr. Sc. (Tech.) V.G. Brusentsov, PhD (Tech.) L.A. Katkovnikova,  
PhD (Tech.) B.K. Harmash, N.V. Kozodoi*  
*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Залізничний транспорт, що функціонує як величезна система, містить в собі велику кількість складових та зв'язків між ними. Бурхливий розвиток технологій залізничного транспорту, особливо у сфері високошвидкісних залізничних мереж, уособлює зміну парадигми в нашому розумінні та управлінні системами громадського транспорту. В основі цієї трансформації лежить безперервне прагнення людства мінімізувати просторові бар'єри та посилити взаємопов'язаність. Поступово залізничні системи стають невід'ємними елементами як міської, так і міжміської транспортної інфраструктури, і водночас вони стикаються з безліччю проблем, що виникають під час такої глобальної соціалізації [1].

На сьогодні і в найближчому майбутньому найважливішою складовою безпеки функціонування залізничної системи є людський фактор. З великої кількості професій, зайнятих на залізниці особливої уваги потребують професії операторського профілю, кількість яких постійно зростає. Саме вони максимально впливають на безпеку та ефективність функціонування системи в цілому. У свою чергу ергономіка, стосовно якої в англійських країнах найбільш поширеним є термін *human factors*, «людські фактори», виникла як наука, що вирішує проблеми людського фактора із залученням засобів інших наук [2–3].

До основних проблем, які вирішує ергономіка, можна віднести наступні [4–5]:

- комплектування особового складу (професійний відбір, підбір кадрів, навчання, перепідготовка, контроль та моніторинг рівня професійної надійності, у тому числі рівня здоров'я та його динаміки, застосування засобів боротьби з професійним стресом, організація групової діяльності;



- проєктування технічних засобів з урахуванням особливостей та можливостей людини;
- проєктування робочого місця з урахуванням антропометричних, психофізіологічних та індивідуальних особливостей людини;
- проєктування робочого процесу, що забезпечує як високу ефективність, так і захищає від професійних захворювань, у тому числі при роботі з персональним комп'ютером;
- проєктування програмного забезпечення з урахуванням вимог юзабіліті (придатності використання) або підвищення якості, продуктивності та зручності роботи в інтерактивному середовищі.

Важливою частиною ергономічного забезпечення є збереження особового складу застосуванням засобів гармонізації соціальних взаємовідносин і продовження професійного довголіття через впровадження засобів боротьби з професійними шкідливостями: гіподинамією та кумулятивними травмами.

[1] Chen L., Yongsheng M. P. J., Rong Y., Ren J. Customized obstacle detection system for High-Speed Railways: A novel approach toward intelligent rail transportation. *Advanced Engineering Informatics*. 2024. Vol. 62. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102911>.

[2] Sangiorgio V., Mangini A.M., Precchiazzi I. A new index to evaluate the safety performance level of railway transportation systems. *Safety Science*. 2020. Vol. 131. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104921>.

[3] Directive 2007/59/EC of the European Parliament and of the Council of 23.10.2007 on the certification of train drivers operating locomotives and trans on the railway system In the Community (Official Journal of European Union, L 315 of 3.12.2007). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0059>.

[4] Drewnowski A. Problems related to the implementation of a complex training system and professional development of train drivers using traction vehicle simulators in the Polish railway transport. *Procedia Computer Science*. 2021. Vol. 192. P. 4486–4492. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.226>.

[5] Human factors and their influence on safety performance. <https://keneducation.in/human-factors-and-their-influence-on-safety-performance/#:~:text=Human%20Factors%20are%20any%20characteristics,could%20lead%20to%20an%20accident>.

**ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНО-РОЗПОДІЛЬЧОГО ЦЕНТРУ ЗА УЧАСТЮ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З УРАХУВАННЯМ ЕФЕКТУ «ПЕРШОЇ МИЛІ»**

**FORMALIZATION OF THE PROCESS OF FUNCTIONING OF THE REGIONAL DISTRIBUTION CENTER WITH THE PARTICIPATION OF RAIL TRANSPORT TAKING INTO ACCOUNT THE "FIRST MILE"**

*Бутько Т.В. д.т.н., проф., Артемов Є.М. асп., Кушч Т.В. маг.  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Butko T.V., Artemov Y.M., Kushch T.V.*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В Україні багато середніх та малих підприємств знаходяться на значній відстані від мегаполісів і транспортних вузлів. Наявність таких „глибинок” знижує ефективність системи залізничних вантажних перевезень і надає перевагу автомобільному транспорту. Незначні обсяги вантажопотоків на окремих дільничних та вантажних станціях призводять до збільшення непродуктивних вагоно-годин простоїв. Переведення деяких дільничних і вантажних станцій, які розташовані в таких, „глибинках” в режим функціонування за концепцією логістичний центр - сухий порт (ЛЦСП) стає ефективним механізмом перерозподілу вантажопотоків між залізничним і автомобільним транспортом.

Як довів проведений аналіз, існуюча модель функціонування логістичного центру, „сухий порт ” за участю залізничного транспорту [3] носить виключно детермінований характер. Але на реальний процес функціонування логістичного центру в значній мірі впливає імовірнісний характер надходження вантажів автотранспортом на ЛЦСП. Як доводять дослідження процес надходження автомобілів є нестационарним, що обумовлено їх затримками на шляху прямування, викликаними технічними відмовами автотранспорту, заторами на шляху прямування, дорожньо-транспортними подіями та іншими причинами.

Внаслідок цього частина автомобілів із вантажем може не встигнути доїхати до станції до моменту подачі вагонів під навантаження або подачі локомотива та не встигне на надану нитку графіку руху, що обумовлює ефект, „першої милі ”.

В кожному такому випадку при управлінні функціонуванням логістичного центру виникає питання - чи очікувати автомобілі із вантажем, чи відправляти

своєчасно сформоване повагонне відправлення. Як відомо прийняття рішення при управленні повинно спиратися на мінімізацію сумарних експлуатаційних витрат у системі: підприємства - автотранспорт - логістичний центр - залізничний транспорт- автотранспорт. Цей процес потребує формалізації у вигляді оптимізаційної математичної моделі з урахуванням ефекту „першої милі ” із цільовою функцією у вигляді сумарних експлуатаційних витрат, що припадають на одиницю транспортного потоку, та системи обмежень на технічні і технологічні параметри процесу перевезень.

В умовах, коли час закінчення накопичення вантажу на ЛЦСП є визначеним, що обумовлено часом надання нитки ГРП, а процес надходження автотранспорту є нестационарним, отримано математичні вирази для визначення найбільш імовірної величини транспортної партії вантажу і величини додаткових витрат у вигляді штрафів за невиконання строків доставки частини вантажу.

Тобто, з урахування ефекту «першої милі» отримано оптимізаційну математичну модель для формалізації процесу функціонування ЛЦСП, що може бути основою для формування системи підтримки прийняття рішень (СППР) на АРМах логіста та оперативного персоналу залізничної станції.

[1] Концепція формування логістичної системи на залізницях України [Текст] / Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 110. – ст. 61- 63.

[2] Демус А.О. Діджиталізація процесу обслуговування клієнтів в ланцюгах постачання міжнародної логістичної компанії.– Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра спеціальності 073 «Менеджмент», ОПП "Глобальна логістика та управління ланцюгами постачання". – Національний авіаційний університет. – Київ, 2023. – 120 с.

[3] Сучасні інформаційні технології в управлінні залізничними підрозділами / Т. В. Бутько, Д.В. Шумик Конспект лекцій Українська державна академія залізничного транспорту 2014 р. ст. 58-66.

УДК: 656.2

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ:  
СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ – НАПРЯМКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ  
РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ**

**IMPROVING THE FUNCTIONING TECHNOLOGY OF THE SYSTEM:  
SORTING STATION – TRANSPORTATION DIRECTIONS BASED ON  
RISK MANAGEMENT**

*Т.В. Бутько д.т.н., проф., асп. Д.А. Гайдук, маг. А.В. Баранов  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Butko T.V. , Hayduk D.A., Baranov A.V.  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В сучасних умовах залізничний транспорт залишається основним стратегічним перевізником пасажирів і вантажів на транспортному ринку в Україні і світі . Один із основних напрямків підвищення конкурентноспроможності залізничного транспорту на ринку вантажних перевезень є забезпечення надійності функціонування залізничної транспортної системи. При цьому надійність розуміється в контексті : збереження вантажу і навколишнього середовища під час перевезення , а також дотримання умов щодо визначеного строку доставки . Процес функціонування залізничної транспортної системи супроводжується ризиками виникнення різних транспортних подій , особливо в період воєнного стану . Саме це спонукає в процесі операційної діяльності оперативного і диспетчерського персоналу спиратися на ризик-орієнтовані технології при управлінні переміщення вантажів [1,2,3] Такі умови сьогодення вимагають розвивати й адаптувати апарат ризик -менеджменту до технології роботи залізничної транспортної системи .

Сортувальні станції (СС) є важливими елементами інфраструктури АТ «Укрзалізниця» . Саме вони забезпечують формування та розформування вантажних поїздів на різні напрямки . В умовах воєнного стану їх роль ще більше зросла . На основі аналізу номенклатури вантажів можна констатувати , що на фоні обсягів інших вантажів значно зросли обсяги перевезень небезпечних та спеціальних вантажів, внаслідок чого СС становляться стратегічними об'єктами підвищення безпеки. Функціонування СС необхідно розглядати з урахуванням її взаємодії із напрямками перевезень , особливо із напрямками на морські порти , де відбувається взаємодія із морським транспортом , час простоювання якого має дуже високу вартість і є обмеженим.

Воєнний стан в Україні супроводжується підвищенням імовірності руйнування залізничної інфраструктури на напрямку перевезень , а саме – руйнуванням станцій, колій, контактної мережі, тягових транспортних підстанцій, тощо. Тобто, якщо

перевезення вже відбувається, то необхідно передбачати можливість надання альтернативного маршруту вантажним поїздам практично в оперативному режимі. Така технологія підвищує надійність функціонування системи: СС – напрямки перевезень - морські порти . Вибір альтернативного маршруту перевезень залежить від багатьох чинників , основним з яких є існуюча топологія залізничної системи в напрямку перевезень, а також наявність електрофікованих дільниць та пропускна спроможність дільниць на маршруті перевезень.

З метою визначення оптимального альтернативного маршруту сформовано оптимізаційну математичну модель за критерієм мінімального перевищення часу прямування потягу альтернативним маршрутом у порівнянні із часом на штатне графікове перевезення , разом із відповідною системою обмежень на технічні і технологічні параметри напрямку . Саме таке перевищення часу сприяє зменшенню додаткового простоювання судна у порту.

Запропоновану процедуру оптимізаційну математичну модель, надання альтернативного маршруту у вигляді програмного продукту рекомендовано інтегрувати до АСКВПУЗЄ на автоматизовані робочі місця оперативного і диспетчерського персоналу та АРМ інтермодального оператора, що дозволяє автоматизувати процес для перевезення, яке вже відбувається, починаючи з будь-якої станції на шляху прямування вантажного потягу.

[1] Чехунов Д.М. Формування моделі оцінки ризиків на сортувальній станції при оперуванні вагонами з небезпечними вантажами із використанням математичних апаратів нечіткої логіки та Байєсових мереж. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2018. №1. С.35-41.

[2] Cloud Decision Support System for Risk Management in Railway Transportation. Górk W., Baginski J., Socha M., Steclik T., Lesniak D., Wojtas M. Fliscuk B. and Michalak M. In Proceedings of the 14th International Conference on Software Technologies (ICSOFT-2019). 2019. P.475-482. DOI: 10.5220/0007837904750482.

[3] Бутько Т.В., Пархоменко Л.О., Тарасов К.О., Гайдук Д.А. Формалізація процедури надання альтернативного маршруту швидкісним пасажирським поїздам на основі ризик-менеджменту. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2023. №1. С.31-37.

**ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЛАНЦЮГА ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНОЇ І МАРГАНЦЕВОЇ РУДИ ТА ЧОРНИХ МЕТАЛІВ В ЕКСПОРТНОМУ СПОЛУЧЕННІ**

**FORMATION OF A TRANSPORT AND LOGISTICS CHAIN FOR THE TRANSPORTATION OF IRON AND MANGANESE ORE AND FERROUS METALS FOR EXPORT**

***Т.В. Бутько д.т.н., проф., М.М. Процик, маг, С.М. Гаковець, маг.**  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***Butko T.V. Ph.D., prof., M.M. Protsyk, master's student,  
S.M. Gakovets, master's student**  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Як відомо, Україна постачає на міжнародні ринки значні обсяги залізної і марганцевої руди і чорних металів. Так у 2023 р. обсяги залізної і марганцевої руди склали 35,2%, а чорних металів – 8,1% від загальних експортних перевезень залізницею. Основними техногенними порожнинами і заглибленнями в Україні є залізорудні шахти і кар'єри Криворізького басейну. Також в цьому регіоні зосереджено металургійні комбінати. В основному підприємствами-споживачами цієї продукції є металургійні комбінати і підприємства, що знаходяться в країнах ЄС, а саме в Польщі, Угорщині, Чехії, Словаччині та інші. При цьому металургійні комбінати мають неперервний цикл виробництва. Тому для зменшення величини запасів сировини на них доцільно організувати надійний транспортно-логістичний ланцюг постачання. Як довели проведені дослідження залізна і марганцева руда та чорні метали перевозяться виключно технологічними маршрутами.

Основним критичним елементом у транспортно-логістичному ланцюзі при кроскордонних перевезеннях від кар'єрів і підприємств в Україні (Криворізький басейн) до вантажоотримувачів в ЄС є прикордонно-передавальні станції АТУЗ. Ці станції повинні забезпечити своєчасний перетин кордону колією шириною 1435 мм до прикордонної станції суміжної країни ЄС у такий час, щоб забезпечити попадання технологічного маршруту на відповідну нитку графіку, наданою операторською компанією ЄС. Таким чином, виникає технологічний фактор ризику [1,2,3], який може призвести до невикористання нитки графіку руху по країнах ЄС, додатковим вагоно-годинам простоювання, недотримання строків доставки вантажів.

На прикордонно-передавальній станції вагони окрім технічного і комерційного оглядів проходять митний контроль, зважування, перестановку візків, або перевантаження вантажу у вагони габариту 2Т та інші технологічні операції.

Внаслідок цих додаткових операцій, час простоювання вагонів на прикордонно-передавальній станції доцільно вважати випадковою величиною. Як довели статистичні дослідження, цей час підпорядковується законам Ерланга 3-го та 4-го порядків. Тобто існує достатньо значна імовірність, що технологічний маршрут, або окремі вагони не будуть своєчасно виставлені та не попадуть на надану нитку графіку по країнах ЄС. Саме це спонукає при управлінні кроскордонним транспортно-логістичним ланцюгом спиратися на апарат ризик-менеджменту. Задля автоматизації процесу управління і зменшення впливу “людського фактору” сформовано оптимізаційну математичну модель стохастичного програмування, яка адекватно відбиває процес просування технологічних маршрутів із залізною та марганцевою рудою і чорними металами в межах транспортно-логістичного ланцюга при кроскордонних перевезеннях. Цільова функція моделі представляє мінімум суми питомих експлуатаційних витрат при перевезенні технологічних маршрутів в межах АТУЗ і ЄС та ризикової складової, яка дорівнює добутку імовірності виникнення ризику та наслідків у грошовому еквіваленті. Система обмежень моделі відбиває технічні і технологічні умови при експлуатації залізничної інфраструктури і рухомого складу. Ця модель є основою для формування системи підтримки прийняття рішень (СППР). СППР у вигляді програмного продукту доцільно інтегрувати на автоматизовані робочі місця (АРМ) оперативного і диспетчерського персоналу та АРМ єдиного інтермодального оператора транспортно-логістичного ланцюга.

[1] Чехунов Д.М. Формування моделі оцінки ризиків на сортувальній станції при оперуванні вагонами з небезпечними вантажами із використанням математичних апаратів нечіткої логіки та Байєсових мереж. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2018. №1. - с.35-41.

[2] Cloud Decision Support System for Risk Management in Railway Transportation. Gorka.W., Baginski.J., Socha.M., Lesniak.D., Wojtas.M., Fliscuk.B. and Michalak.M. In Proceedings of the 14<sup>th</sup> (IC SOFT-2019). 2019. P. 475-482. DOI: 10/5220/0007837904750482.

[3] Бутько Т.В. Методи організації вантажних перевезень на основі ризик-орієнтованих технологій / Т.В.Бутько, Л.О. Пархоменко, Є.М. Артемов, О.В. Лагно // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2023. №4 с.38-45. DOI: 10.18664/iksz.v28i4.296468

**ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ  
ТРАСПОРТІ ТА МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗАДОВОЛЕНOSTІ  
ПАСАЖИРІВ В УЗШК**

**THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RAILWAY TRANSPORT AND  
OPPORTUNITIES TO INCREASE PASSENGER SATISFACTION  
IN UKRAINIAN HIGH-SPEED RAILWAY COMPANY**

*докт. техн. наук Т.В. Бутько, аспірант Т.Ю. Стомін  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*T.V. Butko, post graduate T.Yu. Stomin  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Штучний інтелект (ШІ) швидко змінює світ транспорту, пропонуючи нові можливості для автоматизації, підвищення ефективності роботи та кращого обслуговування пасажирів. Для Української швидкісної залізничної компанії (УЗШК) ці технології можуть стати важливим інструментом не тільки для спрощення внутрішніх процесів, але й для покращення комфорту пасажирів та зниження витрат. Впровадження ШІ в українському транспортному секторі може стати кроком до модернізації залізниць, допомогти уникати затримок та робити графік руху більш зручним для пасажирів, що загалом підвищить якість послуг [1].

Одним із способів впровадження ШІ є автоматизована система збору відгуків. Використовуючи обробку природної мови (NLP), така система дозволить аналізувати текстові коментарі пасажирів в автоматичному режимі, щоб оперативно визначати основні проблеми та тенденції у відгуках [2]. Наприклад, система зможе виявляти часті скарги на затримки поїздів чи рівень комфорту у вагонах, і керівництво УЗШК зможе швидко реагувати на ці потреби. Це забезпечить постійний потік інформації від пасажирів і дозволить оперативно вирішувати поточні проблеми.

Також важливим є аналіз поведінки пасажирів за допомогою даних про частоту їхніх поїздок, уподобання та пікові періоди. Завдяки аналітиці УЗШК може отримати точніше уявлення про те, які маршрути користуються найбільшим попитом, коли саме пасажирів найчастіше подорожують і які послуги є найбільш популярними [3]. Ця інформація допоможе адаптувати розклад під потреби пасажирів, додавати рейси на найбільш популярних напрямках або створювати спеціальні пропозиції для постійних клієнтів. Усе це сприятиме підвищенню комфорту пасажирів і водночас збільшить прибутки компанії.



Додатково, для підвищення комфорту можна впровадити систему динамічних відгуків, яка дозволяє пасажиром висловлювати свою думку під час поїздки або одразу після прибуття. Наприклад, через мобільний додаток пасажир може залишити відгуки про поїздки, що дає змогу керівництву компанії виявляти та вирішувати проблеми майже в режимі реального часу [4]. Такий підхід забезпечує безпосередній зв'язок з пасажиром та допомагає уникати накопичення невдоволення через дрібні недоліки.

Ще одна важлива технологія ШІ — це алгоритми машинного навчання, які можуть швидко класифікувати й аналізувати відгуки, автоматично розподіляючи їх на категорії, наприклад, скарги на затримки, комфорт чи чистоту [5]. Завдяки цьому керівництво зможе швидко визначати, які аспекти потребують негайного втручання, і робити акцент на ключових проблемах, що впливають на задоволеність пасажирів. Цей процес допоможе зекономити час та ресурси й забезпечити оперативне реагування на скарги.

Загалом, використання ШІ в українській залізничній системі, зокрема в УЗШК, може суттєво покращити якість обслуговування пасажирів і підвищити ефективність роботи компанії. Інтеграція ШІ в моніторинг задоволеності пасажирів дозволить УЗШК краще розуміти потреби клієнтів та вчасно реагувати на їхні запити, що зробить українські залізниці більш конкурентоспроможними та привабливими для користувачів [6].

- [1] Elaiw, A. M., Alzahrani, M., & Abouheaf, M. (2020). AI-based predictive maintenance for railway applications. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(7), 2784-2795.
- [2] Ushakov, D., Kosenok, N., & Matsuk, V. (2022). Artificial intelligence for real - time traffic management in railway systems. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 21, 100183.
- [3] Berawi, M.A. (2021). Improving passenger satisfaction in rail services using artificial intelligence and machine learning. *International Journal of Railway Research*, 8(2), 43-54.
- [4] Khan, M., & Chattaraj, U. (2021). Leveraging AI for real-time passenger feedback management in railways. *Railway Research Journal*, 17(3), 150-159.
- [5] Zhang, J., & Li, Z. (2020). Machine learning for operational efficiency in railway transport. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 122, 102867.
- [6] Lee, Y., & Cheng, T. (2023). Enhancing competitive advantage in rail transport through AI - based customer satisfaction monitoring. *Transport Policy*, 52, 215-224.

**ВПЛИВ ВПРОВАДЖЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ СМУГ РУХУ ДЛЯ  
ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ПОКАЗНИКИ СИНХРОНІЗАЦІЇ  
МІЖМАРШРУТНОЇ ПЕРЕСАДКИ**

**THE IMPACT OF IMPLEMENTING DEDICATED LANES FOR PUBLIC  
TRANSPORT ON INTERROUTE TRANSFER SYNCHRONIZATION  
INDICATORS**

***В.О. Вдовиченко, док. техн. наук***

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)*

***V. Vdovychenko, Doc. of techn. sciences***

*Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

Одним із найбільш ефективних заходів, що забезпечує надійний рух міського громадського пасажирського транспорту (МГПТ) є впровадження спеціальних (виділених) смуг. Основна мета проведеного дослідження – оцінити вплив впровадження спеціальних смуг МГПТ на ефективність синхронізації міжмаршрутної пересадки, виявити переваги для пасажирів та розробити рекомендації для покращення якості транспортного обслуговування у містах.

У дослідженні використано комплексний підхід, що включає:

- аналіз попередніх досліджень – вивчення досвіду щодо впровадження спеціальних смуг МГПТ та їхнього впливу на транспортні процеси;
- спостереження та експериментальні дослідження – збір даних про рух транспорту та часу на пересадки до та після впровадження спеціальних смуг;
- статистичний аналіз – оцінка впливу спеціальних смуг на час очікування та синхронізацію пересадок на основі моделювання.

Проведено моделювання для маршрутів №32 та №141 (м. Дніпро, Україна). Дані маршрути мають територіальну ув'язку в зупинних пунктах (ЗП) ТПВ «вул. Вокзальна», схема взаємодії наведена на рис. 1.

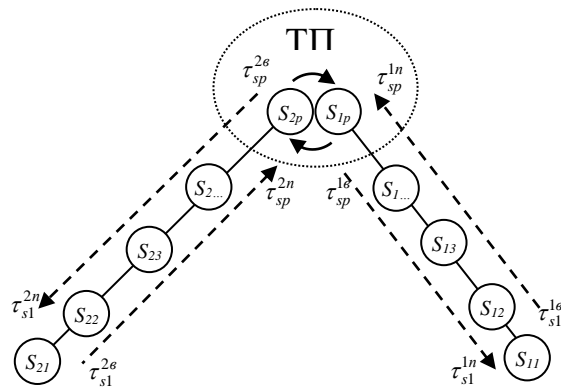


Рис. 1. Схема взаємодії маршрутних потоків МГПТ в ТПВ «вул. Вокзальна»

В періоді  $T_n$  через ТПВ здійснюється  $N_{p1} = N_{p2}$  рейсів, що можуть бути синхронізовані за вимогами балансу провізної можливості. Для рейсу визначаються часові параметри: подача транспортного засобу (ТЗ) до початкового ЗП  $\tau_{s1}^6(i_p)$ , прибуття в ТПВ  $\tau_{sp}^n(i_p)$ , відправлення з ТПВ  $\tau_{sp}^6(i_p)$ , прибуття до кінцевого ЗП  $\tau_{sk}^n(i_p)$ . Критерій оцінки відтворює середні витрати часу пасажирями для очікування пересадки в ТПВ

$$T_o^n = \frac{\sum_{i_p=1}^{N_{p1}} T_o^{x-y}(i_p) + \sum_{i_p=1}^{N_{p2}} T_o^{y-x}(i_p)}{N_{p1} + N_{p2}}, \quad (1)$$

де  $T_o^{x-y}(i_p)$ ,  $T_o^{y-x}(i_p)$  – час пересадки між маршрутами  $x-y$  та  $y-x$ , хв.

В ході моделювання встановлено відхилення від синхронізованого розкладу для умов з ділянками спеціальної смуги МГПТ на підході до ТПВ та без неї. На рис. 2 для маршруту №32 (м. Дніпро) представлено відхилення прибуття ТЗ в ЗП маршруту, а на рис. 3 – середній час очікування пересадки пасажирів в ТПВ.

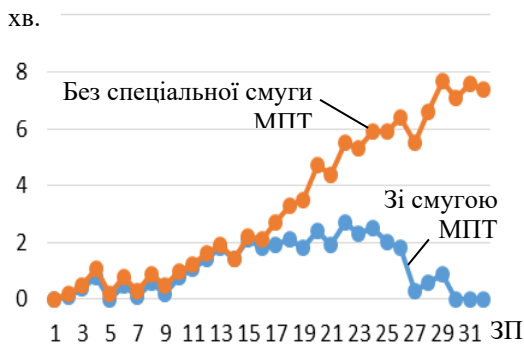


Рис. 2. Відхилення прибуття ТЗ до ЗП ТПВ «вул. Вокзальна»

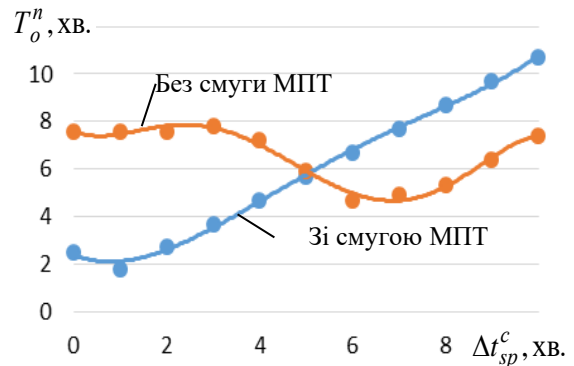


Рис.3. Час очікування пересадки

Проведені дослідження показують, що введення спеціальних смуг МГПТ дозволяє ТЗ рухатись швидше, уникаючи заторів. Це суттєво скорочує загальний час поїздок, що, в свою чергу, підвищує вірогідність дотримання розкладу руху та синхронізації взаємодії з іншими маршрутами. Пасажири витрачають менше часу на очікування ТЗ для пересадки. Синхронізація міжмаршрутної пересадки стає більш стабільною, оскільки МГПТ має змогу дотримуватись графіку руху навіть у години пік. Поліпшення точності графіків допомагає зменшити ризик зриву пересадок, що підвищує надійність пасажирського обслуговування та покращує його якість.

[1] Vdovychenko V.O., Ivanov I.E., Pidlubnyi S.Yu., Vasiliev M.K. Assessment of priority movement impact for urban public passenger transport on the quality of passenger service. *Automobile transport*. 2023. №52 p. 54-63 <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2023.52.0.06>.

[2] Russo A., Adler M. W., Van Ommeren J. N. Dedicated bus lanes, bus speed and traffic congestion in Rome. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2022. Vol. 160. 298-310. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.04.001>.

**УДК 656.2.**

## **УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ПІДРОЗДІЛУ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗКЛАДУ РУХУ МІЖНАРОДНИХ ПОЇЗДІВ**

### **IMPROVEMENT OF THE WORK OF THE RAILWAY DEPARTMENT BY OPTIMIZING THE SCHEDULE OF INTERNATIONAL TRAIN TRAFFIC**

***О.А. Трещова, Р.Ю. Зенькін***

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***O.A. Treshchova, R.Yu. Zenkin***

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Ефективність систем пасажирського та вантажного транспорту має велике значення для суспільства, особливо при перевезеннях у міжнародному сполученні. Залізничний транспорт відрізняється високою потужністю і відносно низьким впливом на навколишнє середовище, але потребує чіткої налаштованості усіх систем. Порушення в роботі будь-яких елементів цієї системи приводе до зниження рівня обслуговування, збоїв і збитків. Таким чином, обслуговування має важливе значення для підтримки надійності, пропускнуої здатності транспортування та переваги всієї залізничної транспортної системи [1].

Планування графіку руху поїздів має велике значення, бо стає вирішальним на лініях з високою інтенсивністю трафіку та цілодобовою роботою. Попит на трафік і потреби в обслуговуванні зростають, що спостерігається в багатьох європейських країнах, і може бути реалізовано при покращенні планування та результативності

[2]. Проблеми планування можна поділити на стратегічні, тактичні та оперативні. Перша категорія включає планування, друга маршрутизацію та перепланування, оперативний рівень вирішує проблеми непередбаченого характеру. Постає питання створення математичної моделі, з метою мінімізації очікуваної затримки через непередбачені перешкоди, а також обирання пріоритетного часу пропуску, який мінімізує час обслуговування заданого трафіку у оперативному режимі шляхом перетворення проблеми максимального потоку з одним джерелом і призначення до проблеми найкоротшого шляху з кількома джерелами і пунктами призначення [3].

[1] Albrecht, A., Panton, D., Lee, D., 2013. Rescheduling rail networks with maintenance disruptions using problem space search. *Comput. Oper. Res.* 40 (3). Pages 703–712.

[2] Li, Y., Wang, X., Sun, S., Ma, X., Lu, G., 2017. Forecasting short-term subway passenger flow under special events scenarios using multiscale radial basis function networks. *Transp. Res. C* 77. Pages 306–328

[3] Boland, N., Kalinowski, T., Waterer, H., Zheng, L., 2014. Scheduling arc maintenance jobs in a network to maximize total flow over time. *Discrete Appl. Math.* 163. Pages 34– 52.

**УДК 656.2.**

## **ПІДХОДИ НЕЧІТКОГО ПРОГРАМУВАННЯ У МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСІВ ПРОСУВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ ІНТЕРМОДАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

### **FUZZY PROGRAMMING APPROACHES IN MODELING FREIGHT FLOW PROMOTION PROCESSES IN THE INTERMODAL RAILWAY TRANSPORT NETWORK**

*І.С. Демченко, Д.Ю. Ляпін, канд. техн. наук Т.В. Головка  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*I.S. Demchenko, D.Yu. Lyapin, PhD (Tech.), T.V. Golovko  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Міжнародна торгівля дозволяє компаніям скористатися перевагами різноманіття ринкових ресурсів всього світу, зниження собівартості виробництва та розширення ринків збуту [1, 2]. Як наслідок, міжнародні вантажні перевезення мають позитивну динаміку збільшення їх обсягів, що значно ускладнює транспортування на великі відстані, збільшує як вартість логістики, так і час виконання транспортних замовлень.

Скорочення витрат і часу на логістику задовольняє просунутий спосіб транспортування, а саме інтермодальні перевезення, які отримали широке поширення серед компаній для транспортування своїх вантажів у міжнародній торгівлі [3]. Інтермодальні перевезення можна визначити як транспортування

вантажів у інтермодальних одиницях від місця їх відправлення до пункту призначення, використовуючи більше ніж один вид транспорту, включаючи повітряний, залізничний, автомобільний та водний. Комбінація різних видів транспорту може сформувати безперебійний ланцюг «від дверей до дверей», який може повною мірою використовувати відповідні переваги різних видів транспорту, що скорочує витрати в процесі транспортування[4].

Інтермодальні маршрути залізничного транспорту, оптимізація яких орієнтована на економічність своєчасність і надійність перевезень, моделюється як мережа, яка включає перевезення із змінним часом. Своєчасність транспортування пропонується оптимізувати за допомогою апарата нечіткої логіки, враховуючи кількість джерел часу невизначеності, включаючи час у дорозі та час завантаження/розвантаження. Така невизначеність моделюється за допомогою теорії нечітких множин.

Модель нечіткого очікуваного значення має таку саму ефективність, як модель програмування в роботі з нечіткими цілями із випадковими обмеженнями. За допомогою аналізу чутливості та нечіткого моделювання при прийнятті рішення визначається найкраще значення рівня достовірності для забезпечення чіткого плану інтермодального маршруту залізничним та іншими видами транспорту.

- [1] Hrušovský, M.; Demir, E.; Jammernegg, W.; Van Woensel, T. Hybrid simulation and optimization approach for green intermodal transportation problem with travel time uncertainty. *Flex. Serv. Manuf. J.* 2018, Volume 30, Pages 486–516.
- [2] Demir, E.; Burgholzer, W.; Hrušovský, M.; Arıkan, E.; Jammernegg, W.; Van Woensel, T. A green intermodal service network design problem with travel time uncertainty. *Transp. Res. Part B Methodol.* 2016, Volume 93, Pages 789–807.
- [3] Kumar, A.; Anbanandam, R. Multimodal Freight Transportation Strategic Network Design for Sustainable Supply Chain: An OR Prospective Literature Review. *International Journal of System Dynamics Applications*, 2019, Volume 8, Pages 19-35.
- [4] Lei, K.; Zhu, X.; Hou, J.; Huang, W. Decision of multimodal transportation scheme based on swarm intelligence. *Math. Probl. Eng.* 2014.

## УСПІШНІ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ТРУДОВИМИ РЕСУРСАМИ

### SUCCESSFUL STRATEGIES FOR LABOR MANAGEMENT

*канд. техн. наук Є.С. Григор'єва<sup>1</sup>, канд. філос. наук С.В. Гулевський<sup>2</sup>,  
К.В. Говорова<sup>3</sup>, А.Ю. Тертишник<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

<sup>2</sup>Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, (м. Харків)

<sup>3</sup>Центральна служба мір та ваг (м. Варшава, Польща)

*PhD (Tech.) Ye.S. Hryhorieva<sup>1</sup>, PhD (Philos.) S.V. Hulevsky<sup>2</sup>,  
K.V. Hovorova<sup>3</sup>, A.Y. Tertyshnyk<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

<sup>2</sup>V. N. Karazin Kharkiv National University (Kharkiv)

<sup>3</sup>Central Service of Weights and Measures (Warsaw, Poland)

Для створення конкурентної переваги необхідно враховувати можливості власних співробітників. Часто такий підхід реалізується за допомогою певного набору інтегрованих підходів, програм та властивій саме даній організації політики в сфері керування людьми [1]. Професійна надійність співробітника, включно із набором особистих позитивних якостей та кваліфікацією може бути втрачена для організації через відсутність чіткої стратегії управління трудовими ресурсами. Оскільки задоволеність співробітників полягає в поєднанні кількох чинників: гнучкості графіку роботи, пільг від компанії, можливостей підвищення кваліфікації (навчання), кар'єрного зростання, корпоративної культури. 47% HR-менеджерів стверджують, що утримання співробітників є основним завданням управління талантами, за ним слідує підбір персоналу для 36% з них [2].

У середньому працівник, який змінює місце роботи, отримує збільшення до зарплати на 15 % [3]. Ви напевно чули вираз: «Люди йдуть від менеджерів, а не від компанії»? Якість управління впливає на ступінь прихильності співробітників, отже, і на їхні шанси залишитися в організації. До того ж, якщо робітникові повідомлять, що робота у певній компанії скорочуватиме тривалість його життя на 1 %, цілком імовірно, що працівник обере роботу в іншій організації.

Дослідники з Гарварду та Стенфорду довели, що тривалий робочий день скорочує тривалість життя приблизно на 20 % [4]. Враховуючи нинішній попит на кваліфікованих працівників у поєднанні з поточними тенденціями в галузі охорони здоров'я та безпеки праці, зрозуміло, що деякі працівники зазнають понаднормової роботи. У звіті М. Шепелла йдеться про те, що 40 % менеджерів і 34 % співробітників відчують «стрес крайнього рівня» [5]. Примушувати працівників працювати надто багато – це короткострокова стратегія. Окрім того, така стратегія

на практиці не є мудрим управлінським рішенням, тому що згодом виявляються негативні довгострокові наслідки. Результати досліджень свідчать про те, що після певного порога продуктивність співробітника знижується з кожною додатковою відпрацьованою годиною [6].

І вирішення означеного питання – особливо чутливого при управлінні трудовими ресурсами, продемонструвала Ісландія. Яка показала вищі темпи економічного зростання, ніж більшість з європейських країн, а рівень безробіття був одним із найнижчих у Європі – відзначають в Інституті автономії у Великій Британії та Ісландській асоціації за стійкість та демократію (*Alda*).

Під час двох великих досліджень, проведених у 2015–2019 роках, співробітники державного сектору Ісландії працювали 35–36 годин на тиждень без зниження заробітної плати. Багато учасників раніше працювали 40 годин на тиждень. У випробуваннях взяли участь понад 1 % працездатного населення Ісландії (на той момент). За мету було поставлене підтримання або підвищення продуктивності праці при вдосконаленні балансу між роботою та особистим життям. Встановлено, що продуктивність праці на більшості робочих місць залишилась на колишньому рівні або підвищилася, тоді як добробут працівників «значно зріс» за цілою низкою показників: відчутний стрес, вигоряння, здоров'я, баланс поміж роботою та особистим життям. Низький рівень безробіття в Ісландії є «сильним показником життєздатності економіки», також заявили в *Alda*. У світі вже було проведено декілька експериментів із чотириденним робочим тижнем. Серед них – успішне випробування, проведене в 2022 році в 33 компаніях, більшість з яких знаходились у США та Ірландії [7].

На даний час економіка Ісландії випереджає більшість європейських країн після загальнонаціонального запровадження скороченого робочого тижня без втрати у зарплаті. За період з 2020 до 2022 року 51 % працівників у країні прийняли пропозицію про скорочення робочого часу, включно із чотириденним тижнем [8].

Зазначимо, що на сьогодні цей показник, швидше за все, ще вищий. Такі результати можуть свідчити про втілені успішні стратегії управління трудовими відносинами на рівні держави.

[1] Alqudah H.A, Carballo-Penela A., Ruzo-Sanmartín E. High-performance human resource management practices and readiness for change: An integrative model including affective commitment, employees' performance, and the moderating role of hier archyculture. *European Research on Management and Business Economics*. 2022. Vol. 28. <https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2021.100177>

[2] Cachón-Rodríguez G., Blanco-González A., Prado-Román C., Del-Castillo-Feito C. How sustainable human resources management helps in the evaluation and planning of employee loyalty and retention: Can social capital make a difference? *Evaluation and Program Planning*. 2022. Vol. 95. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2022.102171>

[3] Workers are quitting at the highest rate since 2001, and the reason might surprise you. 2018. <https://www.cnn.com/2018/09/13/workers-are-quitting-their-jobs-in-order-to-get-raises.html>

[4] Goh J., Pfeffer J., Zenios S.A. Workplace stressors & health outcomes: Health policy for the workplace. 2017. <https://behavioralpolicy.org/articles/workplace-stressors-health-outcomes-health-policy-for-the-workplace/>

[5] Shepell M. A thriving organization begins with a healthy workforce. <https://www.telus.com/en/health/employers>

[6] Proof that you should get a life. <https://www.economist.com/free-exchange/2014/12/09/proof-that-you-should-get-a-life>

[7] ALDA. <https://epd.eu/members/alda-european-association-for-local-democracy/>



**УДК 656.22**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМАТИКИ І УДОСКОНАЛЕННЯ РОЗПОДІЛУ  
МАСОВИХ ЕКСПОРТНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ**

**RESEARCH OF PROBLEMS AND IMPROVEMENT OF DISTRIBUTION OF  
MASS EXPORT RAILWAY TRANSPORTATION**

*П.В. Долгополов канд. техн. наук, доц., Р.В Гудзенко  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*P. Dolgoplov, PhD (Tech.), R. Hudzenko  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В сучасних умовах залізниця зазнає значних втрат, пов'язаних з накопиченням та простоем вагонів в умовах недостатнього поглинання експортного вагонопотоку у напрямках західних залізничних прикордонних переходів. Ця проблема потребує детального вивчення усіх факторів які впливають на перевізний процес та методів їх вирішення.

Серед основних чинників які впливають пропускну спроможність західних прикордонних переходів потрібно виділити:

- нерівномірність завантаження пунктів перетину державного кордону;
- організаційна і технічна несумісність залізничних систем ЄС та України.

Через різницю в ширині колії при здійсненні експортних перевезень витрачається додатковий час на заміну колісних візків і зчеплень вагонів [1];

- залізнична система країн ЄС має обмежену здатність обслуговувати збільшений вантажопотік з України.

Серед основних напрямків удосконалення перевезень експортних вантажів слід дослідити наступні:

- реконструкція та модернізація наявних пунктів перетину кордону, а також побудова нових залізничних переходів. Це дозволить збільшити пропускну здатність, зменшити затримки під час перевезень та оптимізувати транспортні потоки між Україною та країнами ЄС [2];

- розгортання на всіх пунктах перетину кордону з ЄС пунктів переобладнання рухомого складу із широкої колії на вузьку;

- удосконалення проекту «Електронна черга перетину кордону» необхідно включати запровадження критеріїв для визначення пріоритетності перевезення окремих видів вантажів, таких як військові, гуманітарні, небезпечні чи швидкопсувні товари.

На основі досліджень виявлено, нерівномірне завантаження переходів і концентрація вагонів на окремих стиках призводять до затримок на кордоні та збільшують час очікування [3]. Тому найбільш доцільною з економічної точки зору є задача підвищення рівномірності завантаження міждержавних переходів шляхом математичної моделі розподілу вагонопотоків [4]. При дослідженні дану задачу запропоновано вирішити на основі побудови моделі на основі математичного апарату Гольдберга-Тарьяна. Реалізація даної моделі у рамках АРМ оперативних працівників дозволить визначати найбільш вигідні ділянки слідування вагонопотоків по залізничній мережі в напрямку міжнародних переходів в залежності від прогнозної черги на кожному з них.

Як висновок запропоновані заходи призвані підвищити ефективність експортних перевезень залізницею, підвищити її рівень технічного забезпечення і стійкість, а також спрямовані на формування умов для ефективної інтеграції в міжнародні логістичні потоки.

[1] Ломотько Д. В., Балака Є. І., Резуненко М. Є. Логістичні підходи щодо оптимізації складу маршрутних поїздів в системі «вантажовласник – залізниця». Залізничний транспорт України. 2020. № 4. С. 4-14. URL: <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/13270>.

[2] Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями: навч. посібник / О.В. Лаврухін, П.В. Долгополов, В.В. Петрушов, О.М. Ходаківський. – Харків: ТОВ «СМІТ», 2010. – 118с

[3] Ярошук Л.Д. Інтелектуальні системи управління: Експертні системи – основи проектування та застосування в системах автоматизації: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 136 с.

[4] Чибісов Ю. В., Мозолевич Г. Я. "Математична модель вибору раціональних варіантів пропуску поїздопотоків по залізничній мережі." Восточно-Европейский журнал передовых технологий 3.11 (57) (2012), с. 37-41.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ СИНХРОНІЗАЦІЇ РОБОТИ  
ТРАСПОРТНИХ ЮНІТІВ У ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛАХ НА ОСНОВІ  
ТЕОРІЇ РОЗКЛАДІВ**

**IMPROVING THE PROCESS OF SYNCHRONIZING THE WORK OF  
TRANSPORT UNITS AT TRANSPORT JUNCTIONS ON THE BASIS  
OF SCHEDULES THEORY**

*П.В. Долгополов, канд. техн. наук., П.Р. Пелех, Е.О. Чечель  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*P. Dolgopolov, PhD (Tech.), P. Pelekh, E. Chechel  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У масових перевезеннях вантажів надзвичайно важливими елементами виступають транспортні вузли, в яких відбувається з'єднання технологічних ланцюгів при передачі вантажопотоків між різними видами транспорту, особливо в умовах масових міжнародних перевезень [1, 2].

Важливість транспортних вузлів у транспортних системах посилюється ще й тим, що перевізна робота концентрується, як правило, на досить обмеженій території вже сформованих раніше промислових центрів, транспортний потенціал яких часто не відповідає зростаючим обсягам перевезень. Така ситуація вимагає заходів з удосконалення транспортних вузлів з метою підвищення якості функціонування транспортної мережі в цілому.

Але у сучасних умовах важливою є задача оптимальної підв'язки рухомого складу різних видів транспорту у транспортних вузлах. Дану задачу дозволить вирішити побудова системи диспетчерського управління з елементами штучного інтелекту [2, 3].

Під час наукових досліджень розроблено математичну модель синхронізації роботи транспортних юнітів у транспортному вузлі на основі математичного апарату теорії розкладів.

Під поняттям «транспортний юніт» у дослідженнях прийнято будь-яку транспортну одиницю, що приймає участь у перевезеннях (поїзд, локомотив, вагон, автомобіль, підйомний кран, навантажувач, залізнична колія, склад тощо), деякі з яких можуть розділятися на більш менші одиниці, наприклад (поїзд – вагон, вагон – контейнер).

Метою моделювання є визначення оптимального плану технологічних дій з юнітами для проходження ними елементів транспортного вузла, що мінімізує затримки вантажопотоків, а також витрати на технологічний процес.

Отже, при дослідженнях оптимальний варіант синхронізації роботи юнітів у транспортному вузлі запропоновано визначати як

$$E = E_{зал} + E_{авт} + E_{дод} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $E_{зал}$  – витрати в ході роботи транспортного вузла. Включають в себе експлуатацію локомотивів, вагонів, локомотивних бригад, навантажувально-розвантажувальних пристроїв, витрати на накопичення, на очікування подачі і уборки вагонів, простої вагонів і локомотивів тощо, грн.

$E_{авт}$  – витрати, пов'язані з роботою автотранспорту залізниці. Враховується норма витрат палива, мастильних матеріалів, ремонт автотранспорту, технічний огляд обладнання, страхівка та інші, грн.

$E_{дод}$  – додаткові витрати, пов'язані з покращенням технічного оснащення транспортного вузла при реалізації запропонованого розвитку пункту технічного огляду вагонів (ПТО), заробітна плата робітників, витрати на утримання додаткових локомотивів та інші, грн.

Для функціонування побудованої моделі запропоновано удосконалити АРМ оперативних працівників транспортного вузла рядом функціональних задач, при допомозі яких результати моделювання виводитимуться диспетчерам у зручній для сприйняття формі для подальшої роботи [3].

Запропонована математична модель дозволить визначати оптимальний варіант синхронізації роботи транспортних юнітів, що відповідає прогнозованому розкладу слідування поїздів і перевезення вантажу автомобілями у транспортному вузлі на 12 год вперед. Це суттєво скоротить непродуктивні простої рухомого складу, а, особливо, у періоди згущення роботи транспортного вузла у найбільш завантажені періоди доби.

[1] Долгополов П.В. Удосконалення технології роботи залізничного вузла на основі комплексу планетарних моделей: дис. на здобуття вченого ступеня канд.техн.наук. – Харків, 2005. 237с.

[2] Долгополов П. В., Думбасар О. Є., Назаренко М. І. Оптимізація обслуговування вагонопотоків на залізничній мережі в умовах міжнародних перевезень / 3-я міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», м. Харків, 22–23 листоп. 2022 р. Харків, 2022. С. 26.

[3] Долгополов П.В., Бурда В.М., Чумак О.В. Оптимізація перевезень у транспортному вузлі в умовах міжнародних перевезень / 4-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 27–28 листопада 2023 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2023. С. 38 – 39.

**РЕГЛАМЕНТАЦІЯ ВИСОТИ НАДВОДНОГО БОРТУ СУДНА ДЛЯ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЛАВАННЯ ПРОТЯГОМ РЕЙСУ**

**THE HEIGHT OF THE VESSEL'S FREEBOARD  
REGULATION TO ENSURE SAFETY DURING THE VOYAGE**

*Канд. техн. наук О.Л. Дрожжун<sup>1</sup>, ст. викл. І.І. Тихоніна<sup>1</sup>  
Одеський національний морський університет (м. Одеса)*

*O.L. Drozhzhyn, PhD (Tech.), I.I. Tykhonina  
Odesa National Maritime University (Odesa)*

Однією з важливих характеристик судна, якими забезпечується безпека транспортного засобу, так і рейсу, який виконується, є висота надводного борту – саме нею визначається запас плавучості судна. Власне надводний борт дозволяє судну триматися на воді при пошкодженнях корпусу та проникненні забортної води у внутрішні приміщення. Від висоти надводного борту залежить також, і остійність судна при великих кутах крену. Якщо висота надводного борту мала, то навіть при порівняно невеликих кутах крену палуба судна входить у воду, зменшується площа діючої ватерлінії, а саме, відновлювальний момент.

Враховуючи конструкцію судна, висота надводного борта прямо пов'язана із його осадкою – глибиною, на яку судно занурюється у воду. Враховуючи, що висота надводного борту судна у різних умовах виконання рейсу є різною, його осадка, також є змінною величиною, яка, аналогічно до висоти надводного борту залежить від природних та кліматичних умов виконання рейсів.

Виходячи з щільності та солоності води, увесь Світовий океан, де здійснюється судноплавство, поділений на зони і сезонні райони. А при виконанні рейсів вкрай важливо правильно визначати мінімально припустиму висоту надводного борту, а відтак – і осадку судна.

Для регламентації висоти надводного борту (відповідно і осадки) на борту судна наноситься вантажна марка – система знаків на борту судна у районі мідель-шпагоута (рис. 1), яка, відповідно до вимог Міжнародної конвенції про вантажу марку 1966 р. [1], позначає точку на корпусі судна, стикання якої із поверхнею води є безпечним для судна.

В відповідності до цих вимог [2] для судна установлюють мінімальну висоту надводного борту для літньої зони в солоній воді. Значення висоти надводного борту для інших умов плавання визначаються через віднімання та додавання певних величин.

Судно, яке занурено у воду до точки, де його вантажна лінія знаходиться під водою, перевищило свою осадку, відповідно – зменшило висоту надводного борту та відтак – під загрозу поставлено безпеку судна у рейсі.

Для диференціації висоти надводного борту по зонах і сезонних районах Світового океану розроблена сітка (гребінка) вантажних марок (рис.1). Для кожної зони і сезонного району чинною є власна вантажна марка, яка власне і передбачає збільшення або зменшення базової висоти надводного борту, забезпечуючи безпеку судна у рейсі у відповідних кліматичних умовах та зберігання його мореплавних властивостей.

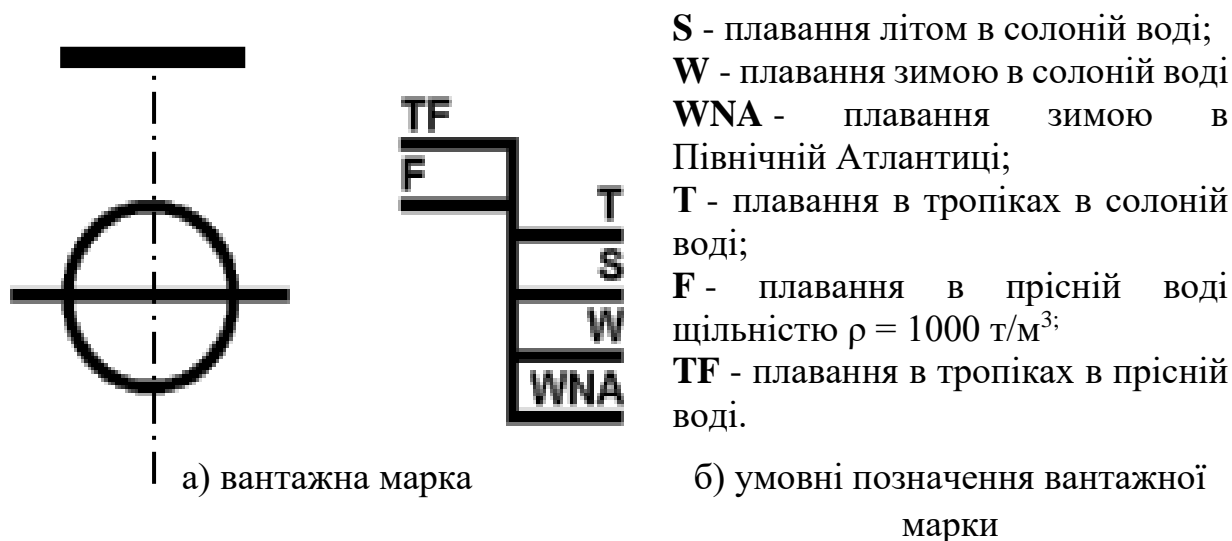


Рис. 1 Вантажна марка багатоцільового судна

Осадку судна безпосередньо пов'язана із його рейсовим завантаженням – тієї кількістю вантажу, яку судно може прийняти на борт і безпечно перевезти у рейсі. Саме тому вкрай важливим є врахування, при розрахунках кількості вантажу в рейсі, навичка користування картою зон та сезонних районів плавання та правильно визначати вантажну марку, до якої судно може бути завантаженим при виконання рейсу у певному районі світового океану.

Вантажні марки вживаються в відповідності від призначення суден (вантажні, пасажирські, лісовози, та ін.), їх розмірів, районів плавання, тощо.

Таким чином, безпечного здійснення рейсу використовуються три важливі характеристики судна: осадку, бо вона визначає технічні можливості при завантаженості судна і його вантажну марку, висоту надводного борту, бо вона судну визначає вантажну марку, для різних умов плавання в будь-якій зоні чи сезоннім районі, а також безпеку плавання і висоту борту, бо сума осадки та висоти надводного борту є висота борту.

[1] Протокол 1988 року до Міжнародної конвенції про вантажну марку 1966 року з поправками 2003, 2004, 2006, 2008, 2012, 2013 та 2014 років до нього. Офіційний вісник України.- Офіц. вид. від 09.04.2019. 2019 р., № 27, стор. 176, стаття 970, код акта 93678/2019.

[2] Правила про вантажну марку морських суден [Текст] / Регістр судноплавства України. - Офіц. вид. - Київ : / [редкол.: В. В. Севрюков та ін.]. - 2020. - 79 с.

**УДК 656.212.5:581.3**

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

### **IMPRUVE RAILWAY TRANSPORT TECHNOLOGY WITH USAGE OF SPECIALIZED SYSTEMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

*Докт. техн. наук В.В. Скалозуб, докт. техн. наук І.В. Жуковицький  
Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)*

*Dr.Sc. V.V. Skalozub, Dr.Sc. Zhukovytskyy  
Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)*

Сьогодні загально визнано, що застосування інтелектуальних технологій, моделей і засобів штучного інтелекту (ШІ) значно впливає на велику кількість сфер сучасного суспільства. Раціональне використання всеосяжних можливостей АІ стає одними із визначальних напрямів сучасного розвитку у тому числі сфери залізничного транспорту (ЗТ) [1, 2]. Разом з тим відзначається, що штучний інтелект ще не отримав широкого впровадження в європейському залізничному секторі. Про це свідчать також систематичні огляди літератури щодо поточного стану АІ на залізничному транспорті [2]. Прискорення інновацій у сфері АІ має створити нові можливості для залізничних компаній, що призведе до величезних змін у цій галузі

У доповіді також представлено та підтримується наступне застосування ШІ, що відповідає розвитку АСК [3]. За ним вимірювання/оцінювання ШІ виконується за його здатністю покращувати колективний інтелект системи «людина-комп'ютер». У разі необхідності передбачення, інтеграція у такий спосіб людей і комп'ютерів як рівноправних компонентів системи, що дає кращі результати, ніж обидва можуть досягти поодино. Тобто система «людина-комп'ютер» може вдосконалюватися: люди визначають, як краще виконувати певне завдання, а машини «навчаються» за даними власного досвіду за різним техніками ШІ.

Надзвичайно висока масштабність, численність і висока складність технологій і систем ЗТУ, вимоги щодо їх безперервного вдосконалення і розвитку, тенденції та

потреби переходу до інтелектуальних технологій управління тощо роблять актуальними питання ефективного супроводу АСК ВП УЗ-Є. Між тим в АСК ВП УЗ-Є нині практично реалізований лише інформаційний режим, який передбачає надання персоналу лише відомостей про фактичний стан процесу перевезень. Одним з основних напрямків досліджень в цьому розділі є питання із створення та застосування платформи уніфікованих аналітичних сервісів системи АСК ВП УЗ-Є [4]. Для означення підсистем підтримки інтелектуальних функцій управління вантажними перевезеннями в АСК ВП УЗ-Є запропоновано використовувати термін «Аналітичні сервери» – АС [4].

Призначення АС полягає в тому, щоб, спираючись на інформаційний фундамент АСК ВП УЗ-Є, забезпечувати безпосередню інформаційну підтримку управлінських рішень.

Одним із перспективних напрямів досліджень та розробок з використанням методів ШІ є прогнозне обслуговування парків технічних систем (ТС), яке передбачає майбутні поломки, даючи їм оцінки ймовірності [4].

У доповіді далі представлена автоматизована система керування парками електричних двигунів (ЕД) стрілочних переводів, яка підтримує прогнозне технічне обслуговування за рахунок виявлення та діагностики несправностей ЕД [4, 5]. Показано, що управління експлуатацією парку ЕД доцільно вести на основі їх індивідуальних моделей з використанням мереж Кохонена, які побудовані за індивідуальними спектральними характеристиками струмів електродвигунів. Саме застосування інтелектуальних індивідуальних моделей дозволило перейти від нормативного методу обслуговування до автоматизованого технічного обслуговування парку ЕД по параметрам їх поточного технічного стану. У цілому розроблені моделі, методи і засоби автоматизації парків ЕД дають можливість їх застосування для експлуатації інших парків технічних систем залізничного транспорту.

Як інший приклад використання методів ШІ в парках ТС ЗТ показана побудована з використанням методів ШІ підсистема діагностики інформаційно-вимірювальної системи випробувань гідравлічних передач тепловозів [4, 6]. Для визначення істинності 14 параметрів гідروпередачі побудовано 14 нейро-нечітких мереж ANFIS. Для навчання та тестування мереж були використані експериментальні дані, які були отримані при проведенні випробувань гідравлічних передач типу УПП 750 на тепловозоремонтному заводі «Промтепловоз». Тестування мереж в вищеназваній інформаційно-вимірювальної системі показало правильний результат роботи підсистеми самодіагностики.

Таким чином, в доповіді показано, що використання методів ШІ дають можливість суттєво покращити як технології управління процесами керування перевезеннями, на прикладі покращання можливостей системи АСК ВП УЗ-Є, так і покращання технологій роботи парків ТС залізничного транспорту.



- [1] UIC RAIL SYSTEM DEPARTMENT (2021) Artificial intelligence Case of the railway sector State of play and perspectives March 2021. ISBN 978-2-7461-3065-4. International Union of Railways (UIC). Paris.
- [2] Nikola Besinovič, Lorenzo De Donato, Francesco Flammini, Rob M.P. Goverde, Zhiyuan Lin, Ronghui Liu, Stefano Marrone, Roberto Nardone, Tianli Tang, Valeria Vittorin. (2021) Artificial Intelligence in Railway Transport: Taxonomy, [3] Regulations and Applications. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems on November 2021.
- Malone (2020), 'Artificial Intelligence - Implications for Business Strategy', MIT Sloan School of management - MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL).
- [4] Жуковицький І.В., Скалозуб В.В., Устенко А.Б. Інтелектуальні засоби управління парками технічних систем залізничного транспорту. Монографія [Текст] – Дніпро, Вид-во ПФ «Стандарт – Сервіс», 2018, - 190 с. – ISBN 978-617-7382-11-4.
- [5] Скалозуб В. В., Швець О. М., Осовик В. Н. Методи інтелектуальних транспортних систем в задачах управління парками об'єктів залізничного транспорту по текущому состоянию /У зб. «Питання прикладної математики і математичного моделювання», Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2014. С. 229 – 242.
- [6] Zhukovyts'kyu I., Kliushnyk I. Development of a self-diagnostics subsystem of the information-measuring system using ANFIS controllers. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol 1, No 9 (91) – P. 11–19.

**УДК 656. 225**

## **ЛОГІСТИЧНІ ПІДХОДИ В ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МАСОВИХ ВАНТАЖІВ**

### **LOGISTICAL APPROACHES IN THE ORGANIZATION OF BULK CARGO TRANSPORTATION**

*к.т.н, доцент Т.Ю. Калашнікова, студенти В. Кащішин, Л. Піляй  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Tech.) Kalashnikova T., st. V. Kashishin, L. Piliaj  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Логістичні підходи в організації перевезень масових вантажів включають кілька стратегій, спрямованих на оптимізацію витрат і підвищення ефективності. Одним з підходів є організація регулярних маршрутів, що дозволяє стандартизувати процес перевезень, знижуючи витрати на транспортування. Застосовується також метод ступеневої маршрутизації вантажів, який передбачає об'єднання декількох дрібних партій вантажів від різних вантажовідправників у один великий транспортний потік, що зменшує витрати на одиницю товару.

Досить поширеним підходом є використання інтермодальних перевезень, коли вантажі перевозяться комбінованими видами транспорту, наприклад, залізничним та автомобільним, що дозволяє мінімізувати витрати та скоротити час доставки.

Метод Just-in-Time передбачає точну організацію доставки в необхідний час без накопичення товарних запасів, що знижує складські витрати.

Також широко використовуються сучасні інформаційні системи для координації, моніторингу та оптимізації всіх етапів доставки товарів. Вони

дозволяють автоматизувати процеси планування маршрутів, що знижує витрати і скорочує час доставки. Системи відстеження забезпечують контроль за переміщенням вантажу в режимі реального часу, що дає змогу оперативно реагувати на затримки або зміни умов транспортування. Інформаційні системи також використовуються для управління складськими запасами та обліком товарів, що дозволяє уникати перевантаження або дефіциту. Завдяки системам управління ланцюгами постачання (SCM), компанії можуть забезпечити злагоджену роботу між постачальниками, перевізниками та клієнтами, що сприяє своєчасній доставці. Інтеграція з ERP-системами дозволяє синхронізувати логістику з іншими бізнес-процесами компанії, такими як фінансовий облік та управління замовленнями. Аналітичні інструменти допомагають у прогнозуванні попиту і визначенні оптимальних маршрутів, що сприяє ефективному використанню ресурсів залізниці.

Таким чином, інформатизація логістики перевезень є важливою складовою у забезпеченні якості масових вантажів.

[1] Кудряшов Д. В. Огляд і аналіз основних напрямів наукових досліджень із підвищення ефективності перевезень масових вантажів залізничним транспортом / Д. В. Кудряшов, Н. С. Кудряшова // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2024. – Вип. 208. – С. 130-140.

[2] Логістика перевезення вантажів. <https://kms-logistic.com/blog/lohystyka-hruzoperevozok/>.

[3] Арт- залізнична логістика. <https://artport.pro/configurations/artzhd-logistika/>.

**УДК 656. 222.4**

## **ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ПІДРОЗДІЛУ**

### **IMPACT OF DIGITAL TECHNOLOGIES ON THE EFFICIENCY OF RAILWAY UNIT OPERATIONS**

*к.т.н, доцент Т.Ю. Калашнікова, студенти Д. Корнійчук, Д. Павлов  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Tech.) Kalashnikova T., st. D. Korniychuk, D. Pavlov  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Цифрові технології відіграють ключову роль у покращенні управління та моніторингу інфраструктури, такої як залізничні колії, сигнальні системи та інші інфраструктурні об'єкти.

Використання інтернету речей (IoT) дозволяє оснащувати елементи інфраструктури численними датчиками, що збирають інформацію про знос матеріалів, температурні зміни, вологість, вібрації та інші показники в режимі реального часу. Завдяки цьому робітники залізниці можуть постійно отримувати

дані про стан кожного сегменту залізничного полотна, що допомагає передбачити та запобігти можливим поломкам або аваріям, адже аналітика виявляє будь-які відхилення від норми ще на ранніх етапах.

Додатково застосування технологій штучного інтелекту й машинного навчання сприяє аналізу великих обсягів зібраних даних, дозволяючи створювати прогностні моделі для планування ремонтів та технічного обслуговування, що зменшує кількість аварійних ситуацій і витрати на несподівані ремонти.

Геоінформаційні системи (ГІС) сприяють візуалізації та аналізу даних, пов'язаних з інфраструктурою, відображаючи на карті стан кожного елементу, що полегшує прийняття оперативних рішень у випадках аварій чи екстрених ситуацій. Застосування технологій доповненої реальності (AR) допомагає інженерам та ремонтним командам отримувати візуальні підказки під час технічних робіт, що підвищує точність і зменшує час виконання завдань.

Безпілотні літальні апарати (дрони), обладнані камерами високої роздільної здатності та спеціальними сенсорами, можуть здійснювати регулярний моніторинг залізничних колій, мостів і тунелів, особливо у важкодоступних місцях, оперативно виявляючи структурні пошкодження або інші проблеми.

Така автоматизація та інформатизація управління інфраструктурою значно підвищує її ефективність і безпеку, дозволяючи операторам приймати обґрунтовані рішення, зменшувати ризики та витрати на ремонтні роботи, а також забезпечувати безперервність і надійність перевезень, що є критичним фактором для функціонування національної економіки.

[1] Діджиталізація залізниці Німеччини. <https://www.railway.supply/uk/didzhitalizacziya-zalizniczi-nimechchini//>.

[2] Андреев С. М., Жилін В. А. Застосування технологій геоінформаційних систем для побудови картографічних моделей залізничних сполучень. Системи управління, навігації та зв'язку: збірник наукових праць. – Полтава: Полтавський НТУ ім. Юрія Кондратюка, 2021. – Вип. 1(63) – 168 с. – С. 4-16.

**НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ЗАЛІЗНИЦІ**

**DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF INTELLIGENT  
TECHNOLOGIES FOR MANAGING RAILWAY TECHNOLOGICAL  
PROCESSES**

*Г.І. Кириченко<sup>1</sup>, Ю.А. Бердніченко<sup>1</sup>, Л.А. Коробенюк<sup>1</sup>*  
*<sup>1</sup>Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

*Н.І. Kyrychenko<sup>1</sup>, Yu.A. Berdnichenko<sup>1</sup>, L.A. Korobeniuk<sup>1</sup>*  
*<sup>1</sup>State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)*

Низка наукових робіт, представлена дослідниками в останні роки, присвячена розвитку сучасного наукового напрямлення – інтелектуальним системам управління. У роботах пропонується використання нейронних мереж (НМ), генетичних алгоритмів та теорії ігор [1]. З іншого боку, фахівці на практиці, яка пов'язана з організацією перевезень залізницею, заявляють (стверджують), що саме інтелектуальних технологій управління експлуатаційною роботою потребує залізниця наразі і потребуватиме у майбутньому [2]. Існуючі системи залізниці є за змістом інформаційними базами, що аналізують роботу, яка вже відбулася; не містять систем підтримки прийняття рішення і, на жаль, не мають у своїй основі інтелектуальних технологій.

В той же часу у процесі транспортування вантажів залучена як правило низка підприємств із власними технологічними процесами та автоматизованими системами (АСУ); від постачальника товару або сировини до покупця, одержувача продукції і за кордоном зокрема. Учасники перевезення потребують координації окремих ланок загального циклу перевезення та відповідної інформаційної інтеграції, яка б сприяла взаємодії усіх учасників у єдиному технологічному процесі. Спільна інформаційна платформа дозволяє візуалізувати планові та здійснені операції (контрольно-часові точки) з дотримання учасниками загального циклу перевезення та послідуочим розподілом відповідальності за остаточний результат. Перші кроки створення системи, що передбачає узгодження контрольно-часових точок (КЧТ) [3], а також розкладу конкретного перевезення, всіма учасниками доставки вантажів на підставі фінансових договорів вже зроблені. Це Система комплексного планування перевезень та контролю виконання запланованих подій (Електронно-комунікаційне бізнес-середовище (ЕКБС)). Система враховує технологічну взаємодію суміжних учасників перевезень, включаючи планування часу здійснення операцій у транспортному процесі.. Таким чином, від правильного планування та можливості

управління відхиленнями від запланованого за всіма складовими ланцюга транспортування залежить результат діяльності з доставки вантажу. Впровадження та розвиток ЕКБС при плануванні та управлінні з метою прогнозування відхилень у графіку доставки вантажу та їх мінімізації диспетчерським апаратом може стати прикладом використання технологій управління перевезеннями с багатьма самостійними (у господарському сенсі) учасниками .

Впровадження інтелектуальної системи управління з використанням НМ, генетичних алгоритмів та інших різноманітних математичних методів доцільно і пропонується науковцями реалізувати на базі існуючої АСУ залізниці, яка за своєю побудовою та можливостями є унікальною серед залізничних інформаційних систем світу. Система містить всі необхідні дані про вантажу та час операцій з ним, що є основними показниками для організації логістичних технологій. На жаль інформаційна система залізниці не інтегрована з АСУ компаній - користувачів залізничних послуг у частині стикування графіків організації робіт з транспортування вантажів. Крім того, СППР, що функціонують на залізниці, наприклад – розподілення порожніх вагонів під навантаження - та ІТ системи потребують доопрацювання, так як їх результат роботи залежить в основному від досвіду та професійних знань працівників.

[1] Кравченко, М. А., Прохорченко, А. В. Удосконалення зернової логістики на основі моделей перевезень за принципами спільного використання. 82 Міжнародна науково-практична конференція "Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту" (20–21 квітня 2023 р.). С. 385–386.

[2] Щуклін, Ю. Як повернути залізничні перевезення до здорових економічних відносин. *Rail.insider* — інформаційно-аналітичне видання про залізницю в Україні. URL: <https://www.railinsider.com.ua/yurij-shhuklin-yak-povernuty-zaliznychni-perevezennya-do-zdorovyh-ekonomichnyh-vidnosyn/> (дата звернення: 17.11.2024).

[3] Statyvka, Y., Kyrychenko, H., Strelko, O., & Berdnychenko, Y. Control of technological processes using a fuzzy controller of the system for management of cargo delivery by railway. *Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum*, 2021, 20(3), 241–251. DOI: 10.31648/aspal.6808.

**ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ НА ОСНОВІ  
ПРОГНОЗУВАННЯ ОЧІКУВАНОГО ЧАСУ ПРИБУТТЯ ВАНТАЖНОГО  
ПОЇЗДА**

**ENHANCING THE ACCURACY OF THE TRANSPORTATION PROCESS  
BASED ON FORECASTING THE EXPECTED ARRIVAL TIME OF FREIGHT  
TRAINS**

*Викладач А.М. Кисельова<sup>1</sup>, викладач Ю.С. Мінейкіс<sup>1</sup>, викладач Т.І. Руденко<sup>1</sup>*  
*<sup>1</sup>Бахмутський коледж транспортної інфраструктури (м. Харків)*

*Kiselyova (teacher)<sup>1</sup>, Yu.S. Mineikis (teacher)<sup>1</sup>, T. Rudenko (teacher)<sup>1</sup>*  
*<sup>1</sup>Bakhmut College of Transport Infrastructure (Kharkiv)*

На даний час змінюються концепції організації перевезень на залізничному транспорті. Все більше стає важливим в залізничній системі точність при перевезенні вантажів. Підвищення точності залізничної системи дозволяє зменшити невизначеність в перевізному процесі, а отже зменшити ризики залізничних компаній при порушенні зобов'язань перед споживачами. Це неможливо досягти без прогнозування стадій перевізного процесу. На відміну від залізничних систем з вертикальним розділенням, де рух вантажних поїздів відбувається за нормативним розкладом, залізниця України та її подібні відносяться до інтегрованих монополій, де збережена система руху вантажних поїздів без дотримання розкладу. Це спричиняє значну невизначеність перевізного процесу, який досить складно передбачати. За таких умов розвиток досліджень спрямованих на пошук підходів до створення системи прогнозування очікуваного часу прибуття вантажної відправки з урахуванням визначення тривалості руху вантажного поїзда дільницею є актуальним [1, 2].

З метою підвищення точності прогнозування тривалості руху вантажних поїздів, в роботі запропоновано математичну модель на основі штучної нейронної мережі глибокого навчання. Дана математична модель, використовуючи в якості вхідних параметрів дані звітів форми ЦО-4, зокрема параметри роботи дільниці, пасажирський та вантажний рух, довжину составів та роботу поїзних локомотивів, дозволяє спрогнозувати швидкість руху поїздопотоків на полігоні залізничної мережі. Враховуючи взаємозалежності завантаженості дільниць, модель забезпечує більш точне визначення тривалості руху вантажних поїздів. Запропоновано додати окремим входом дані щодо стану залізничної інфраструктури, та норматив руху за графіком. Використання глибокого навчання дозволяє моделі самостійно виявляти

складні нелінійні залежності між вхідними параметрами, що підвищує точність прогнозів. Це дозволяє більш точно розраховувати ЕТА для вантажної відправки

Результати тестування показали, що запропонована математична модель перевищує традиційні методи прогнозування за показниками точності та швидкодії. Це відкриває нові можливості для оптимізації перевізного процесу та зниження ризиків, пов'язаних з порушенням зобов'язань щодо строків доставки вантажів перед споживачами.

[1] Ayhan S., Costas P., Samet H. Predicting Estimated Time of Arrival for Commercial Flights // Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining – KDD '18. 2018. doi: <https://doi.org/10.1145/3219819.3219874>

[2] Prokhorchenko, Andrii, et al. "Forecasting the Estimated TIME of Arrival for a Cargo Dispatch Delivered by a Freight Train Along a Railway Section." Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 3, no. 3, 2019, pp. 30-38, doi:10.15587/1729-4061.2019.170174.

## УДК 629.04

### ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ІТС З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ

### CLOUD TECHNOLOGIES AND COMPUTING PLATFORMS FOR ITS TO ENSURE EFFICIENT DATA PROCESSING

*к.т.н., доц. Г.Л. Комарова<sup>1</sup>, к.е.н. С.Б. Крамаренко<sup>2</sup>,  
студент В.Ю. Свєтош<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

<sup>2</sup>Приватна наукова установа «Міжгалузева науково-дослідна установа цифровізації та технологій штучного інтелекту» (м. Київ)

*PhD (Tech.) G. Komarova<sup>1</sup>, PhD. S. Kramarenko<sup>2</sup>,  
student V. Svietosh<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

<sup>2</sup>Private Scientific Institution "Intersectoral Research Institute of Digitalization and Artificial Intelligence Technologies" (Kyiv)

Сучасні інтелектуальні транспортні системи (ІТС) стикаються з викликом ефективної обробки величезних обсягів даних, які надходять з різних джерел: датчиків трафіку, камер спостереження, GPS-трекерів та мобільних додатків. Ці дані є життєво важливими для оптимізації транспортних потоків, зниження заторів, підвищення безпеки на дорогах і зменшення негативного впливу транспорту на екологію. Для того, щоб ефективно обробляти цю інформацію в режимі реального часу, використовується все більше хмарних обчислювальних платформ [1].

Актуальність хмарних технологій у системах інтелектуального транспорту обумовлена стрімким зростанням кількості транспортних засобів і необхідністю підвищення ефективності управління дорожнім рухом. Хмарні платформи, такі як Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure і Google Cloud, дозволяють швидко аналізувати дані та приймати рішення на основі алгоритмів штучного інтелекту і машинного навчання. Вони забезпечують інструменти для обробки інформації в режимі реального часу, що є критично важливим для управління дорожнім рухом, реагування на аварії та попередження заторів. Наприклад, Microsoft Azure пропонує комплекс рішень для аналізу трафіку, що дозволяє оптимізувати маршрути транспортних засобів і прогнозувати затори на основі поточних даних.

Барселона є яскравим прикладом використання хмарних технологій у системах управління транспортом. Місто розробило власну хмарну платформу Sentilo, яка збирає дані з тисяч сенсорів, встановлених по всьому місту. Ця система дозволяє аналізувати трафік, контролювати паркувальні місця, відстежувати якість повітря і навіть регулювати роботу світлофорів. Використовуючи хмарні обчислення, Барселона змогла знизити затори на 30% і зменшити викиди CO<sub>2</sub> на 20%. Таким чином, хмарні обчислювальні платформи стали важливою частиною стратегії “розумного міста”, допомагаючи оптимізувати роботу міської інфраструктури.

Для оцінки ефективності хмарних обчислень у порівнянні з традиційними локальними рішеннями було проведено дослідження. У середньому місті з населенням 500 000 жителів використовували два сценарії: локальні обчислення на серверах та обробка даних за допомогою Microsoft Azure (табл.1).

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз хмарних обчислень з традиційними

Показник	Локальні обчислення	Хмарні обчислення (Azure)
Час обробки даних	3 секунди	0,8 секунди
Кількість оброблених подій	200 000 подій/год	500 000 подій/год
Вартість обслуговування	Висока	Середня
Масштабованість	Обмежена	Висока
Надійність	Середня	Висока

Хмарні обчислення значно перевищують локальні обчислювальні потужності за кількома параметрами: швидкість обробки даних, масштабованість і надійність.



Крім того, хмарна система виявилася економічно вигіднішою, оскільки не потребує постійного обслуговування локальної інфраструктури.

Хмарні обчислення та обчислювальні платформи є невід'ємною частиною сучасних інтелектуальних транспортних систем. Вони забезпечують ефективну обробку великих обсягів даних, дозволяючи покращити управління дорожнім рухом, оптимізувати маршрути транспорту, підвищити безпеку та знизити негативний вплив транспорту на довкілля. Приклад Барселони та результати проведеного дослідження підтверджують, що використання хмарних платформ є економічно доцільним і ефективним рішенням для міст, що прагнуть модернізувати свою транспортну інфраструктуру [2].

Крім того, хмарні технології дозволяють інтегрувати різні системи та сервіси, що сприяє створенню єдиної інформаційної платформи для управління міською інфраструктурою. Це включає не лише транспорт, але й інші аспекти міського життя, такі як енергетика, водопостачання, охорона здоров'я та безпека. Завдяки цьому міста можуть більш ефективно використовувати ресурси, знижувати витрати та підвищувати якість життя своїх мешканців[3].

Наприклад, у Сінгапурі використання хмарних технологій дозволило створити інтегровану систему управління міським транспортом, яка об'єднує дані з різних джерел і забезпечує оперативне реагування на зміни в дорожній ситуації. Це дозволило значно знизити час простою транспорту, покращити екологічну ситуацію та підвищити загальну ефективність міської інфраструктури [4].

В Україні також є приклади успішного впровадження хмарних технологій у транспортні системи. Наприклад, у Києві було запроваджено систему “Розумний світлофор”, яка використовує хмарні обчислення для аналізу трафіку в режимі реального часу та автоматичного регулювання роботи світлофорів. Це дозволило знизити затори на ключових перехрестях міста та покращити загальну пропускну здатність доріг.

Інший приклад - система моніторингу громадського транспорту у Харкові, яка дозволяє відстежувати рух автобусів, тролейбусів та трамваїв у режимі реального часу. Використовуючи хмарні обчислення, ця система забезпечує пасажирів актуальною інформацією про час прибуття транспорту, що значно підвищує зручність користування громадським транспортом та зменшує час очікування на зупинках. Крім того, система дозволяє оптимізувати маршрути та розклад руху, що сприяє підвищенню ефективності роботи громадського транспорту.

Залізничний транспорт також вирає від впровадження хмарних технологій. Наприклад, “Укрзалізниця” використовує хмарні платформи для моніторингу руху поїздів, управління розкладом та оптимізації маршрутів. Це дозволяє забезпечити більш точне дотримання графіку руху, зменшити затримки та підвищити загальну ефективність залізничного транспорту. Крім того, хмарні технології допомагають у відстеженні технічного стану поїздів та інфраструктури, що сприяє своєчасному проведенню ремонтних робіт та підвищенню безпеки пасажирів .

Таким чином, хмарні обчислювальні платформи є ключовим елементом у розвитку сучасних інтелектуальних транспортних систем та “розумних міст”. Вони забезпечують необхідну гнучкість, масштабованість та ефективність для обробки великих обсягів даних, що дозволяє містам швидко адаптуватися до змін та покращувати якість життя своїх мешканців.

[1] Турута О. В. Хмарні технології: Поняття та Основи. Харків: Lemon.School, 2023. 128 с.

[2] Скидан О. В., Ковальчук О. Д. Хмарні обчислення та їх застосування у транспортних системах. Київ: Наукова думка, 2020. 321 с.

[3] Чернікова Н. М., Вороніна В. Л., Чеботарьов К. Г. Інноваційні підходи в управлінні HR-процесами на вітчизняних підприємствах. Трансформаційна економіка. 2023. № 3 (03). С. 70–75.

[4] Mell P, Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology: NIST Special Publikation [online]. Avaluable: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>.

**УДК 656.2**

## **ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМУ ШВИДКІСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ**

### **INTEGRATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE HIGH-SPEED RAILWAY TRANSPORT SYSTEM OF UKRAINE: CHALLENGES AND PROSPECTS IN THE CONTEXT OF EUROPEAN INTEGRATION**

***І.В. Вжос, канд. техн. наук Д.В. Константінов**  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***I.V. Vzhos, D.V. Konstantinov, PhD (Tech.)**  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Розвиток цифрових технологій у сфері залізничних перевезень є ключовим фактором підвищення ефективності та конкурентоспроможності українських швидкісних залізниць в умовах інтеграції до європейської транспортної системи. Запровадження Європейської системи управління залізничним транспортом (ERTMS) дозволяє стандартизувати управління залізницями, що сприяє підвищенню безпеки та спрощує інтеграцію до європейської мережі залізниць [1]. Досвід країн ЄС підтверджує ефективність використання цифрових диспетчерських систем, таких як Thales Rail Traffic Management System (RTMS), для моніторингу та оптимізації руху швидкісних потягів, що дозволяє зменшити затримки та покращити ефективність перевезень [2].

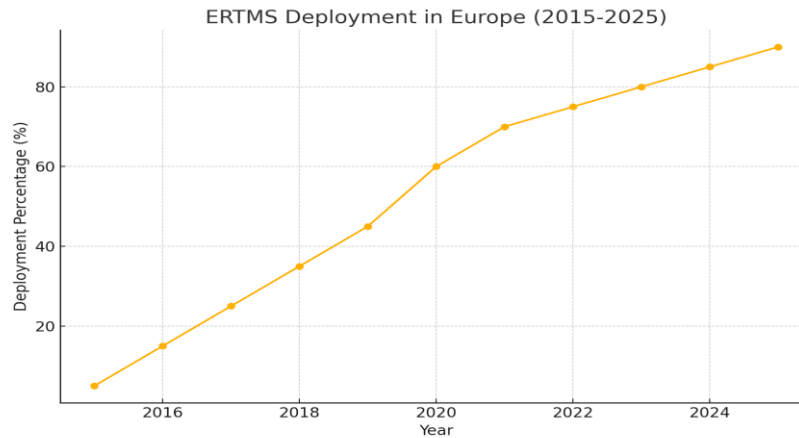


Рис. 1. Динаміка впровадження системи ERTMS у країнах ЄС (2015-2025 рр.)

Використання системи ERTMS (Європейська система управління залізничним транспортом) сприяє стандартизації сигналізації та управління залізничним транспортом, що є важливим кроком для України в контексті євроінтеграції. Досвід країн ЄС показує, що RTMS (Rail Traffic Management System) знижує затримки в графіку руху та підвищує безпеку перевезень, тоді як Big Data значно покращує можливості прогнозування технічного обслуговування, знижуючи частоту несправностей.

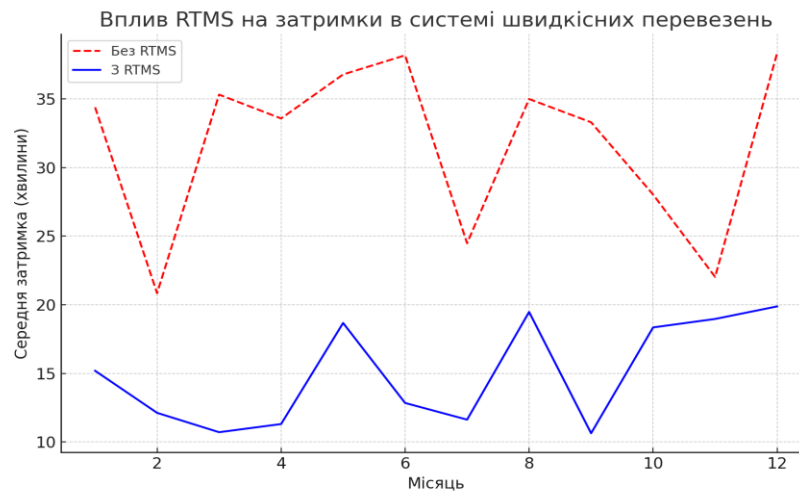


Рис. 2. Вплив системи RTMS на скорочення затримок у швидкісних перевезеннях

Окрім цього, аналітика великих даних (Big Data) у поєднанні з технологіями штучного інтелекту дає змогу прогнозувати технічне обслуговування, що знижує частоту несправностей та підвищує надійність залізничної інфраструктури [3]. Проте питання кібербезпеки залишаються важливими для захисту даних та забезпечення безпеки залізничної інфраструктури, що потребує впровадження відповідних європейських стандартів кібербезпеки [4].

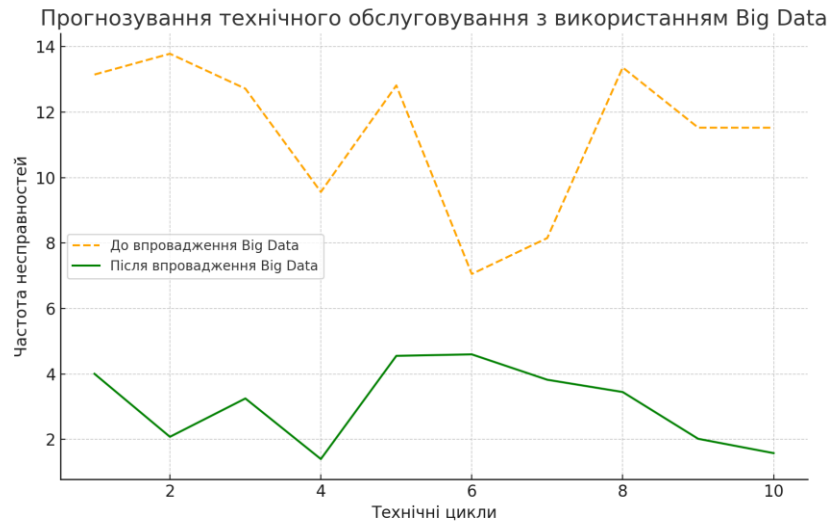


Рис. 3. Частота технічних несправностей до і після впровадження технологій Big Data

Інтеграція цифрових технологій також потребує чіткої організації впровадження, підвищення кваліфікації персоналу та додаткових інвестицій у модернізацію залізничної інфраструктури. З огляду на європейський досвід, запровадження таких інновацій сприятиме підвищенню надійності та безпеки транспорту, що є однією з основних цілей сучасної транспортної політики ЄС [1].

[1] European Union Agency for Railways. (2020). ERTMS deployment in Europe. URL: <https://www.era.europa.eu/>

[2] Thales Group. (2021). Rail Traffic Management System (RTMS) Overview. URL: <https://www.thalesgroup.com/en>

[3] McKinsey & Company. (2021). The Role of Big Data in Rail Transport. URL: <https://www.mckinsey.com/>

[4] European Commission. (2022). Cybersecurity Standards in Transport Systems. URL: <https://commission.europa.eu/>

**РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ В УМОВАХ  
ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ**

**DEVELOPMENT OF RAILWAY TRANSPORTATION IN UKRAINE UNDER  
MARTIAL LAW CONDITIONS**

*О.В. Зуй, О.В. Рудницький, канд. техн. наук Д.В. Константінов  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O.V. Zui, O.V. Rudnyckii, D.V. Konstantinov PhD (Tech.)  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Організація залізничних перевезень в Україні під час воєнного стану є одним із ключових завдань для забезпечення безперервного функціонування транспортної інфраструктури. У період військових дій тенденції розвитку залізничних перевезень зазнають значних ускладнень через нестабільну безпекову ситуацію, що значно впливає на ефективність та надійність перевізного процесу. Зміни в безпекових умовах призводять до зниження рівня виконання транспортних завдань, а також до збільшення витрат на організацію перевезень, інтенсивного зношування матеріально-технічної бази та уповільненого оновлення засобів залізничного транспорту порівняно з мирним часом.

В умовах такої ситуації регіональні філії АТ «Укрзалізниця» вимушені скорочувати обсяги руху на низці напрямків, що, у свою чергу, знижує рівень задоволення потреб у перевезеннях, як пасажирських, так і вантажних. Для вирішення цієї проблеми необхідно впроваджувати адаптивні заходи, спрямовані на вдосконалення системи залізничного руху, оптимізацію організації перевезень з урахуванням мінімізації витрат та забезпечення максимальної безпеки.

Адаптація залізничної системи до актуальних обсягів попиту, враховуючи дефіцит рухомого складу через його часткове переорієнтування на військові потреби, вимагає прогнозування та удосконалення технологій формування та обробки поїздів на станціях. Це передбачає застосування оперативних методів регулювання складів з урахуванням поточних потреб у різні періоди доби на всіх доступних напрямках руху.

Задача прогнозування обсягів перевезень в загальному вигляді має зводиться до оцінки майбутніх значень впорядкованих в часі даних на основі аналізу та виявлення складних залежностей у вже існуючих даних. Це дасть змогу підвищити точність прогнозування для проведення оперативних регулювальних заходів [1]. Вихідною інформацією для проведення прогнозування є тимчасовий ряд, що складається зі значень в послідовні моменти часу. Тому загальний вигляд задачі

прогнозування буде

$$(X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, X_{t-d-1}, X_{t-d}) \rightarrow y_{t+1} = f(X), \quad (1)$$

де  $X = (X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, X_{t-d-1}, X_{t-d})$  - значення пасажиропотоку в певні періоди доби  $t$ , що подаються на вхід моделі, з глибиною занурення  $d$ ;

$y_{t+1} = f(X)$  - прогнозне значення пасажиропотоку на наступний період доби  $t+1$ , що залежить від значення входу.

Можливі варіанти вирішення задач оперативного регулювання перевізних засобів можуть залежати від трьох параметрів технологічного процесу - очікуваних темпів зміни пасажиропотоку чи вантажопотоку  $\Delta A$ , що можуть бути отримані прогнозуванням їх надходження на транспорт, коефіцієнту використання місткості або вантажопідйомності вагонів в конкретному складі  $\alpha$ , та достатнього часу на реалізацію оперативного регулювання  $t_{об}$  в умовах обмеження за розкладом руху [2]. Таким чином, задача розробки відповідних рішень для оперативного регулювання композиції складу полягає у виконанні відображення

$$(\Delta A, \alpha, t_{об.}) \rightarrow D \in \{d_1, d_2, \dots, d_k\}, \quad (2)$$

де  $d_1, d_2, \dots, d_k$  - можливі варіанти заходів оперативного регулювання.

Також можливим напрямом удосконалення системи залізничного руху в умовах військового стану окрім оперативного регулювання композицій складів може бути розробка нових гнучких схем курсування, заснованих на принципах безпеки, адаптації до рівня попиту та мінімізації витрат на перевезення [3].

Комплексна реалізація запропонованих заходів у вигляді СППР [4] для використання на рівні оперативно-розпорядчого відділу служби перевезень управління залізниці дозволить автоматизувати процес формування маршрутів та удосконалити діючі графіки руху та обороту. В умовах використання нових зразків швидкісного рухомого складу в системі пасажирських та вантажних перевезень та необхідності прискорення просування це дає можливість оптимізувати експлуатаційні витрати, збільшити прибутки та реалізувати більш якісну систему організації руху відповідно до принципів логістики. Це дозволить суттєво покращити організацію залізничних перевезень в умовах військового стану, підвищити рівень безпеки та знизити експлуатаційні витрати.

[1] Константінов Д.В. Моделювання системи оперативного прогнозування пасажиропотоків в приміському сполученні на основі використання інтелектуальних технологій [Текст] / Т.В. Бутько, Д.В. Константінов, Т.О. Дерев'янко // Східно-європейський журнал передових технологій. – Харків, 2009. – №1/3(37). – С. 43–47.

[2] Константінов Д.В. Розробка системи підтримки прийняття рішень з застосуванням нейро-нечіткого моделювання для реалізації оперативного регулювання композиції складів у приміському сполученні [Текст] / Д.В. Константінов // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків, 2009. – №111. – С. 68–81.

[3] Константинов Д.В. Моделирование оперативного регулирования маршрутами пригородного движения на основе нечеткой логики та нейронних мереж [Текст] / Т.В. Бутко, Д.В. Константинов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – №1(80)’. – С. 13–19.

[4] Konstantinov D.V. Optimization of train routes based on neuro-fuzzy modeling and genetic algorithms / Peter Dolgoplov, Denis Konstantinov, Liliya Rybalchenko, Ruslans Muhitovs // Procedia Computer Science. – 2019. – Volume 149. – Pages 11-18.

**УДК 656.072.4**

## **АДАПТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ПРИМІСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ**

### **ADAPTIVE DEVELOPMENT DIRECTIONS FOR SUBURBAN TRANSPORTATION ON UKRAINIAN RAILWAYS**

***М.С. Шевченко, канд. техн. наук Д.В. Константинов,**  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***M.S. Shevchenko, D.V. Konstantinov PhD (Tech.),**  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Розвиток приміських перевезень на залізницях України неможливий без вирішення головних проблем приміського залізничного транспорту, що гальмують його розвиток. Це дефіцит рухомого складу та необхідність покращення якості його використання, оптимізація тарифної політики та боротьба з безоплатним проїздом, удосконалення існуючої системи організації приміського руху та технологій обробки приміських поїздів. Комплексне вирішення цих проблем є дуже складним завданням, особливо в умовах військового стану, та є неможливим без впровадження якісно нових зразків рухомого складу і організації гнучкої системи приміських перевезень, адаптованих до рівнів попиту. Новий рухомий склад має задовольняти за рівнем комфорту попиту сучасного споживача, та дозволяти за конструкцією і експлуатаційними характеристиками за необхідності організувати оперативні зміни композиції приміських поїздів у деповських та станційних умовах. Нова система приміського руху має бути адаптована до об'ємів попиту на перевезення, і в умовах використання нового рухомого складу повинна передбачувати на основі прогнозування пасажиропотоків удосконалення технологій обробки приміських поїздів на опорних станціях з використанням оперативного регулювання щодо оптимальних змін композицій составів у різні періоди доби на всіх напрямках руху.

Задача прогнозування в загальному вигляді має зводиться до оцінки майбутніх значень впорядкованих в часі даних на основі аналізу та виявлення складних залежностей у вже існуючих даних. Враховуючи значні коливання

пасажиropотоків протягом доби та нерівномірність графіку відправлення приміських поїздів на різних напрямках, з метою оптимізації процесу прогнозування та адаптації до коливань і нечіткості вхідної інформації доцільно представляти статистичні дані (наприклад відправлення пасажирів за добу) у вигляді послідовності періодів (наприклад 8 періодів по 3 години) (рис.1). Це дасть змогу підвищити точність прогнозування, і на основі прогнозованих даних отримувати достатній період часу на проведення оперативних регулювальних заходів спрямованих на забезпечення реальних обсягів попиту [1].

N, пасажирів

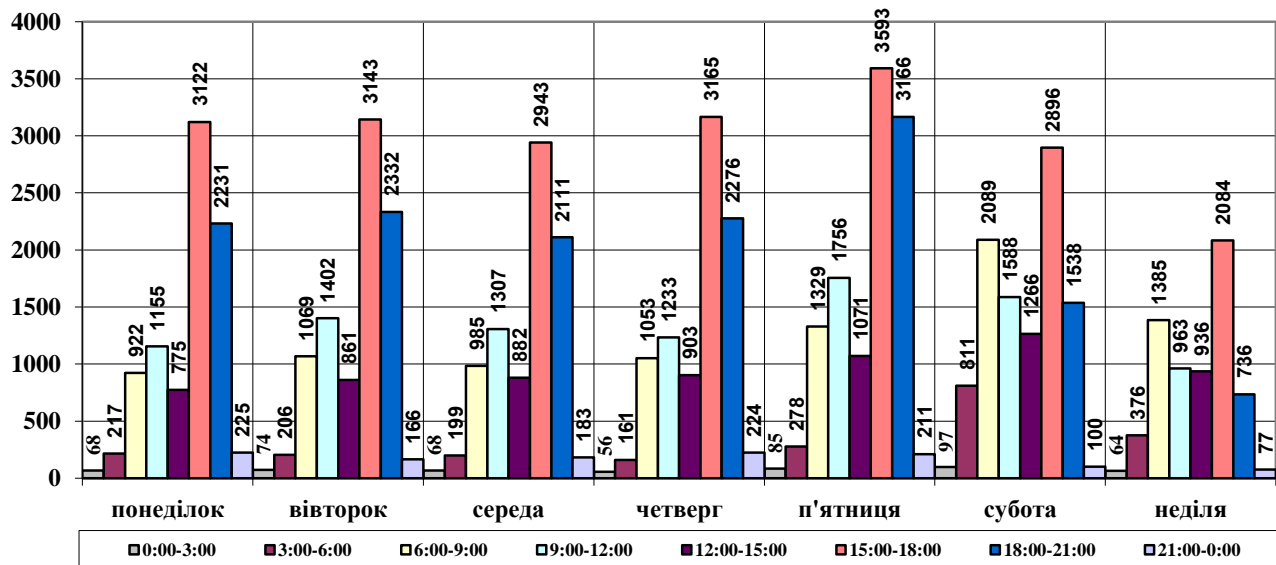


Рис. 1. Динаміки відправлення пасажирів в приміському сполученні по годинам доби

Вихідною інформацією для проведення прогнозування є тимчасовий ряд, що складається з значень в послідовні моменти часу. Тому загальний вигляд задачі прогнозування буде

$$\mathbf{X} = (X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, X_{t-d-1}, X_{t-d}) \rightarrow y_{t+1} = f(\mathbf{X}), \quad (1)$$

де  $\mathbf{X} = (X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, X_{t-d-1}, X_{t-d})$  - значення пасажиропотоку в певні періоди доби  $t$ , що подаються на вхід моделі, з глибиною занурення  $d$ ;

$y_{t+1} = f(\mathbf{X})$  - прогнозне значення пасажиропотоку на наступний період доби  $t+1$ , що залежить від значення входу.

Впровадження оперативного регулювання приміськими перевезеннями з використанням нових зразків рухомого складу, таких як, наприклад, рейковий автобус, на основі передових досягнень в галузі інтелектуальних технологій є одним з найперспективніших шляхів розвитку галузі. Реалізація оперативної технології потребує надання системі управління адаптації та сприятливості до змін



ситуації на ринку перевезень що обумовлює необхідність розробки та впровадження систем підтримки прийняття рішень (СППР), спрямованих на оптимізацію процесу прийняття оперативних рішень на всіх рівнях управління приміським пасажирським комплексом [2].

Можливі варіанти вирішення задачі оперативного регулювання приміського рухомого складу залежать від трьох основних параметрів технологічного процесу в приміському русі - очікуваних темпів зміни пасажиропотоку  $\Delta A$ , отриманих за прогнозом надходження пасажирів на транспорт, коефіцієнту використання місткості приміських пасажирських поїздів  $\alpha$  даного напрямку на момент розрахунку, та достатнього часу на реалізацію оперативного регулювання  $t_{об}$  в умовах обмеження за розкладом руху. Таким чином, задача розробки відповідних рішень для оперативного регулювання композиції складу полягає у виконанні відображення [2]

$$X = (\Delta A, \alpha, t_{об.}) \rightarrow D \in \{d_1, d_2, \dots, d_k\}, \quad (2)$$

де  $d_1$  - збільшити місткість складу;  
 $d_2$  - зменшити місткість складу;  
 $d_3$  - не виконувати оперативного регулювання;  
 $d_4$  - призначити додатковий поїзд;  
 $d_5$  - відмінити поїзд;  
 $d_6$  - призначити поїзд меншої місткості (рейковий автобус) замість поїзда більшої місткості (електропоїзд);  
 $d_7$  - відмінити поїзд меншої місткості (рейковий автобус) і призначити поїзд більшої місткості (електропоїзд).

Також можливим вирішенням питання оптимізації використання приміського рухомого складу в умовах впровадження оперативного регулювання композиції приміських поїздів може бути розробка нових схем курсування, заснованих на принципах адаптації до рівня попиту та мінімізації витрат на перевезення [3].

Вирішення цих завдань безумовно потребує використання передових наукових підходів в галузі управління експлуатаційною роботою транспортних систем. Досягнення позитивних результатів в зазначених задачах розвитку дозволить покращити якість використання приміського рухомого складу та може дати можливість підвищити середньодобову населеність приміських поїздів до рентабельного рівня, що призведе до зниження собівартості приміських перевезень та зниження витрат на їх організацію при збільшенні рівня прибутків.

[1] Константінов Д.В. Моделювання системи оперативного прогнозування пасажиропотоків в приміському сполученні на основі використання інтелектуальних технологій [Текст] / Т.В. Бутько, Д.В. Константінов, Т.О. Деревянко // Східно-європейський журнал передових технологій. – Харків, 2009. – №1/3(37). – С. 43–47.

[2] Константинов Д.В. Розробка системи підтримки прийняття рішень з застосуванням нейро-нечіткого моделювання для реалізації оперативного регулювання композиції составів у приміському сполученні [Текст] / Д.В. Константинов // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків, 2009. – №111. – С. 68–81.

[3] Константинов Д.В. Моделювання оперативного регулювання маршрутами приміського руху на основі нечіткої логіки та нейронних мереж [Текст] / Т.В. Буцько, Д.В. Константинов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – №1(80)'. – С. 13–19.

**УДК 656.222.3:658.5**

## **СУЧАСНІ ПІДХОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РИЗИКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

### **MODERN APPROACHES TO RISK IDENTIFICATION IN RAILWAY TRANSPORT**

*д. філос. Д.О. Кульова, С.В. Прохоров*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*D.O. Kulova, PhD (Tech.), Prokhorov S.V.*

*Ukrainian State University of railway transport (Kharkiv)*

Процес ідентифікації ризиків є ключовою складовою ризик-менеджменту та першим і найважливішим етапом у забезпеченні безпеки перевізного процесу. Відповідно до [1] ідентифікація ризиків – це процес виявлення, опису та документування потенційних загроз, які можуть впливати на діяльність або систему. Даний етап є важливим, оскільки саме на основі виявлених ризиків визначаються подальші дії щодо їх аналізу, оцінювання та мінімізації.

Для ідентифікації ризиків застосовуються методи «мозкової атаки», Дельфі, НАЗОР, переліки контрольних питань, аналіз статистичних даних, методи групової роботи, коли група експертів ідентифікує ризики за допомогою структурованого набору навідних питань та ін. Застосування вищезазначених методів забезпечує комплексний підхід до виявлення можливих загроз, підвищує точність і повноту ідентифікації ризиків, а також сприяє розробці ефективних заходів для їх подальшого управління та мінімізації. Однак, для досягнення високої ефективності процесу ідентифікації важливо поєднувати різні підходи та враховувати специфіку кожної ситуації, залучаючи як експертний досвід, так і сучасні аналітичні інструменти.

Сучасні технології, такі як цифрові двійники, системи моніторингу в режимі реального часу та штучний інтелект, значно розширюють можливості ідентифікації ризиків. Цифровий двійник (англ. Digital Twin) дозволяє створити віртуальну копію

залізничної системи, що дає змогу моделювати різні сценарії та виявляти потенційні загрози до їх виникнення. Системи моніторингу в реальному режимі часу використовують датчики для збору інформації про стан колії та рухомого складу, що дозволяє оперативно виявляти відхилення від норми.

Під час ідентифікації ризиків важливо враховувати людський фактор та організаційні особливості, оскільки саме поведінка персоналу та ефективність управлінських процесів можуть суттєво впливати на безпеку перевізного процесу. Відхилення у діях працівників, помилки в комунікації або недостатня підготовка персоналу можуть призвести до непередбачуваних ризиків, які складно виявити за допомогою стандартних підходів. Тому поєднання традиційних методів ідентифікації ризиків із сучасними цифровими технологіями та врахуванням людського фактору дозволяє підвищити ефективність виявлення потенційних загроз. В подальшому це сприятиме своєчасному прийняттю рішень та мінімізації ризиків, забезпечуючи безпеку та надійність перевізного процесу на залізничному транспорті.

[1] ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 (ІЕС/ISO 31010:2009, IDT. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. Мінекономрозвитку України. Київ, 2015. 73 с.

**УДК 656.222.3:658.5**

## **СУЧАСНІ ПІДХОДИ УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ НА ОСНОВІ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

### **MODERN APPROACHES TO RAIL TRANSPORT MANAGEMENT BASED ON RISK-ORIENTED TECHNOLOGIES**

***А.В. Гончар, П.В. Шкрабалиук, док. тех. наук, професор О.В. Лаврухін**  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***A. Gonchar, P. Shkrabaliuk, Doctor of Engineering, Professor O.V. Lavrukhin**  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В умовах сучасних викликів, таких як зростання обсягів перевезень та необхідність підвищення безпеки, впровадження ризик-орієнтованих технологій стає ключовим напрямком розвитку залізничного транспорту України. Ці технології дозволяють ефективно управляти перевізним процесом, мінімізуючи ризики та підвищуючи надійність перевезень.

Ризик-орієнтоване управління базується на ідентифікації, оцінці та мінімізації ризиків, пов'язаних з перевезеннями [1]. Основні етапи включають:

Ідентифікація ризиків: Виявлення потенційних загроз та небезпек.

Оцінка ризиків: Кількісна та якісна оцінка ймовірності та наслідків ризиків.

Мінімізація ризиків: Розробка та впровадження заходів для зниження ризиків до прийняттого рівня.

Для оцінки ризиків використовуються різні математичні моделі, серед яких моделі на основі нечіткої логіки та нечітких множин. Наприклад, для оцінки ризику аварійної ситуації можна використовувати наступну формулу:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i \cdot C_i \quad (1)$$

де  $R$  - загальний ризик,

$P_i$  - ймовірність настання  $i$ -тої події,

$C_i$  - наслідки  $i$ -тої події.

Автоматизовані системи управління перевізним процесом (АСУПП) дозволяють здійснювати моніторинг та управління рухом поїздів у реальному часі. Прикладом є система АСК ВП УЗ-Є, яка забезпечує автоматизоване управління вантажними перевезеннями [2, 3].

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) включають використання сучасних технологій, таких як GPS, для моніторингу та управління рухом поїздів. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни в умовах перевезень та забезпечувати безпеку руху.

Впровадження ризик-орієнтованих технологій має низку переваг: підвищення безпеки перевезень за рахунок зниження ймовірності аварійних ситуацій; оптимізація перевізного процесу та зменшення затримок; підвищення ефективності управління за рахунок використання автоматизованих систем та інтелектуальних технологій.

Ризик-орієнтовані технології є важливим інструментом для підвищення ефективності та безпеки залізничного транспорту України. Використання математичних моделей для оцінки ризиків, впровадження автоматизованих систем управління та інтелектуальних транспортних систем дозволяє значно покращити якість перевезень та забезпечити стабільний розвиток галузі.

[1] Lavrukhin O., Vernyhora R., Schevcenko V., Kyman A., Shulika O., Kulova D., Kim K. Forming an automated technology to actively monitor the transportation of dangerous cargoes by railroad. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3, Issue 3 (105). P. 78–85.

[2] Інформація про Українські залізниці. Міністерство інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/content/informaciya-pro-ukrainski-zaliznici.html> (дата звернення: 04.04.2020).

[3] Великодний В. В., Ковдря Д. В., Цейтлін С. Ю. 10 років розвитку інформаційних технологій залізничної галузі. *Інформатизація і зв'язок. Залізничний транспорт України*. 2017. Вип. 1. С. 16-23.

**ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ  
ПЕРЕВІЗНИМ ПРОЦЕСОМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ В  
УМОВАХ РИЗИКІВ**

**IMPLEMENTATION OF AUTOMATED TECHNOLOGIES FOR MANAGING  
THE TRANSPORTATION PROCESS IN RAILWAY TRANSPORT IN  
CONDITIONS OF RISKS**

*К.В. Мітішова, О.М. Мішук, док. тех. наук, професор О.В. Лаврухін  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*K.V. Mitishova, O.M. Mishuk, Doctor of Engineering, Professor O.V. Lavrukhin  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Автоматизація управління перевізним процесом на залізничному транспорті є ключовим фактором підвищення ефективності та безпеки перевезень. В умовах ризиків, таких як природні катастрофи, техногенні аварії та інші непередбачувані події, автоматизовані системи дозволяють оперативно реагувати на зміни та забезпечувати стабільність перевізного процесу [1].

Автоматизовані системи управління перевізним процесом (АСУПП) базуються на використанні сучасних інформаційних технологій, які включають [2]:

Системи підтримки прийняття рішень (СППР): забезпечують аналіз даних та рекомендації для оперативного управління.

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС): інтегрують різні види транспорту та забезпечують координацію між ними.

Автоматизовані робочі місця (АРМ): дозволяють оперативним працівникам ефективно виконувати свої обов'язки.

Формули та моделі

Для моделювання перевізного процесу використовуються різні математичні моделі та формули. Наприклад, для оцінки ризиків можна використовувати модель на основі теорії ймовірностей:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i), \quad (1)$$

де  $P$  - загальна ймовірність виникнення ризику,

$p_i$  - ймовірність виникнення окремого ризику,

$n$  - кількість можливих ризиків.

Для оптимізації перевізного процесу можна застосовувати лінійне програмування:

Мінімізувати  $Z = \sum_{i=1}^n c_i x_i$ ,

при обмеженнях  $\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m,$

де  $Z$  - загальні витрати,  
 $c_i$  - вартість одиниці ресурсу (і),  
 $x_i$  - кількість використаного ресурсу (і),  
 $a_{ij}$  - коефіцієнт витрат ресурсу (j) на виконання завдання (і),  
 $b_i$  - доступна кількість ресурсу (і).

Впровадження автоматизованих технологій управління перевізним процесом на залізничному транспорті дозволяє значно підвищити ефективність та безпеку перевезень, особливо в умовах ризиків. Використання сучасних інформаційних технологій та математичних моделей забезпечує оперативне прийняття рішень та оптимізацію ресурсів [3].

- [1] Лаврухін О.В., Мкртчян Д.І., Кульова Д.О. Аналітичні передумови формування автоматизованої інтелектуальної технології активного супроводження перевезення небезпечних вантажів. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. 2016. Вип. 165. С. 159–166. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.165.2016.87776>
- [2] Великодний В. В., Ковдря Д. В., Цейтлін С. Ю. 10 років розвитку інформаційних технологій залізничної галузі. Інформатизація і зв'язок. Залізничний транспорт України. 2017. Вип. 1. С. 16-23
- [3] Аналіз експлуатаційної роботи. Інтегрований звіт АТ «Укрзалізниця». Київ: АТ «Укрзалізниця». 2020. С. 311.

**УДК 656.222.3:658.5**

## **ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ**

### **USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR FORECASTING AND MANAGEMENT OF RAIL TRANSPORTATION**

***М.А. Никитинський, Н.Я. Кузьо, док. тех. наук, професор О.В. Лаврухін***  
*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***M. Nykytynskyi, N. Kuzo, Doctor of Engineering, Professor O.V. Lavrukhin***  
*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Штучний інтелект (ШІ) стає невід'ємною частиною сучасних транспортних систем, зокрема залізничних перевезень. Використання ШІ дозволяє значно підвищити ефективність, безпеку та надійність залізничних операцій. У цій статті

розглядаються основні аспекти застосування ШІ для прогнозування та управління залізничними перевезеннями.

Одним із ключових напрямків використання ШІ є прогнозування попиту на залізничні перевезення. Алгоритми машинного навчання аналізують історичні дані, враховують сезонні коливання, економічні показники та інші фактори для точного прогнозування попиту. Це дозволяє оптимізувати розклад руху поїздів, зменшити час простою та підвищити ефективність використання ресурсів [1].

ШІ використовується для оптимізації маршрутів руху поїздів, враховуючи різноманітні фактори, такі як трафік, погодні умови та стан інфраструктури. Алгоритми машинного навчання допомагають визначити найефективніші маршрути, що дозволяє зменшити витрати на паливо та технічне обслуговування [2]. Крім того, системи ШІ можуть автоматично коригувати маршрути в реальному часі у разі виникнення непередбачуваних ситуацій.

ШІ також використовується для управління вантажними перевезеннями. Системи ШІ можуть автоматично розподіляти вантажі між поїздами, враховуючи їхню завантаженість, пріоритетність вантажів та інші фактори. Це дозволяє зменшити час обробки вантажів та підвищити ефективність логістичних процесів [3].

Безпека є одним із пріоритетних напрямків використання ШІ у залізничних перевезеннях. Системи відеоспостереження з елементами ШІ можуть автоматично виявляти потенційно небезпечні ситуації, такі як проникнення на колії або несправності обладнання. Це дозволяє оперативно реагувати на загрози та зменшити ризики аварій [4].

Для покращення логістичних процесів важливо забезпечити інтеграцію залізничних перевезень з іншими видами транспорту. ШІ може використовуватися для координації перевезень між різними видами транспорту, що дозволяє зменшити час перевантаження вантажів та підвищити ефективність логістичних ланцюгів.

Використання штучного інтелекту для прогнозування та управління залізничними перевезеннями відкриває нові можливості для підвищення ефективності, безпеки та надійності транспортних систем. Впровадження сучасних технологій дозволяє оптимізувати логістичні процеси, зменшити витрати та забезпечити високий рівень обслуговування. Інвестиції у розвиток ШІ у залізничній галузі сприятимуть стійкому розвитку транспортної системи та економіки в цілому.

[1] Кирлик Н.Ю. (2021). «Штучний інтелект та його використання в логістичних процесах». *ActualProblemsinEconomics*. (243/244), 59-66.

[2] Implementation of AI-Based Digital Solutions in Logistics. URL: <https://advantiss.com/ai-powered-solutions-for-logistics-companies/>

[3] Ways to Use Artificial Intelligence in Logistics. URL: <https://en.codept.de/blog/5-ways-to-use-artificial-intelligence-in-logistics>

[4] AI in Logistics Industry: Use Cases, Benefits, Future, and More. URL: <https://www.quytech.com/blog/ai-in-logistic-use-cases-benefits-future/>

## СПРОЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОШУКУ ПОШКОДЖЕНЬ ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИФРОВОГО ПОМІЧНИКА

### SIMPLIFICATION OF THE FAULT DETECTION PROCESS BY USING A DIGITAL ASSISTANT

*О.В. Лазарєв*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O.V. Lazariiev*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Пошкодження в пристроях залізничної автоматики можна класифікувати за декількома ознаками:

- часом виникнення (поступові та раптові);
- впливом на надійність (безпечні та небезпечні);
- складністю (прості, складні).

В сучасних умовах вимоги до зменшення часу відновлення систем автоматики після відмов суттєво зростають внаслідок збільшення швидкостей руху поїздів та підвищення вимог вантажовідправників до строків доставляння вантажів.

Зменшення часу відновлення систем після відмов можливе декількома шляхами:

- розробкою алгоритмів пошуку відмов з подальшим навчанням робітників як діяти по розроблених алгоритмах;
- підвищенням кваліфікації обслуговуючого персоналу в частині кращого засвоєння принципів роботи систем та апаратури, що, в свою чергу, вплине на час відновлення апаратури після відмов;
- розробка та втілення автоматизованих та інтелектуалізованих методів пошуку пошкоджень апаратури, що може значно спростити процес пошуку.

Кожен з вищезначених підходів має свої переваги та недоліки, тому доцільним є застосування комплексного підходу до вирішення проблеми зменшення часу відновлення пристроїв після відмов. Комплексний підхід, зокрема, передбачає створення алгоритмів пошуку для їх реалізації сучасними засобами.

Застосування чат-боту, що слугує елементом системи підтримки прийняття рішення при пошуку місця несправності, забезпечить персоналу суттєву економію часу. Бот може працювати під будь-яким месенджером. За допомогою кількох команд можна отримати всю необхідну інформацію. До переваг використання чат-бота можна віднести:

- готовність до роботи у будь-якій час доби;
- легкість виклику за ім'ям чи покликанням;



– простота створення, додавання та використання.

Недоліком чат-бота є обмеженість, що не дозволяє формувати відповіді поза визначеним алгоритмом.

Інтелектуалізація процесу виявлення несправності за допомогою застосування чат-бота, що працює на основі розробленого алгоритму та підтримує діалог, дозволить суттєво зменшити час пошуку відмов та, як наслідок, отримати значний економічний ефект.

УДК 004.89

## СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІЇ ВУЗЛІВ ІЄРАРХІЧНОЇ НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ

### THE STRUCTURE AND NODE FUNCTIONS OF THE HIERARCHICAL FUZZY MODEL OF CONTROL

*Н.М. Лазарєва*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*N.M. Lazariieva*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

The structure of a multilayer neural network for implementing the main elements and functions of a fuzzy control system is shown. This model is based on the application of classical fuzzy reasoning algorithms [1, 2]. The hierarchical model has 10 layers with nodes and connections, shown in Figure 1. The selection of specific parameter options, such as: network layers, layer components and connections are determined by the functional correspondence to the algorithm that implements fuzzy output.

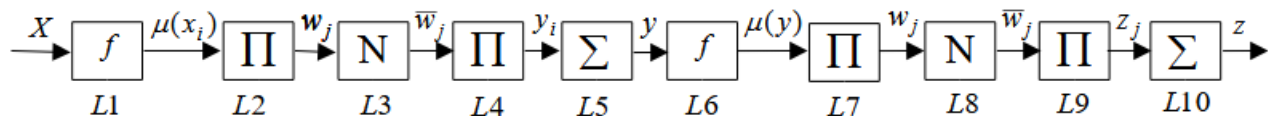


Fig. 1. The structure of the hierarchical fuzzy model

The input of layer L1 nodes is input numerical and linguistic variables in the form of a vector  $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . The layer L10 node is an output node that represents the control output variable  $z$ . The layer L1 and L6 nodes are term nodes that act as membership functions. They represent the terms of the corresponding input linguistic variables. The membership functions used are configured by three parameters.

Each node in layer L2 and layer L7 is a fuzzy logic rule node. All nodes in layer L4 and layer L9 create a fuzzy rule base. Layer L5 nodes implement the fuzzy inference mechanism.

The fuzzy logic implemented by the adaptive system based on the neural network provides parameter adaptation to achieve a given control quality due to the ability to learn. The back propagation algorithm can be used to tune the input/output membership functions.

The application of adaptation does not require knowledge of the initial fuzzy terms of the membership function and the exact rules of fuzzy logic, which is an advantage when constructing control systems under conditions of incomplete certainty regarding the parameters of the control object.

[1] Mamdani E.H., Application of Fuzzy Logic to Approximate Reasoning Using Linguistic Synthesis, in IEEE Transactions on Computers, vol. C-26, no. 12, pp. 1182-1191, Dec. 1977, doi: 10.1109/TC.1977.1674779.

[2] Takagi T., Sugeno M., Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control, in IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. SMC-15, no. 1, pp. 116-132, Jan.-Feb. 1985, doi: 10.1109/TSMC.1985.6313399.

**УДК 656.222.4**

**ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ  
ПРОПУСКНОЮ СПРОМОЖНІСТЮ НА ПРИКЛАДІ TIMETABLE  
REDESIGN FOR SMART CAPACITY MANAGEMENT (TTR)**

**THE USE OF INNOVATIVE SYSTEMS FOR CAPACITY MANAGEMENT ON  
THE EXAMPLE OF TIMETABLE REDESIGN FOR SMART CAPACITY  
MANAGEMENT (TTR)**

*Канд. техн. наук О.А. Малахова, аспірант М.Д. Попов  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Cand. Sc.(Tehn.) O. Malakhova, PhD student M. Popov  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасний підхід до використання і управління пропускною спроможністю на залізниці, який був створений у минулому сторіччі не може відповідати поточним потребам залізничної галузі. Тому вивчення і розробка нових підходів до управління використанням пропускної спроможності на залізниці залишається актуальним питанням. Для покращення використання пропускної спроможності на Укрзалізниці, доцільно вивчати досвід і розробки інших країн, які також працюють над питанням удосконалення управління пропускною спроможністю на залізниці. Однією з таких систем є Timetable Redesign for Smart Capacity Management(TTR).

Timetable Redesign for Smart Capacity Management – це інноваційна система, яку почали використовувати у Європі для управління графіком руху поїздів, основна мета - покращити планування, а також пришвидшити реагування на зміни в реальному часі, аби знизити тривалість затримок і мінімізувати їхню кількість, а також зробити перевезення вантажів більш пунктуальним, а пасажирів - комфортніше. Ця система об'єднує планування і управління розкладом руху на різних рівнях (короткострокові та довгострокові плани), таким чином, дозволяє адаптувати графіки під потреби перевізників, пасажирів відповідно до стану інфраструктури і поточних планів перевезень.

Основні переваги системи Timetable Redesign for Smart Capacity Management:

**Більша доступність пропускної спроможності залізниці.** Існуюча залізнична мережа повинна використовуватися настільки ефективно, наскільки це можливо, щоб повністю реалізувати потенціал європейського залізничного сектора. Завдяки оптимізованим процесам та кращій міжнародній координації використовуються незадіяні ресурси, і більше поїздів можуть курсують тією ж інфраструктурою.

**Економічні вигоди.** Максимально використовуючи існуючу пропускну спроможність, залізнична мережа стає більш економічною, прибутковою і здатною конкурувати з іншими видами транспорту.

**Вища якість послуг.** Завдяки кращому використанню наявної пропускної спроможності та координації процесів залізничний сектор більш повно задовольняє потреби ринку як у пасажирських, так і в вантажних перевезеннях, що призводить до підвищення конкурентоспроможності з іншими видами транспорту.

**Європейська гармонізація** Цифровізація процесів планування розкладу дозволяє забезпечити гармонізацію по всій Європі. TTR сприяє координації маршрутів поїздів та робіт по всій Європі. Це забезпечує більшу стабільність, особливо для міжнародних залізничних маршрутів [1].

Для впровадження системи Timetable Redesign for Smart Capacity Management реалізуються наступні складові:

**1. Оновлений процес (Revised process).** Процес оновлення розкладів та управління пропускнуою спроможністю базується на декількох нових та інноваційних компонентах. Він починається зі стратегічного планування на кілька років вперед, а також охоплює запити на пропускну спроможність, що надходять у дуже короткий термін. Головна увага приділяється ефективній координації на міжнародному рівні для найкращого задоволення і балансування різних потреб у залізничній пропускнуій спроможності.

**2. Цифрове управління пропускнуою спроможністю (Digital Capacity management - DCM).** Цілі впровадження оновленого процесу та досягнення швидкого і ефективного спілкування на європейському рівні можна найкраще досягти за допомогою цифровізації та підтримки спеціально розроблених і широко використовуваних ІТ-систем, які спеціально налаштовані для цього процесу.

**3. Правова основа (Legal framework).** Через свою інноваційну природу TTR не повністю відповідає чинному законодавству ЄС та національному законодавству, оскільки відображає застарілі процеси планування та розподілу пропускної спроможності, які більше не задовольняють потреб ринку. Для впровадження TTR необхідні дії щодо правової основи. Щоб подолати цю проблему, Європейська комісія, на підтримку TTR, опублікувала інноваційну пропозицію проекту нормативного акту про управління пропускною спроможністю в липні 2023 року.

**4. Комерційні умови (Commercial conditions).** Щоб заохотити зацікавлених осіб (тримачів акцій) використовувати процеси та продукти пропускної спроможності максимально ефективно, необхідно узгодити та застосувати певні комерційні умови, щоб уникнути зловживань пропускною спроможністю та забезпечити послідовність на європейському рівні.

**5. Впровадження (Implementation).** Впровадження оновленого процесу та всіх його компонентів є остаточним найважливішим етапом, у якому вирішальне значення має відданість і зусилля всіх гравців. Деякі компоненти процесу та ІТ-системи вже впроваджуються як мінімально життєздатні продукти (MVP), а загальне впровадження очолює група «Першої хвилі впроваджувачів», операторів інфраструктури, які стануть першопрохідцями, прокладаючи шлях для оновленого підходу [1].

Основною інновацією з технологічної точки зору в роботі системи залізниці є саме оновлення процесу формування графіку руху поїздів.

TTR забезпечує структурований, прозорий і гармонізований процес між операторами інфраструктури, заявниками та різними іншими зацікавленими сторонами, враховуючи різні бізнесові та соціальні потреби. Супровідна схема демонструє ключові елементи TTR.

Важливою частиною процесу TTR є попереднє планування. Воно дозволяє перейти від узгодження основних принципів планування в Стратегії пропускної спроможності (Capacity Strategy) до створення Моделі пропускної спроможності (Capacity Model), де увага зосереджена на очікуваних обсягах руху та пропускній спроможності, необхідній для тимчасових обмежень (Temporary Capacity Restrictions - TCR). Завдяки цьому потенційні конфлікти та перевантаження пропускної спроможності виявляються на ранньому етапі, що дає більше часу для вирішення ситуації відповідними заходами.

Остаточним етапом у попередньому плануванні є підготовка Пропозиції пропускної спроможності (Capacity Supply), коли різні, такі як маршрути, залізничні дільниці пропускної здатності та TCR, розміщуються в річну діаграму пропускної спроможності на 365 днів [2].

Підсумовуючи можна зробити висновок, що основа системи TTR може бути корисна для Укрзалізниці за рахунок можливості удосконалення процесу

формування графіку руху поїздів. Також враховуючи стрімкий розвиток і впровадження такої системи в європейських країнах для України буде простіше в майбутньому адаптувати поїзди міжнародного сполучення до гармонізованої Європейської системи.

[1] Офіційний сайт Rail Net Europe. Розділ Timetable Redesign for Smart Capacity Management. Електронне посилання: <https://rne.eu/capacity-management/ttr/>.

[2] Description of the Timetabling and Capacity Redesign Process. Електронне посилання: [https://rne.eu/wp-content/uploads/2022/10/long\\_desc\\_of\\_the\\_TTR-Process-v3.0.pdf#page=1](https://rne.eu/wp-content/uploads/2022/10/long_desc_of_the_TTR-Process-v3.0.pdf#page=1).

**УДК 656.222.4**

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКІВ З ІНТЕГРОВАНИМ ШВИДКІСНИМ РУХОМ НА ОСНОВІ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ**

### **IMPROVING THE TECHNOLOGY OF RAILWAY LINES WITH INTEGRATED HIGH-SPEED TRAFFIC BASED ON INTERNATIONAL EXPERIENCE**

*Канд. техн. наук О.А. Малахова, Аспірантка Х.О. Токаренко, здобувач  
О.О. Мезенцев*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Cand. Sc.(Tehn.) O. Malakhova<sup>1</sup>, PhD student Kh. Tokarenko, Student  
O. Mezentsev*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Зменшення пасажиропотоку на традиційних, нешвидкісних залізничних маршрутах створює значні проблеми для залізничних пасажирських перевезень. У всьому світі залізничні перевезення на далекі відстані стають дедалі менш конкурентоспроможними порівняно з автомобільним транспортом. Розбудова нових автомагістралей та зростання кількості авіаперевезень на короткі та середні відстані призвели до того, що багато потенційних пасажирів залізниці обирають альтернативні види транспорту.

Світовий досвід будівництва та експлуатації високошвидкісних залізниць (HSR) підтверджує попит на спеціалізовані високошвидкісні лінії. З моменту відкриття першої високошвидкісної залізничної лінії, що з'єднала Токіо і Осаку в 1964 році, в Японії було накопичено значний досвід експлуатації високошвидкісних залізничних систем.

Високошвидкісна залізниця є вершиною технологічного прогресу в залізничному транспорті, що базується на взаємодії колеса і рейки. Цей тип залізниць передбачає рух поїздів, здатних розвивати швидкість 250 км/год і більше під час комерційної експлуатації.

Щоб максимізувати ефективність цих спеціалізованих високошвидкісних ліній, необхідні різні технологічні стратегії організації перевезень. Високошвидкісні перевезення значно відрізняються від інших сегментів залізничних пасажирських перевезень (наприклад, приміських і далекого сполучення) як з точки зору технології, так і з точки зору організації розкладу руху поїздів і планування процесу перевезень.

Так, організація руху поїздів для маршрутів довжиною до 500 км високошвидкісне сполучення нагадує приміське сполучення з віддаленими районами, яке іноді називають далекоприміським сполученням. Такі країни, як Китай і Японія, часто використовують високошвидкісні лінії для полегшення масових щоденних поїздок до міських центрів з прилеглих районів.

Зі збільшенням відстані поїздки понад 750 км високошвидкісні залізничні перевезення стикаються зі зменшенням частоти руху поїздів, змінами в цілях пасажирських поїздок і додатковими операційними проблемами. Ці виклики вимагають різних стратегій управління маршрутами наддовгих відстаней. Високошвидкісні перевезення найбільш ефективні на відрізках від 500 км до 750 км, де вони поєднують характеристики приміського та далекого сполучення, що вимагає режимів експлуатації, адаптованих до конфігурації кожної лінії.

При створенні операційних планів і графіків для високошвидкісної залізниці необхідно використовувати існуючі найкращі практики, а також розробляти нові технологічні рішення для підвищення операційної ефективності. Це передбачає прийняття окремих стратегій для формування системи високошвидкісних залізничних перевезень.

**1. Формування розгалуженої мережі маршрутів для забезпечення нелінійного сполучення між великими містами у визначеному коридорі може підвищити гнучкість послуг.**

Проекти високошвидкісних залізниць у Європі часто включають виділені лінії, що з'єднують міста лінійно, що може бути ефективним для певних географічних конфігурацій, як це спостерігається в таких країнах, як Японія та Італія. Однак для України може бути більш прийнятним підхід, сформований розгалуженими мережами Франції та Німеччини, що включає широкий спектр маршрутів, які охоплюють більшу кількість міст.

**2 Будівництво одноколійних високошвидкісних ліній у районах з низьким попитом на транспортні послуги.**

З метою зменшення капіталовкладень у створення спеціалізованої лінії для обігу високошвидкісних поїздів на дільницях із завідомо малими розмірами руху поїздів (до 10 пар поїздів на добу) спорудження одноколійних ліній може знизити

витрати на інфраструктуру на 30% порівняно з двоколійними лініями, хоча це може спричинити певні експлуатаційні складнощі. Такі країни, як Іспанія та Південна Корея, успішно експлуатують одноколійні високошвидкісні лінії за певних умов.

### **3. Організація руху поїздів на наддалеких кореспонденціях швидкісного та високошвидкісного руху, порядок пропуску «денних» та призначення «нічних» пасажирських поїздів.**

Наддалекі високошвидкісні залізничні маршрути, як, наприклад, у Китаї, створюють унікальні виклики, включаючи оптимізацію схем зупинок і підтримку зв'язку між усіма станціями маршруту в різні періоди доби.

### **4. Інфраструктурна інтеграція паралельних ходів та інших не швидкісних ліній залізниць.**

Інтеграція паралельних колій з існуючими нешвидкісними залізничними лініями, як це практикується у Франції, максимізує охоплення послуг за рахунок включення більшої кількості міст без необхідності масштабного нового будівництва. При створенні нових фідерних ліній або інтеграції високошвидкісного рухомого складу на існуючих лініях дуже важливо знайти такий режим роботи, який мінімізує витрати і водночас максимізує економію часу на шляху прямування для пасажирів.

У цьому контексті ефективні фідерні лінії повинні підтримувати баланс, гарантуючи, що їхня довжина залишається невеликою частиною загального маршруту.

Як результативний параметр слід прийняти потрібну маршрутну швидкість на фідерній лінії, яка може бути визначена наступним чином

$$V_{\text{Мдоп}}^i \geq \frac{L_{\text{заг}}}{T_{\text{заг}}} = \frac{L_{\text{маг}} + L_{\text{фід}}}{\frac{L_{\text{маг}}}{V_{\text{маг}}^i} + \frac{L_{\text{фід}}}{V_{\text{фід}}^i}}, \quad (1)$$

де  $V_{\text{Мдоп}}^i$  – допустима маршрутна швидкість сполучення у  $i$ -му поясі кореспонденцій, км/год;

$L_{\text{заг}}$  – загальна довжина цільової кореспонденції, км. Загальна довжина складається із магістральної ділянки ( $L_{\text{маг}}$ ) і фідерної ( $L_{\text{фід}}$ );

$T_{\text{заг}}$  – загальний час прослідування високошвидкісного поїзда по відповідній кореспонденції, год;

$V_{\text{фід}}^i$  – розрахункова мінімальна маршрутна швидкість руху на фідерній ділянці.

При створенні фідерних ліній найбільша економія капітальних вкладень в інфраструктуру може бути досягнута за рахунок будівництва лінії за стандартами швидкісного руху. У цьому разі стає доцільним використання наявних залізничних ліній із пасажирським рухом у межах розглянутого коридору без необхідності створення нової інфраструктури. При цьому співвідношення довжин магістральної та фідерної ділянок має становити незначну частину загальної довжини маршруту поїзда, що прямує високошвидкісною магістраллю і фідерною лінією.

Фідерні лінії, що функціонують як звичайні нешвидкісні лінії, призведуть до «деревоподібної» топології мережі для високошвидкісних залізничних маршрутів. Такий підхід забезпечує ефективне сполучення при мінімізації інвестицій в інфраструктуру.

**УДК 656.61-027.512:373.29:044.358**

## **НОВІ ПІДХОДИ ДО ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛУ У ПАСАЖИРСЬКОМУ СУДНОПЛАВСТВІ**

### **NEW APPROACHES TO STAFF TRAINING IN PASSENGER SHIPPING**

*Д.М. Чайка, канд. екон. наук Ю.В. Михайлова  
Одеський Національний Морський Університет (м.Одеса)*

*D.M. Chaika, Iu.V. Mykhailova PhD(Econ.)  
Odessa National Maritime University (Odesa)*

В останні роки морська індустрія зіштовхнулася зі зростаючою складністю процесів, високими вимогами до безпеки, а також необхідністю швидкого реагування на екстремальні ситуації. Одним із головних завдань підготовки морських фахівців є навчання практичним навичкам, які б дозволили швидко і компетентно діяти за будь-яких обставин. Однак традиційні методи навчання, що зосереджені на теоретичних знаннях і реальних тренуваннях на суднах, іноді виявляються недостатніми. Це ставить перед фахівцями з навчання завдання пошуку інноваційних підходів, що зможуть підвищити ефективність підготовки, мінімізуючи ризики для людей та ресурсів. З розвитком технологій віртуальної реальності (VR) та симуляторів відкриваються нові можливості для професійної підготовки морських кадрів [1].

Для навчання екіпажів круїзних суден важливими є тренування щодо евакуації пасажирів, організації рятувальних операцій та управління судном у складних погодних умовах. Проте, через ризики та складність відтворення реалістичних сценаріїв у реальних умовах, більшість таких навичок набувається теоретично, що обмежує рівень підготовки. Навчання на судні є фінансово витратним процесом, що вимагає значних ресурсів для організації навчальних рейсів і обслуговування обладнання. Крім того, безпека залишається ключовим фактором: практичні заняття на суднах часто несуть високий рівень ризику, особливо під час тренування аварійних процедур, таких як евакуація або контроль над надзвичайними ситуаціями [3].

Круїзні перевезення, зокрема, потребують від фахівців й знання аспектів безпеки, комунікації з пасажиром та управління великими екіпажами.



Використання VR-технологій у навчанні може суттєво полегшити оволодіння цими знаннями, адже дозволяє студентам в умовах симуляції проходити сценарії з евакуації пасажирів або реагування на проблеми з безпекою [5].

Використання симуляторів дозволяє проводити тренування на суднах, що мають різні розміри та типи, від малих круїзних яхт до великих лайнерів. Це забезпечує учасникам можливість отримати практичний досвід без ризику для життя і здоров'я, а також без витрат, пов'язаних з фактичними морськими подорожами. Ці системи не лише підвищують рівень професійної підготовки, а й допомагають зменшити ймовірність помилок, які можуть призвести до аварійних ситуацій [4].

Використання віртуальної реальності (VR) та симуляторів у підготовці морських фахівців надає значні переваги для розвитку навичок, забезпечення безпеки та підвищення ефективності навчання, що в сучасних умовах стає критично важливим [2].

Проте використання VR та симуляторів має і певні недоліки. Однією з основних проблем є висока вартість впровадження та підтримки таких технологій, що може бути недоступною для багатьох навчальних закладів. Інсталяція сучасних VR-систем потребує значних фінансових ресурсів, які не завжди виправдовують себе, особливо в умовах обмеженого бюджету. Додатковим недоліком є обмежена фізична взаємодія з реальними об'єктами, яка залишається необхідною для повноцінної підготовки, особливо коли йдеться про навички роботи з реальними системами на борту суден [3,4].

З розвитком технологій віртуальної реальності (VR) та симуляцій у навчанні морських фахівців виникають нові можливості для вдосконалення навчального процесу. Один із ключових напрямків – інтеграція VR у традиційні методи навчання, що дозволяє поєднувати теоретичні знання з практичними навичками. Ще одним важливим аспектом є підготовка до обслуговування пасажирів на круїзних суднах. Використання VR-симуляцій допомагає персоналу вивчати комунікаційні навички, реакцію на нештатні ситуації, а також стандарти сервісу, що є особливо важливим для круїзних перевезень, де комфорт і безпека пасажирів завжди мають пріоритет [3].

Отже, застосування віртуальної реальності (VR) та симуляційних технологій у морській освіті значно вдосконалює підготовку морських фахівців, дозволяють відтворювати складні ситуації, – від екстремальних погодних умов до аварійних випадків, таких як пожежі чи зіткнення суден. Ці технології надають можливість відпрацьовувати навички прийняття рішень та реагування на загрози в умовах, максимально наближених до реальних, але без ризику для життя та майна а також у питаннях обслуговування пасажирів та дотримання екологічних стандартів.

[1] The Role of Virtual Reality in Enhancing Maritime Training. Maritime Trainer. URL: <https://maritimetrainer.com/blog/vr-based-maritime-training#:~:text=VR-based%20training%20can%20simulate,fear%20of%20real-life%20consequences>.

[2] Advanced learning methods in maritime education and training: A bibliometric analysis on the digitalization of education and modern trends. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cae.22690>

[3] View of Simulation technologies of virtual reality usage in the training of future ship navigators. Academy of Cognitive and Natural Sciences – Academy of Cognitive and Natural Sciences. URL: <https://acnsci.org/journal/index.php/ed/article/view/445/459>

[4] Virtual Reality (VR) in Engineering Education: A Game-Changer for Hands-On Learning | FXMedia: Solutions for Metaverse. Home | FXMedia: Solutions for Metaverse. URL: <https://www.fxmweb.com/insights/virtual-reality-vr-in-engineering-education-a-game-changer-for-hands-on-learning.html>

[5] Maritime Safety Education with VR Technology (MarSEVR) - ST Engineering Antycip. ST Engineering Antycip. URL: <https://steantycip.com/blog/maritime-safety-education-with-vr-technology-marsevr/>

**УДК 656.2**

## **АНАЛІЗ ВЗАЄМОДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

### **ANALYSIS OF THE INTERACTION OF ROAD AND RAILWAY TRANSPORT IN THE ORGANIZATION OF INTERNATIONAL TRANSPORTATION UNDER THE CONDITIONS OF THE STATE OF WAR**

*к.т.н., доцент М. І. Музикін<sup>1</sup>, к.т.н., доцент С. І. Бібік<sup>2</sup>, А. С. Алтухова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

<sup>2</sup>*Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

*Ph.D., Associate professor M. I. Muzykin<sup>1</sup>, Ph.D., Associate professor S. I. Bibik<sup>2</sup>, A.  
S. Altuhova<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*University of Customs and Finance (Dnipro)*

<sup>2</sup>*State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)*

Автомобільні міжнародні перевезення в Україні є одним з найважливіших видів транспортних послуг і відіграють ключову роль у забезпеченні внутрішньої та міжнародної логістики. Україна має розвинену мережу автомобільних доріг, яка забезпечує зв'язок між різними регіонами країни та зовнішніми кордонами. Наша країна є транзитною країною для автомобільних перевезень між Європою та країнами Східної Європи та Азії. Це важливий аспект для міжнародної торгівлі та транспортної логістики [1].

Під час війни загострились логістичні проблеми: в декілька разів зросла вартість логістики в порівнянні з довоєнним періодом. Але глобальною проблемою є обмеженість пропускної спроможності логістичних маршрутів. Значна частина логістики через закриття низки морських портів була переміщена на залізницю та автотранспорт, однак митниці на заході України виявились «вузьким місцем», не спроможним вчасно пропустити через кордон величезні обсяги вантажних потоків. Крім того, воєнний стан дозволив виявити причини, які критично вплинули на швидкість переміщення вантажних потоків – тимчасові обмеження на паливо,

відсутність водіїв, побудова довших маршрутів з причини необхідності об'їзду небезпечних зон.

В умовах воєнного стану потрібна оперативна реакція на зміни обстановки. Оскільки більшість морських портів заблоковані окупантами, то АТ «Українська залізниця» (АТ «УЗ») також бере активну участь і в перевезеннях продовольчих вантажів. З метою зменшення втрат від блокування українських портів було запропоновано використовувати сухі порти. З березня 2020 року на Рівненщині запрацював сухий порт компанії «Імтрех», а у Тернополі – «Західний контейнерний термінал», але у воєнний час їх логістичні можливості стали ще важливішими, в тому числі і у процесах перевали зерна. У таких вантажних вузлах розвантажують, перевантажують та зберігають різні вантажі перед транспортуванням залізницею по всій Україні та Європі. Ці вантажні хаби мають власні під'їзні шляхи, навантажувально-розвантажувальне обладнання, відео спостереження та охорону. «Сухі» порти сьогодні привертають до себе все більшу комерційну увагу з огляду на їх потенціал для підвищення ефективності та рентабельності перевезень, а також можливість поєднання автомобільного та залізничного доступу з послугами митної обробки, складування та розподілу вантажів.

Залізничний транспорт здатний перевозити великі обсяги вантажів на далекі відстані, що особливо важливо для стратегічно важливих товарів. При експорті вантажів до Європи залізничним транспортом перед АТ «УЗ» постала проблема щодо різної ширини залізничних колій та вагонів. Найпоширеніша ширина колій в світі, в тому числі і в Європі, складає 1435 мм., але в Україні ширина колії 1520 мм. Саме процедура зміни ширини колії в процесі перетину кордону рухомим складом не дає змоги забезпечити необхідну терміновість та обсяги поставок залізничним транспортом. Реконструкція та електрифікація колії ширини 1435 мм створить передумови для кращої інтеграції транспортної системи України до ЄС.

Головною перевагою автомобільного транспорту в умовах війни є швидке переорієнтування в галузі перевезення вантажів. Автомобільний транспорт має високу маневреність і здатний швидко змінювати маршрути в разі руйнувань доріг або блокад. Це робить його важливим для оперативних доставок вантажів на малі та середні відстані. Однак уразливість до обстрілів або повітряних атак робить його використання ризикованим у певних зонах.

В умовах воєнного стану синхронізація роботи автомобільного та залізничного транспорту дає змогу ефективніше використовувати їхні можливості, такі як мультимодальні перевезення та перехідні логістичні хаби. Мультимодальні перевезення – це один із ключових підходів, коли перевезення вантажу здійснюється з використанням декількох видів транспорту [2]. Наприклад, автомобільний транспорт використовується на ділянках, де залізничне сполучення неможливе. Це знижує ризики і дає змогу швидше реагувати на зміни в ситуації. Перехідні логістичні хаби – це пункти, де вантажі можуть бути перевантажені з

одного виду транспорту на інший, є необхідними для оперативної роботи логістичних систем. Це можуть бути термінали на кордонах або поблизу зон бойових дій, які забезпечують безперебійну передачу вантажів. Перевезення напівпричепів та автопоїздів на залізничних вагонах, так звані контрейлерні перевезення, також є важливим напрямком їх взаємодії [3].

Отже, успішна організація міжнародних перевезень залежить від злагодженої роботи автомобільного та залізничного транспорту. Злагоджена робота дає змогу мінімізувати негативний вплив на постачання товарів і підтримувати міжнародні торговельні та гуманітарні зв'язки навіть в умовах воєнного стану.

[1] Нестеренко Г. І., Музикін М. І., Бібік С. І., Іванушкіна Д. М. Шляхи забезпечення ефективної взаємодії різних видів транспорту. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : матеріали 80 Міжнародної науково-практичної конференції*. Д.: ДНУЗТ, 2020. С. 268-269.

[2] Музикін М. І., Неменко А. С. Шляхи підвищення ефективності взаємодії автомобільного та залізничного транспорту. *Економіко-правові та управлінсько-технологічні виміри сьогодення : молодіжний погляд : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції : у 3 т. Т. 3*. Дніпро : УМСФ, 2023. С. 358-360.

[3] Кузьменко А. І., Нестеренко Г. І., Музикін М. І., Стрелко О. Г. Аналіз впливу плану та поздовжнього профілю колії на умови експлуатації контрейлерних поїздів. *Системи та технології*. № 2(62). 2021. С. 116-141.

**УДК 656.1**

## **ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ У М. ДНІПРО**

### **APPLICATION OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN DNIPRO**

*к.т.н., доцент М. І. Музикін<sup>1</sup>, О. І. Чубенко<sup>2</sup>, М. А. Юрченко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

<sup>2</sup>*Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)*

*Ph.D., Associate professor M. I. Muzykin<sup>1</sup>, O. I. Chubenko<sup>2</sup>, M. A. Yurchenko<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*University of Customs and Finance (Dnipro)*

<sup>2</sup>*Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)*

На сьогоднішній день у м. Дніпро актуальним питанням постав розвитку та впровадження нових інноваційних технологій задля покращення транспортного обслуговування. Адже однією з головних проблем на дорозі залишається перевантаження транспортом, що призводить до руйнування дорожнього покриття, заторам та збільшенню відсотка виникнення дорожньо-транспортних пригод. Одним з варіантів вирішення значної кількості труднощів стало використання інтелектуальних транспортних систем (ІТС) [1].

Проект впровадження ІТС в м. Дніпро вступив в свою силу з 2017 року. Початком стала заміна старих світлофорів на нові, які покращували контроль руху

та володіли функцією «розумне регулювання», вони збирали та зберігали інформацію, що допомогло проаналізувати та розрахувати кількість автомобілей та розподілити час для червоного та зеленого сигналу світлофора. 15 червня 2017 року у Дніпрі з'явився унікальний Центр системи управління світлофорами, що дав змогу запустити першу в Україні динамічну «Зелену хвилю» на автошляхах. Розробка «Зелена хвиля» – це режим синхронізації світлофорів, який дає можливість транспортному потоку без зупинки проїхати декілька світлофорних об'єктів дотримуючись рекомендованої швидкості. Основною метою впровадження режиму «Зелена хвиля» є розвантаження дорожньої мережі. Систему вперше реалізували на одній з ключових магістралей міста – Набережній Перемоги [2]. Система працює таким чином, що біля кожного світлофора з боку розташований багатопозиційний дистанційно-керований дорожній знак 5.33 «Рекомендована швидкість», який може керуватися дорожнім контролером або іншим пристроєм по інтерфейсу. Коли сигнал світлофора перемикається на зелений, на таблі знаку поступово з'являються цифри з рекомендованою швидкістю, яку необхідно дотримуватися задля безперешкодного проїзду. Ця система насамперед спрямована на зменшення часу проїзду ділянки вулиці та зменшення витрат палива через мінімальну кількість зупинок та повторного початку руху. Також перевагою режиму є підвищення рівня безпеки через дотримання швидкісного режиму.

Через деякий час з появи ІТС у м. Дніпро, з'явилися пішохідні переходи з кнопкою очікування. Метою створення «кнопки очікування» стала велика інтенсивність руху транспортних засобів та невелика кількість пішоходів на окремих частинах дороги. Принцип роботи «кнопки очікування» полягає у ввімкненні зеленого режиму світлофора для пішоходів тільки в разі потреби. Після натискання кнопки, система надає необхідний сигнал для активації зеленого режиму через фіксований час. Час ввімкнення зеленого сигналу від 2 до 30 секунд, залежить це від циклу налаштування роботи світлофора та з моменту, коли останній раз користувалися кнопкою [3]. Після цього пішоходи мають можливість перейти дорогу в необхідному місці, а водії розпочати рух до наступного забороняючого сигналу. Одним із прикладів є світлофор на вул. Набережна Заводська, перехід з зупинки «Парк Новокодацький» на протилежну частину дороги. Дана функція дозволяє зменшити кількість заторів під час руху на великих та малопробіжних частинах дороги.

Одним із останніх проявів ІТС в 2024 році, стало відновлення світлофорів з системою «рятівник смайлик», які вперше з'явилися ще в 2022 році, метою яких було покращення рівня дисциплінованості водіїв. Принцип роботи світлофора полягає у зчитуванні швидкості. Коли водій перевищує швидкість 50 км/год, то світлофор перемикається на червоний режим, при цьому на таблі зверху починає з'являтися розлючений смайлик, звертаючи на себе увагу і попереджуючи про занадто велику швидкість. Забороняючий сигнал горить лише декілька секунд, але

цього вистачає задля зменшення швидкості. Якщо ж водій дотримується правил дорожнього руху, то без перешкод проїдзає.

Також одними з популярних методів застосування ІТС у місті є система моніторингу. За допомогою датчиків та камер відеоспостережень досліджують дорожню ситуацію в реальному часі. Використання даної технології допомагає використати отримані дані для швидкого корегування ситуації. Найчастіше камери відеоспостережень ставлять на аварійно небезпечних ділянках дороги. Камери можуть автоматично відслідковувати швидкість транспорту, фіксувати номерний знак, та, у разі порушень, надають дані для складання штрафу.

Узагальнюючи можливо стверджувати, що інтелектуально транспортна система впроваджується для підвищення безпеки дорожнього руху. На сьогоднішній день у м. Дніпро ІТС є важливим та ефективно функціонуючим елементом транспортної інфраструктури. Наразі їх використовують здебільшого у регулюванні руху: розумні світлофори, «кнопка очікування», автоматизовані камери відеоспостереження, а також у системах моніторингу та навігації. Нажаль для м. Дніпро мережа ІТС недостатньо розвинена. Під час воєнного стану процес модернізації та інвестування в проекти ІТС значно сповільнилися. В майбутньому для успішного розвитку необхідно поступово розширювати ІТС та запроваджувати їх по всьому місту.

[1] Музикін М. І., Нестеренко Г. І., Зайцева А. О. Особливості інтелектуальних транспортних систем в Україні. *Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи : Збірник наукових праць XV Міжнародної науково-практичної конференції*. Київ : СНУ ім. В. Даля, 2023. С. 108-110.

[2] У Дніпрі з'явився унікальний Центр системи управління світлофорами, що дасть змогу запустити першу в Україні динамічну «зелену хвилю» на автошляхах. URL: <https://dniprorada.gov.ua/uk/articles/item/20436/0> (дата звернення 26.10.2024 р.)

[3] На світлофорах встановлюють кнопки для пішоходів. URL: <https://gorod.dp.ua/news/168191> (дата звернення 26.10.2024 р.)

**ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ НАКОПИЧЕННЯ ВАГОНІВ НА ЇХ ПРОСТІЙ НА  
СОРТУВАЛЬНІЙ СТАНЦІЇ**

**THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THE ACCUMULATION OF  
WAGONS ON THEIR IDLE TIME AT THE SORTING STATION**

*к.т.н., доцент Г.І. Нестеренко<sup>1</sup>, д.і.н., професор О.Г. Стрелко<sup>2</sup>,  
к.т.н., доцент С.І. Бібік<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)

<sup>2</sup>Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

*Ph.D., Associate professor H. I. Nesterenko<sup>1</sup>, D.Sc., Professor O. H. Strelko<sup>2</sup>,  
Ph.D., Associate professor S. I. Bibik<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)

<sup>2</sup>State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

Необхідність подальших досліджень процесу накопичення вагонів на сортувальних станціях витікає з того, що витрати вагоно-годин на нього складають 30-50 % загальних витрат. Разом з цим управління вагонопотоками на мережі головним чином ґрунтується на порівнянні витрат вагоно-годин на накопичення в пунктах формування і переробку вагонопотоків на шляху прямування. Різні варіанти організації вагонопотоків впливають на безліч чинників, що визначають процес накопичення вагонів на сортувальних станціях. До них можна віднести: кількість призначень; потужність вагонопотоку; кількість вагонів в групах, що надходять; інтервал прибуття груп; кількість груп, що потрібна на накопичення складу; ступінь нерівномірності надходження груп.

Складність аналізу роботи сортувального парку полягає у тому, що стохастичний характер процесу накопичення постійно регулюється направленою діяльністю людей, що управляють цим процесом [1]. Передові колективи та новатори транспорту вносять великий внесок у вдосконалення організації накопичення складів, активно впливаючи на процес швидкісної обробки поїздів з замикаючими групами, організованим підведенням збільшених груп до закінчення періоду накопичення, використанням вагонів власного навантаження і календарним плануванням, відправленням тяжеловесних і длиносоставних поїздів. Але, не дивлячись на це, витрати вагоно-годин на накопичення складу залишаються значними.

Концентрація сортувальної роботи значно збільшила середню потужність призначень і величину груп, що надходять. Здавалося б, витрати вагоно-годин і параметр накопичення повинні знизитися, оскільки згідно існуючої теорії вони

знаходяться у зворотній залежності один від одного. Це дає підставу вважати, що розрахункові залежності для визначення вагоно-годин на накопичення не повною мірою враховують усі чинники, що впливають на процес, і вимагають подальшого уточнення [2].

Розрізняють дві основні схеми процесу накопичення залежно від характеру надходження вагонів: рівними групами через однакові проміжки часу (простий процес); рівними групами через неоднакові проміжки часу (загальний процес).

Перша схема достатньо повно вивчена, друга ж – найбільш характерна в практиці роботи сортувальних станцій – вивчена не повністю. Застосування методів теорії імовірності до аналітичного опису процесу накопичення дозволило розкрити і вивчити окремі закономірності формування і врахувати їх вплив на витрати вагоно-годин [1]. Зокрема встановлено, що величина замикаючої групи перевищує середню величину групи, що надходить на колію накопичення, навіть при нерегульованому процесі. Це приводить до зменшення середньої величини проміжних груп і, таким чином, позитивно впливає на витрати вагоно-годин накопичення. Проте причина збільшення замикаючої групи – нерівномірність надходження груп – не знайшла віддзеркалення в розрахункових формулах. Думка про те, що за тривалий період нерівномірність підведення груп по величині і у часі не впливає на витрати вагоно-годин накопичення і компенсується рівноімовірними подіями, не має достатніх підстав. Нерівномірність процесу накопичення постійна і її вплив на витрати вагоно-годин накопичення не можна зменшити тільки оперативною дією. Основною рекомендацією по скороченню витрат часу на накопичення составів вважається організація підведення крупніших груп вагонів до закінчення процесу накопичення [3].

Треба відзначити, що особливо інтенсивно витрати вагоно-годин накопичення знижуються при збільшенні допустимих коливань величин составів, що відправляються, до 10 %. В цьому полягають основні резерви підвищення ефективності процесу накопичення. На практиці необхідно прагнути до такої організації процесу накопичення, при якій максимально можлива частина замикаючої групи відправляється з составом, що завершує накопичення. Цього можна досягти організацією руху составів більшої маси або більшої довжини, ніж встановлена норма. Прагнення до збільшення ваги або довжини кожного составу відповідає збільшенню норми і викликає відповідне зростання витрат вагоно-годин накопичення [1].

Великий ефект застосування вагових норм, що коливаються, може бути для призначень составів, які слідує у напрямі руху резервних локомотивів; в цьому випадку виключається обмеження, пов'язане з втратами пропускнуої спроможності.

Таким чином, для підвищення ефективності процесу накопичення необхідні конкретний підхід і облік особливостей роботи як кожної сортувальної станції, так і прилеглих ділянок і напрямів.



- [1] Nesterenko G. I., Horobets V. L., Muzykina S. I., Muzykin M. I. Study of car traffic flow structure on arrival and departure at the marshalling yard X. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2016. №1 (61). С. 85-99.
- [2] Музикіна С. І., Нестеренко Г. І., Музикін М. І. Дослідження пропускної спроможності сортувальної станції. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2016. №2 (62). С. 47-60.
- [3] Бех П. В., Нестеренко Г. І., Стрелко О. Г., Музикін М. І. Управління вантажними перевезеннями в умовах ризиків конкурентного середовища. *Системи та технології*. 2021. №1 (61). С. 85-97.

**УДК 656.2**

## **РОЗВИТОК ТЕОРІЇ УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ РОБОТОЮ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СИСТЕМИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ І РИЗИКІВ**

## **DEVELOPMENT OF THE THEORY OF OPERATIONAL MANAGEMENT OF A RAILWAY SYSTEM UNDER UNCERTAINTIES AND RISKS**

*канд. техн. наук Л.О. Пархоменко*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*L.O. Parkhomenko, PhD (Tech.)*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У сучасних умовах управління транспортними процесами на залізниці особливо важливо забезпечити ефективність і точність на всіх рівнях планування, зокрема у контексті експлуатаційної роботи. Це завдання ускладнюється необхідністю врахування різноманітних факторів невизначеностей різної природи. Епістемічна невизначеність відображає брак знань або інформації, що впливає на точність моделі та прогнозів у плануванні. Алеаторна невизначеність, у свою чергу, виникає через випадкові фактори, як-от коливання попиту, погодні умови або інші природні обставини, що важко передбачити. Разом ці невизначеності створюють додаткові виклики в плануванні та вимагають застосування більш стійких оптимізаційних підходів, які можуть забезпечити ефективні рішення в мінливих умовах. У зв'язку з цим, проблема розробки надійного плану функціонування складів та обробки потоків вантажів в умовах такої невизначеності набуває особливої актуальності.

Було досліджено проблему оптимізації стратегічного планування, зокрема у частині формування складів для місцевих перевезень. Розглянуто застосування математичних моделей для управління рухом вагонів та формування оптимальних складів з урахуванням різноманітних обмежень і варіантів. Центральною ідеєю є використання підходів стійкої оптимізації, що дозволяє врахувати не тільки

вірогідні варіанти розвитку ситуацій, а й можливість виникнення непередбачуваних обставин, що можуть вплинути на результат.

Для досягнення цієї мети було розглянуто різні підходи до моделювання процесів планування, включаючи детерміновані і стохастичні методи. Основна увага була приділена питанням формування математичної моделі, яка б максимально адекватно відображала реалії, зокрема щодо змін у потоці вантажів, часу на накопичення та обробку вантажів на сортувальних станціях. Особливу увагу було приділено методам зниження епістемічної невизначеності, зокрема, застосуванню робастної оптимізації для створення найбільш надійних і стійких до коливань планів.

Основним результатом дослідження є розробка нових і адаптація існуючих підходів до вирішення багатьох класів управлінських задач зі сфери експлуатації залізничного транспорту. Запропоновані оптимізаційні моделі навіть в умовах дії факторів невизначеностей і ризиків дозволяють значно зменшити витрати ресурсів, забезпечуючи при цьому високу адаптивність до змін у транспортних потоках та умовах. Також було показано, що використання робастних методів оптимізації дозволяє значно підвищити ефективність управлінських рішень навіть у випадку високого рівня невизначеності у вихідних даних.

Загалом, результати роботи відкривають нові можливості для застосування математичних методів в управлінні транспортними процесами, забезпечуючи ефективне планування у складних умовах реального функціонування залізничної мережі.

[1] Пархоменко Л.О., Прохоров В.М., Калашнікова Т.Ю., Овсянніков Д.О. Формування моделі управління пріоритетністю обробки вагонів на технічних станціях в умовах невизначеності. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2024. № 1. С. 45–54.

[2] Пархоменко Л.О., Прохоров В.М., Калашнікова Т.Ю., Кофанов О.В. Формування моделі ризику в задачі забезпечення дотримання строку доставки вантажів в умовах невизначеності із використанням теорії нечітких множин та теорії Демпстера-Шафера. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2024. № 2. С. 81–90.

[3] Пархоменко Л.О., Прохоров В.М. Уточнення моделі розрахунку плану формування поїздів за рахунок урахування ефекту навантаженості сортувальних станцій. Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки. 2024. №48. С. 193–205.

[4] Пархоменко Л.О., Прохоров В.М., Калашнікова Т.Ю. Удосконалення технології управління місцевою роботою дільниці в умовах невизначеності на основі робастної оптимізації. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2024. № 3. С. 3–12.

**ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ШПАЛАХ ДЛЯ  
ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАЛІЗНИЦІ**

**USE OF SOLAR PANELS ON SLEEPERS FOR RAILWAY ENERGY  
SUPPLY**

*канд. техн. наук С.М. Продащук, Г.В. Шаповал, аспірант П.В. Квасов  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*S. Prodashchuk PhD (Tech.), G. Shapoval PhD (Tech.), P. Kvasov postgraduate  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У воєнний час енергетична безпека стає одним із ключових факторів забезпечення стабільності держави. Україна, як країна, що постраждала від російської агресії, зіштовхується з масовими руйнуваннями енергетичної інфраструктури, дефіцитом енергоресурсів та необхідністю швидкого реагування на кризові ситуації [1].

Енергетична незалежність, особливо для залізничного транспорту, є критично важливою для підтримки мобільності військових, гуманітарних вантажів та економіки загалом. Розвиток відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі, стає не лише елементом екологічної модернізації, але й стратегічною потребою для зменшення залежності від традиційних джерел енергії. Таким чином, питання енергетичної безпеки України під час війни є комплексним викликом, що потребує інноваційних рішень, міжнародної підтримки та впровадження сучасних технологій для забезпечення стабільності держави.

У стані війни та післявоєнному відновленні питання пошуку нових джерел енергії набуває критичної важливості, особливо з огляду на масштабні руйнування енергетичної інфраструктури. Внаслідок бойових дій значна частина електростанцій та ліній електропередачі пошкоджена або знищена, що підриває стабільність постачання електроенергії. Відновлення цих потужностей потребує значних фінансових і часових вкладень, які в умовах війни можуть бути суттєво обмежені.

Для стабільного та безпечного руху залізниці необхідна електрична енергія не тільки для потягів, але і для забезпечення функціонування всієї залізничної інфраструктури. У наслідок обстрілів доволі часто ворогу вдавалося вивести з ладу електрифікацію залізниці, в основному через централізованість систем електропостачання. У такому випадку екстрено використовувалися дизельні тягачі, однак це призводило до затримок у доставці вантажів та впровадженні екстрених змін у русі залізничного транспорту.

Впровадження децентралізованих систем електрогенерації зведе до мінімуму можливість виведення їх з ладу одномоментно. Перспективним рішенням для досягнення енергетичної незалежності є використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних панелей. Зазвичай для ефективної роботи сонячних панелей у промислових масштабах необхідна велика площа, тому їх часто можна побачити на полях. Однак, таким чином земля не використовується за прямим призначенням, бо майже весь потік сонячної енергії поглинається панелями і вирощувати рослинні культури у такому випадку не є раціональним.

Залізничні колії мають велику протяжність по території будь-якої індустріальної країни. У випробуваннях німецького концерну Deutsche Bahn та британської енергетичної компанії Bankset було вивчено можливість розміщення сонячних батарей на залізничних шпалах. Така конструкція, за підрахунками Bankset, може дозволити виробляти до 0,1 МВт електроенергії на кілометр. Якщо взяти до уваги всю протяжність німецької залізничної мережі в 33 тис км (близько 60 тис км колій), то потенційні обсяги вироблення електроенергії таким шляхом можна було б порівняти з потужностями декількох атомних електростанцій [2].

Саме впровадження такої технології у сумі з помірним кліматом було б ефективним варіантом децентралізованої електрогенерації залізниці. Мережа українських залізниць є однією з найбільш розвинутих серед європейських країн, і за довжиною залізничних колій Україна посідає четверте місце в Європі та тринадцяте – у світі (експлуатаційна довжина – 21,7 тис км) [3].

Якщо взяти за основу випробування Deutsche Bahn та Bankset, то з українських колій можна було би отримувати електроенергію для часткового перекриття власних потреб у електричній енергії.

Встановлення сонячних панелей на залізничних шпалах є перспективним методом забезпечення енергією залізничної інфраструктури. Такий підхід дає змогу ефективно використовувати відновлювані джерела, направляючи отриману електроенергію на власні потреби залізниці, зокрема на освітлення, живлення сигналізації та системи безпеки. Це рішення зменшує залежність від централізованих енергомереж і сприяє стабільному енергопостачанню навіть у разі пошкодження основної інфраструктури.

[1] Що таке енергетична безпека і чому це надважливо для України? URL: <https://hmarochos.kiev.ua/partner/energobezpeka/>

[2] Deutsche Bahn тестує використання сонячних панелей на залізничних шпалах. URL: <https://sundries.ua/deutsche-bahn-testuie-vykorystannia-soniachnykh-panelei-na-zaliznychnykh-shpalakh/>

[3] Загальна інформація. URL: <https://uz-cargo.uz.gov.ua/vantazhni-perevezennia/zahalna-informatsiia>

**ПРИНЦИПИ ТОЧНОГО РОЗКЛАДУ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ (PSR)  
ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИКОЮ НА  
ЗАЛІЗНИЦЯХ**

**PRINCIPLES OF PRECISION SCHEDULED RAILROADING (PSR) AS AN  
INNOVATIVE APPROACH TO RAILWAY LOGISTICS MANAGEMENT**

*канд. техн. наук В.М. Прохоров*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V.M. Prokhorov, PhD (Tech.)*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

*Вступ.* Принцип точного розкладу залізничних перевезень (Precision Scheduled Railroading, PSR) є одним із найсучасніших та ефективних підходів до організації та управління залізничним рухом. Цей метод отримав широке поширення в США і вже починає застосовуватися в інших країнах завдяки своїй здатності оптимізувати логістичні процеси, знижувати витрати і підвищувати ефективність роботи залізничних компаній. Ідея PSR полягає у створенні максимально передбачуваного і точного розкладу руху, що дозволяє досягти зниження непотрібних затримок та покращити інтеграцію з іншими видами транспорту.

*Основні принципи PSR.*

PSR орієнтований на забезпечення точного, передбачуваного розкладу, що дозволяє знижувати витрати на транспортування і збільшувати ефективність використання інфраструктури. Основні принципи цього підходу включають:

1. *Оптимізація використання рухомого складу:* під час впровадження PSR залізничні компанії прагнуть мінімізувати час перебування поїздів на складах та в депо. Це досягається завдяки ефективному плануванню і скороченню часу на завантаження, розвантаження та обслуговування поїздів.

2. *Передбачуваність та точність розкладу:* однією з основних цілей PSR є створення максимально передбачуваного руху поїздів. За допомогою точного розкладу можна значно знизити кількість затримок та покращити координацію між різними ланками ланцюга постачання.

3. *Інтеграція з іншими видами транспорту:* PSR забезпечує кращу інтеграцію залізничного транспорту з іншими видами, такими як автомобільний і водний транспорт, що дозволяє створити більш ефективні логістичні ланцюги і скоротити витрати на перевезення.

4. *Інформаційні технології та моніторинг:* важливою складовою PSR є використання сучасних інформаційних технологій для моніторингу руху поїздів,

що дозволяє оперативно реагувати на зміни в умовах і коригувати розклад для досягнення максимального ефекту.

#### *Переваги PSR.*

Впровадження принципів точного розкладу дозволяє залізничним компаніям отримати численні переваги, зокрема:

1. *Зниження витрат:* одна з основних переваг PSR — це значне зниження операційних витрат. Підвищена ефективність використання рухомого складу та інфраструктури дозволяє зменшити потребу в додаткових поїздах і локомотивах, а також знизити витрати на енергію та обслуговування.

2. *Покращення обслуговування клієнтів:* завдяки більш точному та передбачуваному розкладу залізничні компанії можуть краще планувати свої операції, що в кінцевому підсумку призводить до підвищення рівня обслуговування клієнтів.

3. *Збільшення пропускної спроможності:* PSR дозволяє значно збільшити пропускну спроможність залізниць без необхідності великих інвестицій в розширення інфраструктури. Це досягається завдяки оптимізації використання наявних ресурсів.

4. *Зниження екологічного впливу:* зменшення кількості непотрібних затримок та покращення логістики дозволяє знизити викиди вуглекислого газу, оскільки поїзди рухаються більш стабільно і з меншими витратами пального.

*Критика та проблеми застосування PSR.* Попри численні переваги, методика PSR не є бездоганною і має свої недоліки. Однією з головних проблем є протестування і опір змінам з боку працівників, оскільки PSR вимагає зміни традиційних підходів до роботи. Запровадження чітко структурованих і жорстких розкладів може зустріти опір від персоналу, що не звик до таких змін.

Іншою проблемою є складність в управлінні інфраструктурними колізіями: у разі виникнення аварійних ситуацій або змін в умовах на залізниці, точний розклад може виявитися неефективним. Керування рухом у таких умовах вимагає більш гнучких і адаптивних підходів.

Крім того, зниження кількості поїздів та оптимізація логістики можуть негативно вплинути на обсяг роботи для низки інших залізничних працівників, що може викликати соціальну напругу та потребу в перерозподілі робочих місць.

PSR є ефективним і перспективним підходом до оптимізації роботи залізничних компаній, здатним значно знижувати витрати і покращувати точність розкладу перевезень. Однак, для його успішного впровадження необхідно враховувати не тільки технічні, але й соціальні та організаційні аспекти. Прогресивні технології, такі як автоматизація управлінських процесів і використання великої даних, можуть стати важливим елементом для подолання існуючих проблем і реалізації потенціалу PSR в умовах сучасної залізничної інфраструктури.

УДК 656.2

## ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ВАНТАЖНИХ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

### ENHANCING INTEROPERABILITY IN INTERNATIONAL FREIGHT TRANSPORTATION

*В.А. Баско, канд. техн. наук В.М. Прохоров*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V.A. Basko, V.M. Prokhorov, PhD (Tech.)*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Забезпечення інтероперабельності в міжнародних вантажних перевезеннях залізницею є важливим чинником для швидкого й ефективного транспортування товарів через різні країни. Сучасні системи потребують інтеграції стандартів, процедур та технічних рішень між залізничними операторами різних держав, що дозволяє скоротити час на стикування вагонів, уніфікувати системи сигналізації та автоматизувати обмін даними. Основними елементами для підвищення рівня інтероперабельності є впровадження єдиних протоколів безпеки, стандартів для колійного обладнання та електронних систем відстеження руху. Синхронізація цих процесів сприятиме не лише підвищенню швидкості перевезень, а й зменшенню операційних витрат, що зробить залізничний транспорт конкурентоспроможнішим порівняно з іншими видами транспорту.

Реалізація інтероперабельності передбачає також активну координацію між митними та прикордонними службами різних країн, що дозволить оптимізувати контроль і скоротити затримки при перетині кордонів. Запровадження цифрових рішень, таких як автоматизовані системи управління даними, дозволяє створити наскрізний ланцюг перевезень, де дані про вантаж і його рух доступні всім учасникам процесу. Це спрощує процедури передачі товарів, полегшує контроль на кожному етапі маршруту та мінімізує ризики затримок і втрат.

Проблема різної ширини колії між Україною (1520 мм) та більшістю європейських країн (1435 мм) є одним із суттєвих бар'єрів для інтероперабельності залізничного транспорту. При перетині кордону необхідно здійснювати перевантаження вантажу або зміну колісних пар на спеціалізованих пунктах стику, що потребує часу та ресурсів. Така розбіжність сприяє затримкам, підвищенню

витрат і зниженню конкурентоспроможності залізничного транспорту в порівнянні з іншими видами.

Для вирішення цієї проблеми впроваджують автоматизовані системи зміни ширини колії та нові підходи до інтеграції логістичних систем, що дозволяє мінімізувати час на перевантаження вантажів. Однак повна інтеграція потребує комплексного підходу: від оптимізації стикувальних операцій до створення сучасних логістичних хабів. Такі рішення можуть суттєво підвищити швидкість доставки і зробити залізничний транспорт більш привабливим для міжнародної торгівлі в умовах глобальної інтеграції.

Підвищення рівня інтеоперабельності забезпечить економічну ефективність і екологічну стійкість міжнародних перевезень, створюючи сприятливі умови для зростання торгівлі та розвитку транскордонної логістики.

[1] Szkopiński J. The certain approach to the assessment of interoperability of railway lines. The Archives of Transport. 2014. 29(1). P. 65–75. doi: 10.5604/08669546.1146969.

**УДК 656.2**

**ПРИШВИДЧЕННЯ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ  
СПОЛУЧЕННІ ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ  
ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ**

**ACCELERATING INTERNATIONAL FREIGHT DELIVERY BY IMPROVING  
THE OPERATION TECHNOLOGY OF TECHNICAL STATIONS**

***С.В. Лоскучерявий, канд. техн. наук В.М. Прохоров**  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***S.V. Loskucheriavyi, V.M. Prokhorov, PhD (Tech.)**  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Прискорення доставки вантажів у міжнародному сполученні за рахунок удосконалення роботи технічних станцій є ключовим завданням для підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту в сучасних умовах. Значні затримки часто виникають через неефективність роботи сортувальних і маневрових підрозділів, що пов'язано з застарілими підходами до управління вантажними потоками. Для оптимізації цього процесу важливо впроваджувати інноваційні технології й алгоритми, які дозволяють автоматизувати планування та зменшити час обробки вагонів.



Покращення роботи технічних станцій вимагає застосування сучасних інформаційних систем, що забезпечують оперативне відстеження ресурсів та автоматичне планування маневрових операцій. Наприклад, системи на основі штучного інтелекту можуть аналізувати поточний стан колійного господарства та прогнозувати завантаження інфраструктури, що дозволяє швидко реагувати на зміни в умовах перевезень. Крім того, впровадження оптимізаційних моделей може допомогти зменшити час накопичення вагонів на станціях, забезпечуючи швидшу обробку і відправку вантажів до кінцевих пунктів.

Ефективне управління потоками вагонів, особливо на міжнародних маршрутах, також вимагає міждержавної координації для забезпечення безперебійного пропуску вантажів через кордони. Застосування єдиних стандартів і протоколів обміну інформацією між технічними станціями різних країн дозволить скоротити час на перевірку і пересортування вантажів на кордонах, що в свою чергу сприятиме зменшенню затримок.

Таким чином, удосконалення технологій роботи технічних станцій на залізниці дозволяє не лише знизити операційні витрати та підвищити ефективність транспортної системи, але й сприяє прискоренню міжнародної доставки вантажів, що є важливим чинником для розвитку торгівлі та економіки в умовах глобалізації.

[1] Березовий М. І., Малашкін В. В., Коробйова Р. Г. Оцінка пропускної спроможності промислової сортувальної станції з використанням її ергатичної моделі / М. І. Березовий, // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 4. – С. 9–12. doi: <https://doi.org/10.15802/tstt2012/17119>.

**ВИРОБЛЕННЯ ПІДХОДІВ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ  
УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ У  
СТИСЛИХ УМОВАХ**

**DEVELOPING APPROACHES TO IMPROVE THE TECHNOLOGY OF  
RAILWAY TECHNICAL STATION MANAGEMENT IN CONSTRAINED  
CONDITIONS**

*В.С. Сергєєв, О.В. Небоян, канд. техн. наук В.М. Прохоров  
Український державний інверситет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V.S. Serhieiev, O.V. Neboian, V.M. Prokhorov, PhD (Tech.)  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Залізничний транспорт України відіграє критично важливу роль у забезпеченні безперебійних вантажних і пасажирських перевезень, особливо в умовах зростаючих навантажень та обмежень інфраструктури. Зокрема, значною проблемою є обмеження в роботі технічних станцій, коли певні колії або інші сортувальні ресурси недоступні через ремонти чи аварійні ситуації. У таких умовах надзвичайно важливо забезпечити оптимальну організацію роботи станцій, щоб зберегти стабільність усього транспортного процесу.

Відсутність чіткої моделі оперативного управління в умовах часткової недоступності інфраструктури значно ускладнює планування руху та маневрових операцій. Навіть тимчасове закриття сортувальних парків або нестача маневрових локомотивів призводять до суттєвих збоїв та затримок, адже звичайні підходи до управління часто не враховують можливості функціонування в обмежених умовах. Таким чином, для забезпечення ефективного функціонування залізничних станцій необхідні нові підходи, що спираються на оптимізаційні моделі.

Ці моделі мають враховувати різні сценарії, що можуть виникати через часткову втрату пропускнуої здатності технічних станцій. Крім того, особливу увагу слід приділити комбінуванню вагонопотоків, розподілу ресурсів та пріоритезації вантажних маршрутів з урахуванням обмежень. Складність завдання полягає також у тому, що оперативне управління повинно швидко адаптуватися до змін у доступності станційної інфраструктури, що робить традиційні підходи недостатньо ефективними.

Отже, проблема полягає у створенні такої системи управління, що забезпечить безперервну і раціональну роботу залізничних станцій навіть у випадках, коли частина сортувальних і маневрових ресурсів тимчасово недоступна.

[1] Бутько, Т. В., Прохоров В. М., Чехунов Д. М. Інтелектуальне управління сортувальними станціями при перевезеннях небезпечних вантажів на основі багатоцільової оптимізації. Наука та прогрес транспорту. 2018. № 5(77). С. 41–52. doi: <https://doi.org/10.15802/stp2018>.

**УДК 656.2**

## **АНАЛІЗ ВЗАЄМОДІЇ МОРСЬКОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

## **ANALYSIS OF THE INTERACTION OF SEA AND RAILWAY TRANSPORT DURING INTERMODAL TRANSPORTATION**

***Д.В. Тарасенко, канд. техн. наук, доцент В.М. Прохоров***

*Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна*

***D.Tarasenko, V.Prokhorov, PhD(Tech), docent***

*Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkov, Ukraine*

Для України одним з основних джерел наповнення бюджету є експорт товарів. Згідно з даними Державної митної служби протягом січня-серпня 2024 року експортували товарів на суму майже 27,5 млрд. доларів. Основними категоріями товарів, які зайняли лівову частину в експорті традиційно стали продукти харчування (16 млрд.\$), металургія (2,9 млрд.\$) та мінеральні продукти (2,2 млрд. \$) [1]. Незважаючи на складні політичні та економічні умови перевезення залізничним транспортом кожного року постійно збільшується, транспортуючи за низькими тарифами такі основні номенклатури українського експорту як зерно, руда, чорні метали, мінеральні добрива. При цьому морські порти є своєрідними воротами до зовнішніх ринків, саме через порти Чорного моря прямують основні вантажопотоки у міжнародному сполученні. Тому покращення ефективної взаємодії залізничного транспорту та морських портів є особливо «гострим» питанням в сучасних умовах.

Україна є морською державою з давньою історією морської торгівлі. На жаль, після анексії Криму та початку повномасштабного вторгнення було втрачено доступ до кримських портів і портів Азовського моря, що значно вплинуло на обсяги перевалки товарів. Але попри таку складну політичну та економічну ситуацію в останні роки спостерігається постійне збільшення вантажопотоків. Посилаючись на інформацію ДП «Адміністрація морських портів України» за оперативними даними січня–жовтня 2024 року, українські морські порти обробили 82,1 млн. т вантажів, що майже вдвічі перевищує показник 2023 року (46,1 млн т) [2].

Ключову роль у збільшенні вантажопотоків у напрямку морських портів відіграє залізничний транспорт. З моменту розпаду СРСР умови функціонування залізничного транспорту суттєво змінились, зокрема за напрямками та номенклатурою вантажів. Якщо при СРСР експорт складав лише третину вантажів [3], то на сьогоднішній день це майже 80 % від всього потоку. Втрата ринків збуту в росії після повномасштабного вторгнення, зростання експорту аграрної продукції спричинили переорієнтацію вантажопотоків в бік морських портів [4].

Зважаючи на зміни в умовах функціонування морського і залізничного транспорту, потрібно приділити увагу деяким проблемним питанням у механізмі взаємодії даних видів транспорту. Можна виділити наступні основні проблеми :

1. Невідповідність пропускнуої здатності портів та станцій.
2. Неузгодженість графіків руху морського та залізничного транспорту.
3. Відсутність єдиних стандартів та технологій обробки вантажів.
4. Необхідність модернізації інфраструктури портів і станцій для підвищення їх ефективності.
5. Складнощі з митним оформленням вантажів і дотриманням законодавства.
6. Необхідність забезпечення безпеки перевезення та збереження вантажів.

Для вирішення даних проблем необхідно розробляти та впроваджувати нові технології, покращувати інфраструктуру, оптимізувати логістичні процеси, підвищувати кваліфікацію персоналу. Можна навести наступні способи вирішення даних проблем :

1. Розробка нормативної бази для стимулювання залучення інвестицій в будівництво портової та залізничної інфраструктури.
2. «Сухий» порт.
3. Розробка єдиної автоматичної системи управління, яка забезпечить автоматизацію та цифровізацію обробки інформації та відстеження вантажів.
4. Розробка нових методів та моделей розподілу вантажопотоків в припортових транспортних вузлах.
5. Уніфікація стандартів для контейнерів, вагонів і залізничних колій, а також узгодження з міжнародними транспортними організаціями, дозволять забезпечити безперебійну роботу міждержавних транспортних ланцюгів.

Аналіз сучасного стану механізмів взаємодії дозволив виявити цілу низку проблем, вирішення яких матиме позитивний економічний ефект як в коротко так і довгостроковій перспективі. «Станція-порт» є тією артерією, без якої неможливо уявити нормальне функціонування економіки України. Незважаючи на складні політичні та економічні умови, потрібно залучати значні грошові та людські

ресурси для вирішення наведених вище проблем, створити сприятливі умови для залучення інвестицій та приведення інтермодальних перевезень до світових стандартів.

- [1] Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.  
[2] ДП «Адміністрація морських портів України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.uspa.gov.ua/>.  
[3] Все о портах Украины. 2005: справочник / 4-е изд., доп и перераб.–Одесса: Порты Украины, 2005.–664с.  
[4] Центр транспортних стратегій. Інфографіка [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://cfts.org.ua/infografika>.

**УДК 656.2**

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МІСЦЕВОЇ РОБОТИ НА СТАНЦІЯХ І ДІЛЬНИЦЯХ**

### **IMPROVING LOCAL OPERATIONS TECHNOLOGY AT STATIONS AND SECTIONS**

***В.А. Яремчук, Д.Г. Гриценко, канд. техн. наук В.М. Прохоров**  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***V.A. Yaremchuk, D.H. Hrytsenko, V.M. Prokhorov, PhD (Tech.)**  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Оптимізація місцевих операцій на залізничних станціях і дільницях є важливою складовою для забезпечення ефективного перевезення вантажів та управління потоками. Удосконалення таких технологій охоплює впровадження автоматизованих систем для розподілу ресурсів, підвищення точності операцій формування і сортування вагонів, зниження простою на станціях, а також покращення оперативного планування. Сучасні підходи, зокрема впровадження штучного інтелекту та машинного навчання, дозволяють швидше та ефективніше обробляти інформацію для управління маневровими операціями, зменшуючи людський фактор і підвищуючи точність прийняття рішень.

Дослідження і впровадження нових технологій автоматизації дозволять оптимізувати витрати і знизити операційні ризики. Окрім цього, раціоналізація процесів допоможе врахувати різке збільшення або зменшення потоків вантажів, забезпечуючи стабільність роботи навіть у непередбачуваних умовах, таких як непогода або відхилення від графіку. Злагоджене управління маневровими локомотивами та ресурсами, а також інтелектуальний контроль процесів

сортування вагонів можуть значно скоротити час обробки і затримки, підвищуючи загальну ефективність залізничного транспорту.

Крім того, місцева робота на станціях повинна враховувати не тільки внутрішні потреби, але й інтеграцію з міжнародними вантажопотоками. Це потребує гнучкого планування, що реагує на вимоги ринку та сприяє міжнародній кооперації. Таким чином, удосконалення технології місцевої роботи сприятиме більш швидкому і стабільному вантажному сполученню, розширюючи роль залізничного транспорту в сучасній логістичній системі та забезпечуючи надійність і безпеку перевезень.

[1] Butko T., Prokhorov V., Kalashnikova T., Riabushka Y. Organization of railway freight short-haul transportation on the basis of logistic approaches. *Procedia Computer Science*. 2019. 149. P. 102–109.

**УДК 656.2**

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУР ПРІОРИТЕЗАЦІЇ ПОЇЗДОПОТОКІВ В УМОВАХ ДЕФЦИТУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

## **IMPROVING THE PROCEDURES FOR PRIORITISING TRAIN FLOWS IN THE FACE OF A SHORTAGE OF RAILWAY INFRASTRUCTURE**

*Аспірант Д.Р. Харченко, д.т.н., професор А.В. Прохорченко,  
к.т.н., доцент А.М. Киман  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD student D. Kharchenko, Dc. S (Tech), Professor A. Prokhorchenko,  
PhD (Tech), Associate Professor A. Kyman  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Результат проведеного аналізу методів визначення пріоритетності руху поїздопотоків у залізничних систем світу показав, що більшість існуючих правил пріоритетності функціонують за соціально-орієнтовними критеріями та надають перевагу у русі пасажирським перевезенням. Даний підхід у розподілі пропускної спроможності в умовах її вичерпання на залізничних полігонах (напрямок) підвищує рівень якості від пасажирських перевезень, однак не забезпечує ефективне вирішення конфліктів у графіку руху поїздів (ГРП) в умовах обмежених ресурсів та створює значний рівень затримки вантажних поїздів, що у свою чергу призводить до збільшення собівартості вантажних перевезень.

Одна з причин виникнення конфліктів у ГРП – неможливість пропуску наявного вантажо- та пасажиропотіку через певну залізничну дільницю. Однією з причин виникнення затримки, що породжує системний затор у залізничній мережі, є недотримання наступної умови [1]:

$$N_{\text{потр}} > N_{\text{наявн}} \quad (1)$$

де

$N_{\text{потр}}$  – потрібна пропускна спроможність непаралельного графіку, поїздів;

$N_{\text{наявн}}$  – наявна пропускна спроможність непаралельного графіку, поїздів.

Таке перевантаження важливо визначити нормативно. На основі проведеного аналізу директиви 2012/34/ЄС [2] запропоновано наступне визначення поняттю “перевантажена інфраструктура” - це стан частини інфраструктури, потребу якої в пропускній спроможності інфраструктури неможливо повністю задовольнити протягом певних термінів, навіть після узгодження різних вимог щодо пропускної здатності;

Отримане визначення дозволить юридично ідентифікувати стан перевантаженості елементів залізничної інфраструктури загального користування. Це свою чергу надасть можливість застосовувати на дільниці що визнана перевантаженою відмінні від соціально-орієнтованого підходу критерії пріоритету руху поїздопотоків.

В межах аналізу проекту Закону “Про систему та особливості функціонування ринку залізничного транспорту України” №12142-1 [3] виявлено, що у даному законопроекті дана термінологія відсутня.

З метою підвищення ефективності використання залізничної інфраструктури загального користування в умовах перевантаження рекомендовано додати до проекту термін “перевантажена інфраструктура”. Це дозволить надати гнучкість у планування руху поїздопотоків в умовах дефіциту інфраструктурних ресурсів.

У подальших дослідженнях пропонується розробити критерії пріоритезації руху з урахуванням комплексної проблеми розподілу наявних активів залізничної системи в умовах дефіциту.

[1] Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України : затв. наказом Укрзалізниці від 14 березня 2001 р. № 143/Ц (ЦД-0036). Київ : Транспорт України, 2002. 375 с.

[2] Directive (EU) 2012/34 of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 on establishing a single European railway area. Official Journal of the European Communities (L 343/32). 2012. 46 p

[3] Про систему та особливості функціонування ринку залізничного транспорту України : Проект закону від 06.11.2024 № 12142-1. URL: <https://itd.rada.gov.ua/billinfo/Bills/Card/45200> (дата звернення: 16.11.2024).

**УДОСКОНАЛЕННЯ МІЖНАРОДНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ  
ВАНТАЖІВ ВАГОННИМИ ВІДПРАВКАМИ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ  
РАЙДШЕРИНГУ**

**IMPROVEMENT OF INTERNATIONAL RAIL FREIGHT TRANSPORTATION  
BY CARLOAD BASED ON RIDESHARING TECHNOLOGY**

*С.А. Золотарьов, А.В. Білоус, М.А. Кравченко, О.В. Новіков  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*S. Zolotaryov, A. Bilous, M. Kravchenko, O. Novikov  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Міжнародні залізничні перевезення є важливим компонентом глобальних ланцюгів постачань, забезпечуючи екологічно чистий та ефективний спосіб переміщення вантажів. Однак сучасні виклики, такі як зростаюча конкуренція з боку автомобільного транспорту, вимагають інноваційних підходів для підвищення конкурентоспроможності залізниць. Технологія райдшерингу, успішно впроваджена в автомобільному секторі, може стати одним із рішень для удосконалення вантажних залізничних перевезень. Впровадження технологій перевезень за принципами райдшерингу та використання цифрової платформи-агрегатора в міжнародних залізничних перевезеннях має значний потенціал для покращення ефективності та конкурентоспроможності залізниць. Закордонні перевізники (RU) часто не бажають співпрацювати з окремими невеликими відправками через низьку рентабельність та складність залізничної логістики. Організація поїздів, сформованих за принципами райдшерингу, підвищує привабливість співпраці, оскільки забезпечує утворення повноскладового вантажного поїзда, що покращує прозорість формування состава та передбачуваність у плануванні маршрутів і графіків руху в межах міжнародних транспортних коридорів. Це дозволяє зменшити операційні витрати.

Враховуючи недоліки діючої технології перевезень вагонних і групових відправок у міжнародному сполученні в дослідженні запропоновано в межах цифрової платформи-агрегатора бронювати місця в складах вантажних поїздів, що проходять через міжнародні залізничні переходи. На першому етапі досліджень проведено аналіз етапів планування вагонних відправок у експортно-імпортному сполученні для побудови схеми планування через цифрову платформу. Досліджено процедури планування залізничних вантажних коридорів (RFC) Транс'європейської мережі TEN-T та запропоновано інтегрувати діючі системи планування АТ "Укрзалізниця" до ІТ- системи розподілу пропускнуої спроможності The Path



Coordination System (PCS). Розроблено схеми інтеграції та послідовність бронювання. Реалізація цифрової платформи потребує розробки інтуїтивного інтерфейсу для вантажовідправників, інтеграцію з існуючими системами управління та планування вантажними перевезеннями (АСК ВП УЗ-Є) та забезпечення безпеки даних та захисту інформації. Запропоновано функціональну схему взаємодії вантажовідправників та перевізників в межах цифрової платформи.

Для підвищення ефективності швидкого поєднання вагонних і групових відправок одного призначення у єдиний міжнародний вантажний поїзд запропоновано математичну модель, яка передбачає синхронізацію у часі і просторі підводу відправок до прикордонної залізничної станції або опорної станції прикордонного полігону мережі. Застосовано метод оптимізації на основі генетичного алгоритму. Проведені експериментальне моделювання для полігону та перевірена адекватність математичної моделі. Запропоновано інтегрувати до цифрової платформи агрегатора дану модель для прискорення та оптимізації операцій з утворення вантажних поїздів на основі бронювання місць в составі.

Загалом, інтеграція технології райдшерингу в міжнародні залізничні перевезення вагонними відправками може стати дієвим інструментом для підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту України, оптимізації логістичних процесів та задоволення потреб ринку експортно-імпортних перевезень. Перспективи подальших досліджень включають пілотне впровадження запропонованої цифрової платформи, оцінку її ефективності в реальних умовах та виявлення можливих викликів у процесі інтеграції з існуючими системами. Також важливо дослідити економічні та юридичні аспекти співпраці між різними учасниками міжнародного логістичного ланцюга в межах перевезень на основі технології райдшерингу.

[1] Дідусенко В. В., Кравченко М. А., Золотарьов С. А., Прохорченко Г. О. Дослідження крос-кордонних перевезень зернових вантажів автомобільним та залізничним транспортом. Системи та технології. 2022. Вип. 2 (64). С. 19-29. DOI: <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2022.2-64.3> URL: <https://st.umsf.in.ua/index.php/journal/article/view/91>.

[2] Kravchenko, M., Prokhorchenko, A., Zolotarov, S. Mathematical model of a railroad grain cargo ridesharing service in the form of coalitions in congestion games. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Vol. 5 Issue 3(125). P. 35-48. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289470>.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ШВИДКІСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ У  
ВНУТРІШНЬОМУ ТА МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ**

**IMPROVEMENT OF HIGH-SPEED PASSENGER TRANSPORTATION IN  
DOMESTIC AND INTERNATIONAL CONNECTIONS**

*М.Д. Зав'ялова, А.С. Дубініна, Т.М. Курганевич, А.С. Панченко*  
*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*M. Zavyalova, A. Dubinina, T. Kurganevich, A. Panchenko*  
*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Розвиток швидкісних пасажирських перевезень є стратегічним напрямом транспортної стратегії України. Збільшення мобільності населення, інтеграція до міжнародного транспортного простору та необхідність підвищення пропускної спроможності залізничної системи в умовах зростання попиту на пасажирські перевезення вимагають вдосконалення технологій перевезень пасажирів. Експлуатація швидкісних пасажирських поїздів на залізничній мережі з переважно вантажним рухом впливає на ефективність використання пропускної спроможності перевантажених ділянок, зокрема крос-кордонних. Крім того, послуги з перевезення та сервісні послуги на вокзалах є роз'єднаними, що спричиняє незручності для пасажирів. Одним із напрямів вирішення поставленої задачі є впровадження нових моделей експлуатації швидкісних пасажирських поїздів та інтеграції всіх пов'язаних з перевезеннями послуг в межах цифрової платформи MaaS (Mobility as a Service) [1, 2].

Для досягнення поставленої мети у дослідженні запропоновано застосувати в пасажирських перевезеннях технологію експлуатації з'єднаних швидкісних поїздів, що дозволить підвищити пропускну спроможність залізничної мережі, особливо на крос-кордонних ділянках. Створено оптимізаційну математичну модель розрахунку маршрутів експлуатації з'єднаних поїздів для раціонального використання рухомого складу та підвищення пропускної спроможності. Для забезпечення стійкості системі приділена увага розробці надійних розкладів руху з урахуванням ризиків затримки. Розроблено математичну модель пошуку раціональних резервів у графіку руху поїздів. Проведено аналіз факторів, що впливають на стійкість розкладів, та розроблено метод їх мінімізації. Виявлено, що на залізничних вокзалах наявний значний ризик втрати часу пасажирями при здійсненні трансферу з причини відсутності або неузгодженості інформації. Запропоновано цифровізувати систему орієнтування на вокзалах, що надає актуальну інформацію про розклади руху, платформи прибуття та відправлення

поїздів. Запропоновано на основі концепції *Mobility as a Service* створити єдиний цифровий сервіс, що об'єднує розклад руху, систему орієнтування та можливість придбання інтегрованих послуг з перевезення пасажирів на вокзалах в міжнародному та внутрішньому сполученнях.

Застосування моделі експлуатації здвоєних пасажирських поїздів з врахування змін у технологічних процесах на залізничних вокзалах сприятиме оптимізації роботи інфраструктури та покращенню сервісу для пасажирів. Цифровізація системи орієнтування пасажирів та впровадження *MaaS*-технологій забезпечать високий рівень обізнаності пасажирів, зручність у користуванні послугами та інтеграцію різних видів транспорту. Спеціальний додаток, що поєднує графік руху, систему орієнтування та можливість придбання всіх інтегрованих послуг, стане важливим інструментом для покращення пасажирського досвіду.

Реалізація запропонованих напрямів дослідження сприятиме підвищенню пропускної спроможності залізничної мережі, покращенню якості пасажирських перевезень та інтеграції України у міжнародний транспортний простір.

[1] Прохорченко Г.О., Білокудря В.В., Севрук Н.С., Нікітіна Т.В., Ступакова Є.Г., Алафін Д.Р. Дослідження можливостей експлуатації швидкісних пасажирських поїздів за системою багатьох одиниць на залізниці України. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій «Транспортні системи та технології». 2019. Вип. 34. С. 280-292. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2019-34-2-10>

[2] Jittrapirom, P., Marchau, V., van der Heijden, R., & Meijers, E. (2018). Future Implementation of Mobility as a Service (MaaS): Results of an International Delphi Study. *Travel Behaviour and Society*, 21, 1-21.

УДК 656.22

**УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМ ОБІГУ ШВИДКІСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ  
ПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

**IMPROVEMENT OF CIRCULATION SCHEMES OF HIGH-SPEED  
PASSENGER TRAINS BASED ON AUTOMATION**

*магістр О.О. Лукін, бакалавр Д.Д. Середа,  
канд.техн.наук Г.О. Прохорченко*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*masters O.O.Lukin, bachelor D.D.Sereda,  
PhD (Tech.) H. Prokhorchenko*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Удосконалення схем обігу швидкісних пасажирських поїздів на основі автоматизації є вкрай актуальним у контексті розвитку сучасної транспортної інфраструктури. Швидкісні залізничні перевезення набувають дедалі більшого значення як екологічно чистий, ефективний та комфортний вид транспорту, який забезпечує швидке сполучення між регіонами та країнами. Особливої важливості це питання набуває при вирішенні завдань щодо інтеграції залізничної мережі України до Європейського Союзу(ЄС) [1]. Процес інтеграції передбачає поступову гармонізацію транспортної інфраструктури з європейськими стандартами, зокрема в сфері залізничного транспорту. Швидкісні пасажирські перевезення відіграють ключову роль у розвитку міжрегіональних та міжнародних транспортних сполучень, забезпечуючи зручність, швидкість і доступність пересування для громадян і бізнесу. Актуальність удосконалення схем обігу швидкісних поїздів у цьому контексті обумовлена такими факторами, як відповідність європейським стандартам, оскільки ЄС має високі вимоги до організації залізничного транспорту, включаючи точність графіків, безпеку руху, енергоефективність та екологічність. Автоматизація обігу швидкісних поїздів допоможе гармонізувати українську систему залізничного транспорту з нормами ЄС, такими як стандарти TSI (Technical Specifications for Interoperability).

Важливим кроком є Інтеграція до Транс'європейської транспортної мережі (TEN-T). Україна прагне стати частиною TEN-T, що вимагає ефективної взаємодії з європейською залізничною мережею. Для цього необхідно забезпечити високий

рівень автоматизації та оптимізації роботи швидкісних поїздів, зокрема на міжнародних маршрутах.

Ці кроки дозволять підвищити конкурентоспроможності залізничного транспорту, оскільки інтеграція з європейською транспортною системою вимагає створення умов для ефективної конкуренції українських залізниць з іншими видами транспорту, зокрема авіацією. Оптимізація роботи швидкісних поїздів на основі автоматизації дозволить підвищити якість послуг і знизити витрати.

Окремо слід зазначити, що країни ЄС приділяють значну увагу сталому розвитку та екологічності транспорту. Швидкісні поїзди є одним із найекологічніших видів транспорту. Автоматизація дозволить зменшити енергоспоживання та викиди, що відповідатиме європейським екологічним цілям.

Проте забезпечення стабільного та ефективного функціонування швидкісних поїздів вимагає нових підходів до планування та управління їхнім обігом.

Для вирішення поставленої задачі в роботі було запропоновано математичну модель, яка на відміну від існуючих дозволяє мінімізувати витрати при експлуатації швидкісних поїздів та поїзних бригад стюардів з урахуванням обмежень на інтервал між поїздами, тривалість роботи поїзних бригад стюардів, технічне обслуговування составів, пропускну спроможність та вимогу освоєння заданого обсягу пасажиропотоку на мережі [2].

Запропонований підхід до удосконалення схем обігу швидкісних пасажирських поїздів за допомогою автоматизації є не лише важливим кроком для підвищення ефективності транспортної системи України, а й критичною умовою для її успішної інтеграції до європейського транспортного простору. Це сприятиме економічному розвитку країни, посиленню міжнародної співпраці та покращенню якості життя громадян.

[1] Інтеграція української залізниці до ЄС: підписано меморандум з Європейським залізничним агентством URL: <https://mtu.gov.ua/news/35834.html>.

[2] Прохорченко А. В. Дослідження технологічних та технічних можливостей експлуатації швидкісних пасажирських поїздів за системою багатьох одиниць на залізницях України / А. В. Прохорченко, Н. С. Севрук, Н. В. Скідан, А. С. Дмитренко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті : тези стендових доповідей та виступів учасників 32-ї міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті" (Харків, 24-25 жовтня, 2019 р.). – 2019. – № 4 (додаток). – С. 51.

**АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ГРАФІКА РУХУ ПОЇЗДІВ НА ПРИКОРДОННІЙ ДІЛЬНИЦІ ПРИ НАДАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ «ВІКОН»**

**AUTOMATION OF THE CALCULATION OF THE SCHEDULE OF TRAINS AT THE BORDER STATION WITH THE PROVISION OF TECHNOLOGICAL "WINDOWS"**

*магістри О.Ю. Симутін, В.В. Пасторова,  
канд. техн. наук Г.О. Прохорченко*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*masters O.Y. Simutin, V.V. Pastorova,  
PhD (Tech.) H. Prokhorchenko*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Автоматизація розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній дільниці при наданні технологічних «вікон» є вкрай актуальною в умовах сучасного розвитку транспортної інфраструктури. Зростання обсягів міжнародних перевезень, інтеграція транспортних систем різних країн та посилення вимог до точності і швидкості перевезень створюють додаткові виклики для організації руху поїздів.

Прикордонні дільниці є вузьким місцем залізничної мережі, де зіштовхуються національні регламенти, технічні стандарти та процедури. Це ускладнює планування руху та збільшує ризик затримок, особливо під час надання технологічних «вікон» для виконання ремонтних чи інших робіт на коліях.

Автоматизація цього процесу дозволяє підвищити ефективність планування графіків руху завдяки врахуванню численних обмежень, таких як пропускна здатність дільниць, наявність резервів та взаємодія з іншими видами транспорту; знизити вплив людського фактора та мінімізувати помилки, що виникають при ручному розрахунку графіків; оптимізувати використання технологічних «вікон», що забезпечує своєчасне виконання ремонтів без суттєвого впливу на графік руху поїздів.

Для вирішення завдання автоматизації розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній дільниці при наданні технологічних «вікон» запропоновано удосконалити математичну модель розрахунку графіка руху поїздів, додавши змінну, що визначатиме оптимальний час технологічного «вікна» на прикордонній дільниці [1].

Задача автоматизації розрахунку графіка руху поїздів на прикордонній дільниці при наданні технологічних «вікон» за складністю відносять до NP-задач, отже,

знайти оптимальний розв'язок класичними методами в межах поліноміального часу зазвичай неможливо[2]. Тому доцільним є застосування одного з найбільш ефективних евристичних методів - генетичного алгоритму (ГА). Застосування генетичного алгоритму має декілька переваг, зокрема, здатність ГА до евристичного пошуку, гнучкисі, швидке наближення до оптимального рішення та стійкість до складних умов задач. Це робить їх одним із найкращих підходів для вирішення практичних задач оптимізації в різних галузях.

Впровадження автоматизованих систем планування є необхідним кроком для підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту, зниження операційних витрат і покращення якості обслуговування. Тому тема дослідження має не лише наукову, а й практичну значущість для забезпечення сталого розвитку транспортної галузі.

Для практичної реалізації запропоновано вимоги до автоматизованої системи складання графіка руху поїздів у межах функціональних задач системи АСК ВП УЗ-Є для підвищення оперативності та точності розробки графіка руху поїздів на прикордонних ділянках залізничної мережі України.

[1] Формування процедури автоматизації розробки графіку руху поїздів на основі алгоритму штучних бджолиних колоній. Т.В.Буцько, Г.О.Прохорченко. Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім.акад.В.Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – 2015. – №.9. –С.10-15.

[2] Оцінка обчислювальної складності задачі автоматизації розрахунку графіку руху поїздів. Т.В Буцько, А.В Прохорченко, ГО Прохорченко. Вісник Східноукраїнського національного ун-верситету імені В.Даля. – 2014. – Вип.3(210). – С. 18-21.

УДК 656.22

**УДОСКОНАЛЕННЯ МІЖНАРОДНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ  
ВАНТАЖІВ ТЮТЮНОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ОСНОВІ  
БРОНЮВАННЯ ВАГОННИХ ВІДПРАВОК У ВАНТАЖНОМУ ПОЇЗДІ**

**IMPROVEMENT OF INTERNATIONAL RAIL TRANSPORTATION OF  
TOBACCO INDUSTRY GOODS BASED ON RESERVATION OF WAGON  
SHIPMENTS IN A FREIGHT TRAIN**

*Магістри С.О. Шкуркін, М.В. Єрмоєнко,  
канд. техн. наук Г.О. Прохорченко*

*<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*masters S.O. Shkurkin, M.V. Yeromenk,  
PhD (Tech.) H. Prokhorchenko*

*<sup>1</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Удосконалення міжнародних залізничних перевезень вантажів тютюнової промисловості на основі бронювання вагонних відправок у вантажному поїзді є актуальним питанням у сучасних умовах розвитку логістики та торгівлі. Тютюнова промисловість відіграє важливу роль в економіці багатьох країн, зокрема України, яка є великим виробником і експортером тютюнової продукції. Забезпечення ефективних, надійних і економічно вигідних логістичних рішень є ключовим фактором для підтримки її конкурентоспроможності на міжнародному ринку. Актуальність теми визначається наступними чинниками: зростанням міжнародної торгівлі тютюновою продукцією і це вимагає організації швидких, точних і безпечних перевезень, оскільки оптимізація залізничної логістики сприяє зниженню витрат і забезпеченню стабільності поставок; необхідністю забезпечення контрольованих умов перевезення бо тютюнова продукція є специфічним вантажем, що потребує дотримання певних умов транспортування (температурний режим, вологість, захист від пошкоджень), а система бронювання вагонів дозволяє заздалегідь планувати використання відповідного рухомого складу, що забезпечує збереження якості вантажу. Також серед чинників необхідно зазначити високі вимоги до логістичної точності, оскільки для підприємств тютюнової промисловості важливо мінімізувати затримки та забезпечити своєчасність доставки продукції і використання системи бронювання дозволяє уникати простоїв та забезпечувати оптимальний графік перевезень. Не в останню чергу потрібно задовольнити потребу в підвищенні економічної ефективності перевезень і раціональне використання вагонного парку та планування вантажних поїздів на



основі бронювання дозволяє зменшити витрати на перевезення, зокрема завдяки оптимізації логістичних маршрутів і мінімізації порожніх пробігів. Також необхідно відмітити, що тютюнова продукція є об'єктом високого ризику для контрабанди, отже використання автоматизованих систем бронювання та моніторингу вагонів сприятиме підвищенню прозорості перевезень і контролю за переміщенням

Для відповідності вимогам всіх вище перелічених факторів у роботі запропоновано провести аналіз міжнародних залізничних перевезень вантажів тютюнової промисловості, визначено недоліки. Запропоновано удосконалити математичну модель організації руху на основі бронювання вагонних відправок у вантажному поїзді, яка дозволяє мінімізувати витрати на рух поїздів та маневрову роботу на залізничній мережі з урахуванням обмежень на пропускну спроможність дільниць, переробну спроможність станцій та максимальну кількість вагонів у составі поїзда [1].

Застосування системи бронювання вагонних відправок у вантажному поїзді сприятиме підвищенню ефективності, надійності та безпеки міжнародних перевезень тютюнової продукції. Це забезпечить не лише економічні вигоди для виробників і транспортних компаній, але й зміцнить позиції України на світовому ринку тютюнових виробів та інтеграцію до міжнародних логістичних систем.

[1] Прохорченко А.В. Удосконалення те-хнології перевезень вагонних і групових відправок на основі бронювання місць у вантажних поїздах. А.В. Прохорченко, Н.С. Бантюкова, В.В. Білокудря, ОюОюЖурба Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. Харків: УкрДУЗТ, 2020. – Вип. 189. – С. 60-69

[2] Головна подорож Укрзалізниці: чому її реформу не можна відкладати до перемоги Даценко В. URL: <https://glavcom.ua/03-11-2023/>

[3] Юрківський В. М. Регіональна економічна і соціальна географія. Зарубіжні країни: Підручник. – 2-ге вид. – К.: Либідь, 2001. – 416 с..

[4] Mossend international railfreight park (MIRP) . URL: <https://rmp.biz/portfolio-posts/mossend-railfreight/06-11-2023/>

[5] Про MOST Logistic Terminal Офіційний сайт MOST LOGISTIC TERMINAL. URL: <https://most.in.ua/17-11-2023/>

**ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ СУДНОПЛАВСТВА**

**PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE SHIPPING DECARBONIZATION**

*Канд. техн. наук Д.М. Решетков, докт. техн. наук Ю.О. Коскіна  
Одеський національний морський університет (м. Одеса)*

*D.M. Reshetkov, PhD (Tech.), Yu.O. Koskina, Dr. (Tech.)  
Odesa National Maritime University (Odesa)*

Сприйняття проблеми екологічності морського транспорту за останні десятиліття сильно змінилося. На початку 1990-х рр. найбільшою проблемою галузі було забруднення нафтою. Забруднення повітря взагалі не стояло на порядку денному. Правила Додатку VI Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню з суден (МАРПОЛ), що стосуються забруднення повітря, були запропоновані у 1998 р., набули чинності лише у 2005 р. Навіть тоді основна увага приділялася не викидам парникових газів (ПГ), а оксидам сірки та азоту у вихлопних газах суден [1]. За цей час проблема декарбонізації в судноплаванні набула нагальності з декількох причин. Зокрема, значно покращилася поінформованість суб'єктів морської галузі та розуміння зміни клімату та сталого розвитку. До того ж, розроблені та набули чинності велика кількість правил, що регулюють процес обмеження викидів парникових газів в атмосферу, досконалюються технологічні рішення в галузі розробки альтернативних видів палива, таких як метанол та аміак [2].

Судноплавання відіграє важливу роль у світовій економіці і є одним із найенергоєфективніших видів транспорту. Проте, на його частку перепадає близько 3% світових викидів, викликаних діяльністю людини. Ця ситуація призвела до того, що Міжнародна морська організація (ІМО) взяла на себе зобов'язання досягти нульових викидів парникових газів до 2050 р. та перейти на альтернативні види палива до 2030 р. Наразі судноплавні компанії не можуть досягти поставленої мети самостійно, бо це пов'язано зі швидкими та вагомими інвестиціями, розробкою та впровадженням інноваційних техніко-технологічних рішень, розширенням горизонтальної та вертикальної співпраці між суб'єктами морського судноплавання. На державному та міжнародному рівнях необхідна підтримка морської галузі у експериментальному використанні біопалива, аміака, метанола та зеленого водню, а також з експлуатації електричних суден із вітровими рушіями, такими як вітрила-крила, ротори та підводні крила.

Серед основних перешкод швидкого забезпечення декарбонізації морських перевезень є доступність та вартість судового палива, технології бункерування

морських суден, вимоги щодо безпеки бункерувальної інфраструктури та бортових бункерних ємностей, а також конструкції двигунів. Зменшення викидів парникових газів передбачає також організацію та реалізацію низки заходів, що відносяться безпосередньо до експлуатації торговельного флоту – зокрема, оптимізацію маршрутів, варіювання швидкістю руху суден та забезпечення оперативного технічного обслуговування.

Декарбонізація судноплавства до 2050 р. потребуватиме значних інвестицій – за деякими оцінками, щороку потрібно додатково від 8 до 28 млрд. дол. США, щоб забезпечити можливість декарбонізації суден до цієї дати [2]. Фахівцями прогнозується необхідність інвестування в бункерувальну інфраструктуру та технології значно більших ресурсів, ніж інвестиції безпосередньо у флот. Розширення інфраструктури виробництва, розподілу та бункерування суден для постачання палива зі 100-відсотковим викидом вуглецю до 2050 р. вимагатиме щорічних інвестицій приблизно від 28 до 90 млрд. дол. США. Оцінки показують, що повна декарбонізація може збільшити річні витрати на паливо майже вдвічі порівняно з поточним рівнем [2].

Судноплавні компанії все більше інвестують в альтернативні види палива, проте наразі немає єдиних чітких технічних рішень щодо можливостей їх використання. Відсутнє також і розуміння того, яким буде вплив альтернативних видів палива в суднопластві. Так, можуть виникнути потенційні проблеми безпеки з операторами терміналів та екіпажами суден, які працюють з альтернативними видами палива, які можуть бути токсичними або вибухонебезпечними, наприклад.

Збільшення потужності верфей також матиме ключове значення, оскільки попит на екологічні судна пришвидшується. Така потужність нині обмежена тривалим часом очікування та високими цінами на будівництво. Понад 3500 суден мають бути побудовані або переобладнані щорічно до 2050 р. з огляду на поставлені цілі, проте світова суднобудівна промисловість будувала 2700 суден на рік на своєму піку у 2010 р., тоді як кількість верфей скоротилася більш ніж удвічі у період з 2007 до 2022 р. У той же час обмеження потужностей на верфях можуть мати непрямий ефект для ремонту та технічного обслуговування, при цьому ушкоджені судна або судна з проблемами обладнання можуть зіткнутися із з тривалими затримками ремонтних робіт.

Отриманий у результаті аналізу теорії та практики декарбонізації морської галузі світу перелік рушійних сил, проблем, переваг та недоліків сприяє розумінню основних аспектів, які необхідно враховувати у майбутніх проєктах післявоєнного розвитку транспортної інфраструктури в Україні.

[1] The implications of the IMO Revised GHG Strategy for shipping. <https://globalmaritimeforum.org/insight/the-implications-of-the-imo-revised-ghg-strategy-for-shipping/>

[2] UNCTAD Review of Maritime Transport 2023. 2023, United Nations.126 p.

**УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ВАГОНОПОТОКАМИ, ЯКІ  
ПРЯМУЮТЬ В НАПРЯМКУ КОРДОНУ**

**IMPROVING MANAGEMENT OF TRAFFIC FLOWS DIRECTING TOWARDS  
THE BORDER**

*А.О. Непран, канд. техн. наук Л.І. Рибальченко  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*А.О. Nepran, L.I. Rybalchenko, PhD (Tech.)  
Ukrainian State University of railway transport (Kharkiv)*

Організація вагонопотоків, що прямують в напрямку державних кордонів, є одним з ключових аспектів ефективного функціонування залізничного транспорту України. У контексті сучасних викликів, пов'язаних із зростаючим обсягом міжнародних вантажних перевезень, необхідністю дотримання високих стандартів безпеки та забезпечення швидкості доставки, удосконалення цієї сфери є важливим завданням для транспортних операторів і державних установ.

Один з ключових елементів удосконалення організації вагонопотоків – це скорочення часу, що витрачається на прикордонний контроль і митне оформлення. Для цього необхідно забезпечити ефективну взаємодію між залізничними перевізниками, митними органами, прикордонною службою та іншими державними структурами. Впровадження електронних систем обміну даними, що дозволяють автоматизувати процеси перевірки та оформлення вантажів, сприятиме зменшенню часу перебування вагонів на кордоні.

Ефективна організація графіку руху вантажних поїздів у напрямку державних кордонів дозволить зменшити затримки та уникнути скупчення вагонів на прикордонних станціях. Для цього необхідно розробляти гнучкі графіки руху, враховуючи поточне завантаження кордону та зміни у попиті на міжнародні перевезення. Додатково, важливо забезпечити взаємодію з сусідніми країнами для погодження графіків, що дозволить спростити процедури перетину кордону та підвищити пропускну спроможність.

Цифровізація є важливим інструментом для оптимізації управління вагонопотоками. Використання технологій, таких як системи моніторингу вагонів у реальному часі, електронні документи та автоматизовані платформи для обміну інформацією, дозволяє не лише відстежувати рух вантажів, але й планувати логістику з урахуванням наявних ресурсів. Системи управління залізничним транспортом також можуть допомогти в аналізі даних про пропускну спроможність прикордонних станцій та пропонувати найоптимальніші маршрути.

Сучасна інфраструктура на прикордонних станціях є також дуже важливою для забезпечення швидкої та безперебійної роботи вагонопотоків.

Одним з важливих аспектів удосконалення організації вагонопотоків є тісна співпраця з залізничними адміністраціями сусідніх країн. Узгодження процедур перевірки, графіків руху та технічних вимог (наприклад, зміни ширини колії) допоможе зменшити затримки на кордоні. Спільні зусилля з розробки єдиних стандартів і процедур сприятимуть більш ефективному та швидкому перетину кордонів. Це також дозволить зменшити витрати та підвищити конкурентоспроможність залізничних перевезень у порівнянні з іншими видами транспорту.

Удосконалення організації вагонопотоків, що прямують до державних кордонів, вимагає комплексного підходу, що включає модернізацію інфраструктури, впровадження інформаційних технологій, покращення координації між країнами та забезпечення екологічної стійкості. Реалізація цих заходів дозволить підвищити ефективність залізничних перевезень, зменшити витрати на логістику та зробити залізничний транспорт конкурентоспроможним у сфері міжнародних перевезень.

[1] Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України [Текст]: офіц. текст – К.: Мін-во транспорту та зв'язку України, Державна адміністрація залізничного транспорту України, головне управління перевезень.–2005. – 99 с.

[2] Інструкція з оперативного планування поїзної і вантажної роботи на залізницях України: [Текст]: офіц. текст: [прийнято та надано чинності наказом Укрзалізниці від 15 грудня 2004 р № 969-ЦЗ]. – К.: Мін-во транспорту та зв'язку України, Державна адміністрація залізничного транспорту України, головне управління перевезень. – 2004. – 48 с.

[3] Рибальченко, Л.І. Визначення цільової функції оптимізації використання порожнього парку вагонів [Текст] / Л.І. Рибальченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – Вип. 6/3 (60). – С. 25-27.

[4] Національна Транспортна Стратегія України до 2030 року: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [http://publications.chamber.ua/2017/Infrastructure/UDD/National\\_Transport\\_Strategy\\_2030.pdf](http://publications.chamber.ua/2017/Infrastructure/UDD/National_Transport_Strategy_2030.pdf)

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА АІ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА  
УНІФІКАЦІЇ ДАНИХ У ЗАЛІЗНИЧНІЙ ЛОГІСТИЦІ ТА БЕЗПЕЦІ  
ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**INTELLIGENT AI PLATFORM FOR DATA STANDARDIZATION AND  
UNIFICATION IN FREIGHT RAILWAY LOGISTICS AND SAFETY**

*д.т.н. В.М. Самсонкін, О.В. Роговий, О.В. Погорілий*  
*Державний університет інфраструктури та технологій (Київ)*

*DSc. V. Samsonkin, O. Rohovyi O. Pohorilyi*  
*State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)*

В умовах розвитку цифрових технологій залізнична галузь України стикається з потребою впровадження нових підходів до управління логістикою та обміну даними між усіма учасниками ринку. Проблеми розрізнених інформаційних систем, різноманітність форматів обміну даними та потреба в точних розрахунках є основними викликами, з якими стикається залізнична галузь [1]. Запропонована єдина інтелектуальна АІ-платформа є інноваційним рішенням для стандартизації обміну даними та підвищення ефективності транспортно-логістичних операцій.

Основні функції АІ-платформи:

1. Автоматизація розрахунків та аналітика даних. АІ-платформа інтегрує інформацію з ТМкарти та інших джерел для розширеного аналізу тарифів, тривалості перевезень та оптимального використання вагонів. За допомогою штучного інтелекту та використовуючи ці дані, платформа забезпечує більш точні розрахунки та прогнози, автоматизує рутинні операції та підвищує ефективність управління рухомим складом, враховуючи попит, стан вагонів і ринкові зміни.

2. Інтелектуальна карта моніторингу рухомого. Запропонована платформа створює централізовану базу для зручного пошуку рухомого складу, об'єднуючи дані про вагони різних власників. Завдяки інтерактивній АІ-карті в реальному часі, користувачі можуть отримувати актуальну інформацію про місцезнаходження вагонів. Платформа аналізує ринкові дані з урахуванням маршруту, типу вантажу, стану вагонів і попиту, що сприяє оптимальному використанню вагонів і покращує логістичні процеси для всього ринку.

Наразі подібні бази існують лише у вигляді розрізнених та частково врегульованих аналогів, якими користується обмежене коло користувачів. Платформа вирішує цю проблему, надаючи єдиний державний регульований ресурс, що стане важливим інструментом як для бізнесу, так і для самої Укрзалізниці, сприяючи прозорості та ефективності логістики, знижуючи операційні витрати та покращуючи управління рухомим складом.

3. Інтеграція з електронним порталом «е.Портал УЗ-Карго» [2]. Платформа тісно взаємодіє з «е.Порталом УЗ-Карго» для централізованого обміну електронними документами між учасниками ринку. Це забезпечує автоматизацію процесу формування та зберігання документів, а також оптимізує взаємодію між клієнтами та АТ «Укрзалізниця». Інтеграція з порталом дозволяє клієнтам отримувати оперативну інформацію про статус перевезення, скорочувати час на документообіг і знижувати витрати на ресурсні процеси.

Переваги для учасників ринку:

Впровадження інтелектуальної AI-платформи надасть низку переваг, включаючи економію ресурсів і часу, підвищення точності розрахунків, оптимізацію логістичних процесів.

Практичні сценарії роботи платформи:

- При формуванні комерційної пропозиції платформа автоматично підбирає необхідні дані, що дозволяє скоротити час підготовки документів та забезпечити конкурентоспроможну ставку для клієнта.

- Моніторинг вагонів у реальному часі дозволяє миттєво визначити завантаженість і забезпечити оптимальний розподіл вагонів, підвищуючи ефективність використання рухомого складу.

Таблиця 1. Основні функціональні блоки платформи та можливості впровадження

Функціональний блок	Ключові переваги для УЗ та бізнесу
Автоматизація розрахунків та аналітика даних	Точність розрахунків, швидкість операцій, ефективне управління ресурсами
Інтелектуальна карта моніторингу	Прозорість, оптимізація використання вагонів, покращення логістики.
Інтеграція з «е.Порталом УЗ-Карго»	Скорочення витрат, швидкий документообіг, зручність для клієнтів.

Запропонована інтелектуальна AI-платформа, побудована на основі штучного інтелекту, має значний потенціал для підвищення ефективності та прозорості логістичних операцій у сфері залізничних вантажних перевезень. Вона дозволяє оптимізувати управління та обмін даними між Укрзалізницею, її філіями та іншими учасниками ринку, забезпечуючи високий рівень надійності, економії ресурсів та швидкої адаптації до ринкових змін.

[1] Jabłoński M. Digital Transformation in Rail Transport—Key Challenges and Barriers. In: Digital Safety in Railway Transport—Aspects of Management and Technology. Springer, 2022. Pp. 49-56. DOI: 10.1007/978-3-030-96133-6\_5

[2] Електронний портал з вантажних перевезень АТ «Укрзалізниця» URL: [https://e-portal.uz.gov.ua/uz/login?redirect\\_url=%2Fuz](https://e-portal.uz.gov.ua/uz/login?redirect_url=%2Fuz) (дата звернення: 30.10.2024).

## ВИСОКОШВИДКІСНИЙ НАЗЕМНИЙ ТРАНСПОРТ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

### HIGH-SPEED LAND TRANSPORTATION: PROBLEMS AND PROSPECTS

*доктор технічних наук А.В. Сохацький<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Інститут транспортних систем та технологій НАН України (м. Дніпро)*

<sup>2</sup>*Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

*Doctor of Technical Sciences A.V. Sokhatsky<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Institute of Transport Systems and Technologies  
of the National Academy of Sciences of Ukraine (Dnepro)*

<sup>2</sup>*University of Customs and Finance (Dnepro)*

Створення високошвидкісного масового наземного транспорту є однією з найбільш актуальних проблем технічного прогресу. Розробка такого транспорту ведеться двома шляхами: перший – створення нового виду транспорту з використанням традиційних технічних розробок рухомого залізничного складу та шляхової структури; другий – створення нових видів транспорту, починаючи з нових принципів руху, підвісу, поперечної стабілізації рухомого складу і закінчуючи автоматизованою системою управління.

Прикладом першого є введення в дію у Франції потягу TGV. Це поклало початок створення європейської серії рейкового високошвидкісного наземного транспорту, успішно конкуруючого з авіацією. На дільниці Париж-Ліон система TGV знизила навантаження на авіалініях на 40% та на автотранспорті на 25%. Високошвидкісні потяги типу TGV віддзеркалюють високотехнологічні розробки направлені на забезпечення швидкісного та безпечного руху. До них відноситься удосконалена підвіска, нова конструкція візка та коліс, більш ефективна система струмоприймачів, а також удосконалена система контролю роботи силових установок.

Аналогічну рейкову транспортну систему ICE введено в дію в Німеччині. В Австралії створено “швидкий потяг” VFT (350км/год). Високошвидкісні рейкові транспортні системи будуються і в інших країнах: Італії (лінія північ-південь), Іспанії (Мадрид-Севілья) та ін.

Європа має широко розвинуту інфраструктуру залізниць. Цю мережу можна використати для швидкісних потягів, хоча не на самих високих швидкостях. Пошук альтернативи колесу триває, так як воно вичерпало свої можливості в підвищенні швидкості. Вважається, що термін життя потягів TGV, ICE, VFT буде складати біля 30 років. Потім потрібно буде вносити корективи в використання швидкісних



потягів колісного типу, чи пристосувати рейковий шлях для роботи магнітолевітуючих транспортних засобів.

Виникає запитання наскільки конкурентноздатні рейкові транспортні системи? Які критерії оцінки досконалості транспортних апаратів приймати? Є різні пропозиції. Так пропонується за оцінку досконалості транспортних систем приймати корисне навантаження на одиницю рухомого складу та питома потужність на одно пасажиро-місце.

На кінець 20 століття у найбільш розвинутих країнах світу розроблялося більше 200 проектів транспортних систем різноманітних конструкцій. На сьогодні в світі побудовано більше 20 полігонів для випробування та наукових досліджень нових транспортних систем. Багатьма країнами фінансуються розробки направленні на створення екологічно чистих з низьким рівнем шуму транспортних засобів.

До другого напрямку відноситься створення транспортних систем з використанням магнітної левітації. Принцип дії магнітної левітації (Transrapid, Maglev) полягає у тому, що потяг летить над естакадою, використовуючи магнітне поле. Розрізняють магнітний підвіс двох основних типів: електромагнітного та електродинамічного. Для випадку електромагнітного підвісу величина кліренсу поміж транспортним апаратом та шляховою структурою може складати кілька десятків міліметрів. Це вимагає будівництва направляючого шляху з мінімальними допусками. Крім цього погодні умови (лід, сніг) можуть вносити серйозні проблеми при експлуатації такої транспортної системи. Така система підвісу вимагає спеціальних систем поздовжньої та поперечної стабілізації для покращення динаміки руху та комфорту пасажирів.

В електродинамічній системі підвісу використовується принцип відштовхування і транспортний апарат рухається над відповідним шляхопроводом. В електромагнітній – система підвісу побудована на принципі протягування і система підвісу розміщується під шляховою структурою. На сьогодні відчувається гостра конкуренція поміж цими системами підвісу, особливо вона загострилася після повномасштабних випробувань дослідних натуральних апаратів в ФРН та Японії зі швидкостями, що перевищують 400 км/год.

Електродинамічна система підвісу має менш жорсткі вимоги, так як зазор поміж транспортним апаратом та шляховою структурою на порядок більший ніж при електромагнітній.

Магнітний транспорт з електродинамічною левітацією уявляє собою принципово новий вид транспорту – фундаментальну новизну в області транспортних технологій. Вона полягає перш за все в тому, що рух транспортного засобу здійснюється безконтактним способом, тобто взаємодія рухомого складу та шляхової структури виконується за допомогою електромагнітного поля. Але з ростом швидкостей виникають значні аеродинамічні сили, які впливають на динамічні характеристики транспортного засобу. Проведені дослідження показали,

що їх обов'язково необхідно ураховувати. Слід зазначити, що магнітолевітаційні транспортні системи необхідно розглядати та оцінювати в контексті існуючої інфраструктури, наявних ресурсів, потреб суспільства та економічних можливостей.

УДК: 656.614.32:621.564.27

## РОЗРАХУНОК ВИТРАТИ РІДКОГО АЗОТУ ГАЗИФІКАТОРОМ ВСЕРЕДИНИ КЛАСИЧНОГО КОНТЕЙНЕРУ З ТЕРМОВКЛАДИШЕМ

## CALCULATION OF LIQUID NITROGEN CONSUMPTION BY A GASIFIER INSIDE A CLASSIC CONTAINER WITH A THERMAL LINER

*В.А. Столянов, канд. техн. наук О.Г. Слинко  
Одеський національний морський університет (м Одеса)*

*V.A. Stolianov, O.G.Slynko, PhD (Tech.)  
Odesa national maritime university (Odesa)*

Для визначення витрат холодоагенту у контейнері (ІТО) необхідне розуміння, яка кількість теплоти проникає всередину ІТО під час процесу перевезення. Для цього в даній роботі буде наведено методику розрахунку витрати рідкого азоту, що зберігається у криогенному газифікаторі, що розташовано на одному з вантажних місць всередині ІТО.

Отже, розпочнемо розрахунок з коефіцієнта теплопередачі через огорожувальні поверхні контейнера. Контейнер перебуває на палубі судна, на причепі контейнеровоза або на залізничній платформі.

Розраховуємо складові коефіцієнта теплопередачі:

Коефіцієнт тепловіддачі від повітря до зовнішньої поверхні контейнера:

$$\alpha_{\text{пов.,зовн}} = \alpha_{\text{зовн}} = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda_{\text{зовн}}}{l} \quad (1)$$

де  $\lambda_{\text{зовн}}$  – коефіцієнт теплопровідності повітря за температури навколишнього середовища за даними [1];

Nu – критерій Нуссельта

l – довжина контейнера.

Для знаходження критерію Нуссельта Nu визначаємо характер руху повітря відносно контейнера; для цього розраховуємо критерій Рейнольдса  $Re_{\text{ж}}$ :

$$Re_{\text{ж}} = \frac{w \cdot l}{\nu} \quad (2)$$

де  $w$  – швидкість переміщення контейнера;

$\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря за температури навколишнього середовища, за даними [1].

Після знаходження коефіцієнту тепловіддачі визначаємо повний тепловий потік від зовнішнього повітря всередину контейнера. Розрахунок теплового потоку виконується за формулою:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t \quad (3)$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі за формулою 8:

$$k = \frac{1}{R_{\alpha_{\text{зовн}}} + R_{\lambda_1} + R_{\lambda_2} + R_{\lambda_3} + R_{\alpha_{\text{вн}}}} \quad (4)$$

де  $R_{\alpha, \lambda}$  – термічний опір зовнішнього середовища, сталевому корпусу контейнера, повітряного зазору між корпусом і термовкладишем, термовкладишу, тепловіддачі від поверхні термовкладишу до повітря вантажу.

$$R_{\lambda_{1-3}} = \frac{\delta_{1-3}}{\lambda_{1-3}} \quad (5)$$

де  $\delta_1$  – товщина стінок контейнера, повітряного зазору, термовкладишу [2] ;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності сталі, повітря, термовкладишу за даними [1,3].

Далі знайдемо зовнішню площу поверхні контейнера:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 \quad (6)$$

де  $F_1$  – площа поверхні дверей контейнера;

$F_2$  – площа бічних поверхонь контейнера;

$F_3$  – площа даху контейнера.

Залишається розрахувати температурний напір між зовнішнім повітрям і повітрям всередині контейнера

$$\Delta t = t_{\text{зовн}} - t_{\text{вн}} \quad (7)$$

Далі розраховуємо термодинамічні властивості насиченого азоту при параметрах дроселювання зрідженого азоту в контейнер із процесом зміщення холодоагента з повітрям контейнера та термодинамічні властивості азоту за температури перевезення вантажу та нормальному тиску  $p_1 = 1,01325$  бар ( $t_2 = -20^\circ\text{C}$ ). Усі розрахунки буде виконано за допомогою програмного забезпечення “Refprop”.

Питома теплота, що поглинається рідким насиченим азотом при його перетворенні на насичену пару і перегріві пари до температури  $-20^\circ\text{C}$

$$\Delta q_{N_2} = h_2 - h_1 \quad (8)$$

Визначимо об'єм та масу вантажу у контейнері  
Повний внутрішній об'єм контейнера  $V_{\text{вн}}$  визначаємо за [2].  
Об'єм, зайнятий балоном із рідким азотом

$$V_{\text{бал.}} = a * r * h \quad (9)$$

Об'єм, займаний вантажем, що перевозиться

$$V_{\text{вант.}} = V_{\text{вн}} - V_{\text{бал.}} \quad (10)$$

Тепер розрахуємо масу вантажу, яка буде перевозитися

$$M_{\text{вант.}} = V_{\text{вант.}} * m_{\text{вант}} \quad (11)$$

Теплота, що поглинається вантажем під час його отеплення на  $\Delta t_{\text{вн}}$  °С

$$\Delta Q_{\text{вант.}} = C_{p \text{ вантаж}} * M_{\text{вант.}} * \Delta t_{\text{вн}} \quad (12)$$

де  $C_{p \text{ вантаж}}$  – теплоємність вантажу [4].

Час для отеплення вантажу на  $\Delta t_{\text{вн}}$  °С

$$\tau = \frac{\Delta Q_{\text{вант.}}}{Q} \quad (13)$$

Витрати рідкого азоту кріогенною установкою протягом циклу  $\tau$  для забезпечення підтримки температури у допустимих межах

$$G_{N_2} = \frac{Q}{\Delta q_{N_2}} \quad (14)$$

Кількість циклів подачі протягом доби.

$$n = \frac{24}{\tau} \quad (15)$$

Добова подача холодоагенту

$$G = G_{N_2} * n \quad (16)$$

Максимальний час рейсу, за який буде витрачено весь запас холодоагенту

$$T_{\text{рейс}} = \frac{m}{G} \quad (17)$$

де  $m$  – максимальна маса рідкого азоту, що зберігається в кріюємності.

[1] Міхеєв М. А. Основи теплопередачі / М. А. Міхеєв, І. М. Міхеєва., 1973. – 271 с.

[2] Розміри морських контейнерів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://partnertrade.org/ua/dani-ro-kontejneram/>.

[3] Спінений поліетилен. Сайт компанії \"Liderpak\" [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.liderpak.ua/product-category/packs/foamed-polyethylene/>.

[4] Загоруйко В.О., Голіков О.А. Суднова холодильна техніка. Київ: Науко-ва Думка, 2002, – 575с.

УДК 656.222.4; 004.78

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ДИНАМІЧНОГО УЗГОДЖЕННЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

### USE OF THE DYNAMIC COORDINATION METHOD FOR OPERATIONAL PLANNING OF RAILWAY DIVISIONS

*Канд. техн. наук Г.М. Сіконенко, аспірант А.В. Качан  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Cand. Sc.(Tehn.) G. Sikonenko, Graduate student A. Kachan  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Ефективна організація роботи залізничних підрозділів для реалізації перевізного процесу передбачає планування. Довгострокове планування на залізничному транспорті втілюється в систему технічного нормування, яка надає середні значення ключових параметрів на значний період (рік, декаду, місяць). Для врахування реальної ситуації при здійсненні перевезень використовується оперативне планування, основними формами якого є добове та змінне планування, поточне планування по 2-4 годинним періодам.

Оперативне планування на теперішній час передбачає працівникам диспетчерської зміни отримання інформації по поточній ситуації на об'єктах управління, її обробку та аналіз, генерацію/коригування керуючих дій. Великі полігони управління та чисельність чинників негативно впливає на оперативність, достовірність та реалізацію планів. Одним із пріоритетних напрямків підвищення ефективності оперативного планування роботи залізничних підрозділів є розвиток автоматизованих систем управління на основі сучасних методів. Пропонується

використання методу динамічного узгодження (Dynamic Scheduling англ.), який передбачає визначення моментів часу виконання технологічних операцій на різних об'єктах управління залежно від поточної ситуації. Даний метод є універсальним та дозволяє узгодити роботу різних функціональних об'єктів з урахуванням великої кількості параметрів [1]. Можна виділити основні напрямки використання методу динамічного узгодження (МДУ):

– оптимізація пропуску поїздів: використання МДУ дозволяє більш оперативно враховувати різні чинники, такі як відмови технічних засобів, відхилення поїздів від нормативного графіку, оперативне корегування маршрутів прямування [2];

– узгодження роботи з різними видами транспорту та клієнтами: застосування МДУ сприяє підвищенню точності планування з урахуванням технологічних особливостей роботи суміжних видів транспорту та оцінки ризиків [3];

– планування технічного обслуговування рухомого складу та об'єктів інфраструктури: МДУ допомагає оптимізувати плани, враховуючи поточний стан і потреби підрозділів;

– управління персоналом: МДУ може бути використаний для оптимізації робочих графіків і розподілу завдань між співробітниками залізничних підрозділів, з огляду на їхні навички, досвід і поточні обов'язки.

Слід зазначити, що оптимізація роботи одного підрозділу чи місця взаємодії впливає на цілу низку інших підрозділів, тому реалізація комплексного підходу по налагодженню взаємодії елементів системи як окремого виду транспорту, так і у сукупності із суміжними видами транспорту, буде мати синергетичний ефект.

Критерій взаємодії слід формулювати як мінімум наведених сумарних затримок при виконанні технологічних операцій

$$\sum_t \sum_i \tau_i^A(t) c_i^A + \sum_t \sum_j \tau_j^B(t) c_j^B \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $\tau_i^A(t)$  – затримка при виконанні технологічної операції  $i$ -го типу підрозділом  $A$ , яка почалася у момент  $t$ ;

$c_i^A$  – витрати, пов'язанні з одиничною затримкою  $i$ -го типу підрозділом  $A$ ;

$\tau_j^B(t)$  – затримка при виконанні технологічної операції  $j$ -го типу підрозділом  $B$ , яка почалася у момент  $t$ ;

$c_j^B$  – витрати, пов'язанні з одиничною затримкою  $j$ -го типу підрозділом  $B$ .

Розширення функціоналу автоматизованих систем диспетчерського управління на основі методів динамічного узгодження позитивно впливатиме на ритмічність та ефективність роботи залізничних підрозділів: дозволить скоротити непродуктивні

простої рухомого складу, підвищити обґрунтованість управлінських рішень, підвищити умови безпеки руху поїздів.

[1] I. Botchkaryov A., Functional Coordination of Methods of Organization of Adaptive Data Collection Processes and Methods of Spatial Self-organization of Mobile Agents, Transactions on Computer systems and networks, Lviv Polytechnic National University Press, 2020, - Vol.2No. 1. pp. 27–32

[2] Panga Y., Chen J., Wen X., Zhao T., Research on Dynamic Scheduling Method of Railway Transportation Based on Pre-Classification, 2nd International Conference on Applied Mathematics, Modelling, and Intelligent Computing (CAMMIC 2022), 2022, Kunming, China Vol. 12259 pp. 122-131

[3] Yang H, Pang M B, Wu W 2017 Research on airport flight real-time scheduling optimization based on dynamic environment Practice and Understanding of Mathematics 47 (1): 63-69.

**УДК 62.8: 004: 65**

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ НА ОСНОВІ МОБІЛЬНИХ ХМАРНИХ ПЕРИФЕРІЙНИХ ОБЧИСЛЕНЬ**

### **ORGANIZATION OF THE RAILWAY LOGISTICS CENTER BASED ON MOBILE CLOUD EDGE COMPUTING**

***О.М. Харламова***

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***O.M. Kharlamova***

*Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)*

З розвитком інфраструктури та економіки залізничний транспорт стає дедалі розумнішим, а створення нових залізничних логістичних центрів відбувається стрімкими темпами. У рамках політики розвитку нової інфраструктури впроваджується мережева інфраструктура на основі 5G, яка забезпечить широке комунікаційне покриття, а інтелектуальна інфраструктура даних із використанням центральних і периферійних хмарних технологій сприятиме вдосконаленню обчислювальних можливостей і підвищенню рівня інтелектуалізації різних галузей економіки.

Для розвитку інтелектуальних залізничних систем важливим завданням є створення високопродуктивної обчислювальної інфраструктури, вдосконалення залізничного обладнання та забезпечення ефективного аналізу даних. Проте обчислювальні можливості наявного обладнання, встановленого на залізничних транспортних засобах, залишаються обмеженими, а рівень інтелектуалізації має значний потенціал для вдосконалення. Завдяки підтримці політики нової інфраструктури впровадження хмарних і периферійних обчислень є ключовим для досягнення цієї мети [1].

Периферійні обчислення є розподіленою платформою, яка інтегрує мережу,

обчислювальні ресурси, сховища та можливості обробки даних у точці, що наближена до користувача або джерела даних. Хмарні обчислення, у свою чергу, дозволяють розподіляти великі обсяги даних на численні невеликі частини для їх подальшого оброблення на серверах із передачею результатів користувачам. Периферійні хмари мають більшу обчислювальну потужність, ніж бортове обладнання або спеціалізовані мобільні термінали. Це дозволяє виконувати складні завдання, як-от аналіз великих даних або розпізнавання зображень, швидше й ефективніше [2].

Термінал може вивантажувати дані, які потрібно проаналізувати та обробити, у периферійну та центральну хмару за допомогою хмарних периферійних обчислень. Через це можна підвищити рівень інтелектуальності залізничного обладнання. Крім того, периферійну та основну хмару також можна використовувати як вузли конвергенції багатовимірних даних для задоволення потреб аналізу злиття даних. Таким чином, спільне обчислення хмарних меж і терміналів є неминучим способом розвитку інтелектуальних залізниць і неминучим засобом для підвищення інтелектуального рівня залізничного обладнання.

Втім, кожна з технологій має свої переваги та обмеження. Хмарні обчислення забезпечують значні обчислювальні та мережеві ресурси, однак їхня централізованість і велика віддаленість від кінцевих користувачів призводять до високої затримки передачі. Багато прикладних сценаріїв чутливі до часових затримок, наприклад, доповнена реальність (AR)/віртуальна реальність (VR), автомобільні мережі та інші програми. Вони можуть використовувати периферійні мобільні обчислення ближче до користувача та забезпечувати вимоги до затримки додатків, одночасно компенсуючи брак обчислювальної потужності локальних пристроїв за допомогою технології розвантаження обчислень. Проте периферійні хмари обмежені в ресурсах і можуть обслуговувати лише обмежену кількість користувачів, що ставить перед дослідниками завдання вирішення цих проблем [3].

Основна проблема полягає в тому, що бортове обладнання або спеціальне мобільне обладнання залізничних логістичних центрів має слабку обчислювальну потужність і потребує вдосконалення рівня інтелекту. Тому, як вирішення проблеми пропонується дворівнева стратегія розвантаження завдань на основі технології хмарної співпраці. Ось виправлений варіант:

Алгоритм роботи враховує вартість виконання кожного завдання обчислюється відповідно на бортовому пристрої, сервері транспортного периферійного обчислення (Vehicular Edge Computing - VEC) та сервері хмарних обчислень. Рішення щодо розвантаження, яке дозволяє зменшити витрати, переноситься на наступне завдання. Результати моделювання показують, що порівняно з іншими стратегіями розвантаження, стратегія, запропонована в цій статті, може заощадити до 40% часу від початку до кінця. Крім того, застосування цієї технології дозволяє значно підвищити швидкість зв'язку між обладнанням та покращити ефективність передачі залізничної інформації.



Незважаючи на це, стаття не охоплює питання передачі периферійних обчислень у сценарії зміни зони обслуговування серверів VEC при русі поїзда. Майбутні дослідження можуть зосередитись на розробці стратегій міграції послуг та оптимізації обчислювальних ресурсів у таких умовах.

[1] Alam T. (2020), Cloud computing and its role in the information technology. IAIC transactions on sustainable digital innovation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aptikom-journal.id/index.php/itsdi/article/view/103> – Заголовок з екрану

[2] Pak M, Kim S. (2017), A review of deep learning in image recognition. In: 2017 4th international conference on computer applications and information processing technology (CAIPT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8320684> – Заголовок з екрану

[3] Taleb T, Samdanis K, Mada B, Flinck H, Dutta S, Sabella D. (2017). On multi-access edge computing: a survey of the emerging 5G network edge cloud architecture and orchestration. IEEE Communications Surveys & Tutorials 19(3) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7931566> – Заголовок з екрану.

**УДК 656.073:004.94**

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ НА  
МІЖНАРОДНИХ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ТЕРМІНАЛАХ З УРАХУВАННЯМ  
ПРИНЦИПІВ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ**

**STUDY OF METHODS FOR MODELING CARGO FLOWS AT  
INTERNATIONAL INTERMODAL TERMINALS WITH REGARD TO  
INTEROPERABILITY PRINCIPLES**

*канд. техн. наук Є.В. Ходаківська, канд. техн. наук В.Ф. Чеклов магістрант  
П.М. Турзов*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Ye. Khodakivska PhD (Tech.), V. Cheklov PhD (Tech.),  
Master's student P. Turzov*

*<sup>1</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Підвищення ефективності роботи міжнародних інтермодальних терміналів є одним із ключових завдань у сфері транспортних технологій, зокрема для забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту. Інтерооперабельність є важливим аспектом в організації роботи інтермодальних терміналів, оскільки вона дозволяє забезпечити взаємодію транспортних систем із різними технічними стандартами (наприклад, шириною колії 1520 мм і 1435 мм), що гарантує їхню безперебійну роботу. Ефективне управління вантажопотоками на міжнародних терміналах сприяє скороченню часу обробки вантажів, зменшенню

витрат та підвищенню надійності доставки. В сучасних умовах глобалізації та зростання обсягів перевезень особливого значення набувають методи моделювання, які дозволяють формалізувати та оптимізувати процеси роботи терміналів [1, 2].

Метою дослідження є розробка математичної моделі для моделювання вантажопотоків через міжнародні інтермодальні термінали з урахуванням інтегрованості транспортних систем [3, 4]. Модель повинна враховувати такі параметри, як різна ширина колії, пропускна спроможність терміналу, розподіл ресурсів, а також мінімізація експлуатаційних витрат і часу простою вантажів. Для моделювання пропонується використовувати метод дискретно-стохастичного моделювання, який дозволяє врахувати динамічність і невизначеність у вантажопотоках [5].

Цільова функція моделі спрямована на мінімізацію загальних витрат, які включають експлуатаційні витрати та час простою вантажів, із урахуванням коефіцієнта інтегрованості:

$$\min C = \sum_{i=1}^N (C_i + P_i \cdot T_i) \cdot K_{\text{ІНТ}}, \quad (1)$$

де  $C$  - загальні експлуатаційні витрати;

$C_i$  - витрати на обробку вантажу  $i$ ;

$T_i$  - час простою вантажу  $i$  на терміналі;

$P_i$  - штраф за перевищення допустимого часу простою для вантажу  $i$ ;

$N$  - загальна кількість вантажів;

$K_{\text{ІНТ}}$  - коефіцієнт інтегрованості ( $K_{\text{ІНТ}} \in (0, 1]$ ), який враховує ефективність взаємодії між системами з різними стандартами інфраструктури.

Обмеження моделі описують пропускну спроможність терміналу ( $C_{\text{max}}$ ), доступність ресурсів ( $R_{\text{заг}}$ ) та дотримання технологічних вимог ( $T_{\text{доп.обр.}}$ ) для роботи з різними стандартами наявної інфраструктури.

Запропонована модель оптимізації вантажопотоків дозволить підвищити ефективність роботи міжнародних інтермодальних терміналів завдяки застосуванню дискретно-стохастичного моделювання, впровадженню коефіцієнта інтегрованості та формалізації технологічних процесів перевантаження і зберігання вантажів. Результати моделювання доцільно інтегрувати у системи підтримки прийняття рішень (СППР), які можуть бути впроваджені на автоматизованих робочих місцях операторів міжнародних інтермодальних терміналів. Це дозволить покращити управління вантажопотоками, знизити операційні ризики та забезпечити надійність доставки у міжнародних перевезеннях. Розглянуті методи можуть бути основою для подальших досліджень, спрямованих

на вдосконалення цифрових технологій і підвищення рівня автоматизації процесів у сфері транспортної логістики.

- [1] Транспортна стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс]: [схвалена Кабінетом Міністрів України 30 травня 2018 р. № 430-р]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.kmu.gov.ua/npras/pro-shvalennya-nacionalnoyi-transportnoyi-strategiyi-ukrayini-na-period-do-2030-roku> . - (Дата звернення: 16. 11. 2024).
- [2] Інтероперабельність українських залізниць і проблеми подолання системних стиків рейкової колії: Навчальний посібник / Уклад.: Н.Б.Чернецька-Білецька, Г.І. Нестеренко, Є.В.Михайлов та інші. – Северодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2020. – DOI: [https://doi.org/10.33216/TutorialSNU\(978-617-11-0161-6\)-2020-110](https://doi.org/10.33216/TutorialSNU(978-617-11-0161-6)-2020-110). - (Дата звернення: 16. 11. 2024).
- [3] Zhang, J., Li, H., Han, W., & Li, Y. (2024). Research on optimization of multimodal hub-and-spoke transport network under uncertain demand. *Archives of Transport*, 70(2), 137-157. <https://doi.org/10.61089/aot2024.1g17bx18> - (Дата звернення: 16. 11. 2024).
- [4] Delgado, Erwin & Barbosa-Povoa, Ana & Pais Antunes, António. (2021). Intermodal Terminal Planning under Decentralized Management: Optimization Model for Rail-Road Terminals and Application to Portugal. *Future Transportation*. 1. 533-558. DOI:10.3390/futuretransp1030028. - (Дата звернення: 16. 11. 2024).
- [5] Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с. Режим доступу до ресурсу: <http://kist.ntu.edu.ua/textPhD/kmsp.pdf>. - (Дата звернення: 16. 11. 2024).

**УДК 656.2**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИКОРИСТАННЯ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЙ В ОРГАНІЗАЦІЇ МИТНОГО КОНТРОЛЮ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

### **INVESTIGATION OF THE PROCESS OF USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES IN THE ORGANIZATION OF CUSTOMS CONTROL ON RAILWAY TRANSPORT**

*канд. техн. наук О.М. Ходаківський*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Tech.) O.M. Khodakivsky*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Покращення ефективності митного контролю на транспорті завжди було важливою задачею для розвитку економіки країн. З появою новітніх технологій, зокрема блокчейну, з'явилися нові можливості для вдосконалення цього процесу. Блокчейн дозволяє забезпечити високу безпеку та прозорість даних, що є критично важливим для митного контролю та логістики. В цій статті ми розглянемо приклади використання блокчейн-технологій в митному контролі на залізничному транспорті, їх переваги та перспективи розвитку, а також дослідимо ефективний рівень митного захисту при використанні блокчейн-технологій на залізничному транспорті (на прикладі України).

Першою країною, яка використала блокчейн-технології на митному контролі, була Естонія. У 2012 році Естонська митниця запустила пілотний проєкт, в якому використовувалася технологія блокчейн для забезпечення безпеки та надійності обміну електронними митними документами між митницями та компаніями. Це дозволило покращити ефективність митного контролю та зменшити витрати на обробку документів. В подальшому, Естонія використовувала блокчейн-технології в інших галузях, таких як електронне голосування та облік медичних даних.

Іншим прикладом є платформа TradeLens, розроблена IBM та компанією Maersk. Вона була запущена у 2018 році і дає можливість відстежувати вантажі, ділитися документами та співпрацювати з іншими учасниками логістичних ланцюгів. Зараз до платформи приєдналися понад 100 компаній з різних країн, включаючи митні органи.

Для надання всебічного статистичного огляду використання блокчейн-технологій у митному контролі на залізничному транспорті з 2017 по 2023 рік ми проаналізуємо тенденції, рівень впровадження та вплив інтеграції блокчейну на ефективність та безпеку. Цей огляд включає кілька ключових показників, представлених у таблицях і графіках.

На основі проведеного дослідження зробимо такі висновки:

1. Зростаюче впровадження: Спостерігається значне зростання кількості проєктів з використання блокчейну в митному контролі - від 5 у 2017 році до 30 у 2023 році.
2. Географічне розширення: Кількість країн, що впроваджують блокчейн-технології у митному контролі, зросла з 3 у 2017 році до 18 у 2023 році.
3. Різноманітність платформ: Різні блокчейн платформи, включаючи TradeLens, IBM Blockchain та Maersk, широко використовуються, кожна з яких пропонує унікальні можливості, адаптовані до конкретних потреб у митному контролі та логістиці.
4. Підвищення ефективності: Впровадження блокчейн-технологій призвело до значного підвищення ефективності, зростаючи з 10% у 2017 році до 40% у 2023 році.

Таблиця 1

## Впровадження блокчейну в митному контролі (2017-2023)

Рік	Кількість ініційованих проєктів	Країни, що впроваджують блокчейн	Основні платформи, що використовуються	Підвищення ефективності (%)
2017	5	3	TradeLens, IBM Blockchain	10%
2018	8	5	TradeLens, IBM Blockchain, Maersk	15%
2019	12	8	TradeLens, IBM Blockchain, Maersk, Hyperledger	20%
2020	15	10	TradeLens, IBM Blockchain, Maersk, Hyperledger, Corda	25%
2021	20	12	TradeLens, IBM Blockchain, Maersk, Hyperledger, Corda, Ethereum	30%
2022	25	15	TradeLens, IBM Blockchain, Maersk, Hyperledger, Corda, Ethereum, VeChain	35%
2023	30	18	TradeLens, IBM Blockchain, Maersk, Hyperledger, Corda, Ethereum, VeChain, інші	40%

Ці статистичні дані підкреслюють зростаючу актуальність і вплив блокчейн-технологій у митному контролі, демонструючи їх потенціал для революціонізації галузі шляхом підвищення прозорості, зниження витрат та покращення загальної ефективності.

Україна також виявила інтерес до використання блокчейну в митному контролі та логістиці. Наприклад, в рамках пілотного проєкту з використання блокчейну для обміну даними між митницею та брокерською компанією було створено електронний реєстр дозвільних документів для ввезення автомобілів на територію України. Цей реєстр забезпечує збереження та обмін даними між митницею та брокерською компанією з використанням технології блокчейн, що покращує ефективність та прозорість обміну даними, скорочує час та витрати на обробку

документів, а також забезпечує більшу безпеку та точність у митному контролі. Використання блокчейну в митній галузі відкриває шлях до поліпшення процесів, зниження витрат та ризиків, а також забезпечення більшої довіри між учасниками митного контролю та міжнародної торгівлі. Застосування блокчейну сприяє більшій автоматизації, надійному зберіганню даних, покращенню безпеки та боротьбі зі шахрайством, що робить його потужним інструментом для митниць у майбутньому

Впровадження блокчейн-технологій у митний контроль на залізничному транспорті має значний потенціал для підвищення ефективності, прозорості та безпеки процесів. Досвід таких країн, як Естонія, а також платформи на зразок TradeLens, демонструють можливості, які надає блокчейн для логістики та митного контролю. Україна також активно інтегрує ці технології, що свідчить про їх перспективність та необхідність у сучасному світі. Розвиток блокчейн-технологій у цій сфері допоможе знизити витрати, покращити координацію між учасниками логістичних процесів та забезпечити більшу довіру між ними, що є ключовим для успішного розвитку міжнародної торгівлі та транспорту.

[1] Panchenko S.V. Formation of an automated traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises // S.V. Panchenko, T.V. Butko, A. Prokhorchenko, L.O. Parkhomenko / Scientific Bulletin of National Mining University, 2016. – Vol. 2. – P. 93–98.

[2] Parkhomenko L., Khodakivskiy O., Khodakivska Y., Kuzmenko O., Pakalnis A. Improvement of the organization of operation of the Ukrainian railway transport on the basis of the idea of unification of the automated freight and passenger transportation control system (Conference Paper). Transport Means - Proceedings of the International Conference Volume 2019-October, 2019, Pages 859-861 23rd International Scientific Conference on Transport Means 2019; Hotel Gabija Palanga; Lithuania; 2 October 2019 до 4 October 2019.

[3] Khodakivska Ye., Butko T., Khodakivskiy O., Cheklov V. Improvement of interoperability and joint utilization of freight wagon fleets in countries of the “1520 gauge” for the national transport system of Ukraine and other countries: analysis of the structure and parameters of the additional wagon fleet (Conference Paper). PROCEEDINGS OF THE 27th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE. PART II October 04-06, 2023. Hybrid Conference - Palanga, Lithuania. Pages 596-600. doi: 10.5755/e01.2351-7034.2023.P2.

[4] Ходаківський О.М. Удосконалення організації роботи залізничного транспорту на основі типізації поведінки системи / О. М. Ходаківський, О.О. Тітова, О.В. Гвай, О.А. Громов // Тези доповіді III-ї міжнародної науково-технічної конференції «Інтелектуальні транспортні технології». - Харків, 22-23 листопада 2022 р. УкрДУЗТ, 2022. – с. 72 – 73.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАНТАЖНИХ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ В СУЧАСНИХ УМОВАХ**

**IMPROVING THE PROCESS OF ORGANIZATION OF RAILWAY FREIGHT  
TRANSPORTATION IN MODERN CONDITIONS**

*Д.О. Куценко<sup>1</sup>, М.В. Земськов<sup>2</sup>, канд. техн. наук О.Е. Шандер<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків) <sup>2</sup>Бахмутський фаховий коледж транспортної інфраструктури (м. Бахмут, тимчасово переміщений в м. Дніпро)*

*D.O. Kutsenko<sup>1</sup>, M.V. Zemskov<sup>2</sup>, O.E. Shander<sup>1</sup>, PhD (Tech.)*

*<sup>1</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)  
<sup>2</sup>Bakhmut Vocational College of Transport Infrastructure (Bakhmut, temporarily moved to Dnipro)*

Військові дії в Україні спричинили суттєві зміни в роботі різних галузей, зокрема в транспортній сфері. Через військовий стан заблоковані морські порти, а авіаційний транспорт не може функціонувати через небезпеку для цивільних літаків у повітряному просторі України.

У цей період залізничний транспорт відіграє критичну роль у забезпеченні перевезень по Україні. Він залишається основним засобом, який безперервно здійснює транспортування гуманітарної допомоги в зони бойових дій та переміщення військової техніки. Наразі залізниця є найефективнішим способом перевезення великих обсягів вантажів на різні відстані. Проте головною проблемою при транспортуванні вантажів під час війни є значне скупчення вагонів з товарами на прикордонних станціях та в портах, що призводить до затримок та тривалих простоїв. Крім того, складність планування прибуття вантажних поїздів, зокрема контейнерних, додає непередбачуваних факторів, що ускладнює процес. Тому є необхідність удосконалити процес організації залізничних вантажних перевезень з урахуванням сучасних умов функціонування залізничного транспорту.

Стабільний розвиток національної економіки залежить від прогресу окремих галузей та стану інфраструктури. Європейська інтеграція залишається одним із головних пріоритетів державної політики України. В умовах сьогодення розвиток залізничної галузі є ключовим фактором для стабільного економічного зростання, підвищення конкурентоспроможності країни, укріплення зв'язків між підприємствами, захисту економічних інтересів держави та стимулювання зовнішньоекономічної діяльності у рамках євроінтеграційного процесу. Проте транспортна система країни, зокрема залізничний сектор, досі не відповідає

європейським стандартам, що призводить до суттєвого відставання в законодавчій, нормативній і технічній базах, а також у рівні якості обслуговування.

В умовах поточних реалій особливу важливість набуває модернізація інфраструктури, оскільки темпи збільшення приватного парку вантажних вагонів можуть значно випередити розвиток інфраструктурних об'єктів. Тому одним із головних завдань для подальших реформ і вдосконалення організації вантажних перевезень є вирішення низки ключових питань: визначення тарифної політики для перевезень у вагонах операторських компаній; розробка нових міжнародних логістичних маршрутів; встановлення відповідальності сторін при перевезенні вантажів; оптимальний розподіл пропускних спроможностей залізниці між транспортними компаніями. З ростом кількості операторів рухомого складу і з появою конкуренції на залізниці має змінюватися підхід до планування поїзної та вантажної роботи на всіх рівнях управління. Однак, з огляду на сучасні умови, технологія організації вантажних перевезень при взаємодії залізниці з власниками вагонів все ще є недосконалою і не адаптована до сучасних економічних реалій, особливо в умовах воєнного стану.

З огляду на поточний військовий стан і відставання реформ у порівнянні з іншими європейськими країнами, Україна стикається з певними наслідками: зниженням конкурентоспроможності залізничного транспорту на міжнародному ринку транспортних послуг, а також обмеженням повного використання ринкових механізмів господарювання і подальшого розвитку галузі. Тому, з урахуванням усіх проаналізованих вимог, необхідно розробити модель організації залізничних вантажних перевезень, з урахуванням функціонування приватних компаній в організації перевізного процесу. Це дозволить забезпечити виконання запланованих обсягів перевезень на всій мережі залізниць України та підвищить ефективність управління перевізним процесом.

[1] O. Shander. Improving the technology of freight car fleet management of operator company/ O. Shander, D. Shumyk, Y. Shander, O. Ischuka// Procedia Computer Science Volume 149, 2019, P. 50-56.

[2] Бутько, Т.В. Формалізація процесу управління парком вантажних вагонів операторських компаній [Текст] / Т.В. Бутько, О.Е. Шандер // Східно – Європейський журнал передових технологій. – 2014. - № 2/3(68). - С. 55-58.

[3] Пархоменко, Л.О. Розроблення СППР для управління процесом формування контейнерних поїздів у рамках системи інтермодальних перевезень / Л.О. Пархоменко, В.М. Прохоров, Т.Ю. Калашнікова, О.Е. Шандер// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 2023. – № 3. – С. 29-32.

[4] Реформування Укрзалізниці – перший крок реформи залізничного транспорту [Електронний ресурс] / Міністерство інфраструктури України. – 2023. – Режим доступу: <http://mtu.gov.ua/content/reformi-zaliznichnogo-transportu.html> (дата звернення: 25.10.2023).

[5] V. Petrushov. Study into conditions for the interaction between different types of transport at intermodal terminals [Текст] / V. Petrushov, O. Shander // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків: НВП “Технологічний центр”, 2018. – № 6/3(96). – С. 70-76.



**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ЗА РОБОЧИМИ УМОВАМИ У КАБІНАХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

**INTELLIGENT AUTOMATION SYSTEMS FOR MONITORING WORKING CONDITIONS IN VEHICLE CABS**

*М.Ю. Крайнюк, канд. техн. наук. О.В. Щербак  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)*

*Krainiuk M.Y., Shcherbak O.V. PhD (Tech.)  
Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

Сучасні технології та автоматизація вимагають оптимізації робочих місць машиністів. Зростаючі вимоги до комфорту та безпеки обумовлюють необхідність моніторингу параметрів машини й мікроклімату, що знижує когнітивні та фізичні навантаження операторів [1].

Моделювання мікроклімату кабіни є складним завданням, яке враховує температуру, вологість, якість повітря, концентрацію CO<sub>2</sub> і запиленість [2]. Математична модель дозволяє оптимізувати умови праці та зменшити негативний вплив несприятливих факторів.

Основні параметри мікроклімату та умов праці машиніста транспортних засобів та їх взаємодію можна описати наступним чином:

– Високі або низькі температури можуть викликати стрес у машиніста та впливати на його працездатність. Важливо враховувати як джерела тепла, так і процеси його втрати через стінки кабіни.

– Надмірна вологість викликає дискомфорт, тоді як низька вологість може призвести до висушування слизових оболонок. Оптимальний рівень вологості підтримує комфортні умови.

– Підвищена концентрація CO<sub>2</sub> може викликати сонливість і втрату концентрації, що є небезпечним при керуванні технікою.

– Забруднення, пил та леткі органічні сполуки можуть негативно впливати на здоров'я оператора.

Математична модель мікроклімату та шкідливих факторів на робочому місці повинна враховувати теплообмін, вологість, вентиляцію та інші фактори, які впливають на комфорт машиніста (рис. 1).

Адаптивні системи точніше контролюють мікроклімат і мінімізують вплив несприятливих факторів на оператора [3]. Комплексне моделювання мікроклімату, інтегроване із сенсорними системами, AI та IoT, підвищує комфорт, продуктивність і безпеку операторів.

Автоматизація контролю робочих умов знижує втому, стрес і ризики в екстремальних умовах, покращуючи продуктивність і безпеку праці. Новітні технології, такі як наноматеріали, біометричні сенсори, AI та Big Data, відкривають можливості для створення адаптивних моделей, що підвищують ефективність і комфорт роботи в агропромисловому секторі.

Впровадження сучасних технологій у робочі місця машиністів транспортних засобів є ключовим для покращення умов праці, зниження втоми та підвищення продуктивності. Інтеграція автоматизованих систем, біометричних сенсорів і сучасних матеріалів забезпечує комфорт і безпеку в складних умовах.

Подальші дослідження та впровадження наноматеріалів, AI та Big Data підвищать ефективність операторів, сприяючи розвитку промислового секторів. Оптимізація робочих місць відкриває нові можливості для підвищення продуктивності й безпеки, забезпечуючи стійкий розвиток галузі.

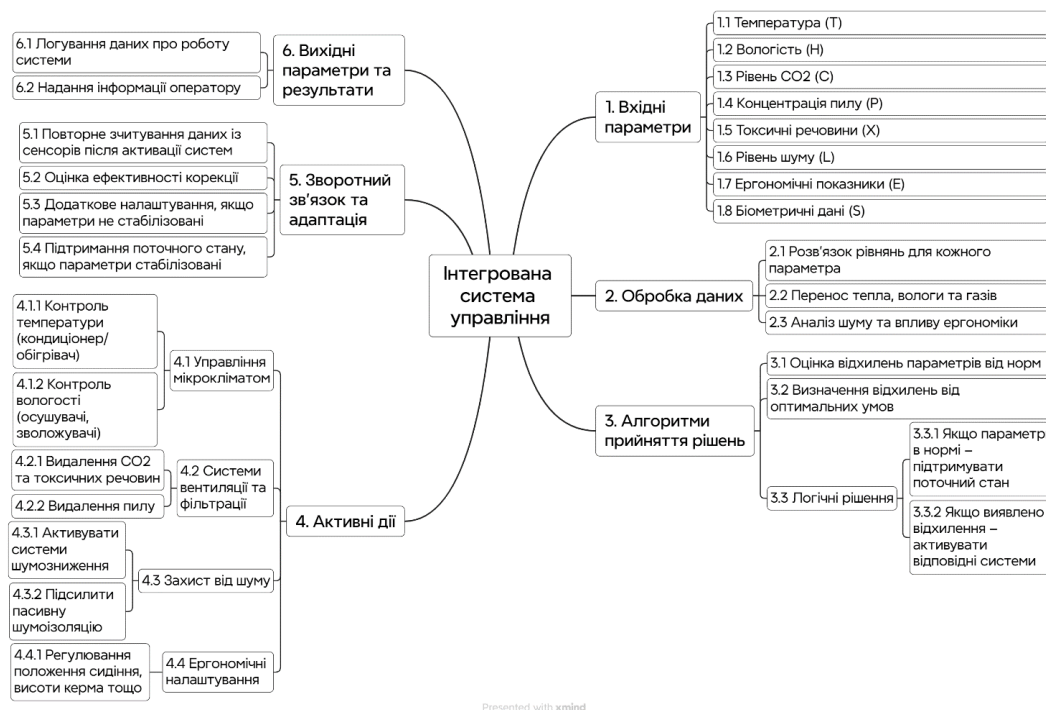


Рис. 1. Інтегрована систему управління умовами праці у кабіні

[1] Крайнюк М.Ю., Крайнюк О.В., Буц Ю.В., Барбашин В.В. Обґрунтування змін при проведенні атестації робочого місця тракториста в сучасних машинно-тракторних агрегатах // Комунальне господарство міст, 3(184), 209–215.

[2] Krainiuk M. Yu., Krainiuk O. V., Sherbak O. V. Hygienic assessment of the working conditions of the tractor driver's workplace in modern machine-tractor units // Modern research in science and education. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference. BoScience Publisher, Chicago, USA. – 2024. – Pp. 263-273.

[3] Крайнюк М.Ю. Використання інтелектуальних систем для підвищення безпеки та ефективності роботи будівельних і дорожніх машин // Всеукр. наук.-практ. конф. «Інноваційні рішення по підвищенню ефективності будівельних, дорожніх і підійомно-транспортних машин» Випуск 11, 16 жовтня 2024, Харків. – 2024. – С. 214-217.

**Секція  
ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ЛОГІСТИКА**

**УДК 624.012.4:699.812**

**ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В СУЧАСНИХ  
УМОВАХ**

**WAYS OF OPTIMIZING PASSENGER TRANSPORT IN MODERN  
CONDITIONS.V.V.**

*Д.М. Ткаченко, канд. техн. наук Д.В. Арсененко  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Tkachenko, D.M. Arsenenko PhD (Tech.)  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасні процеси реформування, що проводиться на залізницях України, ставлять особливі вимоги до технології перевезень та потребують раціональної організації транспортного обслуговування пасажирів і вантажів.

Досвід експлуатації залізничних швидкісних та високошвидкісних магістралей (ВШМ) показує, що надання якісної основної послуги з перевезення неможливо без створення відповідного сервісу для пасажирів. Передумовою цього в першу чергу постає створення або модернізація залізничних транспортних мереж шляхом формування транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ). Умови конкуренції змушують залізниці розширювати перелік сервісних транспортних послуг в кооперації з індустріями туристичного, екскурсійного, готельного, ресторанного бізнесу, автомобільного та інших видів транспорту.

Особливістю роботи пасажирського комплексу є здійснення змішаного руху пасажирських і вантажних поїздів який є інтегрованим складним процесом та вимагає управління та координації багатьох технологічних та експлуатаційних функцій. Як наслідок, невід'ємною складовою загальної системи організації перевізного процесу стає єдина інфраструктура для пасажирських та вантажних перевезень. Ефективність здійснення пасажирських перевезень залежить від наявності сучасної системи управління, що відповідає мінливим умовам транспортного ринку.

Мережу пасажирських сполучень поділено на напрямки. Під напрямком розуміється лінійна ув'язка визначеного числа залізничних дільниць, по яких без пересадок прямує значна частина пасажирів прямого сполучення. Напрямки лінійно

взаємопов'язані з дільницями, по яких прямують потоки пасажирів середньої та малої потужності, називаються лініями [1].



Рис. 1. Схема основних напрямків відправлення і прибуття швидкісних поїздів



Рис. 2. Найбільш популярні залізничні напрямки та обсяги перевезень по них за 2024 рік

Важливим поняттям, що описує процес переміщення пасажирів у транспортній системі залізничних пасажирських перевезень, є пасажиропотік – кількість пасажирів, що перевозяться у визначеному напрямку маршруту або дільниці за одиницю часу (година, доба, місяць, рік). Пасажиропотік обчислюється в прямому та зворотному напрямках [2].

Послуги, які надаються впливають на кінцевий результат - величину доходів і рентабельність роботи транспортних компаній, організацій. На сьогоднішній день навіть новоутворених умовах військового стану фактор сервісу складно переоцінити [3]. Розвиток сервісу в користуванні послугами на всіх рівнях спонукає

до створення ринкового середовища де безальтернативних для залізниці маршрутів стає дедалі менше.

Формуючи проміжний підсумок спробуємо виявити основні напрямки по організації роботи в напрямку оптимізації пасажирських перевезень в рамках існуючих обмежень:

- розвиток сервісу в швидкісних пасажирських перевезеннях є метою залучення користувачів залізничного транспорту особливо на фоні зростаючої конкуренції на автомобільному напрямку;

- залучення додаткових інвестицій в інфраструктуру залізничного транспорту повинно мати багаторівневий характер, оскільки робота залізничного транспорту відбувається в умовах старіння пасажирського вагонного парку та вимагає розвитку ремонтної бази;

- оптимізація існуючих транспортно-пересадочних вузлів та формування умов для створення та укрупнення нових, які надають можливість пасажирам скористуватися перевагами високошвидкісного пасажирського транспорту [5].

Таким чином, саме розвиток сектора сервісних послуг підвищує привабливість основного виду обслуговування – швидкісних перевезень пасажирів [4]. Сервісні послуги в умовах дефіциту інвестування галузі на фоні стагнації залізничної інфраструктури є тією проміжною ланкою в сучасних умовах.

[1] Аксьонов І.М., Яновський П.О. Організація пасажирських приміських перевезень: Навчальний посібник. – К.: КУЕТТ,2002.-69с.

[2] ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. -К.: Госстандарт Украины, 1995.-25с.

[3] Про затвердження Правил безпеки громадян на залізничному транспорті України : Наказ; Мінтранс України від 19.02.1998 № 54. [Ел. ресурс] – <http://zakon.rada.gov.ua/go/z0193-98>.

[4] Технологічний процес з надання послуг пасажирам та організації роботи вокзалу станції Харків-Пасажирський: Рукопис. -Х.: Регіональна філія Південна залізниця ПАТ Українська залізниця, 2016. – 250с.

[5] D.V. Lomotko, E.S. Alyoshinsky, G.G. Zambrybor, Methodological Aspect of the Logistics Technologies Formation in Reforming Processes on the Railways, Transportation Research Procedia, Volume 14, 2016, Pages 2762-2766, ISSN 2352-1465, <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.482>.

## НЕОБХІДНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОПТИМІЗАЦІЇ НА ПРИНЦИПАХ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

### THE NEED TO IMPLEMENT OPTIMIZATION ALGORITHMS ON THE PRINCIPLES OF RESOURCE SAVING

*В.В. Ткаченко, Д.А. Гавриш, канд. техн. наук Д.В. Арсененко  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V.V. Tkachenko, D.A. Havrish, D.V. Arsenenko PhD (Tech.)  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасні підприємства стикаються з необхідністю підвищення ефективності своєї діяльності через зростаючі витрати на ресурси (енергія, паливо, робоча сила), а також підвищення екологічних стандартів. Основна проблема полягає в оптимізації процесів таким чином, щоб зменшити споживання ресурсів без зниження якості та швидкості обслуговування. Виклад основного включає аналіз сучасних підходів до оптимізації вантажних процесів для мінімізації витрат ресурсів, підвищення ефективності та зниження екологічного впливу. Основні напрямки ресурсозберігаючої діяльності включають оптимізацію енергетичних витрат, автоматизацію процесів, повторне використання матеріалів і дотримання принципів кругової економіки.

Оптимізація енергетичних витрат та зменшення споживання палива. Вантажна робота є енергоємним процесом, що вимагає значних витрат на паливо та енергію.

Сучасні підходи до зниження витрат включають оптимізацію маршрутів транспортування за допомогою GPS-навігації, впровадження енергозберігаючих технологій (наприклад, використання гібридних або електричних транспортних засобів) і регулярне технічне обслуговування транспорту для підтримки його в належному стані. Оптимізація маршрутів дозволяє уникнути зайвих зупинок і скоротити час в дорозі, що знижує витрати палива.

Автоматизація дозволяє суттєво підвищити ефективність вантажних операцій, знизити потребу в ручній праці та мінімізувати ризик людської помилки. Дослідження [1] демонструють, що автоматизація вантажних операцій сприяє оптимізації процесів і підвищенню їхньої безпеки, що також знижує ризики та втрати ресурсів. Впровадження автоматизованих систем управління складськими операціями (WMS), використання робототехніки для переміщення вантажів і автоматизованих систем обліку ресурсів дозволяє значно скоротити витрати часу та підвищити точність виконання вантажних операцій. Цифровізація, зокрема

застосування ІТ-рішень для моніторингу та аналізу ефективності, дає можливість управляти ресурсами в режимі реального часу. Дослідження автоматизованих систем із використання методів підтримки прийняття рішень та ІТ-технологій [2] які впроваджені в транспортну логістику дозволяє за певними оцінками оптимізувати експлуатаційні витрати на 10-15%.

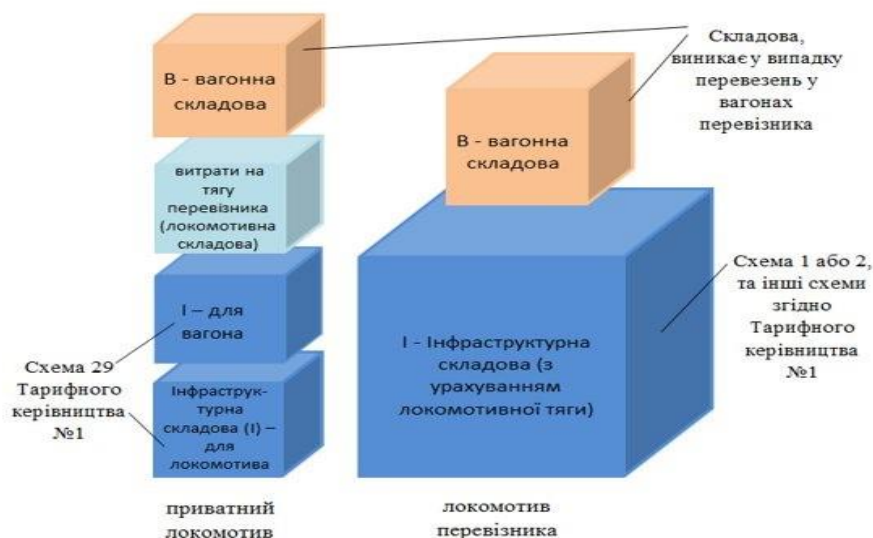


Рис.1. Експлуатаційна складова залізничного тарифу в сучасних умовах

Використання альтернативних та відновлювальних джерел енергії. Вантажні підприємства дедалі більше звертають увагу на екологічно чисті види палива, такі як біопаливо або електроенергія з відновлюваних джерел. Вантажні електротранспортні засоби є перспективною альтернативою для коротких міських перевезень, що значно знижує рівень викидів вуглецю. Крім того, на підприємствах можуть встановлюватися сонячні панелі або інші генератори відновлюваної енергії, які допомагають компенсувати частину енергетичних витрат на вантажні операції. Наприклад, дослідження з управління транспортними ланцюгами показують [3], що впровадження стратегії зелених логістичних рішень може значно зменшити енергоспоживання та екологічний вплив.

Принципи кругової економіки орієнтовані на максимальне використання ресурсів протягом їхнього життєвого циклу і включають заходи з повторного використання, переробки та утилізації відходів. Наприклад, використання багаторазових контейнерів і пакувальних матеріалів дозволяє суттєво знизити кількість відходів. Переробка зношених запчастин та матеріалів також сприяє скороченню витрат на придбання нових ресурсів і матеріалів [4].

Впровадження стандартів екологічного менеджменту. Важливим аспектом ресурсозбереження у вантажній роботі є дотримання міжнародних стандартів екологічного менеджменту, зокрема ISO 14001, які передбачають комплексний

підхід до управління екологічними ризиками та підвищення екологічної відповідальності. Ці стандарти зобов'язують підприємства до постійного вдосконалення своїх процесів у напрямку зниження негативного впливу на навколишнє середовище та впровадження заходів щодо раціонального використання ресурсів.

Застосування принципів ресурсозбереження в організації вантажної роботи сприяє зниженню експлуатаційних витрат [5], підвищенню конкурентоспроможності компаній та забезпеченню їхньої екологічної відповідальності. Розробка та реалізація комплексної ресурсозберігаючої стратегії вимагає впровадження інноваційних технологій, автоматизації процесів та суворого дотримання екологічних стандартів. Це дозволяє підприємствам досягти високої ефективності при збереженні природних ресурсів і зменшенні впливу на довкілля.

- [1]. Ломотько Д.В. Формування нечіткої бази знань та системи підтримки прийняття рішення у підрозділах залізниць // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті №2, 2006. - с. 52-58.
- [2]. Ломотько Д. В. Удосконалення системи підтримки прийняття рішення при розподілі рухомого складу / Д.В. Ломотько, А.О. Ковальов, О.В. Ковальова // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту : тези доповідей 78-ї міжнар. наук.-техн. конф. «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (Харків, 26-28 квітня 2016 р.). – 2016. – Випуск 166 (додаток). – С. 129.
- [3]. Bart W. Wiegmans, Peter Nijkamp, Piet Rietveld, Container Terminals In Europe: Their Position in Marketing Channel Flows, IATSS Research, Volume 25, Issue 2, 2001, Pages 52-65 [Електрон. ресурс] / ISSN 0386-1112. – Режим доступу: [http://dx.doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60070-](http://dx.doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60070-)
- [4]. Нагорний Є.В., Павленко О.В. Логістична концепція реструктуризації вантажних комплексів транспортних вузлів // Вісник – Національний транспортний університет та Транспортна академія України. - Київ, вип. 6. – 2002. – с. 128-133
- [5]. Ломотько Д.В., Арсененко Д.В. Розробка оптимальної моделі управління рухомим складом оператором інфраструктури в ринкових умовах розвитку галузі. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2016. Вип. 166. С. 14-23.



## ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

### OPTIMIZATION OF TRANSPORTATION OF GRAIN LOADS IN MODERN CONDITIONS

*О.В. Шибашков, І.С. Шостак, канд. техн. наук Д.В. Арсененко*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O. V. Shibashkov, I.S. Shostak, D.V. Arsenenko PhD (Tech.)*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Аналіз роботи залізничного транспорту за останні роки намітив тенденцію на скорочення обсягів перевезення пов'язану із об'єктивними проблемами розвитку традиційної для кожного із регіонів країни промисловості. Зменшення обсягів вантажних перевезень в абсолютних числах становить за різними оцінками скорочення на 35% до тих які задовольняють сприятливим умовам роботи 4ї в світі залізничної інфраструктури. Доля ВВП від аграрного, видобувного та переробного секторів за різними оцінками коливається в межах 25-27% і невід'ємну складову в формуванні таких показників становить транспортна система.

Зважаючи на постановку задачі в контексті реформування в сучасних умовах розглянуті питання стратегічної оцінки роботи галузі [1], способи нівелювати недоліки стану залізничної інфраструктури за рахунок впровадження СППР [2] та питання формування принципів організації місцевої роботи в умовах скорочення обсягів перевезень [3]. Важливим аспектом у формуванні технології перевезень зернових вантажів залізницями України є розуміння процесів вантажоутворення яке і формує попит на транспортну послугу [4]. Необхідність формувати перевізний процес в умовах скорочення обсягів перевезень, стагнації інфраструктурного потенціалу та припортового характеру формування зернових відправок вимагає враховувати ці чинники. Використання сучасних інформаційних та інтелектуальних технологій є необхідною складовою будь якого логістичного процесу сьогодні і врахування такого фактору має свої особливості на залізниці сьогодення.

Формування технології перевезень зернових вантажів вимагає враховувати наведені реалії сьогодення тому вважаємо за доцільне сформулювати такі ключові питання в роботі:

- провести аналіз місцевого вантажоутворення зернових вантажів з урахуванням сучасних реалій;

- провести аналіз вантажної та комерційної роботи припортових станцій та експорту зернової групи вантажів ;
- сформувані вимоги до формування коректних засобів комунікації між усіма учасниками перевізного процесу;
- оптимізувати технологію перевезення зернових вантажів з урахуванням потенційної оптимізації процесу.

Одним із рішень подібного практичного завдання є застосування двох етапної транспортної задачі де формування ступеневих або відправницьких маршрутів в пунктах комерційної концентрації із подальшим перерозподілом в припортових станціях до місць фактичного вивантаження.

Багатоетапна транспортна задача лінійного програмування може бути вирішена з використання стандартних алгоритмів, а наявність додаткової умови впливає лише на послідовність рішення завдання. В нашому випадку наявністю додаткової умови це наявність в складі одного поїзда вантажів із призначенням в різні порти або термінали які можуть бути як в ступеневих маршрутах так і в складі збірного поїзду. Така потреба визначає ступінь впливу додаткових умов на послідовність розподілу вантажопотоків і визначає етапність вирішення задачі.

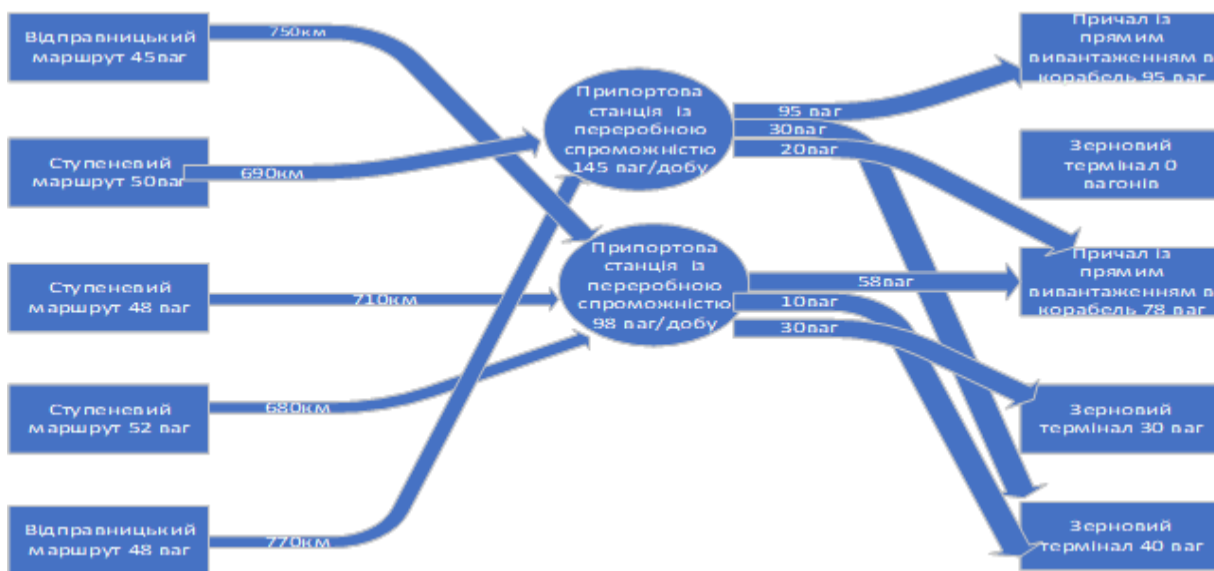


Рис.1. Оптимальний план перевезення зернових вантажів у визначених умовах.

Необхідність залучення ефективної маршрутизації в основі якої лежить завдання скорочення експлуатаційних витрат та оптимізації основних показників роботи залізничного транспорту повинна мати зворотній відгук від районів що тяжіють до вивантаження які на сьогоднішній день становлять порти [5]. Такий підхід спростить формування в першу чергу ступеневих маршрутів, що дозволить скоротити час на його формування за попередніми підрахунками на 10-15% яке в свою дозволить скоротити обіг вагона зерновоза.

- [1] Lomotko, D.V. Methodological Aspect of the Logistics Technologies Formation in Reforming Processes on the Railways [Text] // Transportation Research Procedia, Volume 14, 2016, Pages 2762-2766, ISSN 2352-1465, <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.482>.
- [2] Ломотько Д.В. Формування нечіткої бази знань та системи підтримки прийняття рішення у підрозділах залізниць // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті №2, 2006. - с. 52-58.
- [3] Носко Н. А. Організація роботи залізничних станцій малодіяльних ділянок / Н. А. Носко, Д. В. Ломотько // Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 1-ої міжнародної науково-технічної конференції (24-30 січня 2020 р.). - Трускавець-Харків : УкрДУЗТ, 2020. - С. 72-73.10.
- [4] Арсененко Д.В. Удосконалення організації перевезення зернових вантажів залізничними ступінчастими маршрутами / Зб. наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2019.- Вип. 184. – С.92-101.
- [5] Арсененко Д.В. Удосконалення логістичного управління транспортуванням зернових вантажів залізничним транспортом [Текст] / Д.В. Арсененко // Дисертація. – Харків: УкрДУЗТ, 2019. –С. 112-115.

**УДК 656.02**

## **ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ВАРТОСТІ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У СОБІВАРТОСТІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

## **FORECASTING THE COST OF FUEL-ENERGY RESOURCES IN THE COST STRUCTURE OF FREIGHT TRANSPORT**

*канд. екон. наук Є.І. Балака, канд. техн. наук М.Є. Резуненко  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Econ.) E. Balaka, PhD (Tech.) M. Rezunenko  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В теперішній час, в умовах значного дефіциту енергетичних ресурсів і відсутності можливості відновити енергогенеруючі системи в короткостроковий період, значно актуалізується питання оцінки потреби в цьому виді ресурсів у всіх сферах життєдіяльності країни. В повній мірі це стосується національної залізничної галузі і, перш за все, вантажних перевезень, оскільки саме вони відіграють ключову роль в забезпеченні логістичних потреб як Збройних сил країни, так і цивільних галузей української економіки. Слід зазначити, що в собівартості вантажних перевезень частка витрат електроенергії в розрахунку на один поїздо-кілометр при електровозній тязі складає біля 20%, а частка витрат дизельного палива при тепловозній тязі, відповідно, понад 60%. Таким чином, витрати на паливно-енергетичні ресурси є суттєвою складовою собівартості транспортної роботи і, виходячи з умов сьогодення, коли зруйновано понад 50% енергогенеруючих потужностей країни, слід очікувати подальше загострення цієї проблеми. Її вирішення в короткостроковому періоді неодмінно пов'язане зі збільшенням валютних витрат на їхнє імпортування і, відповідно, курсу національної валюти. Відомо, що курс гривні, перш за все, залежить від резервів

НБУ, в структурі яких доля доларів США складає біля 80% [1]. Це дає підставу акцентувати увагу на науково обґрунтованому передбаченні можливої динаміки вартості енергоресурсів в роботі залізниці.

З метою отримання прогнозних оцінок вартості електроенергії і палива у вантажному русі при електро- та тепловозній видах тяги проведено кореляційно-регресійний аналіз і побудовані економіко-математичні моделі, які віддзеркалюють вплив курсу національної валюти відносно доларів США на вартість паливно-енергетичних ресурсів в розрахунку на один поїздо-кілометр. Дослідження проведено на основі статистичних даних щодо курсу гривні за попередні 14 років (2009-2022 р.) [1,2] та даних статистичної звітності АТ «Укрзалізниця» щодо собівартості вантажних перевезень [3].

Встановлено, що вплив курсу гривні на вартість енергоресурсів при електро- та тепловозній видах тяги описується наступними моделями з зазначеними характеристиками (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив курсу грн на вартість паливно-енергетичних ресурсів в розрахунку на 1 поїздо-км

Вид тяги	Вид ресурсу	Модель	Характеристика моделі
Електротяга	Електроенергія	$y = 13,672 + 2,219x$	$R^2 = 0,911$
Теплотяга	Дизельне паливо	$y = 37,978 + 8,377x$	$R^2 = 0,854$

Отримані моделі належним чином враховують вплив курсу національної валюти щодо долара США на вартість паливно-енергетичних ресурсів на собівартість вантажних залізничних перевезень. Ці моделі надають можливість з високою достовірністю прогнозувати вартість енергоресурсів на основі передбачення МВФ щодо майбутнього курсу національної валюти України [4] (табл. 2).

Таблиця 2

Прогноз вартості енергоресурсів в собівартості вантажних перевезень

Показники	Роки					
	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Курс гривні, грн/дол	41	45,8	48,6	50,4	52,1	54,1
Вартість електроенергії, грн/поїздо-км.	104,65	115,31	121,52	125,51	129,29	133,72
Вартість дизельного палива, грн/поїздо-км.	381,44	421,65	445,11	460,18	474,43	491,18

[1] Національний банк України URL: <https://bank.gov.ua/>

[2] Балака Є.І., Резуненко М.Є. Прогнозування собівартості залізничних перевезень в умовах фінансової нестабільності: матеріали дев'ятнадцятої науково-практичної міжнародної конференції «Міжнародна транспортна

інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика». Харків, 1-2 червня 2023 року.– Харків: УкрДУЗТ, 2023. – С. 38-40.

[3] Фінансова та статистична звітність АТ «Укрзалізниця» за 2009-2022 р.

[4] УНІАН URL: <https://www.unian.ua/economics/finance/koli-zroste-kurs-dolara-v-ukrajini-mvf-oprilyudniv-prognoz-12607965.html>

**УДК 656.225**

## **ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ У КОНТЕЙНЕРАХ**

## **FORMATION OF THE OPTIMAL TECHNOLOGY FOR THE TRANSPORT PROCESS OF CARGO TRANSPORTATION IN CONTAINERS**

*канд. техн. наук Г.С. Бауліна, аспірант І.В. Керницький  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*H. Baulina, PhD (Tech.), I. Kernytskyi, postgraduate  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Перевезення вантажів у контейнерах залізничним транспортом є одним із найбільш ефективних та надійних способів транспортування вантажів на великі відстані. Вони широко використовуються в міжнародній логістиці та забезпечують високий рівень сервісу та якості перевезення. Контейнерні перевезення дозволяють забезпечити швидку доставку вантажів до клієнтів з меншою кількістю вантажних операцій, що дозволяє зменшити витрати на транспортування вантажу. Це є вигідним як для залізничного транспорту, так і для власників вантажу, експедиторів, логістичних компаній та інших видів транспорту, які взаємодіють із залізницею.

Починаючи з 2016 року до початку повномасштабної війни в Україні фіксувалося зростання обсягів контейнерних перевезень. Причинами такого стабільного росту обсягів перевезень був перехід вантажовідправників на використання контейнерів, що дозволило забезпечити безпечність та регулярність перевезень при застосуванні контейнерних поїздів. Такі поїзди курсують за точним графіком, тому час прибуття в кінцевий пункт є відомим, що полегшує планування перевезень, особливо при потребі подальшої перевалки контейнера на інший вид транспорту.

На сьогодні український ринок, який був одним з провідних напрямків контейнерних перевезень серед чорноморських країн з річним оборотом понад млн TEU, зазнав значного спаду через тривалу військову блокаду морських портів. Навіть попри зниження економіки під час воєнного стану, контейнерні перевезення

в 2023 році активно розвивались. Обсяги перевезень вантажів у контейнерах у 2023 році виявились на 34% більшими, ніж в 2022 році, коли було транспортовано лише 150,1 тис. TEU. Експортні перевезення вантажів у контейнерах в 2023 році склали значну частину – близько 125 тис. TEU, що склало 62 % від загального обсягу перевезень вантажів у контейнерах [1]. За дев'ять місяців 2024 року обсяги контейнерних перевезень зросли на 47% порівняно з аналогічним періодом минулого року, досягнувши 197 тис. 897 TEU [2].

Організація транспортного процесу перевезення вантажів у контейнерах є важливою складовою взаємодії залізничного та морського транспорту [3], а також залізничних операторів суміжних країн, якщо транспортування контейнерів здійснюється в напрямку європейських країн. Однією з основних проблем при організації такого процесу є недостатня координація між різними видами транспорту та залізничними адміністраціями сусідніх країн, що ускладнює організацію безперебійного транспортування вантажопотоку. Крім того, на затримку транспортного процесу можуть впливати завантаженість або відсутність необхідних технічних засобів, митні процедури, непередбачені обставини, в тому числі і через наявність воєнного стану в Україні, що призводить до виникнення додаткового простою транспортних засобів на залізничних станціях. Простої вагонів можуть привести до порушення термінів доставки вантажу або графіків руху транспорту, що негативно впливає на якість роботи транспортно-логістичного ланцюга та сприяє підвищенню експлуатаційних витрат учасників перевізного процесу.

У зв'язку з цим доцільним є проведення досліджень транспортного процесу перевезення вантажів у контейнерах до морського порту і західного кордону України та технології формування і транспортування контейнерних поїздів. Так формалізовано обидва транспортні процеси перевезення контейнерів в складі контейнерного поїзда у вигляді відповідних оптимізаційних моделей. В якості критерію оптимізації враховано експлуатаційні витрати, що виникають у процесі формування та прямування контейнерного поїзда до морського порту та європейських країн. Сформовані моделі враховують стохастичний характер часу затримки вагонів, пов'язаних з перебоями та порушеннями на різних стадіях процесу транспортування, що відображається нормальним законом розподілу. Враховуючи дані щодо місць затримок та причин їх виникнення, необхідно закладати часові резерви на маршруті контейнерних поїздів, що рухаються за твердим розкладом. Крім того, при розробленні комплексу моделей враховано технологічні та нормативні вимоги, що висувуються до роботи залізничного і морського транспорту та іноземних перевізників. Впровадження запропонованої технології сприятиме зменшенню простою транспортних засобів на станції примикання контейнерного терміналу, припортовій та прикордонній станціях, а також дозволить оптимізувати процес планування контейнерних перевезень із

застосуванням контейнерних поїздів, беручи до уваги можливі затримки та втрати, пов'язані з ними.

[1] «Укрзалізниця» перевезла понад 200 тис. TEU контейнерних вантажів в 2023 році. URL: [https://cfts.org.ua/news/2024/02/14/ukrzaliznitsya\\_perevezla\\_ponad\\_200\\_tis\\_teu\\_konteynernih\\_vantazhiv\\_v\\_2023\\_rotsi](https://cfts.org.ua/news/2024/02/14/ukrzaliznitsya_perevezla_ponad_200_tis_teu_konteynernih_vantazhiv_v_2023_rotsi) (дата звернення: 10.09.2024).

[2] За дев'ять місяців залізничним транспортом перевезено майже 198 тис. ДФЕ. <https://www.railinsider.com.ua/za-devyat-misyacziv-zaliznychnym-transportom-perevezeno-majzhe-198-tys-dfe> (дата звернення: 18.10.2024).

[3] Baulina H.S., Bohomazova H.Ye., Prodashchuk S.M. Technological proposal for the attention of the risk in the management of the work of a railway station with a port. Revista De La Universidad Del Zulia. 2023. Año 14, N 39. P. 400 – 414. DOI: <http://dx.doi.org/10.46925//rdluz.39.22>

УДК 656.073

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ ШЛЯХОМ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ВАНТАЖНИХ РЕСУРСІВ**

### **IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE RAILWAY STATION THROUGH THE RATIONAL ALLOCATION OF FREIGHT RESOURCES**

*канд. техн. наук Г.Є. Богомазова, аспірант Є.А. Мигалатій,  
магістрант В.В. Зеленський  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*H. Bohomazova, PhD (Tech.), Ye. Myhalatii (postgraduate),  
V. Zelenskyi (graduate student)  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Останнім часом все більше постає питання підвищення прибутковості залізничних вантажних перевезень. Але недостатній розвиток сучасних технологій виконання вантажних операцій та неефективний розподіл вантажних ресурсів на фронтах значно збільшують потребу в трудових і матеріальних ресурсах, що несприятливо відображається на роботі залізничного транспорту. У дослідженні були вирішені актуальні питання технічного переоснащення та модернізації об'єктів вантажного господарства, оптимізації використання наявних ресурсів і вдосконалення технологій роботи з урахуванням взаємодії всіх елементів виробництва.

Метою роботи є вирішення прикладної задачі підвищення ефективності функціонування технічних засобів на вантажних пунктах станції шляхом удосконалення технології роботи навантажувально-розвантажувальних ресурсів при виконанні вантажних операцій за рахунок їх раціонального розподілу.

Аналіз вантажної діяльності залізничної станції за останні п'ять років показав, що кількість вагонів, залучених до вантажних операцій, суттєво зменшилася, тоді як середній час простою вагонів збільшився. Це свідчить про зношеність технічних

засобів і неефективне їх використання. Прогнозоване збільшення вагоно-годин простою веде до зростання витрат та потенційній втраті клієнтів.

У зв'язку з чим виникає необхідність розробки ефективної технології вантажної роботи станції, яка забезпечувала б раціональне використання наявних ресурсів і мінімізацію експлуатаційних витрат. У роботі формалізовано технологію роботи вантажних пунктів станцій при виконанні вантажних операцій різними типами навантажувально-розвантажувальних ресурсів у вигляді оптимізаційної моделі, що дозволяє визначити раціональну кількість обслуговуючих пристроїв та їх розподіл на відповідних вантажних пунктах при найменших витратах. Проведене моделювання роботи вантажно-розвантажувальних машин виявило необхідність придбання одного додаткового навантажувача, оскільки мінімізація витрат досягається при залученні шести одиниць техніки. Таким чином, для оптимальної роботи станції рекомендовано збільшити кількість навантажувачів.

Запропонована модель з використанням методів комбінаторного аналізу дозволяє визначати такі значення змінних, які забезпечують мінімальні експлуатаційні витрати. Це дозволяє оптимально розподіляти ресурси при обробці різних вантажів. Удосконалена технологія роботи сприяє зниженню експлуатаційних витрат станції на 6,2% у порівнянні з існуючою.

**УДК 656.073**

**ПОКРАЩЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПУНКТУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОБРОБКИ  
ПЕРЕВІЗНИХ ДОКУМЕНТІВ ІЗ ЗАКРІПЛЕНИМИ ВАНТАЖНИМИ  
СТАНЦІЯМИ**

**IMPROVING THE INTERACTION OF THE TRANSPORTATION  
DOCUMENTS PROCESSING CONCENTRATION POINT WITH THE  
ASSIGNED CARGO STATIONS**

*канд. техн. наук Г.Є. Богомазова,  
магістрантки Н.Л. Яковлева, Н.М. Шевченко  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*H. Bohomazova, PhD (Tech.),  
N. Yakovlieva, N. Shevchenko (graduate students)  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Технологія взаємодії пункту концентрації обробки перевізних документів (ПКОПД) і підпорядкованих йому вантажних станцій виробничого підрозділу «Служба роботи станцій» регіональної філії «Південна залізниця» АТ



«Укрзалізниця» визначає порядок розподілу обов'язків між працівниками ПКОПД та вантажними станціями. Це стосується приймання до перевезення і видачі вантажів у внутрішньому та міжнародному сполученнях (експорт/імпорт) у вагонах Перевізника, вагонах залізниць інших країн або у вагонах замовника, а також перевезення військових вантажів на місцях загального та незагального користування. Технологія також регламентує проведення розрахунків за ці послуги.

Для підвищення якості обслуговування вантажовідправників і прискорення оформлення вантажних перевезень у Харківському регіоні був створений ПКОПД у зв'язку із впровадженням електронного документообігу. Перевірка правильності оформлення відправником перевізних документів в автоматизованих системах УЗ здійснюється працівниками ПКОПД. Відправники всіх станцій оформлюють перевізні документи через систему е.Портал УЗ-Карго та надсилають документ в АРМ ТВК станції відправлення.

У дослідженні проаналізовано показники роботи пункту концентрації обробки перевізних документів. Аналіз показав значну нерівномірність надходження та обробки перевізних документів як помісячну, добову, так і кількості оброблених документів серед співробітників ПКОПД. Такі коливання є наслідком затримки інформації на станціях та нерівномірності роботи станцій по навантаженню та вивантаженню. Таким чином, метою роботи є покращення взаємодії пункту концентрації обробки перевізних документів із закріпленими вантажними станціями та підвищення прибутковості залізничної галузі. Це можливо досягти за рахунок концентрації вантажної роботи на опорних станціях і оперативного внесення інформації до автоматизованої системи Укрзалізниці, а також своєчасного пересилання документів на обробку. В роботі формалізовано технологію обробки перевізних документів, що надало можливість визначити середній час роботи працівника ПКОПД на опрацювання документів з урахуванням коефіцієнту складності та визначити необхідний штат працівників пункту концентрації обробки перевізних документів. Визначення таких показників надає можливість зменшити навантаження на робітника ПКОПД та рівномірно розподілити документи серед працівників у залежності від їх завантаженості.

Для підвищення взаємодії пункту концентрації обробки перевізних документів із закріпленими вантажними станціями також пропонується застосувати такі підходи:

- чіткий розподіл обов'язків (розробка та впровадження уніфікованої технології взаємодії, яка деталізує завдання кожної сторони на всіх етапах; формалізація відповідальності за кожен етап обробки перевізних документів);
- оптимізація логістики працівників залізничного транспорту (створення графіків обробки документів, які враховують робочі навантаження на кожен станцію та кожного працівника; зменшення дублювання функцій між ПКОПД і вантажними станціями);

- моніторинг та оцінка ефективності (запровадження системи контролю якості виконання робіт та своєчасного вирішення проблемних ситуацій; використання метрик продуктивності для оцінки ефективності взаємодії).

Впровадження цих заходів дозволить забезпечити оперативність, прозорість і ефективність роботи між ПКОПД та вантажними станціями, що позитивно вплине на загальну якість обслуговування клієнтів і підвищення продуктивності та прибутковості залізничних вантажних перевезень.

**УДК 658.6**

## **УПРАВЛІННЯ ЯКІСЮ ПІДПРИЄМСТВ ЛОГІСТИЧНОЇ СФЕРИ**

### **QUALITY MANAGEMENT OF LOGISTICS ENTERPRISES**

***Н.О. Валявська канд. екон. наук, аспірант О.А. Філін**  
Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

***N.O. Valyavska, PhD (Econ.), postgraduate student O.A. Filin**  
State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)*

Управління якістю має велике значення у пошуку правильних рішень для зростаючих потреб компаній у сфері логістики з метою задоволення потреб клієнта. Саме клієнт сьогодні є основним орієнтиром у формуванні цілей та стратегії розвитку будь-якої компанії.

Підприємницька діяльність еволюціонувала від стародавньої бартерної системи, де товари обмінювалися на товари, до сфери надання послуг через процеси лібералізації та глобалізації міжнародної економіки. Історія розвитку сучасного бізнесу свідчить, що зародження активної фази розпочалось на початку 19 століття, коли клієнт не був основним орієнтиром, а компанії намагалися максимально здешевити виробництво товару для отримання свого прибутку. Така система менеджменту була притаманна американській школі. Крім того, конкурентоспроможність на ринку була незначною і достатньо було лише запропонувати свій товар клієнту, щоб він його придбав. Однак, з моменту виникнення конкуренції між основним гравцями міжнародного ринку США та Японією, розгорілась боротьба за кожного клієнта у якого нарешті з'явився вибір: купувати дешевші і якісні японські товари або ж не дуже якісні, однак дешеві американські товари. Це пояснюється тим, що у японському менеджменті основний пріоритет традиційно був відданий управлінню якістю, а в американському і європейському – управлінню прибутком. Результатом цієї конкуренції є формування сучасного підходу в управлінні якістю відповідно до міжнародних

стандартів ISO, де в основі закладено системний підхід в управлінні бізнес-процесами та усіма підрозділами підприємства (виробництво, маркетинг, логістика тощо) з метою надання якісних послуг та задоволення потреб клієнтів і, як наслідок, одержання максимально можливого прибутку.

Комплексний підхід у використанні загальних інструментів управління якістю забезпечує ефективні та швидкі рішення управлінського складу та бездоганну роботу колективу підприємства. Основні компоненти комплексного управління якістю у сфері логістики виділяються ефективним плануванням і швидким обслуговуванням. Очікується, що логістична компанія задовольнятиме потреби своїх клієнтів і надаватиме своєчасні та точні рішення з таких питань як: доставка товарів відповідно до встановлених термінів, залучення надійних постачальників, організація перевезення без настання транспортних ризиків, уникнення надмірних запасів та ведення їх точного обліку, аргументоване ціноутворення тощо. Також дуже важливо, щоб всі процеси відбувалися з необхідною швидкістю та надійністю.

Найпоширенішим стандартом управління якістю, що застосовується в сфері логістики, є ISO 9001. Цей стандарт управління якістю є доповненням до нормативних вимог, що застосовуються до бізнесу, і, будучи частиною умов бізнесу для схвалення регуляторних органів, вони мають ті самі повноваження, що й нормативні вимоги [1]. А також інші стандарти, наприклад управління навколишнім середовищем ISO 14000 і OHSAS 45001, який регулює гігієну та безпеку праці.

У підсумку варто зазначити, що концепція управління якістю та постійного вдосконалення існують десятиліттями, однак лише нещодавно вони були успішно застосовані в логістичній сфері. Однак практика сьогодення свідчить, що забезпечення якості на виробничих підприємствах є більш частим явищем, ніж у логістичних компаніях. Якість логістичних послуг відіграє вирішальну роль у задоволеності клієнтів, операційній ефективності та прибутковості. Тому для логістичних компаній важливо створити ефективну систему управління якістю для покращення надання логістичних послуг.

[1] BS EN ISO 9001:2015 – TC Quality management systems. Requirements. URL: <https://knowledge.bsigroup.com/products/quality-management-systems-requirements-1?version=tracked>

## НАЗЕМНИЙ ТРАНСПОРТ В ЛОГІСТИЦІ: ВИДИ, ЗНАЧЕННЯ ТА ВИКЛИКИ

### GROUND TRANSPORT IN LOGISTICS: TYPES, IMPORTANCE AND CHALLENGES

*здобувачка М.С. Хоменко, науковий керівник Н.В. Водолазська,  
Філія Класичного приватного університету (м. Кременчук)*

*student M. Khomenko, research supervisor N. Vodolazska,  
Branch of Classic Private University (Kremenchuk)*

Наземний транспорт є невід'ємною частиною сучасних логістичних систем, відіграючи ключову роль у забезпеченні ефективного та безперебійного постачання товарів. У контексті глобалізації та зростання обсягів товарообігу зростає потреба в удосконаленні логістичних ланцюгів, де наземний транспорт виступає головним сполучним елементом.

Важливим аспектом, що визначає привабливість наземного транспорту, є мережа автомобільних і залізничних доріг. Багато країн мають добре розвинену автомобільну та залізничну інфраструктуру, що полегшує переміщення товарів.

До основних видів наземного транспорту належать:

– автомобільні перевезення – займають особливе місце в Україні і є найбільш поширеним видом наземного транспорту, до того ж, володіють великою кількістю переваг серед інших видів перевезень. Так, найперше виділяють найвищу швидкість доставки вантажів, маневреність, регулярність та можливість доставки від "дверей до дверей", що є наразі одним із ключових факторів проведення вдалої логістики [1].

– залізничні перевезення – економічно вигідний та ефективний спосіб переміщення великих партій товарів на великі відстані. Найчастіше їх використовують для перевезення сипучих вантажів, таких як вугілля, мінерали та зерно. Залізничний транспорт відомий своїми екологічними перевагами завдяки меншим викидам вуглецю порівняно з вантажними автомобілями;

– трубопровідний транспорт – важливий вид транспорту для переміщення рідин і газів на великі відстані.

– внутрішні водні перевезення – ефективний спосіб перевезення вантажів на короткі відстані. Їх можна порівняти з автомобільними перевезеннями, але вони вигідно відрізняються меншим споживанням палива та не страждають від заторів.

Наземний транспорт є ключовим елементом сучасної логістики він забезпечує доступ до різних районів, у тому числі тих, до яких важко дістатися іншими видами транспорту. Автомобільний і залізничний транспорт забезпечує доступ до місць, які можуть бути віддалені від портів, аеропортів або інших логістичних пунктів. Ще однією перевагою наземного транспорту є гнучкість і швидкість. Наземний транспорт, особливо автомобільний, часто є більш гнучким і дозволяє швидко переміщати товари з пункту А в пункт Б.

Згідно останніх досліджень, які провели фахівці дослідницької та консалтингової компанії Pro-Consulting, логістичний ринок України у 2023 році зіткнувся із такими основними викликами як: кадрові проблеми, труднощі в організації перевезень, повернення акцизів на паливо, проблеми в енергетиці, закриття зернового коридору [2].

Для подолання викликів які має на сьогоднішній день логістична галузь необхідно:

- запровадити програми професійного навчання та перекваліфікації для залучення нових кадрів у галузь логістики.

- використовувати цифрові платформи для оптимізації маршрутів, автоматизації процесів планування та обміну даними між учасниками логістичних ланцюгів, що дозволить підвищити ефективність перевезень.

- інвестувати в альтернативні види палива та впроваджувати енергоефективні технології, щоб уникнути залежності від цін на паливо.

- залучити альтернативні джерела енергії, такі як сонячні та вітрові установки, для енергозабезпечення логістичних центрів, а також запроваджувати енергоефективні рішення на підприємствах.

- розширювати альтернативні шляхи постачань, зокрема за підтримки міжнародних партнерів [3].

Наземний транспорт відіграє критично важливу роль у сучасній логістиці, забезпечуючи ефективний зв'язок між виробниками та споживачами. Різноманіття видів наземного транспорту дозволяє задовольняти різні логістичні потреби, від коротких локальних доставок до масштабних міжнародних перевезень.

[1] Запотоцький С. Транспортна логістика: основні виклики для України / С. Запотоцький // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2016. №2 (65). 42 с.

[2] Мокряков А. Основні виклики логістичного ринку України 2023 року. URL: <https://logist.fm/publications/osnovni-vikliki-logistichnogo-rinku-ukrayini-2023-roku>

[3] Інфляційний звіт, січень 2024 року URL: [https://bank.gov.ua/admin\\_uploads/article/IR\\_2024-Q1.pdf?v=9](https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/IR_2024-Q1.pdf?v=9)

**ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО  
ОБСЛУГОВУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ У КОНТЕЙНЕРАХ**

**ORGANIZATIONAL ASPECTS OF FREIGHT FORWARDING SERVICES  
FOR DANGEROUS GOODS IN CONTAINERS**

*Ф.А. Волянський, здобувач ступеня доктора філософії,  
Одеський національний морський університет (м. Одеса)*

*F.A. Volianskyi, PhD Candidate,  
Odesa National Maritime University (Odesa)*

Безпечне транспортування небезпечних вантажів має критичне значення в умовах зростання міжнародних перевезень. Небезпечні вантажі, включаючи токсичні, легкозаймисті, радіоактивні та хімічні речовини, становлять загрозу для здоров'я людей, довкілля та інфраструктури при недотриманні вимог безпеки. Тому логістичні компанії зобов'язані забезпечити високий рівень контролю та безпеки на всіх етапах транспортування контейнерів. Україна як транзитна країна адаптує свою нормативну базу до міжнародних вимог (ДОПНВ, IMDG Code), забезпечуючи належну організацію таких перевезень.

При перевезенні небезпечних вантажів вибір транспорту залежить від класу небезпечних вантажів, його типу та специфічних умов транспортування. Кожен вид транспорту має свої особливості та обмеження, які необхідно виконати при плануванні. Основні критерії вибору транспорту для перевезення різних класів небезпечних вантажів включають класи небезпечних вантажів.

Для залізничного транспорту необхідно дотримуватися додаткових вимог щодо маршруту, погодженого із залізничними операторами.

Морський транспорт підходить для перевезення великих обсягів небезпечних вантажів на значні відстані, зокрема для міжконтинентальних перевезень.

- Клас 1 (вибухові речовини). Розташування контейнерів на верхніх палубах для швидкого доступу.
- Клас 2 (гази). Контейнери з системами охолодження; забезпечення вентиляції на судні.
- Клас 3 (легкозаймисті рідини). Використання контейнерів з антикорозійними та герметичними властивостями.
- Клас 8 (корозійні речовини). Контейнери з антикорозійним захистом; уникання контакту з металевими частинами судна.
- Клас 7 (радіоактивні матеріали). Розміщення на нижніх палубах з ізоляцією; дотримання стандартів IMDG Code.

Морський транспорт вимагає сертифікації та дотримання вимог IMDG Code, а також наявність спеціалізованих контейнерів для уникнення ризиків вітрів та розливів.

Для коротких відстаней часто вибирають автомобільний транспорт; для великих обсягів і на довгі відстані – морський або залізничний транспорт. Важливим аспектом є доступність портів, залізничних станцій, автомагістралей. Для незабезпечених вантажів з вимогами до оптимальної температури може бути прийнятним автомобільний транспорт з рефрижераторами або морські контейнери з температурним контролем.

Для перевезення небезпечних вантажів морем в Україні та світі країни встановили суворі вимоги щодо документів, дозволів і ліцензій. Вони вимагаються як національним законодавством, так і міжнародними угодами та стандартами.

Екіпаж судна, що працює з небезпечними вантажами, повинен пройти спеціальну підготовку й мати сертифікати про навчання відповідно до вимог Кодексу IMDG та національного законодавства. Для деяких небезпечних вантажів потрібні спеціальний температурний режим, наприклад, для легкозаймистих речовин, який також підтверджується окремими документами, а також аварійний план (Emergency Response Plan), документ, що описує дії у випадку аварійної ситуації з небезпечними вантажами, затверджений компетентними органами та відповідно до міжнародних стандартів.

Небезпечні вантажі можуть призвести до аварій і забруднення довкілля, тому якісне транспортне обслуговування з урахуванням усіх технічних та екологічних вимог є важливим завданням для українських транспортних операторів. Правильне транспортування дозволяє українським компаніям розширити ринки й підвищити конкурентоспроможність, але потребує інноваційних підходів, таких як цифровізація процесів і розробка систем моніторингу.

Забезпечення безпеки вимагає обов'язкового планування на кожному етапі перевезення. Це включає вибір маршруту, відповідного транспортного засобу й забезпечення умов зберігання, узгоджених із міжнародними стандартами та регламентами, що мінімізують ризики аварій. Важливими аспектами є дотримання вимог щодо транспортних засобів, підготовка екіпажу, забезпечення екстрених заходів та документальне оформлення вантажу.

Отож вибір транспорту залежить від класу небезпечних вантажів і типу транспортування. Морський транспорт підходить для великих відстаней. Перевезення потребують ліцензій і сертифікації, а екіпаж має проходити спеціальне навчання. Загалом, перевезення небезпечних вантажів вимагає ретельного планування, відповідного вибору транспорту та дотримання умов безпеки, щоб мінімізувати ризики і відповідати міжнародним стандартам.

[1] Guidelines on the safe transport of dangerous goods  
[https://unece.org/DAM/trans/danger/publi/unrec/rev19/Rev19e\\_Vol\\_I.pdf](https://unece.org/DAM/trans/danger/publi/unrec/rev19/Rev19e_Vol_I.pdf)

- [2] IMDG Code/ 2006 edition International Maritime Dangerous Goods Code IMO London 478 p. <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/004/imo.imdg.1.2006.pdf>
- [3] Joseph, A., & Dalaklis, D. (2021). The international convention for the safety of life at sea: highlighting interrelations of measures towards effective risk mitigation. *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.1080/25725084.2021.1880766>
- SOLAS 2018 Consolidated Edition <https://www.samgongustofa.is/media/english/SOLAS-Consolidated-Edition-2018.docx.pdf>

**УДК: 338:656.07**

## **ТЕХНОЛОГІЯ БЛОКЧЕЙН, ЯК ІНСТРУМЕНТ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ**

### **BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AS A TOOL IMPROVEMENT OF THE TRANSPORT LOGISTICS SYSTEM**

***Н.В. Гриценко, канд.екон. наук***

*Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)*

***N.V. Hrytsenko***

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У сучасному бізнес-середовищі ефективна транспортна логістика є критично важливим фактором успіху. Без оптимального вирішення транспортних проблем та наявності добре підготовлених фахівців може призвести до значних фінансових втрат. Технологічно доведено, коли вантаж рухається по ланцюгу постачання від джерела до кінцевого споживача, вартість зростає через залучення численних посередників і витрати, пов'язані з транспортуванням і логістикою. Понад 70% кінцевої вартості продукту припадає на витрати на зберігання, транспортування та пакування. Щоб зменшити ці витрати на даному етапі розвитку, багато компаній застосовують методи логістики в ключових сферах господарської діяльності, включаючи управління складом, управління запасами, управління транспортуванням, управління закупівлями [1]:

- S&OP (Sales & Operation Planning) – система планування продажів і операційної діяльності;

- FP&S (Factory planning & Scheduling) – система планування технологічних процесів і створення календарних графіків;

- SRM (Supplier Relationship Management) – система управління взаємовідносинами з постачальниками;

- CRM (Customer Relationship Management) – система управління взаємовідносинами з замовниками;

- TMS (Transportation Management System) – система управління транспортом;



- WMS (Warehouse Management System) – система управління складом.

Головною метою у всіх сферах логістики є моніторинг процесів. Моніторинг логістичного процесу, це систематична і постійна обробка даних для виявлення та аналізу розбіжностей між плановими і фактичними значеннями логістичних показників. Управління логістичними системами складається з кількох етапів. По перше, визначення планових значень матеріально-технічних показників та розрахунок фактичних значень логістичних показників. По друге, порівняння фактичних і планових показників (виявлення відхилень) та аналіз виявлених відхилень.

Для підтримки конкурентоспроможності важливо, щоб логістична система постійно розвивалася та ставала все більш складною. Для цього важливою є оцінка показників ефективності логістичної системи, які відображають ефективність її функціонування з операційної, економічної та технічної позицій. У сучасній галузі транспортної логістики обробка вихідних даних (замовлень, параметрів вантажу, парку тощо) за допомогою комп'ютерів має першорядне значення для вибору оптимальних маршрутів і транспортування. Це пов'язано з експоненціальним зростанням кількості даних про стан об'єктів. Дані в центр управління передаються в «закритому» форматі із супутників, а ручна обробка такого потоку інформації трудомістка і неефективна, що призводить до неоптимального прийняття рішень і збільшення кількості помилок.

Одним із потенційних рішень цієї проблеми в логістичних системах є інтеграція технології блокчейн. Блокчейн, це послідовний ланцюжок блоків, що постійно зростає (зв'язаний список), який містить інформацію відповідно до визначених правил. Як правило, копії блокчейнів зберігаються та обробляються на окремих комп'ютерах. [2, с. 110]. Взаємопов'язаний і значною мірою незмінний характер блоків у цій технології дозволяє вирішувати питання безпеки в логістиці, зокрема, запобігаючи зміні даних і підробці з боку хакерів. Використання комп'ютерних алгоритмів, записаних у ланцюжку блоків, які називаються розумними контрактами, дозволяє автоматизувати численні логістичні процеси, тим самим зменшуючи витрати та мінімізуючи вплив людської участі. Зосередившись на інтеграції технології блокчейн у сфері логістики, підприємства можуть зменшити ризики та підвищити стабільність, зробивши це практичним та життєздатним рішенням. Впровадження технології блокчейн у промисловості пропонує значні переваги з точки зору підвищення ефективності в низці процесів, включаючи управління документами, зберігання даних, управління поставками товарів, платіжні системи, електронну комерцію, а також системи голосування та дослідження громадської думки. Впровадження системи технології блокчейн призведе до суттєвих переваг, таких як, зменшення помилок у документообігу, спрощення роботи та забезпечення прозорості та достовірності інформації про виробників (постачальників) товарів та процес руху товарів, і як слідство до скорочення тривалості документообігу, в результаті чого сформується єдина

інфраструктура управління товарними потоками, яка надасть змогу скоротити тривалість логістичного циклу.

Виходячи з вище зазначеного можна стверджувати, що інтеграція транспортної логістики через систему блокчейн дозволить підприємствам оптимізувати свої основні інформаційні потоки, зменшити витрати на оплату праці, пов'язані з обліком товарних потоків, і підвищити безпеку цінної інформації.

[1] Мазуренко О.К. Технології блокчейн в інформаційному забезпеченні логістичних послуг / Інформаційні технології в економіці. Економіка. Бізнесінформ. 2021. №12. С. 255-261.

[2] Назаренко Я.Я., Яворенко М. А. Блокчейн-технологія: переваги та перспективи використання у транспортній галузі. Вісник Національного транспортного університету. 2019. № 2. С. 109–116.

**УДК 65.01:656**

## **ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СФЕРІ ВАНТАЖНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

### **DIGITALIZATION OF LOGISTICS PROCESSES IN THE SPHERE OF RAILWAY CARGO TRANSPORTATION**

***Н.В. Гриценко, канд. екон. наук, В.В. Волохов, здобувач**  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***N.V. Gritsenko, PhD (Econ.), V.V. Volokhov, student**  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Залізничний транспорт України є базисом економічного розвитку держави, формує стратегічні передумови залучення інвестицій, зміцнення рівня конкурентоспроможності національної економіки та покращення рівня добробуту населення країни. Особливого значення набувають вантажні залізничні перевезення у забезпеченні обороноздатності держави та активної інтеграції у європейський соціально-економічний простір.

Зростання цифрових технологій в усіх сферах економіки, зокрема, і в сфері вантажних залізничних перевезень, відкриває безліч стратегічних можливостей для вантажовласників від високошвидкісного збору та аналізу великого обсягу даних до ухвалення обґрунтованих, критично важливих рішень щодо своєчасності та ефективності логістичних процесів у забезпеченні ефективності діяльності.

Цифровізація у сфері вантажних перевезень представляє собою заміну існуючих технологій на більш затребувані та сучасні, при цьому з використанням актуальних способів та прийомів перевізної діяльності. Ефективний розвиток економіки держави залежить від багатьох чинників, серед яких можна виділити як

високопродуктивну роботу транспортних засобів, так і динамічний розвиток транспортної логістики, які значно впливають не тільки на національну економіку, а й на міжнародні інтеграційні процеси. Транспорт розглядається як ключова ланка в міжнародній торгівлі, що відповідає за комплекс завдань, пов'язаних з транспортуванням товарів від виробника до споживача.

Актуальність розвитку цифрової трансформації у системі вантажних залізничних перевезень обґрунтовано тим, що різні учасники логістичного ланцюга доставки мають використовують загальні стандарти у цифровій сфері, при міжнародній взаємодії у межах одного виду транспорту застосовують принципово схожі інформаційні та інформаційно-керуючі технології, мають усвідомлення щодо стандартних логістичних вимог. Цифровізація сфери вантажних перевезень може посприяти вирішенню завдань в контексті цифрової економіки, яка в сучасних умовах є актуальною і розвивається. Дослідження сутності цифрової трансформації та проектування її на технології транспортної логістики показує, що міжнародні операції потребують вдосконалення інтеграційних процесів, які повинні поєднувати цифрові системи логістичного переміщення вантажів та формувати інформаційний технологічний простір.

З метою досягнення цілей стабільного розвитку, побудови єдиної європейської транспортної мережі та зміцнення конкурентної переваги на ринку, необхідно впровадити рішення, спрямовані на ефективне управління ресурсами транспортних та логістичних компаній. Стратегії та програми ЄС, які були прийняті останніми роками, виступають інструментом для досягнення цих цілей. Вони спрямовані на забезпечення справедливих та ефективних цін на перевезення вантажів, підтримку мультимодальності, вдосконалення тестування транспортних засобів та інші заходи. Одним з ключових засобів досягнення даних цілей є впровадження цифрових рішень - діджиталізація.

Перетворення транспортної галузі шляхом діджиталізації та використання цифрових технологій виявляється ефективним способом зниження витрат та підвищення продуктивності. Проведені дослідження довели, що 54% представників глобальних транспортних компаній очікують зростання доходів завдяки діджиталізації. Крім того, 16% розраховують на збільшення прибутку, а 11% сподіваються на поліпшення задоволеності клієнтів. Використання цифрових інструментів сприятиме створенню конкурентних переваг, приверненню нових клієнтів і збереженню існуючих у транспортній галузі.

Цифрові технології також сприяють розвитку мультимодальних транспортних систем і стимулюють впровадження інновацій. Вони створюють ринковий потенціал для інтегрованого та автоматизованого транспорту, що призводить до створення багатьох нових робочих місць. Розвиток інтегрованої транспортної мережі вирішує проблеми на ринку та сприяє взаємодії між різними електронними системами та технологічними стандартами.

- [1] Маргасова В., Самойлович О. Роль цифрових технологій в організації ефективного функціонування маркетингової та логістичної систем промислового підприємства. [Текст] Проблеми і перспективи економіки та управління. 2023. № 2 (34). С. 26–37. DOI: [https://doi.org/10.25140/2410-9576-2023-2\(34\)-26-37](https://doi.org/10.25140/2410-9576-2023-2(34)-26-37)
- [2] Олифіренко Ю., Повна С., Біланенко, О. Цифровий маркетинг і логістика в адаптивному управлінні інноваційним розвитком підприємства. Науковий вісник Полісся. 2022. № 2 (25). С. 240–250. DOI: [https://doi.org/10.25140/2410-9576-2022-2\(25\)-240-250](https://doi.org/10.25140/2410-9576-2022-2(25)-240-250)
- [3] Іванов С. В., Ляшенко В. І., Шамілева Л. Л., Трушкіна Н. В. Тенденції розвитку транспортно-логістичної системи Придніпровського економічного району. Вісник економічної науки України. 2019. № 2 (37). С. 143-150. DOI: [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2019.2\(37\).143-150](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2019.2(37).143-150)
- [4] Бойченко М.В. Проблеми транспортної логістики вантажних перевезень в Україні [Текст]. Вісник економічної науки України. 2018. № 2. С. 22–26.
- [5] Мироненко О. Інноваційні технології у транспортній логістиці: перспективи та виклики [Текст] Режим доступу: <https://cargofy.ua/uk/blog/innovaciini-tehnologiji-u-transportnii-logistici-perspektivi-ta-vikliki>

УДК 656.13

## ЗМІНЮВАННЯ ЧАСУ РЕАКЦІЇ ВОДІЯ В ТРАНСПОРТНОМУ ЗАТОРУ

### CHANGING THE DRIVER'S REACTION TIME IN TRAFFIC JAMS

*д-р техн. наук Н.У. Гюльєв, студент магістратури О.В. Желтоног  
Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова (м. Харків)*

*N.U. Gyulyev Dr. of Engineering, A.V. Zheltonog Master's student  
O.M. Beketov National University of Urban Economy (Kharkiv)*

Перебування в транспортному потоці високої щільності, у заторних ситуаціях, особливо в пікові періоди різко обмежує свободу діяльності водія і змушує його до виконання умов руху. Таке становище призводить до погіршення функціонального стану водія внаслідок тимчасового розладу деяких його психічних та психологічних функцій [1].

Зміна функціонального стану водіїв в умовах інтенсивного міського руху внаслідок перебування у транспортних заторах залежить від темпераменту водія та призводить до зміни часу його реакції, від якого у свою чергу залежить безпека дорожнього руху.

Перебування у транспортному заторі негативно впливає на психофізіологічні якості водія. Виявлено, що зростання емоційної напруженості водія призводить до тимчасового розладу деяких його психічних функцій, збільшуючи тим самим час реакції [2–4].

Тривале перебування водія у дорожньому заторі погіршує його функціональний стан, спричиняє зростання його часу реакції і, як наслідок, може підвищити ймовірність скоєння дорожньо-транспортної пригоди [5, 6].

Тому дослідження особливостей зміни часу реакції водія у транспортному заторі є актуальним завданням.

У даному дослідженні розглядається завдання впливу тривалості транспортного затору та умов перебування в ньому на зміну часу молодих водіїв-сангвініків у транспортній системі міста.

Час реакції водія є один із значних чинників, який впливає на безпеку дорожнього руху. Від нього залежить довжина гальмівного шляху транспортного засобу і, відповідно, ймовірність запобігання зіткненню з перешкодою або наїздом на пішохода.

У праці водія велику роль грає латентний період складної реакції. Його тривалість залежить від досвіду та навичок водія, його стану, дорожньої обстановки та індивідуально-психологічних особливостей.

Для оцінки часу реакції водія-сангвініка у транспортному потоці високої щільності як одну із складових було використано раніше розроблену регресійну модель зміни втоми водія [1].

З урахуванням цього модель оцінки зміни часу реакції водія-сангвініка виглядає так:

$$\Delta T_p = 0,029 + 0,022 \cdot (0,008 \cdot B_g + 1,372 \cdot |\ln(T_3/P_{cn})| - 0,061 \cdot P_{ck})^2, \quad (1)$$

де  $\Delta T_p$  – зміна часу реакції водія, с;

$B_g$  – вік водія, роки;

$T_3$  – тривалість дорожнього затору, хв;

$P_{ck}$  – кінцевий рівень стомлення при виході з дорожнього транспортного затору, ум. од.;

$P_{cn}$  – початковий рівень стомлення під час входу в затор, ум. од.

При  $P_{cn} = 2$  ум. од. у транспортному заторі час реакції водія-сангвініка збільшується. До кінця затору відповідна зміна часу реакції у нього буде 0,24 с.

При  $P_{cn} = 4$  ум. од. час реакції водія-сангвініка двадцяти років до шостої хвилини затору змінюється незначно. Далі воно збільшується до 0,12 с.

Якщо рівень стомлення на початку транспортного затору становить п'ять умовних одиниць, то у двадцятирічного водія темпераменту сангвінік зміна часу реакції у заторі змінюється так: до третьої хвилини перебування у транспортному заторі час реакції трохи збільшується внаслідок інерційних процесів в організмі водія, далі до шостої хвилини відбувається деяке зниження часу реакції до 10-15%. Потім час реакції збільшиться до 0,09 с.

Динаміка зміни часу реакції молодого водія-сангвініка у транспортному заторі при  $P_{cn} = 6$  ум. од. відбувається так: час реакції водія до третьої хвилини транспортного затору також трохи зростає, далі до шостої хвилини відбувається його зниження до 20% або до 0,03 с. Потім час реакції починає зростати та відповідне значення зміни цього часу дорівнює 0,068 с.

Аналіз результатів досліджень показав, що зміна часу реакції водія відбувається різноспрямовано залежно від значення початкового рівня втоми перед початком

затору. Якщо це значення понад п'ять умовних одиниць, то в перші хвилини знаходження водія-сангвініка в транспортному затору час його реакції зростає внаслідок інерційних процесів у його організмі. Далі час реакції водія-сангвініка знижується на 10-15% протягом 3-5 хвилин. Подальше перебування у заторі призводить до зростання часу реакції водія-сангвініка. Найбільший вплив на зростання часу реакції водія-сангвініка дорожній затор чинить після десятої хвилини перебування в ньому. Такі зміни часу реакції водія підвищують ймовірність скоєння дорожньо-транспортної пригоди.

- [1] Гюлев Н. У. Людський фактор і дорожні затори: монографія / Н. У. Гюлев. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 252 с.
- [2] Lagarde E. Emotional stress and traffic accidents: the impact of separation and divorce / E. Lagarde, J. F. Chastang, A. Gueguen, M. Coeuret-Pellicer, M. Chiron, S. Lafont // *Epidemiology*. – 2004. – № 15. – P. 762–766.
- [3] McGehee D. V. Driver reaction time in crash avoidance research : validation of a driving simulator study on a test track / D. V. McGehee, E. N. Mazzae, G. S. Baldwin // In *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*. – 2000. – № 20. – Vol 44. – P. 3–320.
- [4] Abe G. The influence of alarm timing on braking response and driver trust in low speed driving / G. Abe, J. Richardson // *Safety Science*. – 2005. – Vol 43. – № 9. – P. 639 – 654.
- [5] Gyulyev N. Development of models for assessing a driver's failure-free operation in a transportation system under conditions of traffic congestion / N. Gyulyev, V. Voronko, S. Ostashevskiy, D. Ponkratov, S. Psol, I. Bugayov // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2020. – Vol. 1. – № 3(103). – P. 24–38.
- [6] Long, K.; Lin, Q.; Gu, J.; Wu, W.; Han, L.D. Exploring Traffic Congestion on Urban Expressways Considering Drivers' Unreasonable Behavior at Merge/Diverge Sections in China. *Sustainability*. – 2018. – Vol. 10, 4359.

**УДК 656.37.091.3:005.591.6**

## **ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ З ЛОГІСТИКИ ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ В УКРАЇНІ**

### **TRAINING OF LOGISTICS SPECIALISTS DURING THE MILITARY SITUATION IN UKRAINE**

***О.А. Дромашко***

*Чорноморський морський фаховий коледж Одеського національного морського  
університету (м.Одеса)*

***О.А. Dromashko***

*Chernomorsk Maritime Applied College of Odessa National Maritime University (Odessa)*

В умовах військового стану, який Україна переживає внаслідок повномасштабної агресії, логістика стала критичним фактором для забезпечення стійкості держави. Ефективна організація логістичних процесів — від постачання ресурсів для забезпечення Збройних Сил до гуманітарної та продовольчої допомоги — вимагає висококваліфікованих спеціалістів, здатних оперативно реагувати на численні виклики сучасних кризових умов. Військові дії змінюють

традиційні підходи до логістики, що змушує адаптувати освітні програми і впроваджувати нові технології та методики навчання.

Українські університети та інші освітні заклади, які готують фахівців з логістики, зіштовхнулися з потребою швидко адаптувати свої освітні програми до нових реалій. Освітні установи змушені змінювати зміст навчання, інтегруючи в програму більше уваги до кризової логістики, військових перевезень, управління ланцюгами постачання в умовах війни та посткризового відновлення. Сучасні освітні програми з логістики не тільки враховують теоретичні аспекти, але й інтегрують практичні навички, необхідні для роботи в кризових умовах. У фокусі — забезпечення студентів професійними компетенціями, які відповідають потребам сучасних роботодавців, зокрема операційного та управлінського персоналу.[4] Логіст повинен мати низку *soft skills*: сильні аналітичні здібності, здатність швидко розв'язувати проблеми та адаптуватись під виклики сьогодення, вміти працювати з даними, мати гарні комунікаційні навички та бути командним гравцем.[3]

Національна економіка України вимагає ефективних рішень для підтримки транспортних коридорів, забезпечення доступу до життєво важливих ресурсів та відновлення критично важливої інфраструктури.[1] В Україні формується новий тип логістичної системи, яка швидко реагує на зовнішні загрози та адаптується до них, тому в цій галузі, як ніколи, потрібні професіонали. З введенням нових технологій, електронних комерційних платформ з імпортно-експортними операціями, важливість логістики у забезпеченні ефективного руху товарів зростає з кожним днем.

Це спостерігається при моніторингу провідних сайтів з пошуку роботи в Україні (*hh.ua, work.ua, rabota.ua*) — понад 2000 вакансій у галузі.[2] Логістика – та компонента, за допомогою якої компанія, або взагалі економіка окремої країни може бути конкурентоспроможна. Зараз наша країна отримує величезний досвід в оптимізації логістичних бізнес-процесів в умовах оголошення воєнного стану. Іноземні інвестори це теж розуміють і бачать економічний потенціал розвитку логістичного бізнесу в Україні.

Підготовка висококваліфікованих фахівців з логістики, здатних впроваджувати інноваційні технології та розвивати сучасні логістичні системи, є стратегічним завданням для України. Якісне навчання в цій сфері сприятиме тому, щоб Україна стала ключовою частиною глобальної системи товарообігу, реалізувала свій транзитний потенціал і забезпечила підприємствам можливість вийти на новий рівень організації логістичних процесів та управління ланцюгами постачання. Інвестиції в підготовку логістів є інвестиціями в майбутнє економічного зростання країни.

[1] Боровик, Т., & Даниленко, В. (2022). ТРАНСПОРТНА ЛОГІСТИКА ЯК ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВІТЧИЗНЯНИХ ПІДПРИЄМСТВ. *Економічний простір*, (177), 35-39. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/177-6>

[2] Гордійчук Р., Коротка Т., Гармаш О. АНАЛІЗ РИНКУ ПРАЦІ З ЛОГІСТИКИ І ВИМОГ, ЩО ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬ РОБОТОДАВЦІ ДО ФАХІВЦІВ-ЛОГІСТІВ. ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ ПРОФЕСІЙНИХ КАДРІВ З ЛОГІСТИКИ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО КОНКУРЕНТНОГО СЕРЕДОВИЩА : Зб. доп. XX Міжнар. науково-практ. конф., м. Київ. 2022.

[3] Завербний, А., Дзуліт, З., & Вуск, Х. (2022). ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД. Економіка та суспільство, (43). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-43-54>

[4] Логістика у ТОП-5 професій. Як бізнес ділиться секретами зі студентами та змінює транспортно-логістичну галузь України. Website for transport and logistics | trans.info. URL: <https://trans.info/ua/logistyka-u-top-5-profesiy-yak-biznes-dilytsya-sekretamy-zi-studentamy-384292> (дата звернення: 15.10.2024).

**УДК 658.7**

## **ПРИЧИНИ ВІДМОВ У ЛАНЦЮЗІ ПОСТАЧАНЬ**

### **CAUSES OF FAILURES IN THE SUPPLY CHAIN**

*О.М. Загурський, д. е. н., професор,*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)*

*О.М. Zagurskiy, Doctor of Economics, Professor*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)*

В останні роки стійкість процесів постачання привертає все більшу увагу як фахівців-практиків, так і дослідницької спільноти. Усі вони відмічають, що під впливом глобалізації, концепції сталого розвитку, сучасних інформаційно-комунікаційних технологій та необхідності прийняття ощадливих операцій, ланцюги постачань стають все більш складними, а бізнес-суб'єкти, які їх складають, все більше залежать один від одного. Так макроструктуру ланцюга постачань [1] визначають наявністю груп основних процесів, які становлять каркас ланцюга та визначають взаємозв'язки в ньому (рис 1).

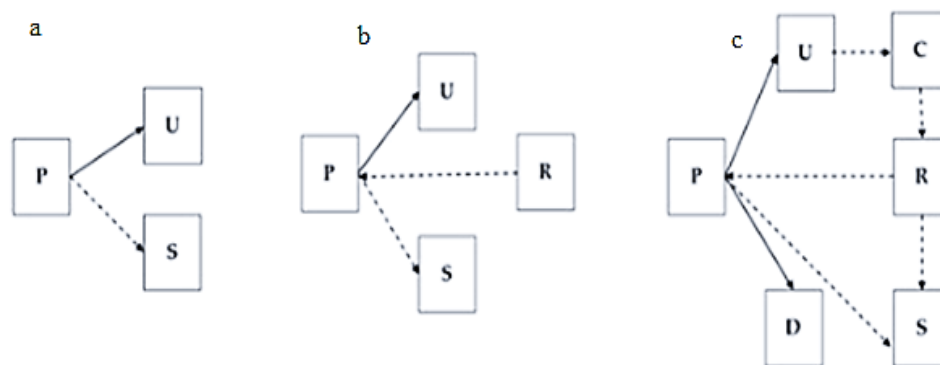


Рис. 1. Макроструктура ланцюга постачань  
а – простий; б – розширений; с – повний ланцюг постачань



До блоку  $P$  входять основні види діяльності, які пов'язані з процесами закупівель, виробництва та розподілу. Блок  $U$  визначає ринки та замовників ланцюга постачань. Блоки ( $C$ ;  $D$ ;  $R$ ;  $S$ ) операції зворотної логістики, такі як збір ( $C$ ), утилізація ( $D$ ), відновлення ( $R$ ) та вторинні ринки ( $S$ ). Усі блоки утворюють тісні взаємозв'язки один з одним (диз'юнктивні та кон'юнктивні), внаслідок чого складні та тісно пов'язані мережі ланцюгів постачань стають дуже вразливими від відмов в роботі їх блоків та елементів.

На рисунку 2 зображено дерево відмов для визначення причинно-наслідкових зв'язків у ланцюзі постачань, що показують до яких подальших подій можуть призвести початкові відмови. Побудову дерева подій починають з небажаної події (наприклад, відмова у постачанні необхідної кількості матеріалів) і простежують причини, які можуть її викликати.

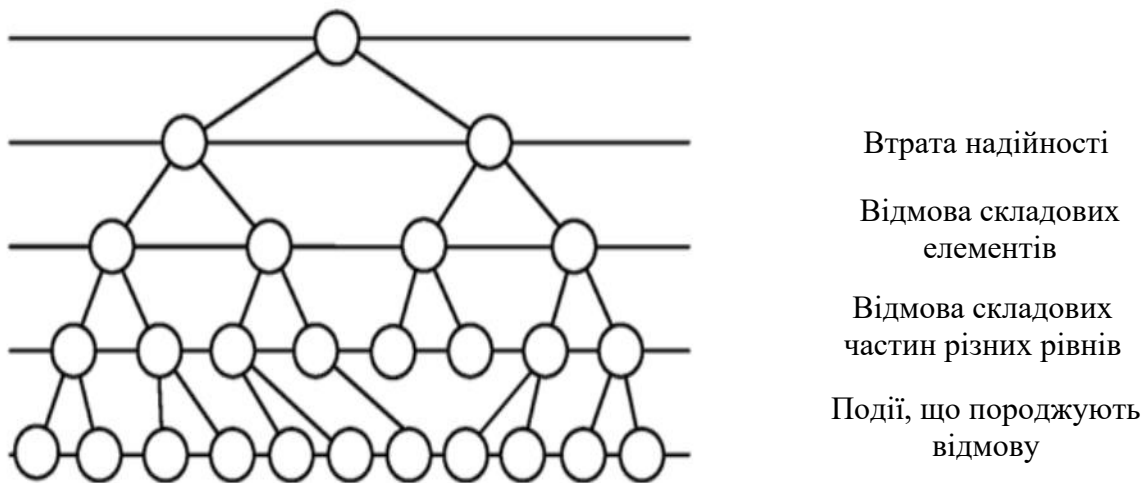


Рис. 2. Дерево відмов

Наприклад, ланцюг постачань обов'язково втратить надійність, якщо одночасно відбудуться такі події:

- 1) поставка продукції в неповному обсязі через зниження потужності промислового підприємства або зниження потужності логістичних посередників;
- 2) зниження якості продукції у зв'язку з псуванням продукції через порушення технології складування, або транспортування, або виробництва продукції з неякісної сировини;
- 3) зрив термінів постачання через: а) збільшення часу виконання замовлення через збільшення технологічного часу виконання замовлення або збільшення часу простоїв обладнання; б) збільшення часу доставки, не оптимальності транспортних маршрутів або зниження швидкості пробігу транспортних засобів;
- 4) підвищення загальних логістичних витрат, пов'язаних із збільшенням транспортних тарифів або вартості логістичних або посередницьких послуг, або зростанням цін на сировину.

Причому відмови (збої) у роботі ланцюгів постачань можуть бути викликані різними зовнішніми подіями, які знаходяться поза контролем фірми, такими як стихійні лиха (наприклад, пандемія COVID-19) або війни та внутрішніми подіями (наприклад, відсутністю непередбачених обставин або неефективним управлінням), які знаходяться під контролем фірми.

Тому на надійність ланцюга постачань впливають три різні здатності: поглинаюча (абсорбційна); адаптивна; відновлювальна. А основними критеріями надійності ланцюга постачань стають виробничі або логістичні витрати, що прагнуть мінімуму, за обмежень, що накладаються на ймовірність безвідмовної роботи ланцюга постачань.

[1] Benedito E., Martínez-Costa C., Rubio S. Introducing Risk Considerations into the Supply Chain Network Design. *Processes* 2020, 8, 743. <https://doi.org/10.3390/pr8060743>.

[2] Zagurskiy, O., Duczmal, W., Savchenko, L., et al., Models of Formation of Reliability of Supply Chains for the Supply of Agricultural Products. *Research on World Agricultural Economy*. 2024, 5(3): 14-23. DOI: <https://doi.org/10.36956/rwae.v5i3.1123>.

**УДК 656.621**

## **РЕАЛІЗАЦІЯ ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ У ЗАЛІЗНИЧНОМУ СПОЛУЧЕННІ З КРАЇНАМИ ЄС**

### **IMPLEMENTATION OF INTEROPERABILITY REQUIREMENTS IN RAILWAY CONNECTION WITH EU COUNTRIES**

*канд. техн. наук В.М. Запара,  
аспірант Ю.Н.І. Боровець, аспірант С.Г. Сенік  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V. Zapara, PhD (Tech.),  
Yu-N. Borovets, post graduate, S. Senyk, post graduate  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Залізничний транспорт має певну специфіку технології роботи із вантажопотоками різних категорій. В умовах міжнародних перевезень технологія роботи залізниці України передбачає раціональну взаємодію між різними учасниками перевізного процесу з метою задовольнити вимоги клієнтів щодо своєчасної і якісної доставки вантажів.

При пропуску поїздів в бік західного кордону та в зворотному напрямку питання узгодженої взаємодії транспортних систем країн-учасниць перевізного процесу мають істотне значення для забезпечення пропуску вантажопотоків з урахуванням відповідності Директивам ЄС [1]. Актуальність узгодження взаємодії

транспортних систем України і країн ЄС суттєво зростає із-за широкомасштабної агресії російської федерації.

Проведений аналіз показує, що в Україні є певні напрацювання в сфері реалізації вимог інтероперабельності на залізничному транспорті, наприклад, в частині удосконалення конструкції вагонів, їх динамічних характеристик та безпеки. Виробники залізничних вагонів прагнуть до збільшення кількості нового, якісного і технічно-досконалого (за умовами інтероперабельності) залізничного рухомого складу, який експлуатується, пропонуються першочергові заходи щодо досягнення вимог інтероперабельності [2].

Розглянемо більш детально деякі аспекти інтегрування залізничної мережі України з європейською залізничною мережею. Зважаючи на різну ширину колії в Україні і країнах ЄС, актуальним є впровадження системи швидкої зміни ширини колісних пар на залізниці ATGS (Automated Transfer Gauge System). Колісні пари вагонів проходять через спеціальні направляючі, які автоматично змінюють їх ширину. Це відбувається завдяки механізму, який розширює або звужує колісні пари відповідно до нової ширини колії.

Система розроблена іспанськими фахівцями AZVI-TRIA та ADIF (іспанська залізниця). Система має омологачію (тобто приведення технічних характеристик, параметрів товару у відповідність до вимог стандартів або звичаїв, запитів країни) в Іспанії для 1435 і 1668 мм після більш ніж 150 000 км пробігу і 500 операцій зміни ширини колії. Поїзди прибувають на систему зміни колії, один локомотив штовхає состав, а інший локомотив з іншого боку підтягує состав. Операція займає лише кілька хвилин. Система має адаптуватись до 3 типів колій — 1435, 1520 і 1668 мм. Колісні пари до такого готові, візки потребують певної адаптації.

На сьогодні операції з перевантаження состава поїзда становлять близько 1 доби (з моменту прибуття состава і його відправки з української прикордонної станції до іноземної прикордонної станції). Іноді і набагато більше, бо є проблеми стикування між українським та іноземними перевізниками. Досить часто вагони простоюють в очікуванні тяги, особливо в пікові сезони. Незначний парк вагонів європейських стандартів, які доступні на ринку, бо українське розуміння ринку користування вагонами дещо відрізняється від європейського через різні моделі ринку.

З ATGS можна запланувати максимум 4 години на зміну колії на один состав, 2 години – технічні операції та митні формальності. Буде можливо планувати транспортування від стику до місця призначення без значного ризику затримки. Однак на митні формальності технологія не впливає, але використання уніфікованих накладних, таких як CIM/CMГС та системи TRACES, допомагає оптимізувати простой під час митних операцій.

Характеристика вагонів повинна буде відповідати європейським нормам і габаритам, щоб мати доступ усюди в Європі та Україні. Максимальне

навантаження становитиме 22,5 т на вісь. ATGS підійде для масового потоку вантажів.

Наразі потреба є лише у встановленні системи зміни ширини колії для таких вагонів. Це збільшує інвестицію в цю систему (будівництво її під накриттям для захисту від снігу та морозів), однак це незначні інвестиції у порівнянні з отриманими вигодами. Додаткова вартість вагонів з ATGS (наприклад, для хопера – 46 тис. євро) самофінансується за рахунок економії, яку вони створюють. Якщо випробування та сертифікацію пройде протягом трьох років, то з 2027-2028 року можлива експлуатація перших поїздів з модернізованими та новими вагонами.

[1] Directive (EU) 2016/797 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 on the interoperability of the rail system within the European Union. - URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L0797&from=EN> (дата вернення: 12.11.2024).

[2] Болжеларський Я., Джус В., Джус О., Клецька О., & Кіріцева О. (2022). Оцінка вимог інтеперабельності до українських вагонів-цистерн, які призначені для перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки*, (44), с. 89–100. <https://doi.org/10.32782/2225-6733.44.2022.11> (дата вернення: 12.11.2024).

**УДК 656.621:656.613.1**

## **УДОСКОНАЛЕННЯ СФЕРИ ПОСЛУГ КЛІЄНТІВ НА РИНКАХ ЄС МІЖНАРОДНИМ ПІДРОЗДІЛОМ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»**

## **IMPROVEMENT OF CLIENT SERVICES ON EU MARKETS BY THE INTERNATIONAL SUBDIVISION OF JSC "UKRZALIZNYTSYA"**

*канд. техн. наук В.М. Запара,  
Я.А. Беляєв, О.С. Кравцов*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V. Zapara, PhD (Tech.),  
Y. Belyaev, O. Kravtsov*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Розвиток вантажних перевезень в цілому у світі характеризується тенденцією до насичення транспортного ринку різноплановими структурами, функціонування яких підвищує рівень надання транспортних послуг клієнтам. Розширення діяльності міжнародних структур та освоєння ними ринків сусідніх країн є звичайним явищем. Не є виключенням в цьому контексті і діяльність АТ «Укрзалізниця».

У червні 2023 український залізничний оператор АТ «Укрзалізниця» зареєструвало у Польщі дочірню компанію товариство з обмеженою

відповідальністю «UKRAINIAN RAILWAYS CARGO POLAND» (UZ Cargo Poland) [1]. Офіс товариства розташований у Варшаві. Ця компанія буде спеціалізуватися на перевезеннях вантажів залізницею у сполученні Україна-ЄС. Основними маршрутами UZ Cargo Poland є: Одеса, Дніпро, Київ – Гданськ, Гдиня; Одеса, Дніпро, Київ – Кшеве; Одеса, Дніпро, Київ – Славкув. Отже, АТ «Укрзалізниця» починає розбудову повноцінного оператора вантажних перевезень на території країн ЄС. Головним принципом роботи міжнародного підрозділу повинні стати тісні зв'язки з іноземними партнерами, прозорість та конкуренція.

Створення такої компанії необхідне для розвитку та зростання вантажообігу Україна – ЄС, і є однією зі складових стратегії АТ «Укрзалізниця» з розбудови й розвитку вантажних перевезень залізницею. Першою країною роботи нової компанії-перевізника від АТ «Укрзалізниця» стане Польща. Також вивчається питання про вихід з аналогічною послугою в Словаччину та Угорщину.

Починаючи з 2025 року UZ Cargo Poland планує стати повноцінним перевізником [2]. Однак на цьому шляху треба буде здолати певні труднощі, пов'язані застосуванням та узгодженістю нормативної бази, податкової і дивідендної політики, бо як дочірня компанія АТ «Укрзалізниця» UZ Cargo Poland має також дотримуватись законів України. Стратегія розвитку компанії, бізнес-модель та багато інших питань повинні бути гармонізовані з вимогами законодавства обох країн. На сьогоднішній день в Україні і в Польщі розуміння і підходи до даних питань досить суттєво відрізняються.

Важливим є питання оподаткування. Опрацьована модель податкової політики базується на Конвенції між Урядом України і Урядом Республіки Польща про уникнення подвійного оподаткування доходів і майна та попередження податкових ухилень, яка застосовується до суб'єктів, які є резидентами однієї або обох договірних держав.

Щодо операторської діяльності компанії. На сьогодні багато клієнтів звертаються з принципово різним розумінням і вимогами щодо надання послуг. Один клієнт вимагає сплати тільки тарифу за перевезення, інші бажають залучення перевантажувальних терміналів, послуги сюрвеєрів, митних брокерів, додаткову сертифікацію тощо. Головним завданням створеної компанії є надання єдиної комплексної послуги в рамках групи компаній. Наприклад, клієнту з Полтави треба перевезти зерно в Роттердам. UZ Cargo Poland надає логістичні рішення разом з юридичним супроводом, використовує вже існуючі договори та розширює мережу для залучення додаткових партнерів в інших країнах, які не межують з Україною.

Наразі кожен оператор інфраструктури в окремо взятій країні, згідно з нормами внутрішнього і загальноєвропейського законодавства, вирішує в першу чергу технічні питання виходу свого рухомого складу на мережу. Це стосується, по-перше, переставлених вагонів з колії 1520 мм на візки 1435 мм. Вагони АТ «Укрзалізниця» мають технічні відмінності від європейських (гальмівна система,

габарити, засоби зчеплення тощо). Такі вагони не мають вільного доступу до європейської мережі, й кожен маршрут узгоджується з оператором інфраструктури окремо: на кожен тип вагона, на кожен тип перевезення. Оператором інфраструктури надається спеціальний дозвіл на ці маршрути, на певну кількість вагонів з максимальним брутто поїзда і лімітацією окремих параметрів. На сьогодні компанія оперує вагонами АТ «Укрзалізниця». По Євроколії: цистерни 1435 мм – це повноцінні вагони європейських стандартів. Також оперує цистернами, зерновозами-хоперами, переставленими на візки 1435 мм. По колії 1520 мм оперує всіма типами вагонів. Попереду ще багато роботи, щоб почати роботу повноцінного перевізника вже в 2025 році. Компанія вдосконалює філософію єдиної послуги перевезення, яка дасть змогу розрахувати трафік з місця завантаження в Україні до місця вивантаження в Європі та в зворотньому порядку.

[1] UZ Cargo Poland – нова платформа для кооперації з клієнтами. - URL: <https://gmk.center/ua/news/uz-cargo-poland-nova-platforma-dlya-kooperacii-z-kliientami/> (дата вернення: 13.11.2024).

[2] Ми маємо заходити на ринки ЄС в стратегічних інтересах України. - URL: <https://www.railinsider.com.ua/myhajlo-plastun-my-mayemo-zahodyty-na-rynky-yes-v-strategichnyh-interesah-ukrayiny/> (Дата вернення: 13.11.2024).

**УДК 629.04.083**

## **МОЖЛИВОСТІ ПОКРАЩЕННЯ ЛОГІСТИКИ АГРОСЕКТОРА ЗАЛІЗНИЦЕЮ УКРАЇНИ**

### **POSSIBILITIES OF IMPROVING AGRICULTURAL SECTOR LOGISTICS BY RAILWAY OF UKRAINE**

*канд. техн. наук В.М. Запара, канд. техн. наук Я.В. Запара,  
аспірант Р.І. Боровець  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V. Zapara, PhD (Tech.), Y. Zapara, PhD (Tech.),  
R. Borovets (post graduate)  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Останні роки функціонування транспортного ринку України висвітлюють певні виклики в логістиці, як зовнішнього походження (широкомасштабна агресія російської федерації), так і внутрішнього штучного походження (від монополіста-перевізника АТ «Укрзалізниця»). Все це має безпосередній вплив на аграрний сектор України, який є лідером експорту держави [1].

Наразі, коли Мінагрополітики та великі гравці ринку погодили граничний обсяг зерна цьогорічного врожаю, що залишається в Україні, можливо зробити

розрахунки потенціалу експортного зерна. Він буде враховувати можливості інфраструктури та обсяг задіяних вагонів. Відповідно, можна зрозуміти, скільки вагонів залишаться без роботи. Елементарні підрахунки показують, що це будуть вагони АТ «Укрзалізниця».

На сьогодні в Україні 22,5 тис. власних вагонів підприємств [2]. Потужності робочих каналів експорту (це всі порти та всі прикордонні переходи) дозволяють вивантажувати 1500-1600 ваг. на добу. Якщо оборот вагона становитиме 10-12 днів і врахуємо показник добового вивантаження, то стане зрозумілим, що потреби залізничної логістики врожаю 2024 року можуть бути закриті одними власними парками підприємств.

Однак, як показав досвід 2022 і 2023 років, АТ «Укрзалізниця» може так «відрегулювати» і попит, і пропозицію, і оборот, і швидкості вагонів, що її зерновози, які стояли без роботи, стануть спочатку затребуваними, а згодом — дефіцитними й дорогими.

Наприклад, на вересень 2024 року АТ «Укрзалізниця» підняла ціну добового користування своїми зерновозами на 100 грн. Якщо оперувати суто ринковими чинниками, то це нелогічне рішення. Адже попит на перевезення зернових не зростає, власники вантажів не беруть вагони іншого власного парку, не кажучи вже про парк перевізника, який коштує втричі більше за середньої ціни на ринку. До речі, великооб'ємний вагон власного парку підприємств пропонується за 250 грн за добу з ПДВ, а АТ «Укрзалізниця» пропонує свій суттєво менший за об'ємом вагон за 1350 грн без ПДВ. Це підвищення вартості зерновозів слід розглядати сигналом, що АТ «Укрзалізниця» вже продумала «нове вузьке місце» для того, щоб її парк був розпроданий за бажаною для неї ціною. Скоріш за все цим вузьким місцем логістики стане погодження АТ «Укрзалізниця» планів на перевезення.

Це погодження стосується всіх інших власників вагонів, всіх, хто законтрактувався і взяв у оренду вагони власних парків. А щодо вагонів парку перевізника, то є чітке зобов'язання АТ «Укрзалізниця», прописане в довгостроковому договорі, про подачу вагона в конкретну дату, зазначену замовником. До того ж, за купівлі вагона парку перевізника на аукціоні, в договорі записано, що АТ «Укрзалізниця» зобов'язана подати свій порожній рухомий склад після виграшу на аукціоні. Тобто вагони АТ «Укрзалізниця» (придбані за довгостроковими договорами чи на аукціоні) вже мають перевагу — точну дату подачі та завантаження, а всі інші мусять чекати погодження планів АТ «Укрзалізниця». Крім того, аграріям слід пам'ятати, що в фінансовому плані АТ «Укрзалізниця» є цифра в 9 млрд грн за користування вагонами, котру планується зібрати за 2024 рік.

Якби АТ «Укрзалізниця» мала за мету обслуговувати аграрні вантажі на умовах чесної конкуренції, то вона виставила б свої довгострокові зобов'язання на аукціон, як було 2019 року, і дала б аграріям можливість завчасно купити визначеність у перевезеннях. Проте цьому на заваді стає монополічне становище, яке дає змогу АТ

«Укрзалізниця» перетворити на вузьке місце будь-який компонент залізничних перевезень. Отже, важливим є позбавлення монопольного положення АТ «Укрзалізниця», що позбавить її важелів для створення штучних вузьких місць та створить умови для інвестицій бізнесу в розширення пропускної спроможності реальних вузьких місць транспортної інфраструктури України.

Процедура організації перевезень формалізована та ускладнена до такої міри, що це відлякує виробника від прямих взаємин із АТ «Укрзалізниця» і змушує його звертатися до експедитора, який знає, як пройти усю цю бюрократію. Аграрії, які залежать від залізничної логістики, витримали б навіть значне (до 20%) підвищення тарифу, якби АТ «Укрзалізниця» виправила недосконалу технологію перевезень та усунула ті фактори, через які вони потрапили у залежність від експедиторів.

[1] Укрзалізниця встановила 10-річний рекорд з перевезення зерна. - URL: <https://agroportal.ua/news/ukraina/ukrzeliznitsya-ustanovila-10-richniy-rekord-z-perevezennya-zerna> (дата звернення: 14.11.2024).

[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. *Тези вісімнадцятої науково-практичної міжнародної конференції «Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика» (2 - 3 червня 2022р. м. Харків)*. Харків: УкрДУЗТ, 2022. С. 56-58.

**УДК 656.025**

## **ВАЖЛИВІСТЬ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ В МІСЬКИХ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕННЯХ**

### **THE IMPORTANCE OF DIGITALIZATION IN URBAN FREIGHT TRANSPORTATION**

*Канд. техн. наук О.П. Калініченко, аспірант Є.К. Сальніков  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)*

*PhD (Tech.) Oleksandr Kalinichenko, Postgraduate Yegor Salnikov  
Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

An interesting innovative solution in the field of logistics is the system "Ant Logistics" (ANT-Logistics), which was developed in Ukraine. This cloud-based platform is designed for last-mile transportation management. The developers of the "Ant logistics" system have created an easy and accessible web service that allows you to plan, control and analyze transportation. The platform also provides an opportunity to offer your transport or, conversely, hire free cars, and data exchange is configured with any accounting system in the enterprise, such as 1C, ERP, as well as other functions, such as SMS messages, CRM, GPS monitoring platforms. The Microsoft Azure cloud environment is used for



data storage and processing. As a result of calculations, clients immediately receive information about the duration and mileage of routes, cost, traffic schedule, vehicle load and expected profit.

IoT is a production technology in logistics aimed not only at optimizing the activities of transport companies, but also at ensuring customer orientation.

It creates a network that connects physical devices and software to exchange information between computer systems and the real-world using communication protocols. This ensures transparency in logistics deliveries. Companies that use new concepts quickly take a leading position among competitors that do not use advanced technologies. Thanks to this technology, it is possible to track the location of the cargo in real time, control its condition and the efficiency of the vehicle, as well as important parameters such as temperature and humidity in the vehicle body, which is especially important for the transportation of perishable goods. In addition, it is possible to monitor the driver's workflow.

In urban transportation, RFID tags are used to track the location of cargo and identify it during loading and unloading. They collect and transmit information through IoT and blockchain technologies to the dispatcher's computer, this data is used to optimize routes. The RFID tag contains information about the cargo, the place and time of delivery, and the transport company. It has the advantage of reusability and avoidance of errors that may occur due to the human factor.

**УДК 656.025**

## **РОЛЬ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ В МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕННЯХ**

### **THE ROLE OF DIGITALIZATION IN INTERNATIONAL CARGO TRANSPORTATION**

*Канд. техн. наук О.П. Калініченко, аспірант В.В. Севідова  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)*

*PhD (Tech.) Oleksandr Kalinichenko, Postgraduate Viktoriia Sevidova  
Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

Transporting goods in international cargo transportation environment is a complex and key aspect of logistics. Limited space, narrow streets and a large number of vehicles complicate the transportation process. Some cities take various measures to optimize this process, such as limiting the access of vehicles to certain hours, establishing special routes for trucks or creating transport terminals. These measures make it possible to move goods around the city more efficiently and increase the productivity of logistics processes.

Efficient transportation of goods in international cargo transportation environments requires a combination of innovative technologies, strategic route planning and advanced logistics infrastructure to ensure uninterrupted and prompt delivery of goods.

Modern technologies, including robotics, automation and artificial intelligence, play a significant role in logistics and supply chains. These technologies help streamline processes and increase efficiency, focusing on security, flexibility and collaboration. In general, modern technologies are transforming logistics and supply chains, making them more efficient, reliable and flexible.

In recent years, e-commerce has grown rapidly, leading to an increase in the need for last-mile delivery services and creating new challenges for logistics companies aimed at ensuring efficient and reliable delivery of goods to end consumers.

The concept of the "last mile" is the last step in the movement of both people and goods from a transport hub to their final destination in the supply chain. In recent times, this aspect has made significant progress due to the growth of e-commerce. The rapid growth of online shopping has led to an increase in demand for last-mile delivery, with consumers increasingly choosing door-to-door delivery over other delivery options. Last mile delivery in supply chains is becoming increasingly critical, and logistics service providers recognize the need to adapt to new customer demands in order to increase their competitiveness in the transportation market.

Recent years have witnessed the widespread use of digitization and digital technologies in urban transportation and city logistics. The latest technologies based on the Internet of Things (IoT) significantly reduce time and costs for transport companies, affect competition in the transport market, are the basis for quick management decisions and improve the quality of transport services for consumers.

## ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ І ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ

### IMPROVING TECHNOLOGY OF THE WORK OF FREIGHT STATIONS AND APPROACH TRACKS

*Аспіранти Д.О. Грунський, В.О. Олексюк, студент А.О. Добровольський  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*D. Hrunskiy, V Oleksiuk postgraduate, A. Dobrovolskyi student  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Залізничний транспорт має дуже велике значення в умовах повного забезпечення потреб виробничої сфери та населення у перевезеннях. Найбільші обсяги перевезень вантажів приходяться на під'їзні колії промислових підприємств. Тому, для повного забезпечення стабільної роботи галузей промисловості, необхідно найкращим чином організувати взаємодію вантажних станцій та під'їзних колій.

Технологія роботи залізниці України повинна в повній мірі забезпечувати інтереси власників вантажів, у тому числі – за рахунок удосконалення наскрізного транспортного обслуговування як на місцях загального так і незагального користування з забезпеченням принципів раціонального використання рухомого складу і контейнерів, скорочення термінів доставки та підвищення рівня схоронності вантажів. З урахуванням наведеного технологія вантажної і комерційної роботи на магістральних станціях і під'їзних коліях, що примикають до них, повинна базуватися на сучасних підходах, що враховують досвід країн з розвинутою ринковою економікою і специфіку умов теперішнього періоду в Україні – постійне зростання рівня обігу вантажних вагонів, наявний дефіцит порожнього рухомого складу, складнощі в сфері інформаційної взаємодії залізниці і клієнтури та ін.

Оцінювати якість транспортних послуг необхідно за показниками рівня термінів доставки вантажу, рівня схоронності вантажу тощо. Але такі показники встановлені в основному відносно до залізничного транспорту і не враховується їх виконання можливими конкурентами залізниці. Також одним з недоліків планування та організації роботи вантажних станцій та під'їзних колій примикання є відносно короткий період зобов'язань вантажовласників і залізниці щодо виконання певного обсягу перевезень вантажів. В країнах з розвиненим рівнем технологій залізничних перевезень планування та розрахунки щодо довгострокових зобов'язань всіх учасників перевізного процесу становлять декілька років.

Перспективними підходами до цього питання є розробка декількох варіантів умов та етапів самого процесу планування організації перевезення вантажів, зокрема зернових, за довгостроковими зобов'язаннями сторін для системних, регулярних транспортувань великих обсягів продукції на фіксованих маршрутах у заздалегідь заплановані дні та час. Це надасть змогу значно зменшити витрати на організацію перевізного процесу для вантажовласників та АТ «Укрзалізниця», певним чином підвищити прогнозованість у раціональному використанні локомотивів та вагонів, зменшити їх дефіцит для виконання заданих обсягів перевезень, а також підвищити пропускну та провізну спроможність залізничної мережі в цілому [1].

Запропоновано розробки в області технології роботи залізничного транспорту, які допоможуть вирішенню важливої задачі взаємодії під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання. Одним із завдань, що вирішуються в запропонованих підходах, є визначення попередньої інформації про комерційну придатність вантажного рухомого складу для забезпечення перевезення заданої кількості вантажу за умови повної їх схоронності в процесі транспортування [2]. Вирішення питань перевезення значної кількості вантажу точно в строк та з забезпеченням його схоронності дозволить значно підвищити привабливість залізничного транспорту для клієнтів, особливо при наявності довгострокових планів на виробництво та транспортування продукції.

[1] Довгострокове планування перевезень зернових. 2022. URL:<https://www.railinsider.com.ua/dovgostrokove-planuvannya-perevezen-zernovyh-obgovoryly-v-eba/>.

[2] Lomotko, D., Kovalov, A., Kovalova, O. Formation of fuzzy support system for decision-making on merchantability of rolling stock in its allocation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2015. Vol. 6(3). P. 11–17.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО  
РУХУ**

**INCREASING THE EFFICIENCY OF PASSENGER TRANSPORT  
ORGANIZATION BY IMPLEMENTING HIGH-SPEED TRAFFIC**

*Канд. техн. наук А.О. Ковальов, канд. техн. наук О.В. Ковальова  
магістрант Д.Ю. Прокопенко*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*A. Kovalov PhD (Tech.), O. Kovalova PhD (Tech.), D. Prokopenko magistrate  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Залізничний транспорт – це основа транспортної системи будь-якої країни. Він має своєчасно і якісно забезпечувати як у внутрішньому, так і у міжнародному залізничному сполученні нагальні потреби населення в перевезеннях та послугах, життєдіяльність основних галузей економіки, а також національну безпеку держави на найвищому рівні у взаємодії з іншими видами транспорту.

Відомо, що підвищення швидкостей составів пасажирських поїздів є одним із пріоритетних напрямків науково-технічного розвитку та прогресу на залізничному транспорті. В сучасних умовах прийнятним є рух составів пасажирських поїздів з максимальними швидкостями від 140 км/год до 350 км/год, зокрема при можливому варіанті суміщеного руху вантажних та пасажирських поїздів.

Слід зазначити, що доволі значне підвищення швидкостей руху составів пасажирських поїздів також буде носити комерційний інтерес для залізничної галузі, так як залізниця зможе надавати потенційним пасажиром конкурентоспроможну по відношенню до інших видів транспорту послугу.

Сучасні тенденції, що з'являються на ринку транспортних послуг з пасажирських перевезень полягають у відносному зменшенні ролі залізничного транспорту та підвищенні значення інших видів, зокрема автомобільного транспорту. Тому необхідно впроваджувати заходи на рівні держави щодо посилення привабливості залізничних пасажирських перевезень для населення. Цього можливо досягти через впровадження швидкісних та високошвидкісних магістралей, а також прискорених поїздів міжобласного сполучення [1, 2].

Високошвидкісні перевезення являють собою невід'ємну частину якісного обслуговування пасажирів у всьому світі. Перспективною умовою розвитку залізниці є розвиток саме прискореного руху з обов'язковим впровадженням підвищення якості обслуговування пасажирів. Нажаль сучасні залізничні

пасажирські перевезення не завжди відповідають таким вимогам і на деяких напрямках перевезень пасажирів почали програвати автомобільному транспорту.

В роботі запропоновано сучасні технічні рішення які забезпечать істотне підвищення швидкості руху поїздів на території України. Проведено аналіз діяльності високошвидкісних пасажирських залізничних перевезень в країнах світу та Україні. Розвиток і впровадження високошвидкісних магістралей в світі показали, що у порівнянні з іншими видами транспорту високошвидкісні залізниці є більш безпечними.

Для визначення доцільності впровадження високошвидкісного руху на основі чистого дисконтного доходу, розроблено модель та відповідну цільову функцію. Впровадження високошвидкісного руху на території України разом із швидкісними лініями дозволяє створити єдину мережу швидкісного та високошвидкісного пасажирського руху, яка буде привабливою для користувачів. Це, в свою чергу, буде сприяти зростанню кількості пасажирів на напрямках Захід – Україна. Економічна інтеграція країни до Європейського Союзу призведе до вирішення проблеми приєднання національних високошвидкісних магістралей до єдиної європейської мережі. Обрано варіант лінії для впровадження високошвидкісної магістралі. За прийнятим варіантом високошвидкісна магістраль примикає до вже існуючої лінії на підходах до м. Києва та на підходах до м. Харкова.

Також проведено економічне обґрунтування доцільності організації швидкісного та високошвидкісного руху в Україні, що є інвестиційним проектом і передбачає поетапне вкладання коштів у розвиток та будівництво, а також дозволить в подальшому отримувати щорічні прибутки від перевезення пасажирів.

[1] Ковальов А.О., Продащук С. М. Слободянюк В.О., Шульженко І.І., Горбатенко О.В. Організація високошвидкісного руху на напрямку. Зб. наук. праць УкрДУЗТ. 2020. Вип 192. С. 52-60.

[2] Ковальов А.О., Ковальова О.В., Ковальов М.О., Селютін Ю.О. , Романенко М. І. Впровадження прискорених поїздів міжобласного сполучення. Зб. наук. праць УкрДУЗТ. 2018. Вип 177. С. 6-11.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ ЗА  
РАХУНОК ІНТЕГРАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ**

**INCREASING THE EFFICIENCY OF THE TRANSPORTATION PROCESS  
THROUGH THE INTEGRATION OF INTELLIGENT SYSTEMS**

*Аспірант Р.А. Пурій, магістрант Ю.В. Прохоренко, студент А.А. Ковальова  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*R. Purii postgraduate, Y. Prokhorenko magistrate, A. Kovalova student  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У сучасних умовах розвитку залізничного транспорту актуальним є питання підвищення ефективності перевізних процесів. Одним із перспективних напрямів є інтеграція інтелектуальних систем у роботу залізничних підрозділів для оптимізації процесів планування, управління та контролю. Використання штучного інтелекту, зокрема великих мовних моделей (ВММ), дозволяє створювати системи підтримки прийняття рішень (СППР), що можуть значно вдосконалити логістичні та операційні процеси на залізниці [1].

Залізнична галузь України, як і більшості країн світу, постійно стикається з викликами оптимізації перевізного процесу, забезпечення безпеки руху та відповідності нормативно-правовим актам. Величезні обсяги документації, що регулюють всі аспекти діяльності залізничних підрозділів, ускладнюють оперативний доступ до актуальної інформації. Це може призводити до затримок у прийнятті рішень, помилок у виконанні робіт та недотримання стандартів. Інтеграція інтелектуальних систем на основі штучного інтелекту, які обробляють інформацію в режимі реального часу, дозволяє суттєво спростити доступ до нормативно-правової бази та підвищити продуктивність залізничних підрозділів [2, 3].

Традиційні методи управління перевезеннями на залізниці часто є неефективними через велику кількість ручних операцій, обмежені можливості аналізу великих обсягів даних та відсутність інтеграції між різними системами управління. Це призводить до затримок, перевантажень, а також недосягнення оптимального використання ресурсів. Виникає необхідність у впровадженні інноваційних технологій, які б дозволяли автоматизувати процеси і забезпечити швидке прийняття рішень. Однією з таких технологій є використання великих мовних моделей для аналізу та автоматизації багатьох процесів.

Великі мовні моделі, такі як GPT, можуть обробляти та аналізувати великі обсяги текстової інформації, включаючи звіти, інструкції, розклади та інші

документи, що є важливими для роботи залізничних підрозділів. Інтеграція ВММ у СППР дозволяє забезпечити автоматичну обробку даних, виявлення закономірностей і тенденцій, а також генерування рекомендацій для покращення перевізних процесів. Завдяки цьому можна підвищити точність планування маршрутів, оптимізувати розподіл ресурсів і зменшити час простоїв, що особливо важливо для забезпечення ефективної роботи залізниці [4].

Створення централізованої бази знань є ключовим кроком для підвищення ефективності управління залізничними перевезеннями та забезпечення безпеки руху. Ця база знань повинна містити всі інструкції, регламенти, нормативно-правові акти, накази, положення та інші документи, що регулюють діяльність залізничних підрозділів. Традиційні методи пошуку та обробки таких даних займають багато часу, що особливо критично у випадках, коли необхідно оперативно приймати рішення. Використання ВММ дозволяє значно зменшити час на пошук необхідної інформації та забезпечити її швидке оновлення.

Інтеграція такої системи дозволить скоротити час на пошук необхідної інформації, знизити ризик помилок через використання застарілих документів, а також забезпечить більш точне та швидке прийняття рішень на основі актуальних даних. Працівники залізничних підрозділів зможуть отримувати відповіді на запити в режимі реального часу, що значно підвищить їхню продуктивність та ефективність у виконанні завдань.

[1] Данько М. І. Інноваційний розвиток залізничного транспорту на основі інтелектуальних технологій. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2012. № 38. С. 3-5.

[2] Acer. Великі мовні моделі: ключ до розкриття потенціалу штучного інтелекту. URL: <https://blog.acer.com/ua/discussion/2085/veliki-movni-modeli-klyuch-do-rozkrittya-potencialu-shtuchnogo-intelektu>.

[3] Railway Supply. Цифрові залізниці Німеччини: прорив у майбутнє залізничного транспорту. 2024. URL: <https://www.railway.supply/uk/czifrovi-zalizniczi-nimechchini-dsd-proriv-u-majbutn%D1%94-zaliznichnogo-transportu/>.

[4] Railway Supply. Deutsche Bahn впроваджує штучний інтелект та 5G для модернізації залізничної інфраструктури. 2024. URL: <https://www.railway.supply/uk/deutsche-bahn-vprovadzhu%D1%94-shtuchnij-intelekt-ta-5g-dlya-modernizaczi%D1%97-zaliznichno%D1%97-infrastrukturi/>.



**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ПІДГОТОВКИ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ  
МОДЕЛЮВАННЯ СТАНЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ**

**IMPROVEMENT OF THE METHOD OF INITIAL DATA PREPARATION FOR  
THE STATION PROCESSES SIMULATION**

*д.т.н. Д.М. Козаченко, О.В. Клыга, Є.В. Харченко*  
*Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)*

*Sc.D. D.M. Kozachenko, O. V. Klyha, Ye.V. Kharchenko*  
*Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)*

Визначення відповідності технічного забезпечення залізничних станцій та під'їзних колій існуючим та плановим обсягам роботи є однією з найбільш розповсюджених задач теорії експлуатації залізниць. Основними методами вирішення цієї задачі є графічне моделювання станційних процесів у вигляді добового плану-графіка та їх імітаційне моделювання на ЕОМ [1]. Вихідними даними для моделювання процесів, що відбуваються на залізничних станціях та під'їзних коліях, є розклад прибуття і структура составів поїздів та маневрових передач, що надходять у переробку. Як правило, вихідні дані для виконання розрахунків містять кількість вагонів, що прибувають на певні призначення протягом розрахункового періоду і кількість вагонів у составах поїздів та маневрових передач. Тривалість технологічних операцій суттєво залежить від розташування вагонів на коліях. Тому, також важливим є встановлення призначень та порядку розташування вагонів у розрахункових составах. Основні складнощі формування розрахункових составів, які виникають при вирішенні практичних задач, пов'язані з наявністю малопотужних призначень та з цілочисельним характером величин кількості вагонів, відчепів та призначень у составах. Для вирішення цієї задачі розроблена методика та алгоритм моделювання составів поїздів.

Вихідними даними для розрахунку є кількість призначень  $D$ , місячні обсяги прибуття вагонів за кожним призначенням  $N_{m,i}$  (тут  $i$  – номер призначення,  $i = \overline{1..D}$ ) та коефіцієнт добової нерівномірності  $k_d$ .

На першому етапі визначається загальна кількість вагонів та кількість вагонів за окремими призначеннями, що прибувають протягом розрахункової доби. Добова кількість вагонів визначається на підставі розрахункового місячного вагонопотоку за формулою

$$N_d = \frac{k_d N_M}{30}. \quad (1)$$

Для визначення переліку основних призначень усі призначення упорядковуються за зменшенням кількості вагонів у них та відбираються  $D_0$  призначень, доля яких складає не менше  $p_n$ . Величину  $p_n$  встановлює людина, що виконує моделювання. Кількість вагонів основних призначень визначається як

$$N_{d,i} = \frac{k_d N_{M,i}}{30}, \quad i = \overline{1..D_0}. \quad (2)$$

Розподіл залишку вагонів  $N_d - \sum N_{d,i}, i = \overline{1..D_0}$  між додатковими призначеннями  $i = \overline{D_0 + 1, D}$  здійснюється випадковим порядком з умови, що витрати часу маневрової роботи на обробку обраних вагонів додаткових призначень будуть відповідати витратам часу на обробку вагонів додаткових призначень, встановлених аналітичним розрахунком.

Кількість составів, що надходять із вхідного потоку, визначається за виразом

$$b = \left\lceil \frac{N_d}{m} \right\rceil, \quad (3)$$

де  $m$  – кількість вагонів у складах;  $\lceil \cdot \rceil$  - операція округлення до більшого цілого числа. Користувачем може бути обрано один з двох варіантів розрахунку кількості вагонів у складах  $m_j$  (тут  $j = \overline{1..b}$ ). Перший варіант передбачає прибуття  $b-1$  склада по  $m$  вагонів та одного склада із  $N_d + m - bm$  вагонів. Другий варіант передбачає прибуття составів випадкової довжини в межах  $(m-\Delta m, m)$ , де  $\Delta m$  – допустима величина зменшення довжини склада, що встановлюється користувачем.

Середня кількість призначень  $D_p$  та відчепів  $g_p$  у розрахункових складах визначається на підставі кількості вагонів у складах, загальної кількості призначень та загальної кількості вагонів на окреме призначення. за методикою, що наведена в «Посібнику з проєктування промислових залізничних станцій».

Подальше формування розрахункових составів здійснюється ітераційно. На першому етапі до розрахункових составів включається не більше ніж один вагон кожного призначення таким чином, щоб середня кількість призначень у складах відповідала цільовому значенню  $D_p$ , а кількість призначень у окремих складах відрізнялась від неї не більше ніж на величину  $\Delta D$ . На другому етапі формуються состави з одновагонними відчепами шляхом поповнення їх вагонами обраних призначень та пошуку такого розміщення відчепів, щоб їх середня кількість у складах відповідала цільовому значенню  $g_p$ , при цьому кількість відчепів у окремих складах не відрізнялась від неї більше ніж на величину  $\Delta g$ . Значення  $\Delta D$  та  $\Delta g$  встановлюються користувачем. На третьому етапі залишок вагонів розподіляється між відчепами таким чином, щоб була забезпечена розрахункова кількість вагонів  $m_j$  у складах.

Запропонована методика програмно реалізована. Її використання забезпечує формування вихідних даних для графічного та імітаційного моделювання у відповідності до існуючих методичних рекомендацій та обмежує вплив людського фактору на результати перевірки відповідності технічного забезпечення залізничних станцій та під'їзних колій існуючим та плановим обсягам роботи.

[1] Kozachenko D., Verlan A, Korobiova R. Improvement of graphical model of railway stations functioning. *International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA)*, Sakheer, Bahrain, 2020, pp. 395-398, doi: 10.1109/DASA51403.2020.9317139.

**УДК:656.13:338.1**

## **ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

### **THEORETICAL PREREQUISITES OF THE RELATIONSHIP OF LABOR SAFETY AND THE ECONOMIC ASSESSMENT OF EMERGENCY SITUATIONS IN TRANSPORT ENTERPRISES**

*Д.С. Козодой канд. технічних наук, доцент  
Н.В. Гриценко канд. економічних наук, доцент  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Kozodoi D.S. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Hrytsenko N.V. Candidate of Economic Sciences, Associate Professor  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Однією з найважливіших умов безперервної діяльності будь-якого бізнесу, державного органу чи міжнародної організації є створення умов для безпечного функціонування. Це досягається за рахунок впровадження жорстких заходів з безпеки праці, які регламентуються українським законодавством. Кожен бізнес у цьому секторі повинен виконувати кілька основних завдань, а саме: скласти інструкції, які регулюватимуть безпеку праці на підприємстві; проводити навчання та перевірку знань співробітників відповідно до законодавчих вимог, що стосуватимуться питань безпеки праці, пожежної безпеки тощо; перешкоджати допуску до роботи співробітників, які не пройшли відповідне навчання або провалили перевірку знань щодо пожежної безпеки чи безпеки праці; організовувати попередні медогляди співробітників перед тим, як прийняти їх на роботу; проводити періодичні медогляди працівників, які проводяться у строки, що були встановлені законодавством України; проводити розслідування нещасних

випадків та захворювань, причиною яких стала виробнича діяльність, відповідно до порядку Кабінету Міністрів України [2].

У контексті безпеки праці на транспортних підприємствах ряд вимог ставиться як до роботодавця (власника підприємства), так і до працівників, які працюють на цьому транспортному підприємстві. Крім того, безпека праці на підприємствах транспорту висуває низку вимог до будівельних конструкцій та інфраструктури, як до виробничої, так і допоміжної діяльності. Зрозуміло, що забезпечення безпеки дорожнього руху є одним із найважливіших соціально-економічних та демографічних завдань, які стоять сьогодні перед Україною. Дорожньо-транспортні пригоди призводять до витіснення працездатного населення зі сфери виробництва. Зрозуміло, що будь-яке порушення правил безпеки праці на транспорті може мати серйозні наслідки. Такі порушення можуть призвести до аварій, які, у свою чергу, можуть призвести до низки проблем, включаючи людські жертви, технічні проблеми та економічні наслідки.

Здатність розрахувати вартість аварії дає змогу кількісно визначити потенційні переваги рішень, які зменшать кількість нещасних випадків. Це дає змогу зважити переваги запропонованих стратегій запобігання нещасним випадкам із витратами на їх впровадження, забезпечуючи оптимальне співвідношення ціни та якості (аналіз витрат і вигод). Крім того, калькуляція аварій дає змогу оцінити загальний вплив аварій у конкретному місці.

У розвинених країнах для оцінки вартості нещасних випадків зазвичай використовують два методи: людського капіталу (НС); готовності платити (WTP) [3]. Підхід НС розраховує вартість економіки на основі трьох ключових факторів: вартість лікування травми людини, втрачений дохід і збитки майну. Деякі методи НС також включають вартість болю та страждань, спричинених смертю або травмою. Незважаючи на включення цього фактора до розрахунку, підхід, як і раніше, вважається недооцінкою справжньої вартості аварії, оскільки він фокусується лише на економічних витратах. Підхід WTP ґрунтується на опитуваннях, які встановлюють готовність людей платити за пом'якшення певних типів ризику. Таким чином, це дозволяє нам визначити цінність запобігання дорожньо-транспортним пригодам, а саме суму, яку суспільство готове заплатити за запобігання аваріям. Хоча цей підхід вважається більш теоретично обґрунтованим, оскільки він більш точно відображає повні соціальні та економічні витрати на смерть та травми, він також представляє певні методологічні проблеми, особливо при розробці інструментів опитування та вартості збору відповідних даних.[3].

В Україні економічна оцінка аварій на транспорті здійснюється відповідно до системи класифікації аварій за типом транспорту [1]. Основними факторами, які враховуються в економічних оцінках, є: людські втрати; травмування окремих осіб; пошкодження транспортних засобів; вплив на навколишнє середовище; порушення графіків руху; та інші відповідні міркування. З часом методика економічної оцінки

надзвичайних ситуацій і аварій розвивалася і на сьогоднішній день має свою структуру та правила розрахунку. Проте, у зв'язку зі структурними змінами в країні, внесенням змін до транспортної законодавчої бази (правил дорожнього руху) та законодавчої бази з безпеки праці, методика економічної оцінки аварійності на транспорті з урахуванням безпеки потребує оновлення, і повинна відповідати вимогам сучасної економічної ситуації та враховувати накопичений позитивний досвід.

[1] Методика визначення соціально-економічних втрат від дорожньо-транспортних пригод М 218-03450778-695:2011. Київ [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=64471](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64471) (дата звернення 24.10.2024р).

[2] Проект Закону України “Про безпеку та здоров'я працівників на роботі” від 27.01.2021р. <https://me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=8c876ee6-0cbb-4ecf-9585-e7b1d24c1335&title=ProektZakonuUkrainiproBezpekuTaZdoroviaPratsivnikivNaRoboti> (дата звернення 24.10.2024р.).

[3] Безуглий А.О., Концева В.В., Стасюк Б.О. Концептуальні засади визначення та обґрунтування розміру соціально-економічних втрат від дорожньо-транспортних пригод. Дороги і мости. 2020. Вип. 21. С. 18–27. <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.21.018> (дата звернення 24.10.2024р.).

**УДК 656.025.2**

## **ВИЗНАЧЕННЯ КОМФОРТУ ПОЇЗДКИ У МІСЬКОМУ ПАСАЖИРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ З ВИКОРИСТАННЯМ КРАУДСОРСИНГУ**

### **TRAVEL COMFORT DETERMINATION IN URBAN PASSENGER TRANSPORTATION USING CROWDSOURCING**

*канд. пед. наук Д.М. Копитков, канд. тех. наук Г.О. Самчук  
Харківський національний університет міського господарства  
ім. О.М. Бекетова (м. Харків)*

*PhD (Ped.) D. Kopytkov, PhD (Tech.) G. Samchuk  
O. M. Beketov National University of Urban Economy (Kharkiv)*

Міський пасажирський транспорт відіграє ключову роль у сталому розвитку міст, що виражається у забезпеченні вільного доступу до місць навчання та роботи, медичних послуг і дозвілля для всіх категорій населення, скороченні часу на пересування та підвищенні мобільності робочої сили.

З функціонуванням міського пасажирського транспорту щільно пов'язане поняття комфорту поїздки, який є одним з основних чинників популярності цього виду транспорту та його позитивного сприйняття пасажирями. Комфорт поїздки також визначає схильність міського населення до користування громадським транспортом замість застосування автомобілю, що зменшує кількість шкідливих викидів до довкілля та підвищує безпеку руху.

Встановлено [1], що комфорт поїздки – це суб'єктивний стан благополуччя пасажера і відсутності певних впливів з боку середовища, в якому здійснюється поїздка. На комфорт поїздки впливають динамічні (прискорення, вібрації, шум), мікрокліматичні (температура, якість повітря, атмосферний тиск, вологість повітря й т.і.) й ергономічні (зручність стояння або сидіння, наявність вільних місць у салоні, його оформлення, освітлення й т.д.) чинники [1].

У поточний час існує доволі багато підходів до визначення комфорту міських пасажирських перевезень [2]. В той же час, більшість з цих досліджень обмежується вивченням одного або двох параметрів, які, на думку авторів, й є показниками комфорту перевезень пасажирів. Частіше за все, використовуються такі величини, як прискорення [3], наповненість салону пасажирського транспортного засобу [4], наповненість салону й час знаходження пасажера в ньому [5], вібрації [6], шум та вібрації [7], а також температура у салоні транспортного засобу [8]. В той же самий час, поняття «комфорт поїздки» є комплексним, й може нараховувати до 20 складових, що його характеризують [9]. Таким чином, на нашу думку, використання 1 або 2 компонентів для виміру комфорту поїздки у вищенаведених дослідженнях є недостатнім, й не характеризує у повному ступені зміст та фактичний прояв цього показника.

Більшість з наведених кількісних показників (наприклад, прискорення, шум, освітлення, температура) можуть бути виміряні пасажиром самостійно під час поїздки з використанням відповідних застосунків до смартфона або візуально (наповнення салону, час перебування у салоні пасажирського транспортного засобу). Виміру мають підлягати лише кількісні показники, оскільки якісні вимагають їх приведення до числового виразу, що потребує розробки окремих надійних шкал вимірювання з метою усунення суб'єктивних оцінок.

Можливість використання смартфонів як надійних вимірювачів певних параметрів середовища, в якому здійснюється поїздка, наведена, наприклад, у [10, 11]. В цьому й полягає зміст краудсорсингу, тобто передачі частини функцій з виконання певного завдання (у розглядуваному випадку – оцінки комфорту поїздки) безпосередньо самим пасажиром без укладання певних угод, договорів й т.і. Під час проведення обстежень на міському транспорті перевагами краудсорсингу є значне охоплення користувачів, добровільність участі та використання сучасних технологій для координації виконання завдань.

У якості бальних (рангових) оцінок загального комфорту поїздки можна використовувати, наприклад, зрозумілу та зручну для пасажирів 5-бальну шкалу. Наприклад, 5 – «відмінно («дуже добре»)), 4 – «добре», 3 – «задовільно», 2 – «незадовільно», 1 – «вкрай незадовільно».

Шляхом послідовного кореляційно-регресійного аналізу можливо перевірити значущість та доцільність включення кожного з наведених кількісних показників до підсумкової моделі, а також зв'язок бальної оцінки комфорту с параметрами поїздки. Перевірка цих припущень потребує проведення натурних обстежень

процесу перевезень пасажирів міським транспортом та обробки даних, отриманих протягом обстежень, за допомогою відповідних математико-статистичних методів, що й є подальшим напрямком досліджень.

- [1] Dacova, D. Ride comfort in road vehicles: a literature review. *Trans & Motauto World*. Year 4. Issue 2. PP. 65–69 (2021).
- [2] Maltinti, F., Coni, M., Rombi, J., Barabino, B., Ventura, R., Rassa, N. A Literature Review on Bus Comfort On-Board. In: Gervasi, O., Murgante, B., Garau, C., Taniar, D., C. Rocha, A.M.A., Faginas Lago, M.N. (eds) *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2024 Workshops*. ICCSA 2024. *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 14824. Springer, Cham. PP. 80 – 97 (2024).
- [3] Eboli, L., Mazzulla, G., and Pungillo, G. Measuring bus comfort levels by using acceleration instantaneous values. *Transportation Research Procedia*. Vol. 18. PP. 27–34 (2016).
- [4] Çelebi, D., İmre, Ş. Measuring crowding-related comfort in public transport. *Transportation Planning and Technology* Vol. 43 (7). PP. 735–750 (2020).
- [5] Shen, X., Feng, S., Li, Z., Hu, B.: Analysis of bus passenger comfort perception based on passenger load factor and in-vehicle time. *Springer Plus* 5 (62). PP 1–10 (2016).
- [6] Hong Zhao, Li-Lu Guo, & Xiang-Yan Zeng. Evaluation of Bus Vibration Comfort Based on Passenger Crowdsourcing Mode. *Mathematical Problems in Engineering*. Vol. 2016. ID 2132454. PP 1–10 (2016).
- [7] Osborne, D. J., Clarke, M. J. Questionnaire surveys of passenger comfort. *Applied Ergonomics*. Vol. 6 (2). PP. 97–103 (1975).
- [8] Pala, Ü. Investigation of thermal comfort for bus passengers during a cooling test inside a climatic chamber. *Journal of Polytechnic*. Vol. 23 (2). PP. 547–555 (2020).
- [9] Heißing, B., Ersoy, M.. Ride Comfort and NVH. In: Heißing, B., Ersoy, M. (eds) *Chassis Handbook*. Vieweg+Teubner. PP. 421–448 (2011).
- [10] Lin, C.Y., Chen, L.J., Chen, Y.Y., Lee, W.C. A comfort measuring system for public transportation systems using participatory phone sensing. In: *Proceedings of Phone Sense, Zurich, Switzerland* (2010). – URL: <https://www.iis.sinica.edu.tw/papers/cellj/11583-F.pdf> ((дата звернення 12.11.2024 р.).
- [11] Templeton, D. Smart phone app to measure ride quality (2017). – URL: <https://www.railjournal.com/technology/smartphone-app-to-measure-ride-quality/> (дата звернення 15.11.2024 р.).

**УДК 656.025.4:658.7888**

## **АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІНТЕРМОДАЛЬНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ**

### **AUTOMATED INTERMODAL TRANSPORTATION MANAGEMENT SYSTEMS**

*канд. техн. наук. О.М. Костєнніков, аспірант В.С. Буклей,  
аспірант М.М. Гузенко  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O. Kostiennikov, PhD (Tech.), V. Buklei, postgraduate student,  
M. Huzenko, posrgraduate student.  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Інтермодальні перевезення є важливою складовою сучасної глобальної економіки, вони дозволяють ефективно доставляти товари на великі відстані за

допомогою комбінації різних видів транспорту. Однією з перспективних технологій залізничного транспортування вантажів є використання контейнерів у рамках інтермодальних перевезень. Зараз у сфері інтермодальних перевезень активно використовуються автоматизовані системи, які підвищують ефективність, безпеку та точність доставки. Найбільш поширені автоматизовані системи, які застосовуються в інтермодальних перевезеннях: [1]

- GPS-навігація та трекінг - системи GPS відслідковують місцезнаходження контейнерів у реальному часі, що забезпечує точність доставки та можливість прогнозування часу прибуття.
- Цифрові платформи управління логістикою - TMS (Transportation Management Systems) Це системи управління транспортом, що дозволяють планувати, оптимізувати та відстежувати логістичні операції.
- Автоматизовані системи планування та диспетчеризації - використання Штучного Інтелекту для аналізу маршрутів перевезень з метою скорочення часу доставки та зменшення поточних витрат.

Ці автоматизовані системи дозволяють покращити координацію між різними видами транспорту, підвищити швидкість та точність доставки, знизити витрати на логістику, а також забезпечити більш безпечні та надійні перевезення.

Інтермодальні перевезення є важливою частиною глобальної логістики, їх специфіка полягає в тому, що вантаж протягом всього шляху знаходиться у складі однієї і тієї самої транспортної одиниці, наприклад, контейнера, а перевезення здійснюється за єдиним транспортним документом та під контролем єдиного оператора, не зважаючи на ці переваги, інтермодальні перевезення ще стикаються з деякими проблемами, які впливають на їх ефективність та надійність. Наведу приклад основних проблем у цій сфері: [2]

- Відсутність узгоджених стандартів для контейнерів та вантажних платформ ускладнює перевантаження товарів між різними видами транспорту, що призводить до додаткових витрат та затримок.
- Митні процедури створюють затримки, особливо коли вантажі переміщуються через декілька державних кордонів. Це супроводжується додатковими документами та формальностями.
- Високі витрати на інфраструктуру та її обслуговування, такі як порти, термінали, залізничні вузли та склади, впливають на кінцеву вартість доставки вантажу.
- Викиди шкідливих речовин під час транспортування, особливо у випадках використання старих дизельних двигунів, сприяють забрудненню навколишнього середовища.

Ці проблеми можна вирішити розробкою глобальних стандартів для контейнерів, платформ, обладнання та процедур. В свою чергу це дозволить зменшити витрати на адаптацію та спростити процеси перевантаження. Поступово



оновлювати залізничні шляхи, порти та термінали, відповідно до сучасних вимог для забезпечення сумісності з новими технологіями та обладнанням. Впровадити електронний документообіг та системи для попередньої обробки митних даних. Це допоможе зменшити кількість ручної роботи та прискорити оформлення на митниці. Узгодити митні вимоги між країнами, де проходять транзитні маршрути для спрощення процесу перетину кордону. Розробити інтелектуальні системи для планування графіків перевезень з урахуванням пікових навантажень та завантаження інфраструктури.

Пропоную вирішити поточні проблеми завдяки реалізації запропонованих рішень. Це дозволить зменшити витрати, покращити якість обслуговування. Також це збільшить конкурентоспроможність компаній на міжнародному ринку і буде сприяти сталому розвитку логістичної галузі та економіки в цілому.

- [1] Перспективи розвитку інтермодальних перевезень в Україні. 2021 / О.М. Огар, А.В. Колісник, О.В. Щєбликіна.  
[2] Розробка автоматизованої технології планування інтермодальних перевезень на основі векторної оптимізації. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2019. Вип. 188. С. 71-85 / Бутько Т. В., Костєнніков О. М., Прохоров В. М., Шапатіна О. О.

**УДК 656.2**

## **ВПРОВАДЖЕННЯ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМУ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ**

### **IMPLEMENTATION OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES IN UKRAINE'S CONTAINER TRANSPORTATION SYSTEM UNDER MARTIAL LAW**

*канд. техн. наук. О.М. Костєнніков, аспірант С.В. Круподєря,  
аспірант А.В. Головка  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O. Kostiennikov , PhD (Tech.), postgraduate student S. Krupoderia,  
postgraduate student A. Holovko  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В умовах глобальних викликів, що постали перед транспортною системою України, впровадження інноваційних технологій набуває особливого значення для забезпечення стійкості та ефективності залізничних перевезень. Сучасні реалії вимагають від нас швидкої адаптації до змін, підвищеної уваги до безпеки та оптимізації логістичних маршрутів, особливо у західному напрямку. Одним із ключових інструментів для вирішення даних завдань може стати технологія блокчейн, яка, за визначенням експертів Amazon, є інноваційним механізмом

управління даними, що забезпечує відкритий інформаційний обмін у рамках бізнес-екосистеми [1].

Для реалізації проекту пропонується створення захищеної блокчейн-мережі на базі Hyperledger Fabric з розгортанням серверної інфраструктури на потужностях AWS. Географічне резервування серверів планується в Польщі та Німеччині, що забезпечить безперервність роботи системи навіть в умовах критичних ситуацій. Система безпеки включатиме багатофакторну автентифікацію, шифрування за стандартом AES-256 та інтеграцію з системами кібербезпеки CERT-UA [2].

Функціональна частина системи охоплює три ключових напрямки. Перший – це трекінг контейнерів з використанням GPS-трекерів та електронних пломб, що дозволить відстежувати місцезнаходження та стан вантажів у реальному часі. Другий напрямок – впровадження електронного документообігу з інтеграцією системи e-CMR та підключенням до "Єдиного вікна" на митниці. Третій – автоматизація фінансових операцій через впровадження смарт-контрактів та інтеграцію з міжбанківськими системами.

Впровадження системи можливо здійснити у чотири етапи загальною тривалістю 15 місяців. На підготовчому етапі буде проведено аналіз вимог, закупівлю обладнання та базове навчання персоналу. Етап технічної реалізації включає розгортання інфраструктури та розробку програмного забезпечення. Пілотний проект може бути запущено на маршруті Одеса-Львів, що дозволить протестувати всі компоненти системи в реальних умовах. Заключний етап передбачає розширення системи на всі основні маршрути та інтеграцію з європейськими транспортними системами.

За попередніми розрахунками, впровадження системи дозволить скоротити час обробки документів з кількох днів до кількох годин, зменшити операційні витрати на 35% та досягти окупності інвестицій протягом двох років.

Особлива увага приділяється питанням безпеки. В умовах воєнного стану система передбачає багаторівневий захист даних, географічно розподілене зберігання інформації та можливість автономної роботи окремих модулів. Інтеграція з європейськими системами дозволить забезпечити безперебійність міжнародних перевезень та спростити процедури на кордонах.

Успішна реалізація проекту стане важливим кроком у модернізації транспортної системи України, підвищенні її конкурентоспроможності та інтеграції до європейської транспортної мережі. Впровадження блокчейн-технологій не лише оптимізує поточні процеси, але й створить надійну платформу для післявоєнної відбудови транспортної інфраструктури країни.

Запропонований проект базується на перевірених технологічних рішеннях та враховує реальні умови роботи залізничного транспорту України. Поетапне впровадження дозволить мінімізувати ризики та забезпечити плавний перехід до нових технологій без порушення поточних перевезень.

[1] What is Blockchain Technology? URL: <https://aws.amazon.com/what-is/blockchain/?awsproducts-all.sortby=item.additionalFields.productNameLowercase&aws-products-all.sortorder=asc>.

[2] Get Started Creating a Hyperledger Fabric Blockchain Network Using Amazon Managed Blockchain (AMB) <https://docs.aws.amazon.com/managed-blockchain/latest/hyperledger-fabric-dev/managed-blockchain-get-started-tutorial.html>.

**УДК 656.223**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНОЮ СИСТЕМОЮ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МАСОВИХ ВАНТАЖІВ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT OF THE LOGISTICS SYSTEM OF RAIL TRANSPORTATION OF BULK CARGO THROUGH THE IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

*аспірант Д.В. Кудряшов<sup>1</sup>, Н.С. Кудряшова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

<sup>2</sup>*АТ «Укрзалізниця»*

*Postgraduate D.V. Kudriashov, N.S. Kudriashova*

<sup>1</sup>*Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)*

<sup>2</sup>*JSC «Ukrzaliznytsia»*

Залізничні перевезення масових вантажів (МВ) є важливою складовою глобальних логістичних ланцюгів, забезпечуючи економічно ефективно транспортування великих обсягів продукції на далекі відстані. Однак сучасні виклики, зокрема оптимізація маршрутів, збільшення пропускної спроможності, зниження витрат, покращення якості обслуговування, інтеграція з іншими видами транспорту, екологічність та підвищення рівня безпеки перевезень, вимагають застосування новітніх технологій для управління логістичними процесами. Одним з таких рішень є впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС) на основі штучного інтелекту (ШІ). ІТС та ШІ здатні значно покращити управління залізничними перевезеннями, сприяти автоматизації, оптимізувати та підвищити надійність перевезень МВ.

Перевезення МВ залізницею є одним з найекономічніших способів транспортування, але традиційні методи управління логістичними системами часто є неефективними через залежність від людського фактора та застарілих технологій. Це призводить до затримок, неефективного використання ресурсів та збільшення операційних витрат. Збільшення обсягів перевезень, вимоги до підвищення

екологічної відповідальності та зниження витрат примушують шукати нові підходи до оптимізації процесів. Впровадження ІТС на основі ШІ дозволяє вирішити ці проблеми за рахунок автоматизації процесів та оптимізації використання ресурсів, дозволяють значно покращити ефективність і точність процесів управління перевезеннями.

Впровадження ІТС на основі ШІ у залізничні перевезення МВ надасть численні переваги. Однією з основних є оптимізація маршрутів, яка дозволить скоротити час на перевезення та знизити витрати. Крім того, покращиться рівень безпеки перевезень. Системи на основі ШІ можуть забезпечувати безпеку на різних етапах транспортування. Наприклад, використання сенсорів і систем комп'ютерного зору для відстеження стану рухомого складу і вантажів у реальному часі. Є можливість зниження операційних витрат завдяки автоматизації процесів. ІТС на основі ШІ можуть прискорити процес завантаження чи розвантаження вантажу. Використання роботизованих кранів і систем завантаження, які можуть підбирати оптимальні стратегії завантаження вагонів для максимального використання доступного простору і зменшення часу простою вагонів на станціях. Також системи можуть враховувати зміни в економіці або на конкретних ринках (наприклад, зростання експорту певної продукції) і прогнозувати, як це вплине на обсяги перевезень.

Автоматизовані системи контролю дозволяють постійно відстежувати стан техніки та забезпечувати своєчасне технічне обслуговування. Це знижує ризик поломок, що у свою чергу зменшує простої та додаткові витрати на ремонт. Завдяки ІТС на основі ШІ відбувається більш точне планування маршрутів і забезпечується синхронізація транспортних операцій, що мінімізує затримки та підвищить надійність перевезень.

Використання ІТС у залізничній логістиці вже активно відбувається у багатьох країнах. У Німеччині та Франції використовуються системи автоматизованого управління рухом поїздів, які дозволяють значно знизити затримки та покращити координацію руху. Вони забезпечують моніторинг стану інфраструктури та допомагають оптимізувати використання колій. У США ІТС активно використовуються для моніторингу вантажних поїздів, що перевозять масові вантажі, такі як вугілля, руда або зерно. Системи дозволяють відстежувати переміщення вагонів, стан вантажу та ефективно планувати маршрути для забезпечення безперебійного транспортування.

Незважаючи на численні переваги, одним з бар'єрів є значні інвестиції, які необхідні для розробки та впровадження нових технологій. Ще одним викликом є інтеграція ІТС у існуючі вже системи. Не менш важливою проблемою є питання безпеки даних. Оскільки ШІ активно використовує цифрові технології, зростає ризик кібератак і витоків інформації.

Проте перспективи впровадження ІТС на основі ШІ у логістику перевезень МВ мають великий потенціал та стануть потужним інструментом для підвищення

ефективності управління логістичними системами залізничних перевезень. Крім того, розвиток ІТС на основі ІІІ стане ключовим фактором для підвищення конкурентоспроможності залізничних перевезень на глобальному ринку та сприятиме інтеграції залізничних перевезень з іншими видами транспорту в єдині мультимодальні транспортні ланцюги.

[1] Кожушко О.В., Порохня В.М. Логістичні системи залізничного транспорту: сучасні виклики та можливості. – Київ: Транспорт України, 2020. – 200 с.

[2] Гаврилюк С.В. Інтелектуальні транспортні системи: розвиток та перспективи впровадження в Україні. – Дніпро: ДНУЗТ, 2019. – 145 с.

[3] Ковальчук В.П., Мельник О.О. Модернізація управління залізничними перевезеннями: перспективи впровадження новітніх технологій // Вісник Транспортної науки України. – 2021. – №3. – С. 56-61.

[4] Малишев В.О., Бондаренко А.Г. Інноваційні рішення в логістиці залізничного транспорту // Логістика та транспорт. – 2020. – №2. – С. 12-19.

[5] Олексієнко В.М. Залізничні перевезення масових вантажів: інтелектуалізація управління процесами. – Львів: ЛТУ, 2018. – 175 с.

[6] Sussman, J. M. Introduction to Transportation Systems – Artech House, 2000. – 457 p.

**УДК 656.13(075)**

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СХЕМИ ІМПОРТУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ В УМОВАХ ВІЙНИ**

## **IMPROVEMENT OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS SCHEME FOR THE IMPORT OF MINERAL GOODS DURING THE WAR**

***І.Ю. Леснікова, Н.В. Халіпова, канд. техн. наук**  
Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

***I.Y. Lesnikova, N. V. Khalipova, PhD (Tech.)**  
University of Customs and Finance (Dnipro)*

Організація перевезень автомобільним транспортом під час війни стала складним завданням через низьку пропускну спроможність прикордонних переходів на заході України, а вартість логістики значно зросла, адже відстань транспортування до портів ЄС збільшилась у рази.

До війни 75% зовнішнього українського товарообігу припадало на морські порти. З 24 лютого 2022 року всі вони заблоковані. Компанії почали шукати альтернативні шляхи для налагодження логістичних ланцюгів. Не стало винятком і перевезення мінеральних добрив [1].

Загроза різкого скорочення глобальної пропозиції призвела до стрімкого зростання цін на добрива, пік яких припав на травень 2022 року, що збіглося з типовим сезонним підйомом попиту на весну в Північній півкулі. Такого рівня інфляції цін не було з 2008 року, але це не лише наслідок війни в Україні.

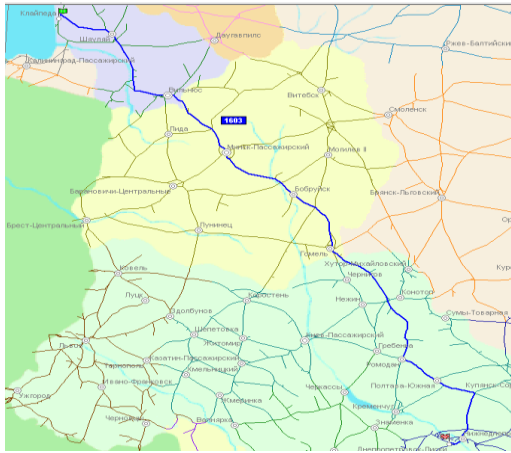
Основними заходами щодо суттєвого зниження сукупних витрат в процесі сільськогосподарського виробництва та підвищення продуктивності праці має бути впровадження нових технологій, які базуються, головним чином, на застосуванні методів логістичного управління [2].

Агрохімікати відносяться до категорії небезпечних вантажів. Викид мінеральних добрив під час аварії загрожує забрудненням навколишнього середовища, отруєнням водія, пасажирів та інших учасників дорожньо-транспортного руху, екологічною катастрофою в разі потрапляння мінеральних добрив у водойми. Тому важливо дотримання запобіжних заходів при перевезенні, саме техніки безпеки та санітарних норм.

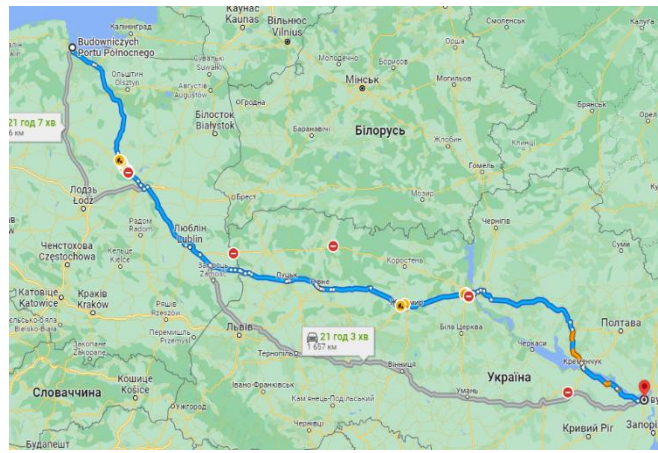
Залізничним транспортом перевозиться приблизно 50% всіх мінеральних добрив. При необхідності доставити мінеральні добрива на відстань до 1000 км перевага віддається вантажним автомобілям. Агрохімікати завантажують в кузов в мішках, бочках, пакетах або цистернах в залежності від агрегатного стану [4].

Військові дії та проблеми з логістикою суттєво вплинули на імпорт мінеральних добрив в Україну. Обсяги поставок істотно скоротилися, деякі великі імпортери були змушені піти з ринку. Так, на початку повномасштабного вторгнення фермери призупинили закупівлі добрив. Частина складів з добривами була пошкоджена, частина – захоплена. Відбулося значне руйнування логістичних і збутових ланцюгів через блокування морських портів і введення заборони на поставки з Білорусі. З точки зору фермерів, ключовими факторами, що негативно вплинули на попит : втрата частини ріллі внаслідок військових дій; підвищення відпускних цін на добрива (до 2-3 разів), значні обмеження експорту зерна через блокування портів і, відповідно, низькі ціни на врожай. У результаті загальне споживання добрив у 2022 році порівняно з 2021 роком зменшилось у 4 рази.

Завдання полягає у розробці транспортно-логістичної схеми доставки мінеральних добрив з м. Ларвік (Норвегія) до складу у м. Дніпро (Україна). Схему перевезення міндобрив у імпортному сполученні через Білорусь у довоєнний час наведено на рис. 1, а. Запропоновано маршрут, за яким буде перевозитися вантаж (рис. 1, б) та розраховано його схему та характеристики. Наразі мінеральні добрива прямують до Польщі (порт Гданськ) водним транспортом після чого перевезення здійснюються автомобільним транспортом.



а



б

Рис. 1. Сухопутна частина маршруту доставки добрив з Норвегії до України : а – залізничним транспортом з порту Клайпеда (Литва) у довоєнний період; б – запропонована схема перевезення автомобільним транспортом з порту Гданськ (Польща)

Підвищення ефективності аграрного сектора вітчизняної економіки в значній мірі залежить від ефективності транспортного обслуговування аграрної продукції. Технологічний цикл виробництва продукції рослинництва передбачає транспортування насіння, органічних та мінеральних добрив, засобів захисту рослин і врожаю. Обсяги перевезень цих матеріалів зростають із збільшенням продуктивності аграрного виробництва. Тому кінцеві результати діяльності аграрного сектору значною мірою залежать від стану і рівня транспортного обслуговування, та його можливості відображати невизначеність щодо осінньої посівної в сільському господарстві та доступу до глобальних ринків. Такий ланцюг виконання кожного з технологічних процесів передбачає безперервність переміщення вантажів, яка значною мірою забезпечується транспортом і має переважно сезонний характер.

[1] Public summary short-term fertilizer outlook 2022 – 2023. IFA market intelligence service. 2022. A/22/112.

[2] Петренко О.І. Проблеми розвитку мультимодальних перевезень в Україні та шляхи їх розв'язання. Ефективна економіка №5 2017. Журнал «Ефективна економіка» - наукове фахове видання з питань економіки.

[3] Петрик А.В. Особливості формування матеріальних потоків в транспортних системах агропромислового виробництва. Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. 2012. Вип. 10. С. 198-204

[4] Особливості перевезення мінеральних добрив автомобільним транспортом. *Just another WordPress site*. URL: <https://logist.kiev.ua/uk/pervezennya-mineralnyh-dobryv-avtomobilnym-transportom/>.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ  
ЗАЛІЗНИЦЯМИ В УМОВАХ СТВОРЕННЯ ЄДИНОГО ЛОГІСТИЧНОГО  
ЦЕНТРУ**

**IMPROVEMENT OF TRANSPORTATION A GRAIN LOADS BY RAILWAYS  
UNDER THE MAIN LOGISTICS CENTER CREATION**

*Д-р. техн. наук Д.В. Ломотко, канд. техн. наук Г.М. Афанасов,  
асп. О.Ф. Афанасова  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr. (Tech.) D.V. Lomotko, Ph.D. H.M. Afanasov, graduate student O.F.  
Afanasova  
<sup>1</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Стабільність та зростання національної економіки значною мірою залежить від ефективності транспортного сектору та гнучкості логістичної діяльності всіх підприємств. Серед основних видів транспорту залізниця має багато переваг і тому успішно використовується в процесі перевезень широкої номенклатури вантажів, зокрема зернових, навіть у сьогоднішніх складних вітчизняних умовах. Необхідність реформування підходу до функціонування сучасної логістичної системи доставки зернових вантажів залізницями зумовлена, насамперед, підвищенням надійності поставок, ефективним управлінням логістичними процесами, зростанням відповідальності перевізників і транспортних операторів, а також пріоритетністю світових тенденцій до розвитку інфраструктури та захисту навколишнього середовища. Слід також враховувати шкідливий вплив автомобільних великовантажних транспортних засобів, що використовуються для перевезення зернових вантажів, на навколишнє середовище, стан доріг, шум та інші форми забруднення: Враховуючи тенденцію країн ЄС до мінімізації автомобільних перевезень, ефективність логістичних центрів на базі залізничних транспортних хабів буде і надалі зростати [1]. Це визначає один із стратегічних напрямів трансформації національної транспортної логістики та інтелектуалізації технічних процесів перевезення зерна на всіх видах транспорту.

Ефективність логістичної діяльності при перевезенні зернових вантажів забезпечується розвитком її складових, зокрема транспортних процесів, процесів прогнозування та управління шляхом створення гнучких виробничо-транспортних логістичних ланцюгів [2]. Одним із шляхів реалізації такого підходу є впровадження інтермодальних транспортних технологій з використанням



прискорених зернових контейнерних поїздів, комплексна механізація та інтелектуалізація технічних процесів, розвиток термінальних мереж. Це дозволить безперешкодно переміщувати зернові вантажі між транспортними пунктами та кордонами. Залізнична логістична система може включати такі компоненти, як окремі транспортні та виробничі компанії [3], інтермодальні вантажні комплекси в сухих портах або навіть логістичні центри, що працюють на єдиний економічний результат. Методологія логістичних систем у таких випадках повинна базуватися на синхронізації з виробничими процесами виробників сільськогосподарської продукції, зернотрейдерів та інших компаній, що відправляють та отримують вантажі. Цього можна досягти шляхом раціоналізації та оптимізації розподілу транспортних потоків зернових вантажів на шляху до кінцевого споживача з урахуванням прибутковості, продуктивності та ефективності загальної системи управління виробничо-транспортним логістичним ланцюгом.

Залізничний транспорт є важливою складовою єдиного транспортного комплексу України і являє собою найбільш розвинену та розгалужену інфраструктуру транспортної мережі України, що охоплює всі регіони, які мають стратегічне та економічне значення, та міжнародні транспортні коридори. Потужна інфраструктура, технологічні та інформаційні ресурси в усіх регіонах України мають бути використані як основа для створення масштабних логістичних центрів і кластерів. На цій основі має бути створений єдиний логістичний центр для управління транспортним процесом всіх видів вантажів. Вертикальна структура, що складається з єдиного логістичного центру, великих логістичних центрів у промислових та сільськогосподарських кластерах та регіональних (локальних) логістичних центрів у точках зміни вантажопотоків. Це має стати невід'ємною частиною національної транспортної системи перевезення зернових вантажів. При цьому залізнична галузь зможе відігравати домінуючу роль в управлінні вантажопотоками в усьому національному транспортному комплексі.

Таким чином, національна логістична система повинна складатися з трьох рівнів. Вона повинна складатися з інтегрованих структурних підрозділів (транспортні технології, станційні операції, центри обробки документів, центри управління рухом). Формування процесу залізничних перевезень зернових вантажів у контексті побудови єдиного логістичного хабу може вирішити одночасно кілька стратегічних завдань, таких як підвищення надійності та гнучкості ланцюга поставок, максимізація фінансових результатів для всіх учасників логістичного процесу та зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище.

[1] Lomotko, D., Ohar, O., Kozodoi, D., Barbashyn, V., Lomotko, M. (2023). Efficiency of “Green” Logistics Technologies in Multimodal Transportation of Dangerous Goods. *Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 536. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7\\_74](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_74).

[2] Ломотко Д.В., Афанасова О.Ф. Шляхи удосконалення технології перевезень зернових вантажів залізничним транспортом. Транспортні технології та безпека дорожнього руху. Збірник тез доповідей П'ятої всеукраїнської

науково-практичної конференції 12–13 березня 2024 р., Запоріжжя [Електронний ресурс] / Редкол. :С.М. Турпак (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2024.- С. 35-37.

[3] Lomotko, D., Kovalov D. The usage of genetic algorithms when planning railway transportation in international connection. Transport technologies, 2024; Volume 5, Number 1 : pp/ 64-71. <https://doi.org/10.23939/tt2024.01.064>.

**УДК 656.223**

## **ПИТАННЯ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ПРИНЦИПАХ ЛОГІСТИКИ**

### **THE ISSUE OF THE FORMATION OF THE RAILWAY CONTAINER TRANSPORTATION SYSTEM ON THE PRINCIPLES OF LOGISTICS**

*Доктор техн. наук, проф. Д.В. Ломотько, магістранти І.А. Беляєва,  
Є.М. Попов, В.О. Стратієнко  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr. Sc. (tech.), D. Lomotko, master's students I. Belyaev,  
E. Popov, V. Stratienko  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkov)*

Розширення кордонів ЄС та інтенсифікація процесу європейської транспортної інтеграції вимагають нової орієнтації в розвитку транспортних потоків і транспортних мереж: основою інфраструктурної політики ЄС є трансформація національних транспортних систем в єдину транс'європейську транспортну мережу (TEN-T). Однією з основних тенденцій розвитку міжнародної транспортної системи є збільшення обсягів контейнерних перевезень. Глобалізаційні процеси, що відбуваються у світовій економіці, суттєво впливають на роль транспорту в забезпеченні економічної стабільності національних економік. Однією з основних тенденцій розвитку міжнародної транспортної системи є збільшення обсягів контейнерних перевезень. Контейнерні перевезення стають невід'ємною частиною міжнародної транспортної системи, забезпечуючи надійну та безперебійну доставку вантажів різними видами транспорту. Аналіз світових тенденцій розвитку контейнерних перевезень показує, що контейнерні перевезення є ефективними не тільки з точки зору вартості доставки вантажів, але й з точки зору швидкості та екологічної безпеки завдяки мобільності транспортних одиниць.

Наприклад, за останні роки залізницями України було перевезено більш ніж 40 тис. контейнерів, більшість з яких - імпорتنі та експортні вантажі (близько 62%). Порівняння обсягів перевезень по роках показує зниження порівняно з довоєнним 2021 роком, що пов'язано із введенням воєнного стану, загальним спадом в економіці країни та значним зменшенням транзитних контейнерних перевезень. При цьому обсяги імпорتنих та експортних контейнерних перевезень скоротилися лише на 8%, що свідчить про перспективи розвитку цього сегменту транспортного ринку. Частка контейнерів, перевезених основною транспортною компанією в Україні - УДП «Ліски», становить більш ніж 80% від загального обсягу контейнерних перевезень залізничним транспортом в Україні.

У зв'язку зі зростаючим попитом на залізничні контейнерні перевезення з боку всіх учасників виробничого процесу, пошуком ефективних технічних і технологічних рішень, вивченням і впровадженням зарубіжного досвіду використання контейнерних логістичних систем, доставки вантажів з поліпшеною якістю обслуговування в частині скорочення термінів доставки і зниження транспортних витрат слід впроваджувати схеми.

Через нерівномірність розподілу вантажопотоків у національній транспортній мережі формуються системи з різною ефективністю логістичних операцій. Це пов'язано з різним станом і рівнем розвитку окремих видів транспорту в різних регіонах, різним рівнем конкурентоспроможності виробників, споживачів і систем доставки продукції, наявністю розвиненої інфраструктури (особливо в транспортних коридорах). У цьому контексті на особливу увагу заслуговує поширення сучасних логістичних технологій доставки продукції. Серед них все більшого значення набувають контейнерні перевезення в універсальних та спеціальних контейнерах, а також необхідність розбудови та розвитку відповідної інфраструктури у вигляді системи контейнерних терміналів, транспортних центрів та розподільчих центрів.

Результатом дослідження є розробка науково-методичного підходу до підвищення ефективності контейнерних перевезень на вітчизняних підприємствах шляхом створення сучасних контейнерних логістичних центрів.

[1] Lomotko D., Kovalov D. The usage of genetic algorithms when planning railway transportation in international connection. *Transport technologies*, 2024; Volume 5, Number 1 : pp/ 64-71. <https://doi.org/10.23939/tt2024.01.064>.

**АКТУАЛЬНІСТЬ ТА СВОЄЧАСНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ТРАНСПОРТНУ ЛОГІСТИКУ**

**RELEVANCE AND TIMELINESS OF IMPLEMENTING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TRANSPORT LOGISTICS**

*Д.В. Ломотько доктор технічних наук, професор*

*А.В. Гриценко магістр*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Lomotko D.V. Doctor of Technical Sciences, Professor*

*Hrytsenko A.V. Master's degree*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Штучний інтелект трансформує багато галузей народного господарства, зокрема транспортну логістику. Мета штучного інтелекту зробити революцію в транспортній логістиці. Це підвищить ефективність, покращить якість обслуговування та зменшить витрати. Розглянемо актуальність застосування штучного інтелекту в транспортній логістиці.

Одним із ключових застосувань штучного інтелекту в транспортній логістиці є оптимізація маршрутів доставки. Штучний інтелект за допомогою автоматизації аналізує величезні обсяги даних, включаючи інформацію про дорожній рух, погодні умови та інші фактори, що впливають на доставку. Це дозволяє нам скоротити час у дорозі, витрати на паливе та обслуговування транспортного засобу. Штучний інтелект здатний аналізувати низку різних факторів, включаючи затори на дорогах, поточні дорожні роботи, аварії та навіть погодні умови. Це дозволяє встановлювати найбільш оптимальні маршрути доставки вантажів, що не тільки економить час, але й значно скорочує витрати на паливе. Це, у свою чергу, має перевагу у зменшенні вуглецевого сліду від транспортних засобів[1,2].

Штучний інтелект також широко використовується для автоматизації складських операцій. Це включає відстеження запасів і керування ними, маршрутизацію вантажів, обробку замовлень і відправлень, а також контроль якості. Автоматизовані системи на складах можуть пакувати, сортувати та перевіряти якість товару [2]. Це зменшує потребу в ручній праці, кількість помилок і час обробки замовлень. Тобто веде до зменшення участі людини у процесі, що призводить до скорочення витрат на заробітну плату.

Штучний інтелект може покращити прогнозування попиту та управління запасами. Алгоритми машинного навчання аналізують дані, щоб передбачити

майбутній попит. Це допомагає уникнути непотрібного зберігання товарів і пов'язаних з цим витрат.

В деяких європейських країнах штучний інтелект використовується для розробки самокерованих автомобілів, що в майбутньому, може взагалі змінити логістику. Ці транспортні засоби можуть знайти найкращий шлях дістатися від пункту А до пункту Б, заощаджуючи час і гроші [1,3].

Штучний інтелект допомагає створювати «розумні дороги», які роблять водіння безпечнішим та ефективнішим. Ці дороги можуть прогнозувати погоду, попереджати водіїв про небезпеку та оптимізувати рух [1].

Найважливішим є те, що штучний інтелект у транспортній логістиці скорочує витрати. Транспортні компанії можуть керувати ресурсами та скорочувати витрати за допомогою оптимізації маршрутів, автоматизації складів і прогнозування попиту [4].

Також, ще одним з важливих «плюсів» є те, що штучний інтелект, за допомогою автоматизації процесів покращує обслуговування клієнтів. Швидка доставка, ефективне управління запасами та автоматизація процесів допомагають транспортним компаніям швидко реагувати на потреби клієнтів і пропонувати високий рівень обслуговування[4].

Отже, актуальність впровадження штучного інтелекту є очевидною та дає транспортним компаніям конкурентну перевагу. Вони можуть швидко адаптуватися до змін, прогнозувати попит і оптимізувати логістичні процеси, роблячи їх більш гнучкими та стійкими до коливань ринку. Своєчасне використання штучного інтелекту в транспортній логістиці допоможе зробити процеси більш ефективними. Штучний інтелект допомагає компаніям працювати краще, витратити менше та залишати клієнтів задоволеними. У майбутньому штучний інтелект відіграватиме ще більшу роль у транспортній логістиці, що допоможе галузі розвиватися та ставати більш конкурентоспроможною.

Можна стверджувати що штучний інтелект в майбутньому змінить транспортну логістику. Це допоможе транспортним компаніям вирішити старі проблеми. Майбутнє за тими, хто інвестує в штучний інтелект та використовує його у своїх процесах. Такі транспортні компанії стануть лідерами на транспортних ринках та будуть і надалі стабільно розвиватися.

[1] Kirkin O.P., Kirkina T.Y Knowledge bases for different artificial intelligence methods, used in transportation systems, SWorldJournal. Issue 9 / Part 1. P. 60-63. URL: <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj09-01-022> (дата звернення 23.10.2024).

[2] Алькема В. Г., Арцюх Ю. В. Інноваційна стратегія клієнтоорієнтованого логістичного сервісу. Вчет записки Університету «КРОК». 2014. Вип. 35. С. 159-166.

[3] Штучний інтелект у логістиці та вантажних перевезеннях. URL: [https://logist.today/uk/dnevnik\\_logista/2019-12-22/iskusstvennyj-intellekt-v-logistike-i-gruzovyhpe-revozkah/](https://logist.today/uk/dnevnik_logista/2019-12-22/iskusstvennyj-intellekt-v-logistike-i-gruzovyhpe-revozkah/) (дата звернення: 23.10.2024).

[4] Перспективи застосування штучного інтелекту в логістиці. URL: <https://logist.fm/news/perspektivi-zastosuvannya-shtuchnogo-intelek-tu-v-logistici> (дата звернення: 23.10.2024).

**ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЛОГІСТИЧНИХ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ  
ТРАНСПОРТІ**

**PROBLEMS OF IMPLEMENTING MODERN LOGISTICS INFORMATION  
AND CONTROL SYSTEMS IN RAILWAY TRANSPORT**

*Доктор техн. наук, проф. Д.В. Ломотько, магістранти Б.В. Данілов,  
М.В. Ралков, А.В. Атамась  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr. Sc. (tech.), D. Lomotko, master's students B. Danilov,  
M. Ralkov, A. Atamas  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkov)*

Важливою складовою транспортної системи України є залізничний транспорт, який вважається однією з основних галузей економіки. Одним з основних напрямків розвитку вітчизняної системи залізничного транспорту є створення макрологістичної системи, яка повинна формувати операції на основі інформаційно-керуючих та інтелектуальних систем [1-3].

Інтелектуалізація транспортної логістики сьогодні є новим напрямком, який повинен розвиватися відповідно до потреб підприємств, вантажовласників та споживачів транспортної продукції. Формування процесу розвитку залізничної мережі має базуватися на науково обґрунтованому підході до її функціонування, створенні перспективної інфраструктури та технологій експлуатації, на визначенні ефективних умов взаємодії різних транспортних систем. Як показує світовий досвід, цього можна досягти шляхом застосування логістичних принципів для створення когнітивних транспортних систем.

Когнітивна система (від лат. *cognito* - пізнання, знання, звичка) - це багаторівнева система, що забезпечує виконання всіх основних когнітивних функцій організму, на основі яких будуються різні когнітивні моделі пізнання людини. Когнітивні технології, також як й штучний інтелект, «імітують» розумову діяльність людини. Зазвичай вони базуються на моделях нечіткої логіки або нейронних мережах. Метою побудови когнітивних транспортних систем є отримання та використання нових знань для прийняття рішень у складних технічних ситуаціях та інтелектуальної обробки даних, пов'язаних з логістичними потоками. Основними компонентами та учасниками когнітивної транспортної системи є

- Транспортна інфраструктура

- Транспортні засоби.
- Системи дистанційного керування елементами транспортної інфраструктури та транспортними засобами;
- Інтелектуальні інформаційні технології для дистанційного керування об'єктами;
- Аналітичні центри для збору та обробки логістичної інформації;
- Центри прийняття рішень та управління логістичними потоками.

Впровадженню цих підходів і технологій сприяє автоматизація всіх ланок транспортної системи шляхом впровадження інформаційних систем управління та підтримки прийняття рішень. Використання логістичних технологій та основних підходів до забезпечення інтегруєбельності в логістичних підсистемах має на меті оптимізацію транспортних процесів. Інтегруєбельність в цьому контексті повинна відповідати Директивам 96/48/ЄС та 2001/16/ЄС про технічне регулювання залізничного транспорту. Тому розробка та супровід логістично-орієнтованих інформаційно-керуючих систем є перспективним напрямком, особливо – при відбудові економіки країни у повоєнний період.

Функціональна сфера логістичних інформаційно-керуючих транспортних систем в Україні повинна бути спрямована на комплекс економічних, організаційних та управлінських заходів, що забезпечують ефективність роботи всієї транспортної системи. Як визначено в стандарті ISO 9004-1, життєвий цикл інформаційної технології - це час від моменту, коли визначається потреба в конкретній технології, до моменту, коли ця потреба задовольняється, а технологія та всі пов'язані з нею продукти замінюються або утилізуються.

Цього можна досягти шляхом оптимізації технологій у всіх частинах транспортно-виробничого логістичного ланцюгу та створення раціональних інфраструктурних підсистем, які враховують життєвий цикл використовуваної транспортної технології.

[1] Ломотько Д. В., Ковальов А. О., Ковальова О. В. Formation of fuzzy support system for decision-making on merchantability of rolling stock in its allocation //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Т. 6. – №. 3 (78). – С. 11-17, <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.54496>.

[2] Congli Hao, Yixiang Yue, Optimization on Combination of Transport Routes and Modes on Dynamic Programming for a Container Multimodal Transport System, Procedia Engineering, Volume 137, 2016, Pages 382-390, ISSN 1877-7058, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.272>.

[3] Lomotko D., Kovalov D. The usage of genetic algorithms when planning railway transportation in international connection. Transport technologies, 2024; Volume 5, Number 1 : pp/ 64-71. <https://doi.org/10.23939/tt2024.01.064>.

**ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ  
СУХИЙ ПОРТ**

**INFORMATION CONTROL SYSTEMS OF THE DRY PORT LOGISTICS  
CENTER**

*Докт. техн. наук Д.В. Ломотко, аспірант Д.Д. Ковальов  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr.Sci.Tech. D.V. Lomotko, D.D.Kovalov  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Автоматизація логістичних процесів все міцніше закріплює свої позиції в управлінні та функціонуванні транспортної інфраструктури логістичних центрів сухих портів (ЛЦСП).

Сучасні ІТ надають широкий спектр послуг пов'язаних з перевезенням контейнерів залізничним транспортом. На прикладі вітчизняної компанії «Е-ЛОГІСТ» можна розглянути, яким стандартам оптимізації вагонопотоку мають відповідати системи автоматизації вантажних перевезень:

- GPS-tracking вагонів/контейнерів на будь-якому етапі перевезення, у режимі реального часу;
- Економія витрат завдяки оптимізації руху і використанні парку вагонів/контейнерів;
- Легка інтеграція в наявні системи за допомогою API;
- Звіт про кожний із вагонів/контейнерів, з прогнозованим технічним обслуговуванням;
- Мінімізація втрат через простой вагонів/контейнерів із вантажами, сторонній вплив [2].

Усі вищеперераховані функції та вимоги до автоматизації перевізних процесів створюють передумови до виникнення вдосконалених систем підтримок прийняття рішень (СППР). Однак це не означає повне виключення людського фактора із перевізного процесу. Сучасні СППР лише «допомагають» (надають якомога більше інформації) кваліфікованому персоналу у прийнятті кінцевого рішення.

Основними елементами кожної інформаційно-керуючої системи (ІКС) є автоматизовані робочі місця (АРМи) оперативного і диспетчерського персоналу, бази даних та телекомунікаційні зв'язки для проведення оперативного управління або регулювання контейнеропотоків [1]. Таким чином до ІКС ЛЦСП має бути



інтегрована АРМ логіста в основу якого покладена математична модель визначення оптимальної партії відправки з ЛЦСП.

Слід зазначити, що обов'язковою умовою для функціонування ІКС ЛЦСП є її інтеграція у більш глобальну структуру керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці (АСК ВП УЗ), зв'язок з якою відбувається інформаційними потоками. Загальна структура ІКС ЛЦСП наведена на Рис 1.

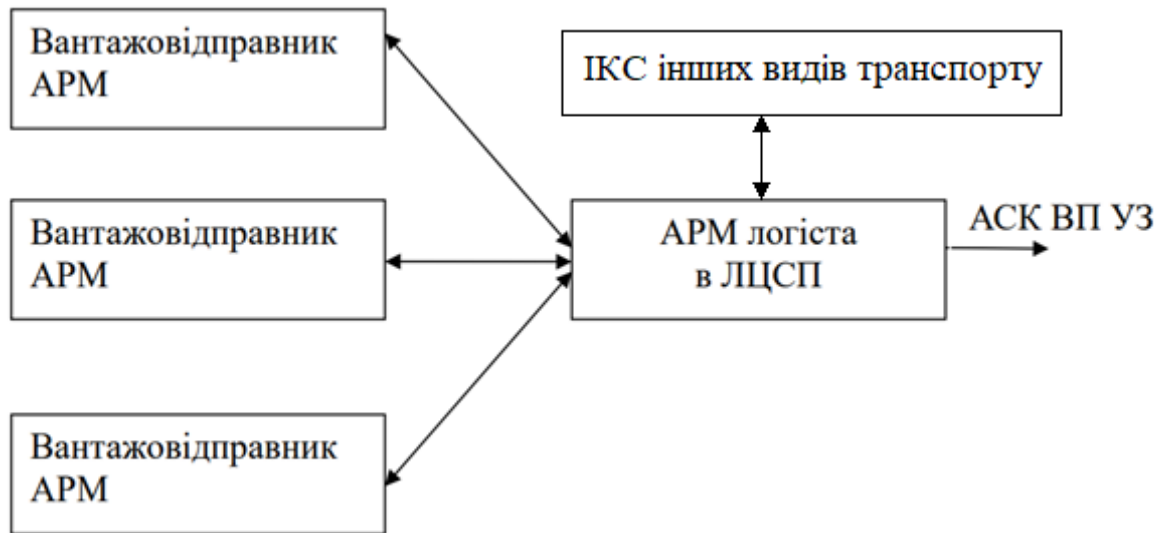


Рис. 1. Структура ІКС ЛЦСП [1]

Широкий функціонал ІТ технологій та СППР дозволяє покращити та «покрити» більшість проблем з якими стикається галузь транспортної логістики. Однак найважливішим критерієм будь-якої ІКС ЛЦСП є її гнучкість та можливість до інтеграції в наявну систему АСК ВП УЗ, та АРМами інших учасників перевізного процесу.

[1] Бутько Т.В., Шумик Д.В. Сучасні інформаційні технології в управлінні залізничними підрозділами: Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2012.

[2] Офіційний сайт компанії «Е-ЛОГІСТ». URL: <https://www.elogist.online/#about>.

**ПИТАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ  
ЗАЛІЗНИЦІ ІЗ МІСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ**

**THE ISSUE OF EFFECTIVE INTERACTION OF HIGH-SPEED RAILWAY  
WITH CITY TRANSPORT**

*Доктор техн. наук, проф. Д.В. Ломотько,  
магістранти А.М. Шаповалов, А.М. Жуков*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr. Sc. (tech.), D. Lomotko,*

*master's students A. Shapovalov, A. Zhukov*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkov)*

Стале функціонування залізничного транспорту України має велике значення для нашої держави. Важливу роль в транспортній галузі грають пасажирські залізничні перевезення. Сьогодні програма впровадження швидкісного руху пасажирських перевезень перебуває в стадії розділу пасажирського та вантажного руху. Досвід функціонування швидкісних і високошвидкісних пасажирських магістралей (ВШМ) має два основних напрямки розвитку: японський та французький. Перший це відокремлений розвиток мережі ВШМ від загальної залізничної мережі (Японія, Іспанія) зі швидкістю до 250- 300 км/год. Другий – це варіант впровадження швидкісних пасажирських перевезень шляхом реконструкції залізничних колій для можливості руху поїздів до 200 км/год (Німеччина, Італія) [1].

У зв'язку зі зростаючим попитом на залізничні пасажирські перевезення актуальним постає питання взаємодії ВШМ з іншими, зокрема із міським транспортом. Основними ключовими аспектами при розрахуванні з'єднання з ВШМ є:

- Чіткий розклад: Синхронізація розкладу руху поїздів ВШМ і місцевого громадського транспорту, щоб мінімізувати час очікування пересадок.
- Спеціальні маршрути: Створення спеціальних маршрутів, які безпосередньо з'єднують станцію ВШМ з ключовими районами міста, включно з діловими, культурними та житловими зонами.

- Пішохідні переходи: Створення зручних і безпечних пішохідних переходів від станції ВШМ до зупинок громадського транспорту.
- Підземні та надземні переходи: Якщо це необхідно, можна побудувати підземні або надземні переходи, щоб уникнути конфліктів з автомобільним рухом.

Інноваційні проекти в залізничному транспорті сприяють інтеграції різних систем громадського транспорту та зниженню навантаження на автодороги та пункти пересадки. Транспортний хаб являє собою комфортну пересадочну зону, що об'єднує різні види громадського транспорту з ВШМ. Сучасний транспорт займає 10-25% міського простору, тому громадський транспорт має перейти на комфортабельні автобуси з єдиними соціально орієнтованими тарифами, замінюючи хаотичні маршрутки. В той же час будівництво нових високошвидкісних доріг покращує транспортну доступність і створює робочі місця.

З'єднання та ефективна взаємодія ВШМ з громадським транспортом міста - це важливий елемент для підвищення мобільності громадян та оптимізації транспортної інфраструктури. Ось кілька кроків і рекомендацій зі створення ефективної системи інтеграції [2, 3]:

- Важливість вибору місця розташування для станцій: станції ВШМ мають розташовуватися в стратегічно зручних місцях, наприклад, близько до ділових районів, великих торгових центрів або житлових районів.
- Доступність: Місця знаходження станцій мають забезпечувати легкий доступ до громадського транспорту. Необхідно враховувати географічні та соціальні особливості території.
- Створення транспортних пересадочних вузлів: необхідно розробити пересадочні вузли, де пасажери можуть легко переходити з ВШМ на інші види транспорту (метро, автобуси, трамваї, таксі тощо) із наявністю зручних пішохідних переходів, ліфтів і ескалаторів для доступу до рівнів станції.
- Єдина система оплати: впровадити систему, що дає змогу використовувати один квиток для поїздок на ВШМ і громадському транспорті, при цьому використати електронні платежі та забезпечити можливість безконтактної оплати на всіх видах транспорту.

Подальший розвиток інфраструктури можливо у напрямку запровадження нових маршрутів громадського транспорту, які з'єднують станцію ВШМ з віддаленими районами міста. Для цього рекомендовано покращити інформаційну підтримку шляхом встановлення електронних табло з актуальною інформацією про рух поїздів і розклад громадського транспорту на станціях, із зворотнім відліком часу до найближчого маршруту транспортного засобу.

У перспективі слід запропонувати використання екологічних транспортних засобів: електричні та гібридні автобуси (тролейбуси) для зменшення вуглецевого сліду. Таким чином, комплексний підхід до інтеграції високошвидкісної залізничної магістралі з міською транспортною системою забезпечить ефективніше, зручніше та екологічно чистіше пересування містян.

[1] Бутько Т.В., Прохорченко Г.О. Формування процедури автоматизації розробки графіку руху поїздів на основі алгоритму штучних бджолиних колоній. Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Транспортні системи та технології перевезень. - 2015. - Вип. 9. - С. 10-15.

[2] Ломотько Д.В., Філіпський О.В., Ломотько М.Д., Красноштан О.М. Формування узгодженого графіку руху для мультимодальних пасажирських перевезень за участю залізничного транспорту // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 2019.- № 2(135).- с. 49-58. DOI: 10.18664/iksz.v0i2.164954.

[3] Ломотько Д.В., Філіпський О.В., Ломотько М.Д., Красноштан О.М. Удосконалення технології мультимодальних залізничних пасажирських перевезень за участю автотранспорту // Залізничний транспорт України, 2019.- № 2(135).- с. 4-16. DOI: 10.34029/2311-4061-2019-131-2-04-16.

**УДК: 656.222.3**

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РІШЕННЯ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МАНЕВРОВИМИ ОПЕРАЦІЯМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

### **INTELLIGENT SOLUTIONS FOR SHUNTING OPERATIONS MANAGEMENT USING ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES**

*д.т.н., професор, Д.В. Ломотько<sup>1</sup>, М.Д. Ломотько<sup>1</sup>, аспірант О. Іщука<sup>2</sup>*  
<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)  
<sup>2</sup>Інститут Ризького Технічного Університету (м. Рига, Латвія)

*Dr. Sc. (tech.), professor, Denis Lomotko<sup>1</sup>, Mykola Lomotko<sup>1</sup>,  
PhD student O. Ishchuka<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

<sup>2</sup>Institute of Riga Technical University (Riga, Latvia)

В даний час підвищення ефективності маневрових операцій на сортувальних станціях є одним із ключових завдань у транспортній логістиці [1]. Традиційні методи управління маневровими процесами часто пов'язані з високими витратами енергії та недостатньою автоматизацією на станціях. Ці проблеми призводять до підвищення експлуатаційних витрат та зниження загальної продуктивності роботи станцій. У зв'язку з розвитком інтелектуальних транспортних систем з'являється можливість значно покращити керування маневровими операціями, скоротити енерговитрати та підвищити екологічну безпеку залізничного транспорту [2].

Мета цієї роботи – запропонувати інтелектуальні та енергоефективні рішення, спрямовані на оптимізацію маневрових операцій та підвищення їх ефективності.

Для вирішення цього завдання необхідно застосувати комплексний метод, що включає впровадження інтелектуальних транспортних систем та енергоефективних технологій. Одним із ефективних методів для оптимізації управління маневровими операціями є використання генетичних алгоритмів [3], які здатні вирішувати завдання пошуку найкращих рішень у складних системах із безліччю змінних. Такий підхід дозволить оптимізувати керування маневровими операціями на основі автоматизованих рішень, використання даних у реальному часі для мінімізації енерговитрат.

Генетичні алгоритми (ГА) - це потужний інструмент для вирішення задач оптимізації, і вони широко застосовуються в різних галузях науки та техніки. Розглянемо приклади наукових статей, де використовувався ГА, щоб показати його застосування та ефективність.

Робота [4] наголошує на значущості використання ГА в задачі формування вантажних поїздів, що відкриває нові можливості для оптимізації процесів на сортувальних станціях. Підхід, що ґрунтується на ГА, може значно прискорити процес прийняття рішень, підвищити його ефективність та безпеку, що робить його актуальним для впровадження в реальних умовах.

У роботі [5] успішно продемонстровано застосування ГА для оптимізації планування руху поїздів. Результати дослідження показують, що впровадження ГА у стійку еластичну модель дозволяє збільшити доходи на 48% та скоротити час у дорозі на 25%. Крім того, модель демонструє високу чуйність до змін у цільовій функції часу в дорозі. Досягнення, такі як 50% поліпшення пропускну здатності та збільшення доходу на 71%, підкреслюють практичну значущість ГА для підвищення ефективності та фінансових результатів у залізничному транспорті.

Дослідження [6] є практичним застосуванням завдання енергоефективного управління поїздами (ЕЕТС). Дослідження фокусується на визначенні швидкісного профілю шляху, що мінімізує витрату енергії на потяг для поїздів, враховуючи зміни в розкладі, викликані непередбачуваними подіями. Для вирішення цього завдання пропонуються три методи: конструктивна евристика, багатопочаткова рандомізована конструктивна евристика та ГА. Численні експерименти на реальних прикладах показують, що розроблені методи забезпечують високоякісні рішення з відповідним часом обчислень для додатків у реальному часі.

У статті [7] представлено дворівневий енергоефективний метод оптимізації розкладу поїздів, що ґрунтується на рішенні Парето «енергія-час». Розроблено багатоцільовий метод, що враховує ухили та криві, а також удосконалений генетичний алгоритм (INSGA-II) для досягнення оптимального швидкісного профілю шляху. Використовується модель цілого лінійного програмування (ILP) для оптимізації розкладу з новим методом ВВОТ. Дослідження на ділянці Пекін-

Цінівань показало, що оптимізований розклад дозволяє заощадити до 18,69% енергії при своєчасному прямуванні поїздів, а у випадках затримок економія становить 4,69%, 9,93% та 8,05%.

У статті [8] розглянуто завдання оптимізації маневрових операцій на сортувальних станціях з використанням моделі змішаного цілісного програмування (МІР), яка показала покращення на 10% порівняно з евристичними методами. Однак, основний недолік МІР полягає в його обчислювальній складності, що робить його менш придатним для завдань, що вимагають швидкого прийняття рішень у реальних умовах станції. ГА міг би запропонувати більш гнучке та ефективно вирішення цієї проблеми, забезпечуючи швидке знаходження близьких до оптимальних рішень за рахунок еволюційного пошуку у великому просторі рішень.

У наші дні необхідно підвищувати ефективність маневрових операцій, що потребує впровадження інтелектуальних транспортних систем та енергоефективних технологій. ГА є ефективним інструментом для оптимізації цих процесів, дозволяючи скоротити енерговитрати та підвищити безпеку прийняття рішень. Проведені дослідження показують, що використання ГА може призвести до значного збільшення доходів та поліпшення пропускнуєї спроможності. Хоча традиційні методи, такі як МІР, мають свої плюси, але їх складність у розрахунках робить ГА більш ефективним.

[1] Logistics approach in energy-efficient technology for shunting work at the marshalling station, Ischuka, O., Lomotko, D., Lomotko, M., *Transport Means 2022, Proceedings of the International Conference, 2022-October*, p. 431–436.

[2] Energy Efficiency Directive. веб-сайт. URL: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en)

[3] Genetic algorithms and genetic programming, Taylor & Francis, 2009, веб-сайт. URL: <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/85641>

[4] Formation of a model for the rational placement of cars with dangerous goods in a freight train, O.Lavrukhin, A. Kovalov, D.Kulova, A. Panchenko., *Procedia Computer Science*, Volume 149, 2019, p. 28-35.

[5] Elastic train scheduling model, Ahmad Reza Jafarian-Moghaddam, *Applied Soft Computing*, Volume 110, October 2021, DOI: [org/10.1016/j.asoc.2021.107627](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107627)

[6] Energy-efficient train control: a practical application, Cacchiani, V., Carmine, A., Lanza, G., *Book: Advances in optimization and decision science for society, Services and enterprises*, December 2018, DOI: [10.1007/978-3-030-34960-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-34960-8_6)

[7] Energy-efficient timetable optimization empowered by time-energy Pareto solution under actual line conditions, Huiru Zhang; Limin Jia; Li Wang; Xinyue Xu; Fei Dou, *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, Volume 25, NO. 7, JULY 2024, p. 7106- 7124.

[8] The train marshalling by a single shunting engine problem, J.-A. Adlbrecht, B. Hüttler, Jan Zazgornik, M.Gronalt, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 58, Part A, September 2015, p. 56-72.

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ЛОГІСТИКА НА  
ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ**

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF GREEN LOGISTICS IN  
RAILWAY TRANSPORT IN UKRAINE**

*PhD, асистент М.Д. Ломотько*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*M.D. Lomotko, PhD*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Реформування залізничної галузі України відповідно до стандартів ЄС здійснюється в технічному, науковому та правовому напрямках. В ЄС особлива увага приділяється екологічності вантажних перевезень, яку зокрема, забезпечує зелена логістика. Крім того, достатньо жорстке екологічне законодавство країн ЄС вимагає від залізничного транспорту дотримання технологій, що засновані на зеленій логістиці. Розвиток зеленої логістики в транспортній галузі України є важливим питанням, можливі напрямки вирішення якого розглянуто у [1]. Перспективними екологічними заходами на залізничному транспорті України є:

- повна електрифікація Української залізничної мережі;
- перехід автотранспорту на електричні двигуни;
- система роздільного збору відходів виробництва;
- переробка тари та упаковки з подальшим цільовим використанням;
- використання вторинної сировини для вироблення матеріальних ресурсів, придатних для виробничої діяльності підприємств;
- використання природної енергії вітру, води, сонця та ядерної енергетики для заміщення теплових електростанцій;
- розвиток екологічно безпечних пакувальних матеріалів.

В Українській залізничній логістиці для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище передбачено наступні заходи:

- вибір постачальників сировини за критерієм максимального скорочення відходів виробництва;
- вибір оптимального маршруту транспортування вантажів та скорочення порожнього пробігу, що призводить до зменшення кількості викидів відпрацьованих газів у атмосферу;
- дотримання політики «нуль дефектів» (система попередження появи дефектів, до їх появи);

– вдосконалення інформаційних систем планування та нормування витрат, що зменшує товарно-матеріальні запаси та зменшує потребу у великих складських приміщеннях, як наслідок зменшується кількість відходів;

– консолідація вантажних партій у логістичних каналах, дає можливість використовувати більш екологічні види транспорту, такі як залізничний, морський, внутрішній водний;

– скорочення або виключення з логістичного ланцюга проміжних складських приміщень та перевалок вантажів, що скорочує втрат матеріальних ресурсів при їх доставці від постачальників та знижує антропогенне навантаження на ґрунти;

– використання багаторазових зворотних контейнерів, з метою полегшення повторного використання пакувальних матеріалів і скорочення відходів.

Широке впровадження зазначених заходів в залізничний транспорт України дозволить розвивати логістику та промисловість, сприятиме створенню додаткових робочих місць та впровадження нових наукоємних логістичних технологій [2].

Розвиток зеленої логістики на залізничному транспорті передбачає не тільки збереження клімату на планеті, а й отримання інших переваг від впровадження даної технології. До переваг, яку отримає залізничний транспорт України від впровадження зеленої логістики є наступні:

- зростання іміджу залізниці;
- задоволення потреб клієнтів;
- конкурентна перевага над іншими компаніями;
- зменшення логістичних та загальних витрат залізниці;
- збільшення рівня корпоративної соціальної відповідальності;
- збільшення прибутковості залізниці;
- зменшення відходів/покращання утилізації продукції;
- покращання інформованості про зелені канали постачання;
- оптимізація логістичних потоків;
- вихід залізниці на новий ринок;
- ефективне використання вторинної сировини;
- підвищення ефективності використання пального;
- оптимізація логістичних процесів;
- зменшення логістичних витрат залізниці;
- скорочення використання токсичних матеріалів.

Зазначені переваги є невичерпними, що буде визначено характером та глибиною впровадження зеленої логістики у процесі інтеграції вітчизняного залізничного транспорту до європейської спільноти [3].



[1] Ломотько М.Д. Удосконалення технології доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища : дис. ... доктор філософії: 10.05.2024. Харків, 2024. 233 с.

[2] Гурч Л. М., Хмара Л. Є. Розвиток «зеленої логістики» в Україні. Вісник Національного університету «Львівська політехніка» Логістика. 2014. № 811. С. 86-91. URL: <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/5f18681d-9b60-4d37-be2a-386c8dc41a4c/content> (дата звернення: 21.05.2024).

[3] Орестівна М.Н., Зеновіївна Б.У. Сучасні тенденції впровадження «зеленої» логістики. Маркетинг і менеджмент інновацій. 2014. № 1. С. 279-286.

**УДК 656.96**

## **ОБГРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО І КЛІЄНТО-ОРІЄНТОВАНОГО МЕТОДУ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО- ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ**

## **JUSTIFICATION OF CRITERIA FOR CHOOSING A RATIONAL AND CUSTOMER-ORIENTED METHOD OF ORGANIZING TRANSPORT AND FREIGHT-FORWARDING SERVICES OF INTERNATIONAL FREIGHT FLOWS**

***В.В. Літачевський, аспірант***

*Одеський Національний Морський Університет (м. Одеса)*

***Litachevskiy Valerii , postgraduate***

*Odesa National Maritime University (Odesa )*

Організація транспортно-експедиторського обслуговування є ключовою складовою сучасних логістичних процесів, яка забезпечує ефективне переміщення товарів між різними країнами та регіонами. Це обслуговування включає широкий спектр операцій, зокрема планування маршрутів, вибір виду транспорту, забезпечення безпеки вантажів, оформлення митних документів і відстеження вантажів у реальному часі. У нинішніх умовах глобалізації та стрімкого розвитку ринків підвищуються вимоги до якості та швидкості логістичних послуг, що робить транспортно-експедиторське обслуговування важливим елементом конкурентної переваги для компаній.

Для ефективної організації цих процесів необхідно враховувати різноманітні аспекти: клієнт орієнтованість, економічну ефективність, правове та регуляторне забезпечення, а також безпеку та надійність перевезень. Сучасні технологічні рішення дозволяють автоматизувати багато етапів, підвищуючи точність і прозорість операцій, а інновації у транспортуванні допомагають оптимізувати витрати та зменшити екологічне навантаження. Усі ці аспекти у поєднанні з дотриманням нормативно-правових вимог створюють надійну основу для

ефективного управління логістичними процесами та високого рівня задоволеності клієнтів.

Обґрунтування критеріїв вибору раціонального та клієнт орієнтованого методу організації транспортно-експедиторського обслуговування включає оцінку комплексу факторів, які можуть забезпечити ефективність, надійність та задоволення потреб клієнтів. Основні критерії, що впливають на вибір раціонального методу, можна поділити на такі групи:

1. Клієнтоорієнтованість у логістиці – це підхід, спрямований на забезпечення індивідуальних потреб клієнтів шляхом адаптації процесів, послуг і технологій. Вона включає комплексний сервіс, що охоплює основні та додаткові послуги, як-от відстеження вантажу, страхування, митне оформлення й управління запасами, забезпечуючи зручність та прозорість. Важливими аспектами є гнучкість рішень, швидке вирішення запитів клієнтів та інформування про всі етапи доставки, що підвищує рівень довіри і сприяє довготривалим відносинам. Завдяки цьому компанія підвищує задоволеність клієнтів та зміцнює конкурентну позицію на ринку. Детальний аналіз потреб клієнта дозволяє логістичним компаніям розробити індивідуалізовані рішення, що враховують усі ці фактори, підвищуючи ймовірність успіху у задоволенні запитів замовників та зміцнюючи їх довгострокові відносини. Кожен з цих аспектів важливий для створення конкурентоспроможних і високоякісних послуг, що відповідатимуть стандартам міжнародного ринку [1].

2. Вибір методу, що забезпечує оптимальні терміни доставки та зменшує ймовірність затримок, зазвичай ґрунтується на комплексній оцінці маршрутів, типів транспорту та особливостей вантажу. Наприклад, для термінових поставок зазвичай обираються повітряні перевезення, тоді як для менш термінових вантажів — залізничні або морські маршрути, що дозволяють знизити витрати. Комбінація декількох видів транспорту (мультимодальні перевезення) також є ефективним рішенням, оскільки дозволяє знайти баланс між швидкістю та вартістю доставки, мінімізуючи ризик затримок [5]. Такий підхід особливо актуальний для міжнародних перевезень, де час транспортування залежить від багатьох факторів, зокрема погодних умов, регуляторних норм та митного оформлення [3]. Ключовим фактором підвищення економічної ефективності є впровадження сучасних технологій і автоматизованих систем управління, що дозволяють компаніям краще контролювати витрати, зменшувати кількість помилок і уникати додаткових витрат. Наприклад, цифрові платформи для управління ланцюгом постачання допомагають відстежувати витрати в режимі реального часу, коригувати процеси та своєчасно виявляти відхилення від плану. Отже, для підвищення ефективності логістичних процесів необхідно використовувати методи, що поєднують високу швидкість і надійність перевезення, адаптовані до вимог клієнта та специфіки вантажу. Інноваційні рішення, такі як цифровізація процесів, відстеження вантажу в реальному часі, а також автоматизація управління маршрутами, сприяють покращенню швидкості і надійності доставки. Завдяки цьому можна не лише

зменшити ймовірність затримок і забезпечити оптимальні терміни, але й створити прозору і ефективну логістичну систему, що відповідає вимогам сучасного ринку.

3. Технологічні рішення у логістиці значно підвищують ефективність та якість обслуговування, оптимізуючи всі етапи логістичного процесу. Системи управління ланцюгом постачання (SCM) і транспортом (TMS) дозволяють координувати дії, обирати оптимальні маршрути і скорочувати витрати на транспортування. Системи відстеження в режимі реального часу через GPS та IoT підвищують прозорість і надійність перевезень, забезпечуючи клієнтам постійний доступ до даних про статус вантажу. Автоматизовані склади (WMS) прискорюють приймання, зберігання та відправлення товарів, знижуючи витрати на робочу силу [2]. Блокчейн технології підвищують безпеку та прозорість транзакцій, а аналітика великих даних допомагає прогнозувати попит і оптимізувати запаси. Ці рішення дозволяють логістичним компаніям швидко реагувати на зміни, знижувати витрати та покращувати клієнтоорієнтованість.

4. Правове та регуляторне забезпечення є важливим елементом у сфері транспортно-експедиторського обслуговування, оскільки регламентує порядок перевезень, забезпечує безпеку вантажів і пасажирів, а також захищає права всіх учасників логістичного процесу. Національні та міжнародні закони, стандарти й угоди визначають вимоги до організації перевезень, у тому числі ліцензування, сертифікацію транспортних засобів, умови праці водіїв та правила оформлення документів. До ключових нормативних документів належать митні правила, вимоги до санітарно-епідеміологічного контролю, стандарти екологічної безпеки, а також угоди, як-от Конвенція МДП (TIR) для міжнародних вантажоперевезень [4]. Крім того, впровадження цифрових технологій у логістиці супроводжується правовим регулюванням питань захисту даних і кібербезпеки. Таким чином, правове та регуляторне забезпечення сприяє організації безпечного, прозорого і надійного транспортно-експедиторського обслуговування, захищаючи права учасників логістичного процесу, забезпечуючи дотримання стандартів якості та екологічної безпеки, а також сприяючи стабільному розвитку логістичної галузі.

5. Безпека та надійність перевезень є критично важливими аспектами у транспортно-експедиторському обслуговуванні, адже вони гарантують збереження вантажу, дотримання термінів доставки і захист інтересів клієнтів. Для забезпечення безпеки застосовуються різноманітні технології, такі як GPS-відстеження, датчики для моніторингу умов перевезення (температура, вологість, вібрація), а також системи відеоспостереження та контролю доступу на складах [6]. Надійність досягається через ретельне планування маршрутів, дотримання стандартів пакування, страхування вантажів і оперативну підтримку клієнтів у разі непередбачених обставин. Ці заходи знижують ризики втрат, пошкоджень і затримок, забезпечуючи високу якість послуг і довіру клієнтів.

Обраний метод транспортування має бути результатом детального аналізу наведених критеріїв. Це дозволить врахувати специфіку вантажів, потреби клієнтів,

а також ринкові умови, щоб забезпечити максимально ефективно і комфортно обслуговування. Використання клієнт орієнтованого підходу дозволяє формувати довгострокові відносини з клієнтами, збільшуючи їх задоволеність послугами. Висновки щодо організації транспортно-експедиторського обслуговування підкреслюють важливість комплексного підходу для забезпечення ефективності, безпеки та надійності перевезень. Впровадження технологічних рішень, таких як автоматизація процесів, системи відстеження та управління ланцюгом постачання, дозволяє суттєво підвищити точність операцій, мінімізувати ризики помилок та забезпечити прозорість на всіх етапах логістики. Інновації у транспорті сприяють зниженню витрат, підвищенню екологічності та надійності перевезень, що відповідає сучасним стандартам сталого розвитку.

Регуляторне забезпечення відіграє важливу роль у підтримці законності, відповідності міжнародним стандартам та захисті прав учасників логістичного процесу, особливо в контексті міжнародних перевезень. Клієнт орієнтований підхід забезпечує задоволення потреб клієнтів і підвищує їхню довіру до компанії, формуючи конкурентну перевагу на ринку. Таким чином, ефективна організація транспортно-експедиторського обслуговування є важливим фактором успіху, що потребує сучасних технологічних рішень, відповідності правовим вимогам та орієнтації на якісне обслуговування клієнтів.

[1] Бондаренко, І. О. Логістика: теорія та практика / І. О. Бондаренко, С. М. Бондаренко. – Київ: Кондор, 2020.

[2] Міжнародні стандарти логістики та транспорту: нормативно-правові акти та рекомендації / В. М. Ковальчук, О. В. Литвиненко. – Львів: Наукова думка, 2018.

[3] Технології управління ланцюгами постачання: теорія та практика / В. Козлов. – Київ: Видавничий дім, 2021.

[4] «Система управління транспортом (TMS): огляд і впровадження» / Журнал "Логістика та транспорт". – 2022.–№3.

[5] «Блокчейн в логістиці: можливості та перспективи» / журнал «ІТ та інновації». – 2023.

[6] Європейська конвенція про міжнародні перевезення вантажів / UN, 2021.

**МОЖЛИВОСТІ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ  
ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ СИПКИХ ВАНТАЖІВ**

**OPPORTUNITIES FOR IMPROVING TECHNOLOGIES  
OF RAILWAY TRANSPORTATION OF BULK CARGO**

*О.О. Шугарев, канд.техн.наук. Є.В. Михайлов*

*Східноукраїнський національний університет імені В. Даля (м. Київ)*

*O.O. Shygarev, Candidate of Technical Sciences E.V. Mykhaylov*

*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University (Kyiv)*

Масові насипні та навалочні вантажі в Україні складають основну частину вантажів, що перевозяться на залізничному транспорті. Для підвищення ефективності перевезень того чи іншого виду вантажів потрібно обирати оптимальні варіанти технологій перевезень, які враховують особливості транспортних характеристик вантажу та вимоги клієнтури [1]. У повній мірі це стосується перевезень сипких вантажів. Технології перевезень сипких вантажів, що існують зараз, не в повній мірі відповідають сучасним потребам ринку.

Актуальним є створення таких технологій укриття вантажів у вагоні, які б ізолювали його від зовнішнього середовища, виключаючи при цьому хімічні реакції продукту з навколишнім середовищем і частинами вагона, його втрати у зв'язку з просипанням або видуванням. Крім цього, при безтарному перевезенні необхідно запобігти або ускладнити несанкціонований доступ до вантажу з боку відкритого кузова напіввагона, а також виключити зволоження вантажу під дією опадів.

Однією з перспективних технологій забезпечення схоронності сипких вантажів при перевезенні є їх перевезення в універсальних напіввагонах з вагонними вкладишами [2 - 4].

Вагонний вкладиш (далі ВВ) є самодостатньою упаковкою і повністю запобігає втрати сипких вантажів при їх залізничних перевезеннях. Такий вкладиш оберігає вантаж від просипання через нещільності кузова вагона, від осипання, від несанкціонованого доступу до вантажу з боку відкритого кузова напіввагона, від видування зустрічним потоком повітря, від контакту з поверхнею напіввагона.

Сьогодні апробовані і широко застосовуються декілька різновидів конструкцій вкладишів у напіввагон в залежності від типу продукції, що перевозиться і вимог щодо її захисту від впливу зовнішніх факторів.

Конструкція вкладиша може підбиратися відповідно до вимог замовника, особливостей використовуваного рухомого складу, а також в залежності від характеру вантажу, що перевозиться.

Залежно від типу вагона і методу розвантаження, замовник може вибрати різні модифікації люків для розвантаження.

Технологія використання найбільш поширених модифікацій вкладишів в напіввагон досить проста: на дно напіввагона укладають сам вкладиш і розгортають його. Бокові і торцеві елементи прямокутної форми викладають вгору по стінках напіввагона до рівня трафаретної вантажопідйомності з утворенням короба з відкидними боковими і торцевими кришками, які перекидаються за стінки напіввагона і стрічками закріплюються до зовнішніх його елементів на час завантаження продукту.

Продукт завантажують в напіввагон в зазначений вкладиш і розрівнюють поверхню до перепадів не більше 200 мм. Потім торцеві елементи укладають на вантаж і пов'язують між собою через відповідні стрічки, пришиті до кромки. Бічні частини укладають на поверхню вантажу внахлест та з'єднують їх краї шляхом послідовного з'єднання вільних кінців стрічок, пришиті по кромки, до відповідних петель, пришитими до зовнішньої сторони протилежної бокового елемента, а вільні стрічки цього бокового елемента з відповідними петлями, пришитими до зовнішньої сторони укладеного раніше бокового елемента.

Вивантаження сипучого вантажу проводиться через нижні клапани вкладиша, які відкидаються або за допомогою розрізання тканого полотна в разі відсутності таких.

Використання вагонних вкладишів при перевезенні безтарних сипких вантажів у напіввагонах дозволяє отримати наступні переваги перед традиційними технологіями:

- можливість використання для перевезення найбільш поширеного і доступного роду рухомого складу (універсальних напіввагонів) замість спеціалізованих вагонів (зерновозів і хоперів);
- здешевлення перевезення вантажів за рахунок більш низького тарифу, в порівнянні зі спеціалізованими вагонами;
- значне скорочення часу підготовки вагона під навантаження;
- мінімум додаткових витрат при навантаженні - лише на вартість одного вкладиша;
- відсутність витрат на зачистку вагона після його розвантаження;
- забезпечення захисту вантажу під час транспортування від забруднення, дії навколишнього середовища, від злежування і змерзання;
- виключення видування вантажу з напіввагона зустрічним потоком повітря при русі і втрати частини вантажу через конструктивні щілини напіввагона;
- захист вантажу від контакту зі стінками вагона, спрощення процесу вивантаження - немає прилипання продукту до стінок напіввагона;
- відсутність забруднення як вантажу, так і рухомого складу.

[1] Вільковський С.К. Вантажознавство (вантажі, правила перевезень, рухомий склад) – 2-ге вид., перероблене і

доповнене (рекомендоване МОНУ) / Є. К. Вільковський, І. І, Кельман, О. О. Бакуліч. Львів : Інтеллект-Захід, 2007. 496 с.

[2] Вагонні вкладиші та їхня роль у вантажоперевезеннях. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://stroyportal.dp.ua/vagonni-vkladishi-ta-yihnya-rol-u-vantazhoperevezennyah/>

[3] Кришки на вагони, тенти – для захисту вантажів від опадів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wellpacks.ua/catalog/krishki-na-vagoni>

[4] Переваги використання вкладишів для піввагонів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.automirok.com.ua/perevagi-vikoristannya-vkladishiv-dlya-pivvagoniv/>

**УДК 656.6:616-036**

## **ЕНТРОПІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОЦІНКИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ КОНТЕЙНЕРОПОТОКІВ В СИСТЕМІ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

### **ENTROPY BASED ASSESSING THE CONTAINER FLOWS UNCERTAINTY IN THE MARITIME TRANSPORTATION SYSTEM**

*д.е.н., проф. С.П. Онищенко, Ю.А. Бондаренко*  
*Одеський національний морський університет (м.Одеса)*

*Doctor of Economics S.P. Onyshchenko, Yu.A. Bondarenko*  
*Odesa National Maritime University (Odesa)*

Планування структури флоту, яка відповідає цілям та конкурентоспроможності компанії-перевізника, а також сучасним тенденціям ринку контейнерних перевезень, базується на вивченні контейнеропотоків з урахуванням їх невизначеності [1,2]. Робота суден-контейнеровозів на лінійних сервісах передбачає дворівневий розгляд:

- перший рівень – оперативний – рівень «поточних» рішень, пов'язаний з оцінкою ефективності поточної роботи суден та функціонування лінійних сервісів взагалі;
- другий рівень – стратегічний – рівень «переосмислення» існуючої системи лінійних сервісів, її коригування та розвитку, а також відповідне коригування та розвиток структури флоту.

Кожному рівню відповідає окремий підхід до оцінки та врахування невизначеності контейнеропотоків. Розглядаючи стратегічний рівень управління, слід зазначити, що сучасною управлінською концепцією є ентропійна концепція [3,4], яка передбачає протидію та опір зростанню ентропії. Отже показник стану рівня невизначеності або ступеня невизначеності та «рівню

контролю над зовнішнім середовищем» [3] - ентропія – є універсальним показником та для даної сфери визначатиметься наступним чином:

$$H_{lk}^n = - \sum_{m=1}^M p_{lk}^{mn} \cdot \ln(p_{lk}^{mn}), k, l = \overline{1, v_n}, n = \overline{1, N} . \quad (1)$$

Слід зазначити, що дана формула призначена для розрахунку ентропії на окремій ділянці маршруту лінійного сервісу. Для оцінки ентропії контейнеропотоків на маршруті у цілому пропонується наступна формула:

$$H^n = \sum_{l=1}^{v_n} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq l}}^{v_n} \frac{L_{lk}}{L_n} \cdot H_{lk}^n = \sum_{l=1}^{v_n} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq l}}^{v_n} \frac{L_{lk}}{L_n} \cdot \left( - \sum_{m=1}^M p_{lk}^{mn} \cdot \ln(p_{lk}^{mn}) \right), n = \overline{1, N} , \quad (1)$$

де  $l, k = \overline{1, v_n}$  - порти лінії  $n = \overline{1, N}$ ,  $v_n$  - загальна кількість портів лінії;  $L_{lk}$  - відстань між портами,  $L_n$  - загальна відстань перевезень за лінією. Таким чином,  $H_{lk}^n$  характеризує ентропію контейнеропотоків між парою портів маршруту у конкретному напрямку (експорт чи імпорт),  $H^n$  - усереднене значення ентропії контейнеропотоків на лінії  $n = \overline{1, N}$ . Слід також зауважити, що у формулі Шенона – «класичній» формулі ентропії з точки зору інформатики, використовується  $\log_2$ , але ж в різних джерелах для оцінки інформаційної ентропії використовуються натуральний та десятковий логарифми (наприклад, у [4]).

Динаміка  $H^n$  з одного боку характеризує динаміку невизначеності зовнішнього середовища, з іншого боку – успішність подолання невизначеності, створення умов для ефективної роботи суден, функціонування лінійного сервісу та роботи з вантажовласниками. Таким чином можна вважати, що згідно пропонованому підходу ентропія характеризує ступінь невизначеності контейнеропотоків як для лінії у цілому, так й для певної пари портів лінії.

З точки зору ентропії неважливо які саме значення прийматимуть контейнеропотоки, мають значення ймовірності даних значень – чим більш рівномірно у ймовірнісному сенсі розподіляються можливі значення – тим більше значення ентропії, та навпаки, при наявності одного більш ймовірного значення контейнеропотоків та інших з достатньо невеликими ймовірностями ентропія зменшується. Таким чином, управлінські дії стратегічного рівня мають бути спрямовані на «подолання» ентропії та отримання певного «контролю» над невизначеністю.

Проведено розрахунки щодо оцінки ентропії контейнеропотоків на прикладі певної пари портів згідно (1), вихідні дані у табл. 1. Розглядається період часу, який дорівнює 4-м рокам роботи компанії-перевізника на лінії,  $Q_{12}^m, p_{12}^m, m = \overline{1, 5}$



характеризують для пари портів 1,2 можливі значення контейнеропотоків (тис. TEU) та відповідні ймовірності даних значень. Слід зазначити, що мова йде про оцінки ймовірностей різних значень контейнеропотоків саме для певної компанії, з урахуванням оцінок наявних та потенційних конкурентів, їх можливостей та можливих дій. Отже мова йде про подальшу оцінку обсягів роботи компанії-перевізника. Якщо проаналізувати динаміку математичного очікування контейнеропотоків, то маємо наступне (рис. 1). Як бачимо, у перші три роки математичне очікування (середнє значення) зростає, що характеризує у цілому позитивну динаміку для компанії, що розглядається, та тільки на 4-ий рік спостерігається зменшення даного показника.

Таблиця 1 – Вихідні дані для оцінки ентропії контейнеропотоків

Рік	$P_{12}^1$	$Q_{12}^1$	$P_{12}^2$	$Q_{12}^2$	$P_{12}^3$	$Q_{12}^3$	$P_{12}^4$	$Q_{12}^4$	$P_{12}^5$	$Q_{12}^5$
1	0,1	2	0,5	2,5	0,3	2,6	0,05	2,8	0,05	3
2	0,3	2,2	0,4	2,6	0,2	2,8	0,05	3	0,05	3,5
3	0,05	2,2	0,7	2,6	0,15	2,8	0,05	3	0,05	3,5
4	0,1	2,2	0,2	2,4	0,5	2,6	0,1	2,8	0,1	3

Отже, далі проаналізуємо безпосередньо динаміку ентропії (рис.2). Слід зазначити, що у даному випадку динаміка ентропії узгоджується з динамікою математичного очікування, отже ентропія характеризує на 4-ому році відсутність значення з високою ймовірністю, як це було на 3 році (ймовірність 0,7), це призвело як до зменшення середнього значення, так й до збільшення ентропії.

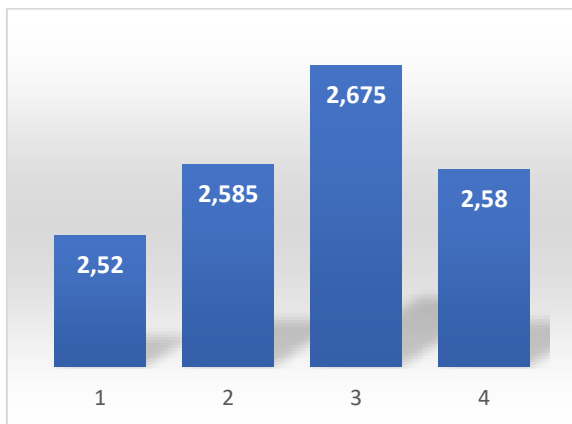


Рис. 1. Динаміка математичного очікування контейнеропотоків, тис. TEU

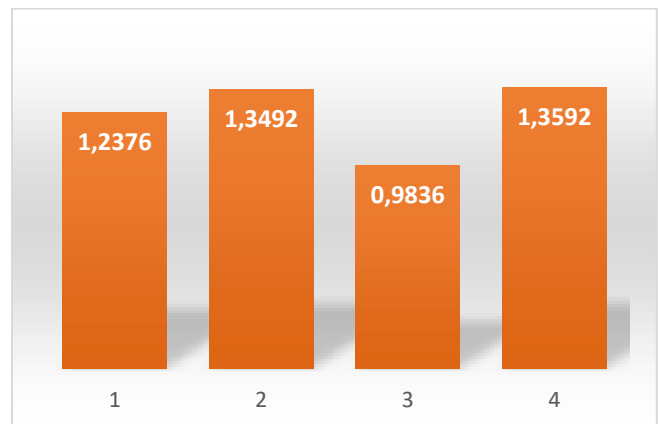


Рис.2. Динаміка ентропії контейнеропотоків

Якщо ввести деякі зміни у вихідні дані - змінити ймовірності для окремих значень – виділено у табл. 2, то отримаємо наступну ситуацію: математичне очікування зростає (рис.3), при цьому ентропія зростає також (рис.4).

Таблиця 3 – Вихідні дані для оцінки ентропії контейнеропотоків зі змінами

Рік	$p_{12}^1$	$Q_{12}^1$	$p_{12}^2$	$Q_{12}^2$	$p_{12}^3$	$Q_{12}^3$	$p_{12}^4$	$Q_{12}^4$	$p_{12}^5$	$Q_{12}^5$
1	0,1	2	0,5	2,5	0,3	2,6	0,05	2,8	0,05	3
2	0,3	2,2	0,4	2,6	0,2	2,8	0,05	3	0,05	3,5
3	0,05	2,2	0,7	2,6	0,15	2,8	0,05	3	0,05	3,5
4	0,1	2,2	<b>0,1</b>	<b>2,4</b>	<b>0,2</b>	<b>2,6</b>	<b>0,5</b>	<b>2,8</b>	0,1	3

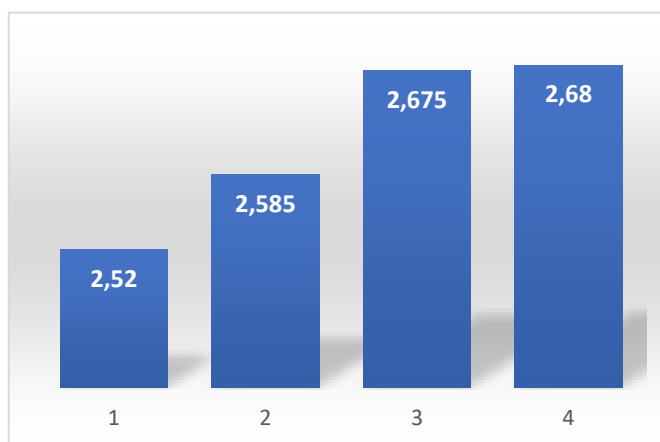


Рис. 3. Динаміка математичного очікування контейнеропотоків при зміні вихідних даних щодо 4 року, тис. TEU

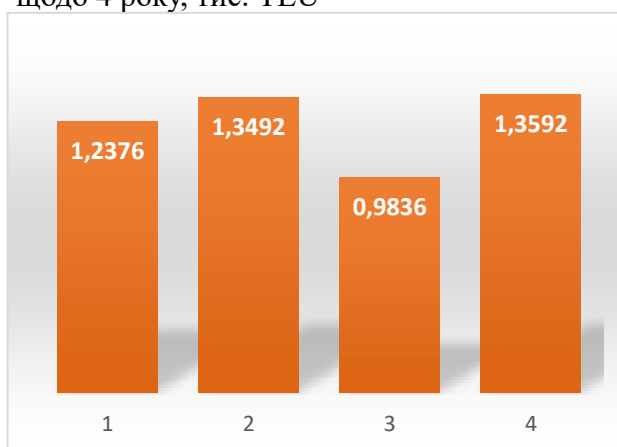


Рис.4. Динаміка ентропії контейнеропотоків при зміні вихідних даних щодо 4 року

Слід зазначити, що набір ймовірностей для значень контейнеропотоків 4-го року не змінився, були поміняні місцями ймовірності для окремих їх значень, тому ентропія залишилась така сама, як для попередніх даних – базових умов. Таким чином, зростання середнього значення контейнеропотоків дає, з одного

боку позитивну динаміку (у середньому), але зростання ентропії свідчить про вагомій ризику не отримання даного рівня контейнеропотоків, та про зростання ступеню їх невизначеності, що обумовлює можливі майбутні проблеми.

Отже, оцінка динаміки ентропії дозволяє додатково аналізувати ситуацію щодо контейнеропотоків у контексті ризиків, доповнюючи аналіз їх середнього значення.

[1] Бондаренко Ю.А., Онищенко С.П. Структура та невизначеність контейнеропотоків у системі морських перевезень. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки». 2024. Т. 35(74). № 1. С. 139–146.

[https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2024/1\\_2024/part\\_2/25.pdf](https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2024/1_2024/part_2/25.pdf)

[2] Бондаренко Ю.А., Онищенко С.П. Система техніко-експлуатаційних показників роботи суден-контейнеровозів у рамках лінійних сервісів. Розвиток транспорту. 2024. № 2(21). С. 35-50. <https://doi.org/10.33082/td.2024.2-21.04>

[3] Bondar A., Bushuyeva N., Bushuyev S., Onyshchenko S. Modelling of creation organisations energy-entropy (2021) IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), 2021, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/SIST50301.2021.946591>

[4] Bondar A., Bushuyev S., Bushuieva V., Onyshchenko S. Complementary strategic model for managing entropy of the organization, CEUR Workshop Proceedings, pp. 2851-302, 2021. <http://ceur-ws.org/Vol-2851/paper27.pdf>

**УДК 656.07**

## **ЛОГІСТИЧНА ВЗАЄМОДІЯ В СТРУКТУРІ АГРАРНОЇ КОМПАНІЇ**

### **LOGISTICS INTERACTION IN THE STRUCTURE OF AN AGRICULTURAL COMPANY**

*кандидат технічних наук О.В. Павленко*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)*

*O.V. Pavlenko, PhD (Tech.)*

*Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

Система логістики ланцюгів поставок сільськогосподарських підприємств має важливе значення для захисту сільськогосподарської продукції та зменшення втрат часу на всіх маршрутах [1, 2]. Крім того, вони роблять значний внесок у доходи фермерів та у відбудову сільського господарства України в післявоєнний період. Для побудови ефективного управління логістикою необхідно розробити нові гнучкі та надійні рішення [3, 4]. Гнучкість досягається шляхом швидкої адаптації логістики до нових бар'єрів [5, 6], системних збоїв [7] та швидкої оцінки факторів впливу [8, 9].

У структурі логістичної системи аграрної компанії, що функціонує на території України, формуються рівні принципи взаємодії (рис. 1). «Рівень 1» сформований як основний в системі управління та координації функціонування аграрної компанії. Де відбувається обмін в інформаційному просторі та відбувається прийняття рішень як на стратегічному так і на оперативному рівні. За відповідним рівнем «Рівень 2» розподілені зв'язки з кінцевими елементами логістичної взаємодії за окремими напрямками: виробництво, зберігання,

споживання та логістика аграрної продукції. Кожний з яких формує рівні від 2.1 до 2.4 відповідно. Наприклад, «Рівень 2.1» сформовано за принципом - формування матеріального потоку в період збирання врожаю аграрної продукції (пшениця, кукурудза, ячмінь та ін.) з полів аграрної компанії та фермерів, з якими співпрацює організатор відправлення.

На основі запропонованої схеми в даному дослідженні розглянемо варіант взаємодії між «Рівень 2.1», «Рівень 2.2» і «Рівень 2.3», при чому всі рівні матимуть обмеження по учасникам логістичного ланцюга. До «Рівня 2.1» включено тільки поля аграрної компанії - це обмежує обсяг інформації для прийняття рішень. У «Рівень 2.2» включено роботу тільки елеваторів аграрної компанії. У «Рівень 2.3» включено організацію роботи транспортної компанії аграрної компанії з автомобільним транспортом.

Для визначення ефективного управління логістикою постачання аграрними компаніями в Україні запропоновано розглядати структуру функціонування на двох рівнях. Перший рівень є основним у системі управління та координації функціонування компанії. На другому рівні розподілені зв'язки із кінцевими елементами логістичної взаємодії за окремими напрямками (формування матеріального потоку на полях аграрної компанії, зберігання зібраного врожаю, транспортування різними видами транспорту логістичним підрозділом аграрної компанії, взаємодії зі споживачами).



Рис. 1. Принципова схема логістичної взаємодії в структурі аграрної компанії

- [1] Zheng, F., Zhou, X.: Sustainable model of agricultural product logistics integration based on intelligent blockchain technology. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2023, Vol. 57, 103258.
- [2] Павленко О.В., Музыльов Д.О., Медведєв Є.П. Модель функціонування логістики для постачання спеціалізованих транспортних засобів в контейнерах із підприємств Північної Америки в Україну. *Комунальне господарство міст*, Т. 1, Вип. 182, 2024, С. 248-253.
- [3] Maierhofer, A., Trojahn, S., Ryll, F.: Concept for a Robust and Reliable Manufacturing and Logistics System that Combines Production Planning and Control with Predictive Maintenance. *Procedia Computer Science*. 2024, Vol. 232, P. 3054-3062.
- [4] Павленко О.В., Нефьодов В.М., Великодний Д.О. Побудова логістики поставки консолідованих вантажів з України в Європу. *Комунальне господарство міст*. 2021, № 161, С. 191-198.
- [5] Gupta, H., Yadav, A.K., Kusi-Sarpong, S., Khan, S.A., Sharma, S.C.: Strategies to overcome barriers to innovative digitalisation technologies for supply chain logistics resilience during pandemic. *Technology in Society*. 2022, vol. 69, 101970.
- [6] Muzylyov D. Medvediev I. Pavlenko O. Risk factor assessment in agricultural supply chain by fuzzy logic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2024, Vol. 1376 (1), 012038.
- [7] Chen, D., Sun, D., Yin, Y., Dhamotharan, L., Kumar, A., Guo, Y.: The resilience of logistics network against node failures. *International Journal of Production Economics*. 2022, Vol. 244, 108373.
- [8] Павленко О.В., Великодний Д.О. Формування раціональної схеми обслуговування замовлень на доставку вантажів транспортно-експедиторським підприємством. *Комунальне господарство міст*. 2020. № 154 (1). С. 223-230.
- [9] Pavlenko O., Muzylyov D., Trojanowska J., Ivanov V. Rational Logistics of Engineering Products to the European Union. *International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance*. Springer. 2023. P. 25-38.

**УДК 656.13:656.212**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОРГАНІЗАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ ЗА УЧАСТЮ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

### **PROCESS STUDY ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF MULTIMODAL TRANSPORTATION INVOLVING RAIL TRANSPORT**

*канд. техн. наук Г.О. Примаченко*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***Н.О. Prymachenko, PhD (Tech.)***

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Ефективність технологічного забезпечення мультимодальних перевезень суттєво залежить від пропускної здатності транспортної системи, яка використовується у різних ступенях і є результатом взаємодії факторів, що визначають інтенсивність транспортних потоків.

Пропускна спроможність мультимодальних перевезень визначається рядом факторів. По-перше, ефективність та розвиненість транспортної інфраструктури грають важливу роль. Крім того, необхідна координація між різними видами транспорту, щоб забезпечити плавний перехід вантажів між ними. Логістичні

системи повинні бути добре організованими та інтегрованими для оптимізації руху товарів. Наявність ефективних регулюючих політик і стандартів також впливає на пропускну спроможність мультимодальних перевезень, регулюючи і координуючи дії різних учасників системи.

При створенні математичних моделей для мультимодальних перевезень можна використовувати статистичну інформацію про якісні та кількісні показники оптимального функціонування системи [1]. Це сприяє оптимізації процесів, враховуючи взаємодію різних видів транспорту та інші ключові аспекти.

Математична модель для оптимізації ефективності системи мультимодальних перевезень враховує різноманітні фактори для мінімізації часу перевезення та максимізації використання ресурсів. Цільова функція моделі:

$$\sum T = S \cdot (1 - e^{-R}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $T$  - час перевезення;

$S$  - пропускну спроможність транспортної системи;

$R$  - узагальнюючий фактор.

Модель враховує ймовірності різних станів системи на етапах мультимодальних перевезень та оптимізує їх з метою досягнення максимальної ефективності. Показник  $T$  – часу перевезень - основний показник ефективності системи. Мінімізація цього часу сприятиме оптимальному використанню ресурсів та покращенню загального часу доставки товарів. Фактор  $R$  враховує різноманітні фактори, такі як взаємодія різних видів транспорту, логістичні параметри тощо. Його оптимізація сприятиме покращенню координації та ефективності системи він відображає вплив до пропускну спроможності, де максимальний транспортний потік прагне до пропускну спроможності системи  $S$ , яка визначає максимальну кількість товарів, яку система може обробити за одиницю часу. Максимізація цього параметра дозволить збільшити обсяг перевезень.

Оптимізація цільової функції спрямована на мінімізацію часу простою системи, що визначається як  $1 - e^{-R}$ .

Ця функція дозволяє системі мультимодальних перевезень працювати більш ефективно, забезпечуючи швидший та оптимальний рух товарів. Якщо  $T$  мінімізується, що сприяє ефективній координації та оптимізації використання ресурсів, а також зниженню часу простою.

Цільова функція, що мінімізує час перевезення, стає керівним принципом для оптимізації мультимодальних перевезень. Враховуючи фактори, такі як пропускну спроможність та узагальнюючий фактор, математична модель дозволяє досягти максимальної ефективності системи та забезпечити оптимальний рух вантажів.

Цільова функція спрямована на зниження вартості перевезення та забезпечення відповідності умовам контракту щодо термінів поставки. Обмеження враховують питомі витрати, включаючи контроль, огляд, митні обов'язки та інші аспекти, забезпечуючи, що вони не менше собівартості з урахуванням частки прибутку. Таким чином, ці функції та обмеження формують основу для оптимізації мультимодальних перевезень залізницею з точки зору ефективності та економічності.

Усе це свідчить про необхідність постійного вдосконалення технічного забезпечення мультимодальних перевезень та раціонального використання пропускнуої спроможності для досягнення ефективної та конкурентоспроможної логістичної системи.

[1] Вергун О. Ф., Липовець Н. В., Боголій В. М. Інструкція з розрахунку наявної пропускнуої спроможності залізниць України: навч.-метод. посіб. К.: Транспорт України, 2022. 376 с.

**УДК 656.073**

## **ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВАНТАЖНИХ ХАБІВ ДО ЗАГАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ**

### **INTRODUCTION OF THE CARGO HUB SYSTEM INTO THE GENERAL TRANSPORTATION NETWORK OF UKRAINE**

*Канд. техн. наук Г.О. Примаченко, аспірант Г.С. Пащенко  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Н.О. Prymachenko, PhD (Tech.), post graduate G.S. Pashchenko  
Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)*

Система вантажного транспортування на території України формувалася на протязі кількох століть. Її головною метою на кожному етапі формування було задоволення потреб промисловості, що стрімко розвивалася, а у часи війн залізниця ставала найважливішою артерією, якою доставлялися військові та гуманітарні вантажі. Мережа будувалася з оглядом на орієнтацією вантажопотоків, які, в свою чергу, залежали від держави, під юрисдикцією якої була відповідна територія України. Динамічні історичні зміни викликали доволі суттєві перебудови системи. В наші часи внаслідок війни спостерігається чергова переорієнтація вантажних потоків з східного на західний напрямок. Тому, враховуючи складність ситуації, необхідно застосовувати дієві заходи, що не тільки сприятимуть найшвидшому закінченню бойових дій, а й, у перспективі, прискорять відновлення та забезпечать стабільне функціонування усіх галузей діяльності держави.

Одним з таких заходів є впровадження системи вантажних хабів. Подібні комплекси успішно працюють у провідних країнах світу, в тому числі

європейських, на протязі кількох десятиліть. За цей досить немалий проміжок часу вони показали високі результати роботи. Тому для досягнення найбільшої ефективності міжнародних вантажних операцій доцільно скористатися досвідом європейських країн та пристосувати наявні технології до місцевих умов.

Яскравим прикладом можна відзначити відкриття контейнерного терміналу «Вінниця» у вересні 2024 року [1]. Раніше, влітку 2022 року, було відкрито сучасний контейнерний термінал у Мостисьці, на українсько-польському кордоні [2]. Завдяки його географічному положенню, стало можливим створення розвиненої мережі залізничних колій 1435 мм і 1520 мм, що дає змогу розвантажувати та завантажувати потяги з країн Євросоюзу [3].

Важливим етапом впровадження комплексу вантажних хабів є визначення оптимальних місць їх розташування. Для вирішення цієї задачі потрібно враховувати низку факторів, що стосуються технічної та логістичної ситуації. Таким чином, виникає потреба у використанні інструментів різних галузей.

Суттєвий внесок для вирішення задачі дадуть математичні методи. Зокрема, для наочності первинних результатів доцільно використати теорію графів. Якщо розглядати залізничну транспортну систему, то лінії можна позначити ребрами, а великі вузли та місця генерації вантажопотоків – вершинами. Конфігурація мережі залізниць України є досить складною, оскільки технічне оснащення ліній сильно відрізняється. Тому для найбільш точного уявлення використовуватимуться зважені графи. Їх ребра мають певне числове значення – вагу. Зазвичай, цей вид графів передбачає застосування ваги як відстані між вершинами [4]. Але у даному дослідженні пропонується присвоювати вагу ребру у відповідності до технічного стану лінії, безпекової ситуації та величини потенціалу відправлення та одержання вантажів.

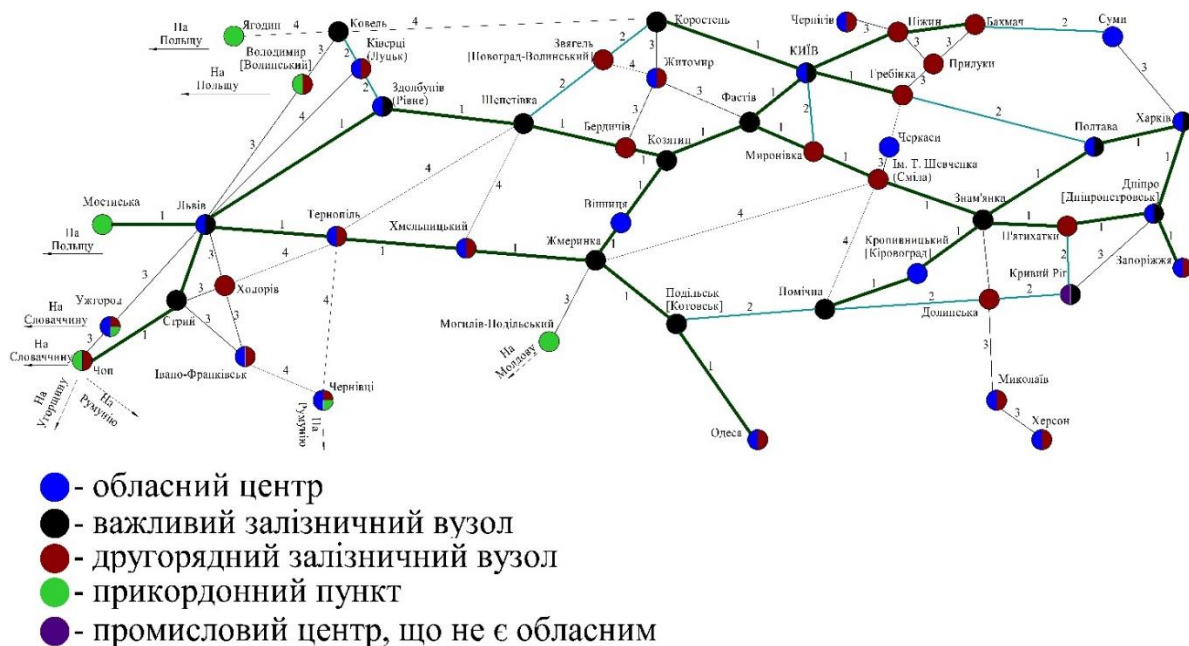


Рис. 1. Схема основних залізничних ліній України у вигляді зваженого графу (1 – найбільша вага, 4 – найменша). Примітка: на схемі відсутні лінії та міста, що розташовані в зоні активних бойових дій.



За сучасним станом залізничної інфраструктури, при використанні поїздами ліній з вагою 1 і 2 при русі у бік сухопутних кордонів контейнеропотік у будь-якому випадку проходить через Львів. Тому у випадку анонсованого прокладення колії 1435 мм він може стати «сухопутною Одесою» – головними воротами України для контейнерів з/до Європи. Також можливо створення сортувальних хабів поблизу важливих залізничних вузлів. Це дозволить підвищити долю використання залізничного транспорту у доставках «від дверей до дверей», що суттєво збільшить привабливість контейнерного транспорту та оптимізує вантажопотоки на території України.

[1] Група "Лемтранс" відкрила новий контейнерний термінал у Вінниці. Лемтранс. URL: <https://www.lemtrans.com.ua/uk/press-center/news/lemtrans-vidkriv-novii-terminal-2024-godu> (дата звернення: 06.11.2024).

[2] Контейнерний термінал "Мостиська" має три власних локомотиви. Центр транспортних стратегій. URL: [https://cfts.org.ua/news/2023/04/28/konteynernyi\\_terminal\\_mostiska\\_mae\\_tri\\_vlasnikh\\_lokomotivi\\_74723](https://cfts.org.ua/news/2023/04/28/konteynernyi_terminal_mostiska_mae_tri_vlasnikh_lokomotivi_74723) (дата звернення: 13.11.2024).

[3] Про нас. Контейнерний термінал Мостиська. URL: <https://ctm.in.ua/uk/#aboutUs> (дата звернення: 13.11.2024).

[4] Weighted graph. Hyperskill. URL: <https://hyperskill.org/learn/step/5645> (дата звернення: 08.11.2024).

## УДК 656.2

### АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ В КОНТЕЙНЕРАХ

### ANALYSIS OF THE CURRENT STATE AND PERSPECTIVES OF THE DEVELOPMENT OF CARGO TRANSPORTATION IN CONTAINERS

*канд. техн. наук С.М. Продащук, канд. псих. наук. К.В. Кім, Д.С. Гордідан  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*S. Prodashchuk PhD (Tech.), K. Kim, PhD (Psych.), D. Hordidan  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Контейнерні перевезення є важливим компонентом логістичної інфраструктури, особливо у сучасних умовах, коли транспортна система має забезпечувати швидкість, надійність та ефективність доставки вантажів [1]. Укрзалізниця демонструє значний прогрес у цьому напрямку. За 9 місяців 2024 року обсяги перевезень контейнерів досягли 197 897 ДФЕ, що на 47% більше, ніж за аналогічний період 2023 року, та перевищили піковий показник 2021 року на 7%. Це відновлення довоєнних обсягів свідчить про стабільне зростання ринку контейнерних перевезень і їхній розвиток навіть у складних умовах війни.

Контейнерні перевезення залишаються вкрай важливими для експорту України, на який припадає 62% загального обсягу. Більшість експортних контейнерів, 66%, спрямовуються через сухопутні прикордонні переходи. Незважаючи на зниження цього показника порівняно з 2023 роком (79%), така

тенденція пояснюється адаптацією до нових логістичних викликів, зокрема обмеженням портової інфраструктури через війну.

Серед основних вантажів, які транспортуються в контейнерах, зернові вантажі займають провідну позицію з часткою 44%. Інші ключові групи включають: чорні метали – 17%; макуху – 7%; олію – 6,6%; синтетичні смоли – 3,5%; продукти крохмале-патокової промисловості – 3,5% [2].

Станом на 1 жовтня 2024 року УЗ вже перевезено 533 інтермодальні поїзди, з них 82 – у міжнародному сполученні. Інтермодальні перевезення, що поєднують кілька видів транспорту (залізничний, автомобільний, морський), дозволяють значно скоротити час доставки та оптимізувати витрати [2].

Війна внесла значні корективи в логістичні ланцюги. Блокада портів змусила переорієнтувати експортні потоки на сухопутні коридори. У цьому контексті інтермодальні перевезення набули особливої важливості, оскільки дозволяють швидко адаптувати маршрути, поєднуючи різні види транспорту.

Для подальшого вдосконалення контейнерних перевезень залізницею необхідно впровадження системи моніторингу руху контейнерів у реальному часі; створення сучасних контейнерних терміналів та підвищення пропускної спроможності сухопутних переходів, забезпечення терміналів сучасною технікою для обробки контейнерів; інтеграція з міжнародними транспортними коридорами, розширення співпраці з європейськими операторами; залучення нових вантажів до транспортування в контейнерах, що сприятиме оптимізації логістичних ланцюгів.

У сучасній логістичній системі ключовим елементом є забезпечення ефективної обробки контейнерів на терміналах. Використання річстакерів дозволяє швидко переміщувати контейнери при переробці, тим самим, зменшуючи час на обробку вантажу. В умовах війни, коли час і безпека мають вирішальне значення, мобільність та автономність річстакерів стають додатковою перевагою. Їх застосування дозволяє оперативно відновлювати обробку вантажів навіть на терміналах, які зазнали пошкоджень через обстріли.

Зростання контейнерних перевезень в Україні демонструє їхню важливість для економіки та логістичної системи країни навіть у складних воєнних умовах. Інноваційні підходи, такі як використання річстакерів, розвиток інтермодальних перевезень та впровадження цифрових рішень, забезпечують стабільність та ефективність перевезень. Подальший розвиток цього сегмента стане основою для післявоєнного відновлення країни та її інтеграції у глобальну транспортну систему.

[1] Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року : розпорядження кабінету міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-p#Text>.

[2] Обсяг залізничних контейнерних перевезень в Україні у 2024 році є найбільшим за сім років. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/news/1544469>.

**ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ В МТП  
ДП ЧОРНОМОРСЬК В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

**FEATURES OF THE ORGANIZATION OF TRANSPORT LOGISTICS IN  
THE STATE ENTERPRISE «COMMERCIAL SEA PORT OF  
«CHORNOMORSK» UNDER MARTIAL LAW**

***Н.А. Ткач,***

*Чорноморський морський фаховий коледж Одеського національного морського  
університету (м. Чорноморськ)*

***N.A. Tkach,***

*Chernomorsk Maritime Appliede College of Odessa National Maritime University  
(Chornomorsk)*

Порт ДП "Чорноморськ" є одним із ключових морських транспортних вузлів України, що забезпечує значну частину експорту та імпорту країни. Розташований на півдні України на узбережжі Чорного моря, цей порт відіграє важливу роль у міжнародній торгівлі, особливо в контексті перевезення сільськогосподарських продуктів, металів та інших промислових товарів. Однак із початком повномасштабної війни в Україні та запровадженням воєнного стану функціонування порту зазнало серйозних змін [1].

З початком російської агресії в 2022 році транспортна логістика в порту Чорноморськ зазнала суттєвих змін через низку факторів, а саме блокада портів Чорного моря призвела до значного зменшення вантажопотоків через порт. Це спричинило практичну зупинку морських перевезень у перші місяці війни, що особливо відчутно в експорті українських зернових культур. Разом із загрозами ракетних ударів, мінування акваторій і можливі атаки на судна змусили компанії переоцінювати безпеку своїх операцій, що спричинило часткову зупинку комерційних рейсів і збільшення вартості страхування суден і вантажів. Особливо це стосується контейнерних перевезень і великих експортних сільськогосподарських партій.

Одним із важливих етапів відновлення роботи порту стало підписання зернових угод за посередництва ООН і Туреччини. Це дало змогу частково відновити експорт української сільськогосподарської продукції через порт Чорноморськ, що стало вирішальним для економіки країни.

Організація логістичних процесів у порту потребувала кардинальних змін через воєнний стан. Саме тому через блокаду портів на Чорному морі, порт ДП Чорноморськ почав виконувати функції резервного центру для обробки вантажів, які раніше проходили через інші порти. Зокрема, порт став одним із ключових вузлів для перевезення зернових після впровадження зернового коридору.

Для забезпечення безперебійної роботи порту Чорноморськ було запроваджено нестандартні мобільні рішення для обробки вантажів, які дозволяють швидко змінювати процеси перевантаження залежно від потреб ринку. А саме, використання мобільних кранів, збільшення кількості залізничних підходів до порту та швидке перепрофілювання відкритих складів для різних типів вантажів ; впровадження цифрових платформ для управління перевезеннями, що дозволило в режимі реального часу відслідковувати рух вантажів, коригувати маршрути суден і оперативно реагувати на зміну умов безпеки.

В умовах воєнного стану міжнародна спільнота зіграла вирішальну роль у підтримці функціонування українських портів. Основні напрямки співпраці включили:

**1. Зернові угоди.** Відновлення морських перевезень зерна стало можливим завдяки підписанню угоди під егідою ООН і Туреччини. Ця угода передбачала можливість експорту українського зерна через три порти, зокрема ДП Чорноморськ. Це дозволило не лише зберегти роботу порту, а й суттєво знизити продовольчу кризу на світовому рівні.

**2. Співпраця з ЄС і НАТО.** Європейські партнери й сьогодні допомагають в організації альтернативних логістичних маршрутів для вантажів, що прямують через порти Дунайського регіону, які забезпечують додаткову логістичну спроможність для Чорноморська. НАТО також підтримує ініціативи із забезпечення безпеки морських шляхів[2].

Порт Чорноморськ продовжує працювати під час воєнного стану, але існують значні виклики, які потребують постійного контролю, а саме:

- Постійні обстріли прибережної інфраструктури Чорного моря створюють значні ризики для роботи порту, що вимагає постійного вдосконалення систем захисту та відновлення пошкоджень інфраструктури.
- Портова інфраструктура потребує суттєвих інвестицій для забезпечення сучасних стандартів безпеки та ефективності: оновлення обладнання, автоматизацію процесів та підвищення спроможності обробки великих обсягів вантажів. Порт впроваджує сьогодні сучасні системи відеоспостереження, дронів для моніторингу акваторії.
- У ДП Чорноморськ є можливість стати основним гравцем у створенні нових транспортних коридорів для української продукції, покращити розвиток залізничних коридорів через ЄС та розширити роль інтермодальних перевезень.

Воєнний стан суттєво змінив організацію транспортної логістики в порту ДП "Чорноморськ" та спрямував багато заходів на забезпечення безпеки та адаптацію до нових умов. Міжнародна підтримка, технологічні інновації та пошук альтернативних маршрутів стали ключовими факторами, які сприяють

розвитку ДП Чорноморськ. Проте, для забезпечення стабільного розвитку необхідно продовжувати модернізацію інфраструктури та покращення безпеки.

[1] Ковальчук П.В., Сидоренко М.О. "Функціонування морських портів України в умовах воєнного стану" // Журнал "Транспорт і логістика". – 2023. – №2. – С. 34-45.

[2] Міжнародна морська організація (ІМО). "Ukraine Crisis: Maritime Impacts and Port Logistics" // IMO Report. – 2022.

**УДК 621.73.06**

## **РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗА УМОВИ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ**

### **DEVELOPMENT OF TRANSPORT AND LOGISTICS INFRASTRUCTURE UNDER STATE ADMINISTRATION CONDITIONS**

*к.е.н. М.В. Харченко, здобувачка В.С. Семенова  
Філія Класичного приватного університету (м. Кременчук)*

*PhD in Economic M. Kharchenko, student V. Semenova  
Branch of Classic Private University (Kremenchuk)*

Забезпечення прискореного економічного розвитку України можливо лише за умови ефективного використання транспортної інфраструктури як основної складової національної транспортної системи та її динамічного розвитку.

Розвиток транспортно-логістичної інфраструктури зумовлено необхідністю державного управління діяльністю транспорту, визначено та обґрунтовано функціями державного управління транспортною системою, а саме: функції, пов'язані з експлуатаційною діяльністю транспортних засобів, функції, пов'язані з правовим забезпеченням діяльності транспортної системи, функції, пов'язані з соціальним розвитком, охороною навколишнього середовища, функції, пов'язані з фінансово-економічною діяльністю, функції, пов'язані з адміністративно-політичною діяльністю.

Метою державного управління транспортно-логістичної інфраструктури України є забезпечення міцної основи сталого розвитку транспортної галузі та створення вільного та конкурентного ринку транспортних послуг, що виражається формуванні та дотриманні головних принципів, а саме:

- забезпечення доступності транспортних послуг для всіх верств населення, зокрема осіб з обмеженими фізичними можливостями, малозабезпечених громадян;

- узгодження планів розвитку транспортної інфраструктури з генеральною схемою планування території України, планами використання земельних ресурсів;

- реалізація жорсткої антимонопольної політики;

- лібералізація ціноутворення на ринку транспортних послуг;
- функціонування транспортних підприємств на засадах самоокупності;
- концентрація фінансових ресурсів на виконанні основних завдань розвитку галузі транспорту;
- концентрація фінансових ресурсів на виконанні основних завдань розвитку галузі транспорту;
- компенсація з державного та місцевих бюджетів витрат, пов'язаних з перевезенням пільгових категорій громадян;
- забезпечення екологічної безпеки, обов'язкового дотримання екологічних стандартів і нормативів під час провадження діяльності у галузі транспорту;
- стимулювання розвитку енергозберігаючих і екологічно безпечних видів транспорту.

Головними напрямкам вдосконалення державного управління транспортної галузі та з метою вирішення основних проблеми транспортного комплексу України розробляються шляхи, які визначатимуть основні стратегічні напрями і цільові орієнтири розвитку транспортної системи: розробка та реалізація ефективної стратегії розвитку транспортної галузі країни; усунення диспропорцій національної мережі у напрямках міжнародних транспортних коридорів; усунення перепон і бар'єрів на шляху руху транснаціональних вантажних потоків; забезпечення технологічної та екологічної безпеки транспорту; забезпечення техніко-технологічної сумісності з європейською транспортною системою; розробка нормативно-правового механізму, який сприятиме втіленню техніко-технічних вимог, які базуються на відповідних нормативах ЄС.

[1] Транспортно-логістична інфраструктура України: проблеми та перспективи розвитку. / А. М. Пасічник, І. Г. Лебідь, В. В. Кутирев. Управління проектами, системний аналіз і логістика. К.: НТУ. 2018. Вип. 10. С.

[2] Харченко М.В. Транспортно-логістична інфраструктура та її місце в соціально-економічній системі підприємств України: Економічний простір Збірник наукових праць. - № 153. – Дніпро: ПДАБА, 2020. С. 83 –88.

**ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ У РОЗВИТКУ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ  
СИСТЕМ**

**SPECIFIC FEATURES OF THE GEOINFORMATION TECHNOLOGIES  
APPLICATION IN DEVELOPING MULTIMODAL TRANSPORT SYSTEMS**

*О. Цапенко, Я. Попова, канд. техн. наук, доцент В. Осмак  
Національний авіаційний університет (м. Київ)*

*O. Tsapenko, Ya. Popova, V. Osmak, PhD (Tech.), Assoc. Prof.  
National Aviation University (Kyiv)*

The growing role of information in multimodal transport systems emphasises the need for uninterrupted interaction and effective communication between transport companies and their customers. Information exchange, backed by common standards, is crucial to ensure the smooth functioning of these complex networks. GIS can be used to plan and develop transport infrastructure, such as roads, railways and ports, ensuring efficient connections and resource allocation.

Although the geoinformation market in developing countries is still in its early stages, its potential to revolutionise various industries is undeniable. Developed countries have long recognised the value of GIS-technologies and have been widely using them in various fields. The under-utilisation of geoinformation data management systems is primarily due to two factors: limited public awareness of their capabilities and benefits, and financial constraints associated with their implementation amidst existing economic problems [1].

At present, there are two vectors for determining the peculiarities of the sub-process characteristics of modern geographic information technologies in the multimodal transport system: researches that are focused exclusively on the issues of further development and improvement of GIS to meet transport applications; and researches that addresses the use of GIS in terms of facilitating and improving transport research. The future of multimodal transport will largely depend on the synergistic development of both GIS technologies and transport research. Both of these vectors, especially as smart cities and intelligent transport systems become more prevalent, will be widely used to model various aspects of transport systems, from traffic flow dynamics and congestion models to transport demand forecasting, as an example.

Subprocess characteristics of modern geographic information technologies can be divided into groups and described as following [2]:

1) The ability to determine an analytical assessment of the location. Maps are used to see where the object of interest to the GIS user is located and what it looks like.

2) Satisfaction of spatial conditions. The simplest query about the location of an object is based on one condition. To get an answer, it is enough to perform one standard

operation. A more complex query about the location of an object may include a certain set of conditions.

3) Possibility to quantify the time space where multimodal transport is carried out. The answer to this question is an attempt to determine the changes that have occurred in space and time, as well as the trends of these changes in a certain territory. By storing and comparing maps obtained in different periods, GIS allows to conduct a temporal analysis, in other words, to identify the dynamics of changes.

4) The ability to characterise the structure. Identifying spatial structures is a complex issue that requires a set of powerful spatial analysis tools.

5) The ability to qualitatively assess various scenarios. In such and similar cases, the user uses the model to predict and map potential impacts.

As multimodal transport systems continue to grow and evolve, the integration of GIS technologies with artificial intelligence, big data, predictive analytics and environmental monitoring is crucial to assess system performance, optimize resource use, predict environmental impact and ensure effective management. These technological advances will not only make transport systems more efficient and sustainable, but will also contribute to the development of smart cities and integrated urban mobility solutions in the near future. In addition, the use of predictive modelling and big data for performance evaluation allows for better forecasting of development needs and optimization of multimodal transport systems based on large amounts of historical data on current transport activities.

Despite the significant benefits of using such technologies, there are challenges that need to be overcome. These challenges include the need for advanced data processing approaches, integration of data from different sources, and ensuring that data is accessible and shared among stakeholders. In addition, the integration of socio-economic factors and the involvement of interested parties is crucial for integrated management of resources [3].

It should be noted that these problematic characteristics of the multimodal transport system are also dominant for applied remote studies of other types of transport systems and its functional components as well. The growing interest has been significantly stimulated by the desire to utilize existing remote sensing data for both scientific and practical purposes, including commercial applications.

[1] Shakhislam, L., Yerlan, I., Duman, A., Ussenov, N., Zhu, K., & Dávid, L. D. (2024). Opportunities and challenges of using geospatial technologies in teaching school geography in Kazakhstan. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/10382046.2024.2380173>.

[2] Lyamzin A., Osmak V., Semchenko N., & Ukrainskyi Ye. (2023). Sub-process characteristics of modern geoinformation technologies in the multimodal transportation system. *SWorldJournal*, 1(21-01), 103–106. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-21-01-008>.

[3] Lakra D., Singh S., Gupta S., Kanga S. (2024). Enhancing integrated resource management through remote sensing and GIS. *Journal of Geography and Cartography*; 7(1)/2024: 4265. <https://doi.org/10.24294/jgc.v7i1.4265>.



## ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСАХ

### THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LOGISTICS PROCESSES

*О.С. Черніхова<sup>1</sup>, Д.С. Зімачова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ (м. Кременчук)*

<sup>2</sup>*Філія Класичного приватного університету у м. Кременчук (м. Кременчук)*

*O.S. Chernikhova<sup>1</sup>, D.S. Zimachova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Kremenchuk Flight College of Kharkiv National University of Internal Affairs (Kremenchuk)*

<sup>2</sup>*Branch of Classic Private University in Kremenchuk (Kremenchuk)*

Цілями підприємств у сфері транспорту та логістики для оптимізації та прискорення своїх операцій є скорочення часу доставки, зниження транспортних витрат і підвищення задоволеності споживачів. Сьогодні штучний інтелект (далі - ШІ) стає ефективним інструментом для великих компаній, який допомагає досягати цих результатів.

За статистикою, 64% логістичних організацій заявляють про збільшення інвестицій у технології для ланцюгів постачання, тоді як 40% проводять випробування нових технологій. Фірми, які першими впровадили ШІ знизили витрати на логістику на 15%, збільшили обсяги запасів на 35% і підвищили якість обслуговування клієнтів на 65%. Завдяки ШІ кількість помилок у логістичних процесах зменшились на 20–50%, а витрати на складування і адміністрування скоротились на 5–10% та 25–40% відповідно [1].

Впровадження можливостей штучного інтелекту у логістичних процесах підприємствах забезпечують більш швидке та ефективне виконання операцій, що дозволяють значною мірою скорочувати кількість та наявність помилок у типових процесах, зменшувати витрати та збільшувати прибуток [2].

Штучний інтелект застосовується в транспортно-логістичному секторі для забезпечення виконання наступних процесів:

- Прогнозування попиту за рахунок обробки даних у реальному часі штучним інтелектом та виявлення потенційних закономірностей, які неможливо побачити за допомогою традиційних методів прогнозування. Це дозволяє більш ефективно використовувати робочу силу, обладнання та транспорт, а також зменшувати витрати на зберігання;

- Контроль якості, адже розумні системи виявляють пошкоджені товари та покращують контроль якості на етапах виробництва та доставки. Це допомагає зменшити кількість повернень, покращує задоволеність клієнтів і забезпечує швидке вирішення проблеми, щоб зменшити кількість пошкоджених товарів;

- Прогностичне обслуговування, що полягає у передачі даних у режимі реального часу через встановлені на обладнанні датчики до системи ШІ для завчасного сигналізування про можливі несправності, адже незаплановані зупинки спричиняють збої в ланцюгах постачання, а несвоєчасність виявлення проблеми збільшує витрати на ремонт;

- Управління перевезеннями за допомогою ефективної маршрутизації та контролем за доступністю транспортних засобів, де спеціальне програмне забезпечення визначає найбільш оптимальні маршрути та моніторить вільний транспорт для виконання перевезень;

- Оптимізація складських процесів за допомогою автоматизації процесів приймання, сортування, зберігання та відвантаження товарів за допомогою роботів та систем комп'ютерного зору;

- Автоматизація та оптимізація обробки документації (електронних листів, документів і рахунків);

- Автоматизація спілкування з клієнтами: чат-боти на основі штучного інтелекту надають автоматичні відповіді клієнтам, забезпечуючи цілодобову підтримку без вихідних і мінімальну участь людини. При цьому оператор займається лише складними та критичними питаннями, не відволікаючись на стандартні звернення;

- Автоматизація маркетингових завдань за рахунок створення ШІ персоналізованих пропозицій, які викликають інтерес у клієнтів, а також генерування текстів для рекламних матеріалів, електронних листів, внутрішніх комунікацій тощо.

Логістика залишається критично важливою галуззю, тому транспортно-логістичні компанії активно шукають і реалізують нові можливості, які допомагають їм залишатися ефективними й конкурентоспроможними в складних умовах. Серед цих можливостей – рішення на основі ШІ, включаючи як спеціалізовані інструменти, так і більш загальнодоступні, наприклад, такі як ChatGPT.

Не дивлячись на очевидні переваги, впровадження ШІ також несе певні ризики, зокрема у логістичному секторі. У світі спостерігається зростання випадків кіберзлочинності, зокрема фішингу. Зловмисники вже використовують ChatGPT та WormGPT для незаконного збору інформації про клієнтів логістичних компаній. Також небезпечним є застосування ШІ у дронах, оскільки це надає третім особам доступ до знятих матеріалів.

[1] Медіаресурс ProIT. Професійне медіа про ІТ в Україні. Штучний інтелект у логістиці та як його використовують світові й українські компанії. Автор Світлана Чапліч URL: <https://proit.ua/shtuchnii-intieliekt-v-loghistitsi-ta-ukrainski-kompaniyi/>

[2] Кирлик Н. Ю. «Штучний інтелект» та його використання в логістичних процесах. Актуальні проблеми економіки. 2021. №243-244. С. 59–66.

## ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

## WAYS OF IMPROVING CONTAINER TRANSPORTATION IN UKRAINE

*О.О. Шапатіна, канд. техн. наук, І.Ю. Гончарова,  
О.В. Антонова, магістранти*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O.O. Shapatina, PhD (Tech.), I.Y. Honcharova, master,  
O.V. Antonova, master*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Залізничні контейнерні перевезення, не зважаючи на появу нових технологій та постійний розвиток інших видів транспорту, залишаються актуальними у сучасному світі. Вони є ключовим сегментом логістичного ринку, проте їх розвиток стримується рядом проблем.

Аналізуючи обсяги контейнерних перевезень в Україні протягом останніх довоєнних п'яти років, можна відмітити тенденцію до їх зростання, однак загальний рівень контейнеризації в нашій країні лишається край низьким, за різними даними становить близько 1-2 %, тоді як у країнах Азії – близько 70 %, а у країнах Європейського Союзу – 45-55 % [1, 2].

Зазначимо, що залізничні контейнерні перевезення мають ряд переваг, серед яких можна виділити: економічність, екологічність, безпечність, універсальність. Так, у країнах Європейського Союзу, Японії та Китаї контейнерні перевезення вантажів займають левову частку, що пов'язано з високим рівнем інвестування у розвиток транспортної галузі, впровадженням новітніх технологій. В Україні ж значна частина залізничної інфраструктури потребує модернізації [3, 4].

Враховуючи досвід розвинених країн, пріоритетними напрямками розвитку транспортної галузі для України можна виділити наступні: технічний та інвестиційний.

Отже, необхідне впровадження новітніх технологій та оновлення рухомого складу, що відповідатиме міжнародним стандартам, розширення мережі сучасних терміналів з використанням автоматизованих систем оброблення контейнерів, що дозволить мінімізувати людський фактор і підвищити продуктивність. Для автоматичної ідентифікації контейнерів і відстеження їхнього руху пропонується використовувати штрих-коди та RFID-мітки, застосування сучасних систем керування рухом GPS, GSM-R дозволить підвищити рівень безпеки та ефективність перевезень.

На прикладі Японії застосовувати практику публічно-приватного партнерства, створення спільних підприємств між державними компаніями та

приватним сектором для фінансування та управління інфраструктурними проектами, що дозволить залучити приватні інвестиції та ефективно використовувати ресурси. Передавати в концесію державних активів приватним компаніям на певний строк для управління та розвитку, що стимулюватиме інвестиції в модернізацію та розширення інфраструктури.

Застосування даних пропозицій дозволить Україні значно підвищити ефективність контейнерних перевезень залізницею, зробити їх більш конкурентоспроможними та інтегрованими в світові логістичні ланцюги.

[1] Показники вантажних перевезень АТ «Укрзалізниця». URL: [https://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/general\\_information/indicators\\_of\\_transit/](https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/general_information/indicators_of_transit/) (дата звернення: 16.10.2024).

[2] Огляд компанії JR-F Company (у корпоративних даних). URL: <https://www.jrfreight.co.jp/en/corporate-overview> (дата звернення: 16.10.2024).

[3] Аналіз розвитку контейнерних перевезень залізничним транспортом в Україні / О. Г. Стрелко, Ю. А. Бердниченко, І. Л. Ковальський, В. С. Вознюк. Наукові праці ВНТУ, 2020. № 2. С. 1–6.

[4] Окорочков А. М. Аналіз перспектив розвитку ринку контейнерних перевезень в Україні. Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2015. № 10. С. 98–102.

**УДК 656.073**

## **ЗАСТОСУВАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

### **APPLICATION OF THE LATEST TRANSPORTATION TECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF THE STATE OF WAR**

***О.О. Шапатіна, канд. техн. наук, І.О. Кузьменко,  
О.І. Вегерін, магістранти***

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***О.О. Shapatina, PhD (Tech.), I.O. Kuzmenko, master,  
O. I. Veherin, master***

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В умовах воєнного стану економіка України зазнала значних змін. Відбувся перерозподіл вантажів до західної області нашої країни та сусідніх країн Європейського Союзу, які стали головними пунктами перевантаження та транзиту вантажів, тимчасом як деякі регіони нашої країни стали недоступними або небезпечними для перевезень. Так, євроінтеграційні процеси в Україні висувають нові вимоги до організації доставлення вантажів, за таких умов актуальності набуває застосування новітніх технологій перевезень.

Сучасні технології трансформують сферу вантажних перевезень, забезпечуючи ефективність і точність у процесах логістики. В умовах сучасної економіки інноваційні технології відіграють важливу роль у підвищенні ефективності вантажних перевезень.

Так, впровадження Інтернету речей (IoT) дозволяє здійснювати моніторинг стану вантажів у реальному часі, що підвищує контроль за доставленням та знижує ризики втрат та крадіжок [1, 2]. IoT включає мережу фізичних об'єктів, оснащених сенсорами та програмним забезпеченням, що збирає та обмінюється даними, покращує планування маршрутів і зменшує витрати пального.

Перспективним напрямом розвитку транспортної галузі є автоматизація складування та оброблення вантажів за допомогою робототехніки, що скорочує час виконання операцій, знижує витрати на персонал та підвищує загальну продуктивність [3].

Також актуальним є застосування систем управління вантажопотоками для оптимізації маршрутів і використання блокчейн-технологій для забезпечення прозорості та безпеки транзакцій [4]. Крім того, розвиток екологічних технологій, таких як електромобілі та біопальне, відповідає вимогам щодо зниження викидів CO<sub>2</sub> та підвищує енергоефективність вантажних перевезень. Впровадження таких технологій не лише сприяє охороні навколишнього середовища, але й зменшує залежність від традиційних видів пального.

Використання безпілотних вантажних поїздів та дронів відкриває нові можливості для доставлення вантажів. Безпілотні поїзди можуть забезпечити автономне перевезення вантажів на значні відстані, зменшуючи потребу в обслуговуючому персоналі та підвищуючи безпеку на залізниці [5]. Дрони, в свою чергу, ідеально підходять для доставлення малогабаритних вантажів, особливо у віддалені райони, забезпечуючи швидкий та ефективний спосіб транспортування.

Отже, вантажні перевезення в Україні в умовах воєнного стану стикаються з численними викликами, однак ці умови також відкривають нові можливості для розвитку та удосконалення галузі.

Таким чином, застосування новітніх технологій дозволить зменшити витрати, підвищити швидкість перевезень і забезпечити високий рівень обслуговування клієнтів. Так, новітні технології у вантажних перевезеннях відкривають нові горизонти для підвищення ефективності, безпеки та екологічної чистоти процесів, здатні змінити традиційні підходи, адаптуючи їх до викликів сучасності та створюючи умови для сталого розвитку транспортної інфраструктури.

[1] Internet of Things, IoT. URL: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/internet-veschej-internet-of-things-iot> (дата звернення: 01.10.2024).

[2] Що таке інтернет речей і чому це важливо? URL: <https://iot.kpi.ua/web/site/about> (дата звернення: 01.10.2024).

[3] Автоматизація процесів за допомогою роботизації. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F\\_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%96%D0%B2\\_%D0%B7%D0%B0\\_%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%8E\\_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97#:~:text=robotic%20process%20automation%2C%20RPA\)%20E2%80%94,%D0%B7%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%BC%20%D0%B7%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%D0%BC%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%96%D0%B2%20](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%96%D0%B2_%D0%B7%D0%B0_%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%8E_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97#:~:text=robotic%20process%20automation%2C%20RPA)%20E2%80%94,%D0%B7%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%BC%20%D0%B7%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%D0%BC%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%96%D0%B2%20) (дата звернення: 01.10.2024).

[4] What is blockchain technology? URL: <https://www.kraken.com/uk-ua/learn/what-is-blockchain-technology> (дата звернення: 01.10.2024).

УДК 622.6:656.025.6

## ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНИХ ХАБІВ У СХІДНІЙ ЄВРОПІ

## PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF LOGISTICS HUBS IN EASTERN EUROPE

*канд. техн. наук Ю.В. Шульдінер, С.В. Петрик,  
Ю.О. Глазкова, С.В. Демченко*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*J.V. Shuldiner, PhD (Tech.) S.V. Petryk, Glaskova Y.O., Demchenco S.V.  
Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)*

Східна Європа стає дедалі важливішим вузлом у глобальній логістичній мережі, об'єднуючи Європу, Азію та Близький Схід. Завдяки зручному географічному положенню, регіон має потенціал для розвитку транспортних коридорів і мультимодальних хабів. Оптимізація транспортної логістики може підвищити ВВП країн Східної Європи на 0,5% щорічно, що становить близько 4,5 млрд доларів.

Серед основних проблем регіону – застаріла інфраструктура і недостатня кількість контейнерних терміналів. Більшість логістичних об'єктів у країнах, таких як Болгарія, Румунія, Україна, і Молдова, потребують модернізації. За даними ЄБРР, на модернізацію інфраструктури потрібно близько 200 млрд доларів до 2030 року. Дослідники Гринів Н.Т. та Равліковська А.А. зазначили, що для відбудови логістичної інфраструктури України важливим кроком є участь у міжнародних логістичних проєктах та інтеграція з європейськими логістичними програмами. Це дозволить зменшити залежність від нестабільних маршрутів і підвищити ефективність доставки [1].

Політична нестабільність і військові конфлікти в регіоні значно ускладнюють традиційні логістичні маршрути. Наприклад, з 2022 року порти Одеси та Миколаєва частково або повністю заблоковані, що вимагає пошуку альтернативних рішень та залучення наземного транспорту, що, у свою чергу, створює навантаження на автомобільні та залізничні маршрути. За словами Шевченка В., співвласника компанії Zammler, швидка адаптація до нових викликів і оперативні рішення є критичними для української логістики в умовах воєнного стану [2].

Логістичні компанії у Східній Європі мають нижчий рівень впровадження цифрових технологій, що обмежує можливості автоматизації та оптимізації. Згідно з дослідженням Deloitte, рівень цифровізації логістичних процесів у

Східній Європі на 40% нижчий, ніж у Західній. Інновації, як-от відстеження вантажів у реальному часі, автоматизація складських процесів і використання блокчейну для прозорості ланцюгів постачання, можуть значно скоротити операційні витрати та прискорити процес обробки товарів. Стеблак Д. та Лисий В.М. [3] також наголошують на необхідності модернізації залізничної інфраструктури, оскільки вона не відповідає європейським стандартам і створює перевантаження автомобільного транспорту.

Зберігання вантажів, особливо швидкопсувних товарів, потребує відповідних умов. Близько 15% продовольчих товарів у Східній Європі втрачаються під час зберігання через неналежні умови. Інвестиції в сучасні складські технології та обладнання, як-от холодильні установки, можуть знизити втрати товарів і забезпечити їхню якість при доставці кінцевому споживачеві.

Для розвитку логістичних хабів у Східній Європі важливими кроками є:

1) **Покращення транспортної інфраструктури.** Інвестиції у логістичні центри, контейнерні хаби та коридори здатні зменшити залежність від нестабільних маршрутів та пришвидшити доставку.

2) **Використання цифрових технологій.** Впровадження систем управління ланцюгами постачання та відстеження вантажів дозволить уникнути простоїв і знизити витрати.

3) **Розширення міжнародної співпраці.** Партнерства з європейськими країнами створять нові можливості для логістики. Участь у проєкті «Один пояс, один шлях» може посилити транспортний потенціал регіону.

4) **Оптимізація маршрутів і логістики.** Розробка мультимодальних маршрутів дозволить скоротити витрати на перевезення на 10-15% та підвищити гнучкість логістичних процесів.

Розвиток логістичних хабів у Східній Європі має значний потенціал, однак вимагає комплексних інвестицій, інновацій та співпраці з міжнародними партнерами. Це дозволить не лише підвищити якість логістичних послуг, а й зробити регіон стратегічним транспортним вузлом між Європою та Азією, підвищуючи його економічний потенціал та привабливість для інвесторів.

[1] Гринів Н.Т., Равліковська А.А. Перебудова логістики в умовах воєнного стану. URL: <https://zenodo.org/records/7411975>. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7411975>

[2] Шевченко В. Логістика війни. Як змінились вантажні перевезення в Україні. URL: <https://biz.nv.ua/ukr/experts/perevezennya-v-ukrajini-pid-chas-viyuni-gumanitarni-vantazhi-obmezhenya-na-perevezennya-50231625.html>

[3] Стеблак Д., Лисий В. Вплив війни на розвиток транспортного перевезення в Україні. Науковий вісник ужгородського національного університету. 2022. Вип. 43. С. 92-96. <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2022-43-16>

**ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПІД ЧАС ВІЙНИ В УКРАЇНІ**

**TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE ORGANIZATION OF RAIL  
TRANSPORTATION DURING THE MARTIAL LAW IN UKRAINE**

*канд. техн. наук Ю.В. Шульдінер, О.С. Грейман,  
С.М. Довгополій, Е.І. Кірелін*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*J.V. Shuldiner, PhD (Tech.), O.S. Greiman,  
S.M. Dovgopoly, E.S. Kirelin*

*Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)*

Умови, що створилися з початку 20-х років ХХІ століття, утворюють нові задачі, які вимагають швидких та результативних рішень. Вантажопотік за напрямком «Азія – Європа» не просто залишається на високому рівні, а й спостерігаються тенденції приросту. При цьому, для перевезення масових вантажів не завжди доцільно використовувати один вид транспорту – морський. Розвиток інтермодальних та мультимодальних перевезень дозволяє досягти економії як у часі перевезення, так і в його вартості. І велику роль в перевізному процесі виконує вид тари, а саме контейнер. Завдяки його використанню становиться можливим прискорити навантажувально-розвантажувальні операції, мінімізувати витрати на них та підвищити рівень збереженості вантажів під час перевезення. Виготовлення такого виду тари не потребує додаткових затрат, адже вона є універсальною, тобто придатна для перевезення різних вантажів. Результатами підтримання контейнерних перевезень є не просто збільшення обсягів, а й покращити міжнародні відносини безпосередньо країн-перевізників та транзитерів [1].

В Україні вищезначені умови теж потребують розвитку інтермодальних та мультимодальних перевезень. Через військовий стан розірвалися логістичні ланцюги через морські ворота України, які формувалися на протязі восьми років. Але виникла потреба в нових, сухопутних, а інфраструктура переходів до інших країн не достатньо підготовлена до різко зрослого вантажопотоку. В результаті виникають простої у цих пунктах, наслідками яких у гіршому випадку можуть бути економічна й гуманітарна катастрофи та загибель людей.

Перспективи розвитку залежать від соціально-економічних та політичних обставин в Україні. Тому доцільно виділити кілька основних альтернатив [2,3].

Морські порти залишаються заблокованими, продовжуються військові дії на сході України. В такому разі потреба у збільшенні пропускної спроможності «західних воріт» України буде критичною. Відкриватимуться нові переходи, будуть вжиті заходи з максимально можливого розширення існуючих. Транзит



вантажів через небезпечну територію залишатиметься неможливим та недоречним. Нові інфраструктурні об'єкти відкриватимуться здебільшого на суміжних з Україною частинах держав для уникнення загрози їх руйнування.

Морські порти розблоковуються, але військові дії продовжуються. Частина вантажопотоку буде спрямована через підконтрольні Україні порти, але цінні вантажі переміщуватимуться через сухопутний кордон через високу загрозу нанесення удару по портах. Темпи розширення можливостей наземних переміщень будуть дещо нижчі, але через ймовірність повторної блокади розвиток продовжуватиметься. Пункти пропуску максимально розвантажать.

Закінчення війни та бойових дій. В такому разі висока вірогідність повернення транзиту територією України. Такі міри дозволять повернутися до звичних логістичних ланцюгів, а для держави будуть джерелом гостро потрібних грошових коштів для відновлення України.

В усіх вищезначених сценаріях розвитку перевезення вантажів у контейнерах є чинником, який пришвидшував та здешевлював би процес перевезень. Тому незалежно від способу розвитку подій, вони мають великі перспективи та можуть принести як окремим вантажовласникам, так і державі в цілому величезну користь. Результатом має бути визнання контейнерних перевезень як одної з стратегічних задач для збереження та відновлення України.

[1] ІНТЕРАКТИВНА МАПА ПУНКТИВ ПРОПУСКУ/КПВВ, які функціонують відповідно до розпорядження КМУ від 13.03.2020 №288-р (зі змінами) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://dpsu.gov.ua/ua/map> (дата звернення 25.10.2022) – Назва з екрана.

[2] Контейнерная терминалогия: Где переваливаются грузы на пути из Украины в Европу [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://cfts.org.ua/articles/konteynernaaya\\_terminalogiya\\_gde\\_perevalivayutsya\\_gruzy\\_na\\_puti\\_iz\\_ukrainy\\_v\\_evropu\\_1176](https://cfts.org.ua/articles/konteynernaaya_terminalogiya_gde_perevalivayutsya_gruzy_na_puti_iz_ukrainy_v_evropu_1176) (дата звернення 25.10.2022) – Назва з екрана.

[3] В Польщі відкрили найбільший контейнерний термінал на 1520 мм, що йде з України [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://railexproua.com/novyny/v-polshchi-vidkryly-naibilshyi-konteynnyi-terminal-na-1520-mm-shcho-ide-z-ukrainy/> (дата звернення 25.10.2022) – Назва з екрана.

Секція  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ  
ТА СЕРВІС НА ТРАНСПОРТІ

УДК 621.86

**МЕХАНІЗМ ФІКСАЦІЇ КОНТЕЙНЕРА В РОБОТІ РІЧСТАКЕРА**  
**CONTAINER FIXING MECHANISM IN REACH STACKER WORK**

*магістр, викл. С.І. Лисак<sup>1</sup>, студ. А.Д. Мацібура<sup>1</sup>,  
канд. техн. наук, доц. М.М. Балака<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*ВСП Миколаївський будівельний фаховий коледж КНУБА (м. Миколаїв)*  
<sup>2</sup>*Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)*

*master, teacher S. Lysak<sup>1</sup>, student A. Matsybura<sup>1</sup>,  
Cand. Sc. (Engineering), Assoc. Prof. M. Balaka<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Mykolaiv Building Professional College of KNUCA (Mykolaiv)*  
<sup>2</sup>*Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

Річстакери широко застосовуються у вантажних терміналах та портах для навантажувально-розвантажувальних операцій з контейнерами й запроєктовані таким чином, щоб даний тип робіт виконувався максимально швидко [1, 2]. При цьому річстакери є особливим видом навантажувачів, що мають деякі зовнішні ознаки гідравлічного автокрану, завдяки наявності телескопічної стріли, на кінці якої встановлено спредер – пристрій для захоплення контейнерів (рис. 1, а).

Фіксація спредером контейнера реалізується шляхом повороту клинових штирів (замків) на кут  $90^\circ$  після їх входу до верхніх фітингових отворів контейнера. Однак знайдена у відкритих літературних джерелах технічна документація щодо реалізації механізму повороту штирів для фіксації спредером контейнера не дає достатньої для проектування інформації [3–6].

Варіант приводу штирів, при якому кожен з них проводиться в дію окремим гідроциліндром, суттєво спрощує технічне завдання. При цьому збільшується вага захватного пристрою, що є недоліком. Тому пропонується привод двох штирів за допомогою одного гідроциліндру за наведеною схемою (рис. 1, б).

Принцип дії механізму фіксації контейнера наступний.

У початковому положенні шток гідроциліндра 2 знаходиться в положенні В. Точки з'єднання штанги відповідно С та А. При втягуванні штока гідроциліндра 2 і його переході з точки В до точки В', важіль точки А повертається на кут  $90^\circ$  до точки А'. Завдяки штанзі 3 клиновий штир 1 протилежної сторони також синхронно повертається на кут  $90^\circ$  і контейнер фіксується.

Силовий розрахунок гідроциліндра керування виконувати недоцільно, оскільки гідроциліндр не сприймає значних навантажень [4, 7], його параметри приймаємо з конструктивних міркувань та особливостей експлуатації техніки.

Необхідний хід штока гідроциліндра визначаємо графічним шляхом:

$$L_{шт} = BD - B'D,$$

де  $BD$  та  $B'D$  – відповідно довжини відрізків при висунутому і втягнутому штоці.

При цьому хід штока гідроциліндра керування за стандартом не приймаємо, оскільки потрібна висока точність позиціонування [8].

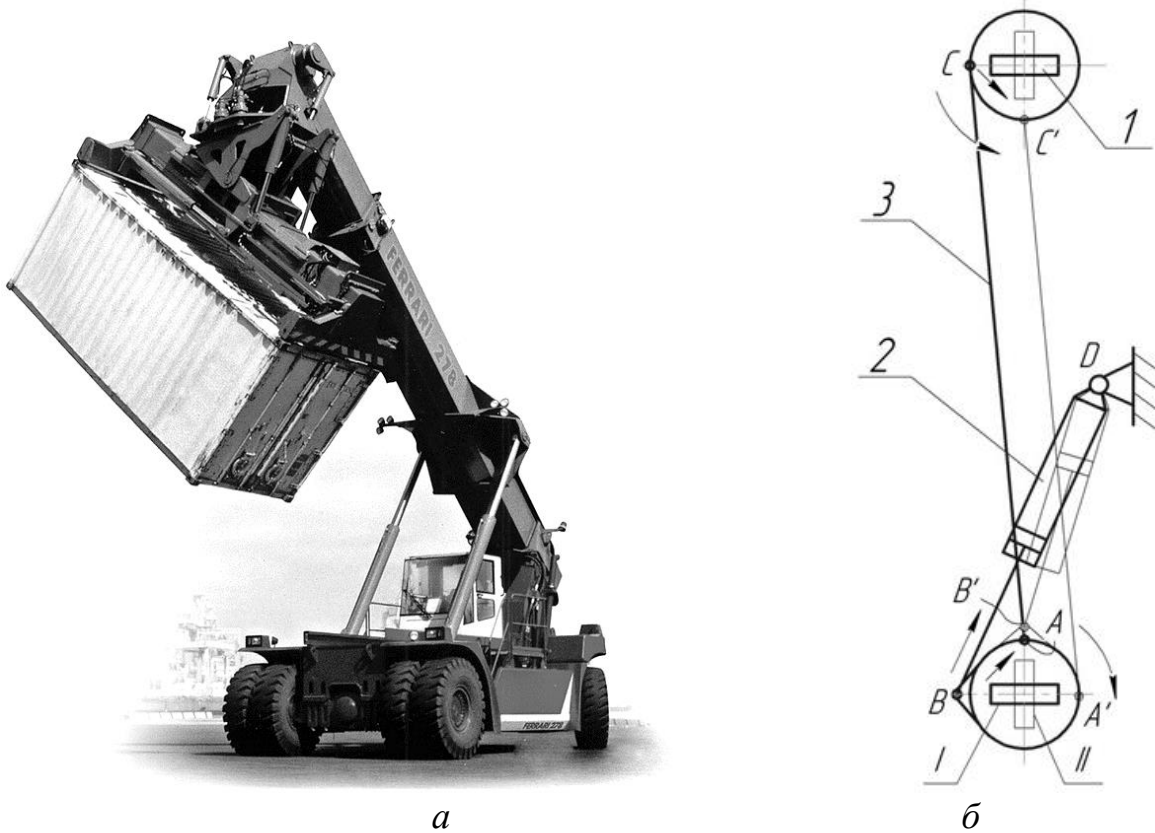


Рис. 1. Річстакер в роботі (а) та схема механізму фіксації контейнера (б):

1 – штир (замок); 2 – гідроциліндр; 3 – штанга; I – штир у відкритому положенні; II – штир у закритому положенні (контейнер зафіксовано)

У результаті проведених досліджень нами запропоновано механізм фіксації контейнера у навантажувально-розвантажувальних операціях річстакера, що дозволяє спростити конструкцію і зменшити вагові характеристики захватного пристрою вже на стадії проектування або конструювання самого механізму та системи керування річстакером в цілому.

[1] Hurieiev K., Kibalenko V., Nikolaienko D. Review and analysis of reach stacker models for handling operations in industry. Build-Master-Class-2024: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists (November 5–7, 2024). Kyiv: KNUCA, 2024.

[2] Изтелеуова М. С., Грицук І. В., Арімбекова П. М., Тарандушка Л. А. Організація та логістика перевезень. Херсон: Олді плюс, 2021. 264 с.

[3] Лисак С. І., Балака М. М., Мачишин Г. М. Методика розрахунку механізму повороту захватного пристрою річстакера. Транспорт, порт, логістика, безпека: виклики сучасності та перспективи розвитку: матеріали І Міжнар. наук-практ. конф. (28 верес. 2023 р.). Херсон: ХДМА, 2023. С. 9–16.

[4] Вікович І. А. Транспортні навантажувально-розвантажувальні засоби. Львів: Львів. політехніка, 2018. 678 с.

[5] Balaka M., Gorbatyuk Ie., Mishchuk D., Prystailo M. Characteristic properties of support surfaces for self-propelled scrapers motion. Fundamental and applied research in the modern world: Abstracts of the 6th International scientific and practical conference (January 20–22, 2021). BoScience Publisher. Boston, USA. 2021. Pp. 53–58.

- [6] Lysak S., Balaka M., Machyshyn H., Diachenko O., Shcherbyna T. (2024). Design procedure of reach stacker control system. *Girnychi, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny*, (103), 25–32. <https://doi.org/10.32347/gbdmm.2024.103.0202>.
- [7] Мішук Д., Ходневич М., Балака М. Технологічні функції гідроциліндра стріли фронтального навантажувача. *Вібрація в техніці та технологіях: тези доп. XVIII Міжнар. наук.-техн. конф. (23–25 жовт. 2019 р.)*. К.: КНУБА, 2019. С. 150–152.
- [8] Пелевін Л. Є., Балака М. М., Аржаєв Г. О. *Мехатронні системи гідропневмоавтоматики*. К.: Аграр Медіа Груп, 2014. 192 с.

**УДК 629.7.621.892**

**РОЗРОБКА ТА АПРОБАЦІЯ НОВОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ  
ВМІСТУ ВОДИ В ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛЬНОМУ З ВИКОРИСТАННЯМ  
ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**DEVELOPMENT AND APPROVAL OF A NEW METHOD FOR DETERMINING  
WATER CONTENT IN DIESEL FUEL WITH USAGE INNOVATIVE  
TECHNOLOGIES**

*к.т.н. О.Б. Калюжний, магістр Р.О. Кандауров  
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

*PhD, O.B. Kalyuzhny, master's student, R.O. Kandaurov  
State Biotechnological University (Kharkiv)*

Контроль за вмістом води в дизельному паливі відіграє важливу роль у забезпеченні його якості та роботи двигуна. Вода в паливі сприяє корозії паливної системи, зниження змащувальних властивостей і може привести до виходу обладнання з ладу.

Вода може потрапляти в дизельне паливо з різних причин: через конденсат в паливних баках, через недоліки в системі зберігання і транспортування або під час заправки. Вода в дизельному паливі може бути в різних формах: розчиненої, емульгованої або у вигляді вільних крапель. Особливо небезпечна емульгована форма, де вода присутня у вигляді крихітних кульок, рівномірно розподілених в обсязі палива. Мікроскопічний аналіз використовується для точної оцінки вмісту води та вивчення розмірів глобул.

ImageJ – це безкоштовне програмне забезпечення для обробки та аналізу зображень, яке широко використовується в різних наукових дослідженнях. Його функції дозволяють не тільки візуалізувати дані, але й проводити точні вимірювання розміру та кількісний аналіз частинок на зображеннях, що робить його ідеальним інструментом для аналізу водяних глобул у дизельному паливі.

Для дослідження були використані мікроскопічні зображення дизельного палива з різним вмістом води (рис. 1 а).

На знімках кульки води виглядали як темні кола на світлому тлі дизельного палива. Після підготовки зображення (рис 2 б) водяні глобули були автоматично підраховані за допомогою функції Analysis Particles in ImageJ:

- Для аналізу частинок необхідно було вказати діапазон розмірів глобул (наприклад, від 10 до 500 пікселів) і форми частинок (круговий коефіцієнт від 0,8 до 1,0 для обліку тільки круглих глобул).
- Програма автоматично розпізнавала і підраховувала всі глобули, які відповідали заданим параметрам. Для кожної глобули програма виводила на дисплей такі параметри, як площа, периметр, довжина і ширина.

Результати, отримані на площі глобул, були використані для побудови гістограми розподілу розмірів водяних глобул (рис.2). Гістограма показала, як часто в паливі знаходилися глобули різного розміру. Це дозволяє краще зрозуміти структуру водної емульсії в паливі і оцінити ступінь її забруднення.

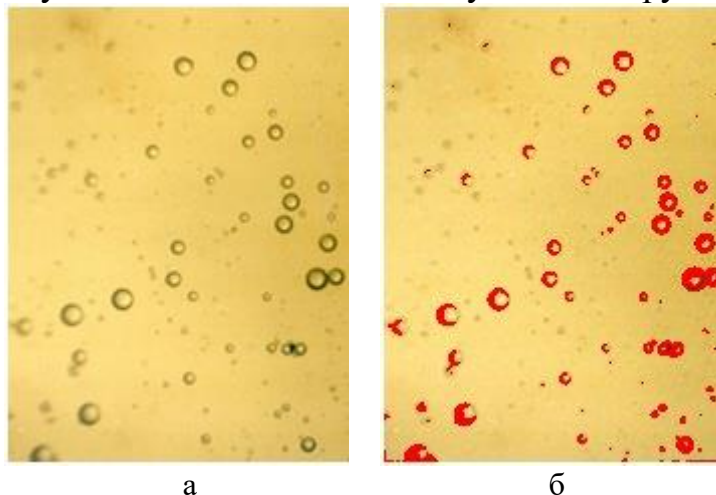


Рис. 1. Мікроскопічні зображення дизельного палива з різним вмістом води: а - до обробки в ImageJ; б - після обробки в ImageJ

Аналіз водяних глобул в дизельному паливі показав, що середній розмір водяних кульок коливався від 50 до 200 мкм, в залежності від загального вмісту води в зразках палива.

Гістограма розподілу показала, що більшість глобул мають розмір до 100 мкм, але зі збільшенням вмісту води частка більших глобул збільшується.

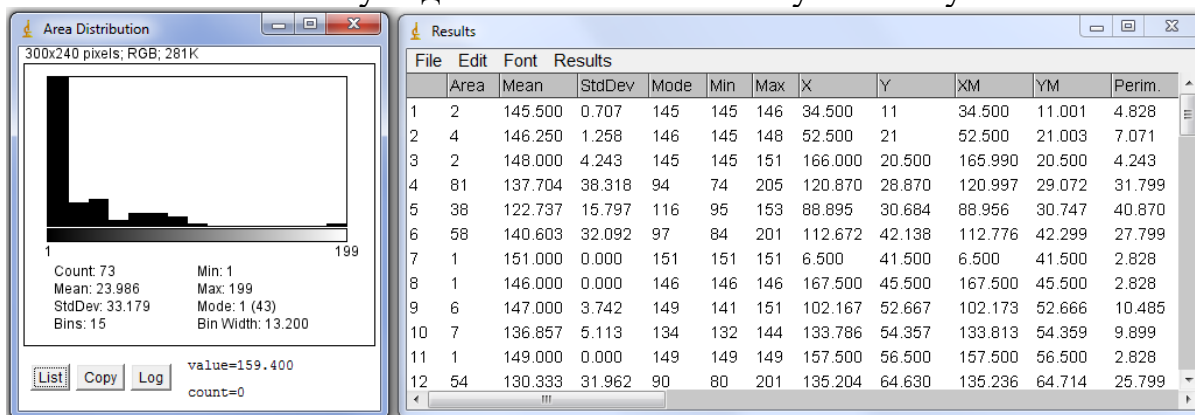


Рис.2. Гістограма розподілу розмірів водяних глобул

У зразках з високим вмістом води спостерігалось збільшення як числа глобул, так і їх середнього розміру.

Метод аналізу водяних глобул за допомогою ImageJ зарекомендував себе як ефективний і доступний інструмент для оцінки якості дизельного палива. Головною перевагою методу є його швидкість і простота використання. На відміну від більш складних методів вимірювання, таких як хімічний аналіз або спектрометрія, цей підхід вимагає тільки доступного обладнання (мікроскопа і камери) і може бути реалізований практично в будь-якій лабораторії.

До недоліків методу можна віднести залежність від якості вихідних зображень і необхідність ручного коригування параметрів сегментації для правильного підбору глобул. Однак при правильній підготовці метод дозволяє отримати точні дані про вміст води в дизельному паливі.

УДК 004.8:656.025 (477)

## **ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

### **USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO OPTIMIZE THE TRANSPORTATION PROCESS IN RAIL TRANSPORT**

*канд. техн. наук, доценти, І.В. Берестов, А.В. Колісник,  
магістранти Д.М. Кулінченко, Ю.В. Биченко*

*Український державний університет залізничного транспорту (Харків)*

*PhD (Tech.) I.V. Berestov, A.V. Kolisnyk,  
stud. D. M. Kulichenko, Y.V. Bychenko*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В сучасних умовах організація перевізного процесу за участю залізничного транспорту вимагає впровадження новітніх автоматизованих систем, які дозволяють управляти процесом транспортування вантажу на всіх етапах шляху прямування починаючи від вантажовідправників закінчуючи вантажоодержувачами. Тому актуальним питанням на сьогодні є впровадження цифрових технологій в транспортно-логістичний процес організації перевезень вантажів залізничним транспортом. Щодо функціонування та розвитку транспортно-логістичної системи, глобалізація відображається у розгортанні цифрових технологій, роботизації транспортно-логістичних процесів, розвитку мультимодальних перевезень, що позитивно впливає на сучасні логістичні процеси. промислові компанії. Автоматизовані системи, що використовуються для управління вантажними перевезеннями на всіх етапах вимагають все більшого удосконалення у зв'язку зі стрімким розвитком та впровадженням штучного інтелекту [1]. Використання штучного інтелекту (ШІ) в організації вантажних перевезень за участю залізничного транспорту відкриває нові

можливості для покращення логістичних процесів та підвищення їх ефективності. Інтеграція технологій ШІ в залізничні перевезення дозволяє компаніям автоматизувати багато аспектів управління перевезеннями, оптимізувати маршрути та розподіл ресурсів, а також забезпечити більшу безпеку та надійність операцій. Ось основні напрямки використання ШІ в цій сфері:

- автоматизація процесів планування: ШІ може аналізувати великі масиви даних, пов'язаних з попитом на перевезення, наявністю вагонів, станом інфраструктури та іншими факторами. Це дозволяє автоматично створювати оптимальні розклади руху потягів і маршрути для доставки вантажів з найменшими витратами часу та ресурсів;

- оптимізація маршрутів і розкладів: ШІ здатен аналізувати великі обсяги даних, що дозволяє створювати оптимальні маршрути для перевезення вантажів, враховуючи стан інфраструктури, завантаженість залізниць і погодні умови. Це зменшить час доставки та підвищить точність виконання графіків.

В якості стратегічних задач, які стоять перед залізничним транспортом на найближчу перспективу, можна виділити наступне: регулювання взаємовідносин між залізничним транспортом та користувачами транспортних послуг; досягнення технічної та технологічної ефективності функціонування залізничного транспорту; дотримання високих стандартів безпеки руху, забезпечення самоокупності та самофінансування галузі; поліпшення економічних параметрів функціонування галузі; поліпшення організаційної структури управління, модернізація матеріально-технічної бази. Саме впровадження в організацію вантажних перевезень штучного інтелекту сприятиме покращенню логістичних процесів та підвищенню їх ефективності на всіх етапах планування перевізного процесу.

[1] Artificial Intelligence in Railway Transport: Taxonomy, Regulations and Applications. URL: [https://www.researchgate.net/publication/356665216\\_Artificial\\_Intelligence\\_in\\_Railway\\_Transport\\_Taxonomy\\_Regulations\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/356665216_Artificial_Intelligence_in_Railway_Transport_Taxonomy_Regulations_and_Applications)

**ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ  
ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ ПРИКОРДОННОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ВУЗЛА**

**REGARDING THE IMPROVEMENT OF THE AUTOMATED SYSTEMS OF  
THE FREIGHT STATION OF THE BORDER RAILWAY JUNCTION**

*Канд. техн. наук В.В. Кулешов, магістр Л.Ф. Агаєва, магістр П.Ф. Хохлов  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Cand. Tech. Sciences) associate professor V.V. Kuleshov, master L.F.  
Agaeva, master P. F. Khokhlov  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

На полігонах АТ «Укрзалізниця» нині активно впроваджуються системи GPS-моніторингу у складі АСК ВП УЗ-Є. Здійснюється автоматичний облік руху поїздів, щоденне спостереження за станом і місцезнаходженням рухомого складу, а також прив'язка цих даних до нормативного графіка руху та його фактичного виконання.

Модернізацію проходять електропоїзди, що надходять для поточного ремонту до структурних і виробничих підрозділів або для капітального ремонту до вагоноремонтних заводів.

Для підвищення рівня безпеки на українському залізничному транспорті, з урахуванням конкурентного середовища ринку перевезень та відповідно до вимог законодавства ЄС, заплановано створення системи управління безпекою. Запроваджуються європейські підходи до забезпечення технічного обслуговування рухомого складу та відповідальності за його безпечний стан [1,2].

На сьогодні існує чотири основні джерела надходження інформації в АСК ВП УЗ-Є щодо змін у дислокації поїздів.

Перше джерело – це система супутникової навігації (ССН), яка отримує дані по визначених ділянках взаємодії, а також від локомотивів, що мають справний GPS-пристрій. Друге джерело – це система СЗ ДЦДК, яка працює у взаємодії з МСДЦ “КАСКАД”. Третє джерело – змінний персонал, що вводить дані через робочі місця АРМ СТ\_Д (для профілів ДСП, СТЦ) та АРМ ДНЦ. Четверте джерело – змінний персонал, що вводить інформацію через інші термінали або робочі місця.

Взаємодія АСК ВП УЗ-Є з системами GPS-навігації проілюстрована на рисунку.



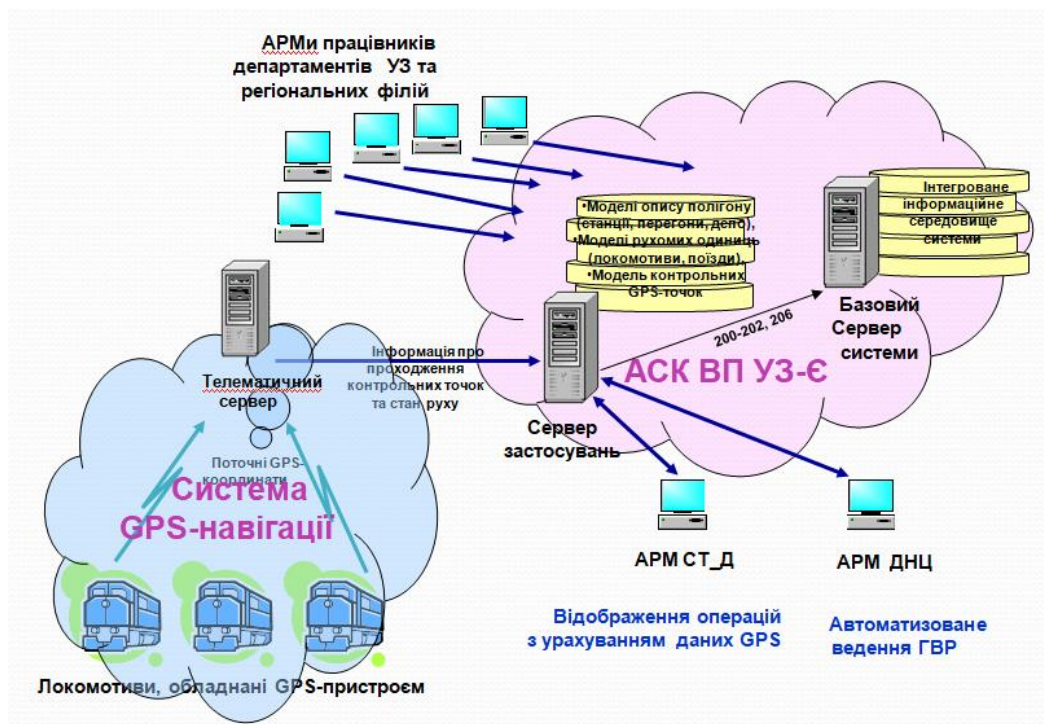


Рис. 1. Взаємодія АСК ВП УЗ-Є з системами GPS-навігації

У складі системи ССН функціонує таке програмне забезпечення:

1. Ведення обліку обладнання локомотивних секцій за допомогою пристроїв ССН в базовому комплексі АСК ВП УЗ-Є з використанням АРМ ТЧТех.
2. Створення моделей контрольних точок, стану ССН і дислокацій одиниць рухомого складу, обладнаних пристроями ССН, у СКБД Oracle (архів зберігається протягом 1 місяця). Наразі фіксуються контрольні точки для входу та виходу по станціях і ТЧ, а також точки вісей на станціях.
3. Телематичний сервер ССН виконує такі задачі:
  - Обмін даними з бортовими системами ССН;
  - Обробка даних про стан ССН та дислокацію одиниць із записом цих даних у базу;
  - Фіксація подій проходження контрольних точок.
4. АРМ РКТ - редагування контрольних точок ССН у Web-середовищі ЄКІП УЗ. Забезпечує створення нових контрольних точок, закриття (або переведення у неактивний стан) точок, зміну даних за існуючими точками з використанням картографічних сервісів.
5. АРМ «Навігація» - забезпечує моніторинг стану бортових пристроїв ССН та оперативного місцезнаходження рухомих одиниць, обладнаних системою ССН.

Компоненти ССН виконують задачі прийому та обробки даних про місцезнаходження рухомих одиниць, опрацьовують дані телеметрії, формують облікові операції руху поїздів.

Ця система сприяє підвищенню деталізації перевізного процесу, адже на багатьох малих станціях дані до інформаційних систем у ручному режимі не передаються взагалі.

Моніторинг оперативного місцезнаходження та архів переміщення рухомих одиниць здійснюється через АРМ «Навігація» у складі ЄКІП УЗ, що дозволяє користувачам залізничних послуг (при наявності доступу) визначати поточне місцезнаходження рухомих одиниць з прив'язкою до об'єктів залізничної інфраструктури.

Існує можливість перегляду архіву переміщень рухомих одиниць, що відображається на електронній карті та в табличному форматі (для підготовки звітів, контролю маршрутів, аналізу порушень та інших завдань).

АРМ СТ\_Д та АРМ ДНЦ можуть бути доопрацьовані на основі взаємодії із сервером застосувань диспетчерського контролю (СЗ ДК), що включає розширену інтеграцію з ССН. Це рішення дозволить надавати детальну інформацію про стан рухомих одиниць із пристроями ССН, автоматизувати обробку операцій руху та зменшити навантаження на базовий комплекс АСК ВП УЗ-Є шляхом передачі обробки подій на сервер застосувань СЗ ДК.

Модель покращення ефективності роботи автоматизованої системи вантажної станції прикордонного вузла базується на застосуванні технічних засобів із оптимізацією ключових параметрів [3-5]. Цільова функція охоплює витрати, пов'язані з часовими та технічними аспектами. До першої групи відносяться час на обслуговування рухомого складу на вантажній станції прикордонного вузла, очікування початку основних технологічних операцій, а також паузи між операціями під час обслуговування, експлуатаційні витрати та утримання персоналу. Друга група витрат включає вартість технічного обладнання, задіяного в технологічному процесі вантажної станції прикордонного вузла, а також витрати на його обслуговування

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 \longrightarrow \min , \quad (1)$$

де  $E_1$  - витрати, що з'являються через затримки рухомого складу на вантажній станції прикордонного вузла під час перерв між основними технологічними операціями;  $E_2$  - витрати, що виникають внаслідок простою рухомого складу через невідповідність розвитку колійної мережі та інтенсивності прибуття поїздів (передач) до приймально-відправного парку вантажної станції;  $E_3$  - витрати, що виникають у зв'язку з простоем вагонів під час проведення технічного обслуговування колій на вантажній станції ВР;  $E_4$  - витрати, що виникають внаслідок затримки вагонів на вантажній станції прикордонного вузла через зайнятість маневрових локомотивів.

При обмеженнях:

$$\begin{aligned} 4 \leq n_c \leq 24; \quad 2 \leq M \leq 2 + M_{\text{доо}}; \quad 2 \leq Z \leq 2 + Z_{\text{доо}}; \quad N_{\text{mp}}^{\min} \leq N_{\text{mp}} \leq N_{\text{mp}}^{\max}; \\ N_{\text{cf}}^{\min} \leq N_{\text{cf}} \leq N_{\text{cf}}^{\max}; \quad \rho_k^{\min} \leq \rho_k \leq 0,80; \quad 4 \leq T_{\text{mз}} \leq 24,0 \end{aligned} \quad (2)$$

Необхідно вирішити питання щодо підвищення ефективності роботи автоматизованої системи для оперативного коригування розкладу руху поїздів, використовуючи методи моделювання технології перевезень, які базуються на застосуванні технічних засобів із оптимізацією ключових параметрів.

Можливе доопрацювання програмного забезпечення моделі АРМ «Вікна» через автоматичне використання даних щодо закритих об'єктів.

Принцип рівноправного доступу до інфраструктурних послуг слід поширити на всіх користувачів, зацікавлених у таких послугах.

Необхідно встановити правові основи технічного регулювання та забезпечити допуск користувачів залізничного транспорту до автоматизованих систем керування залізничною мережею.

Для реалізації задач автоматизованої системи прикордонної вантажної станції слід дообладнати ВП ГІОЦ серверним обладнанням для сервера застосувань диспетчерського контролю.

[1] Транспортна стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text> (дата звернення: 04.11.2024).

[2] Директива 2004/49/ЄС Європейського Парламенту та Ради "Про безпеку залізниць у Співтоваристві, яка вносить зміни до Директиви Ради 95/18/ЄС про ліцензування підприємств залізничного транспорту та до Директиви 2001/14/ЄС про розподіл потужностей залізничних інфраструктур та стягнення платежів за використання залізничної інфраструктури та про сертифікацію безпеки" (Директива про безпеку на залізницях) від 29 квітня 2004 року URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_953#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_953#Text) (дата звернення: 04.11.2024).

[3] Данько М.І., Кулешов В.В., Ломотько Д.В. Удосконалення організаційно-технологічної моделі використання вантажних вагонів різної форми власності на залізницях України. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*, 2012. Вип. 129. С. 5-12.

[4] Кулешов В.В., Кулешов А.В., Шаповал Г.В., Громов С.О., Лисенко Є.М. Удосконалення систем супутникової навігації в умовах розвитку пасажирського комплексу при швидкісних перевезеннях. *Зб. наук. праць УкрДУЗТ*, 2017. Вип. 173. – С. 96-106.

[5] Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. М.: Дело, 2004. 437 с.

[6] Algorithms for railway traffic management in complex central station areas / A dissertation submitted to the ETH ZURICH for the degree of DOCTOR OF SCIENCES presented by Martin Fuchsberger. – 2012. – 145 p.

[7] Kerner B.S. Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control. – Berlin: Springer, 2009. – 278 p.

**ДО ПИТАННЯ ПОШУКУ РАЦІОНАЛЬНИХ РІШЕНЬ У  
РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ПЛАНУ ТРАСИ ПРИ ВВЕДЕННІ  
ШВИДКІСНОГО РУХУ**

**ON THE ISSUE OF SEARCHING FOR RATIONAL SOLUTIONS IN THE  
RECONSTRUCTION AND MODERNIZATION OF THE TRACK PLAN  
WHEN INTRODUCING HIGH-SPEED MOVEMENT**

*канд. техн. наук М.Ю. Куценко, А.С. Зверева, студент М.О. Колеснік  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*C. Sc. (Tech). M.Y. Kutsenko, A.S. Zvereva, student M. O. Kolesnik  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

При введенні швидкісного руху основною складністю є реконструкція плану залізничної колії. Ця складність полягає у тому, що суміжні, тобто розташовані близько одна до одної криві з короткими прямими вставками взаємопов'язані. Тому поліпшення характеристик хоча б однієї з кривих тягне зміну, а часто погіршення параметрів інших. Тому такі групи близько розташованих кривих передбачається розглядати, як єдине ціле, яке може бути представлено у вигляді модуля

При реконструкції модуля зміни можуть відбуватися тільки усередині нього, не виходячи за його межі. Модулі поєднання кривих, які зустрічаються на практиці та містять до чотирьох суміжних кривих, можуть бути представлені у вигляді таблиці 1.

Модуль кривих розглядається у системі прямокутних координат і тому для кожної з вершин кута (ВК) відомі значення  $X$  і  $Y$ .

Реконструкція модуля полягає в тому, щоб знайти такі положення  $BK^n$ , а значить значення  $(X^n; Y^n)$ , при яких виконувалися б наступні умови

$$S_{ij} \geq S_{ij}^n \text{ та } S_{ij} - S_{ij}^n \rightarrow \min \quad (1)$$

де  $S_{ij}$  – відстань між ВК кривих існуючого плану, яка знаходиться як

$$S_{ij} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2}, \text{ м} \quad (2)$$

де  $(X_i; Y_i)$  та  $(X_j; Y_j)$  – координати положення відповідних ВК.

Складні ділянки плану при реконструкції пропонується розглядати в складі єдиного модуля, в який включають близько розташовані суміжні криві. Всі зміни відбуваються в межах модуля, не виходячи за його межі [1]. Поліпшення характеристик плану в межах модуля можна домогтися шляхом зміщення вершини кута (ВК) по тангенсам або бісектрисах, при цьому зменшуються величини кутів повороту і збільшуються відстані між суміжними ВК, що

дозволяє застосувати необхідний радіус. Величини зміщення ВК доцільно знаходити методами прямого рішення, повного перебору із заданим кроком, методом статистичних випробувань (Метод Монте-Карло). Найбільш ефективним способом реконструкції модулів є виключення ВК або модернізація траси за рахунок її випрямлення на значній довжині [2].

Для модуля, що складається з двох суміжних кривих, встановлена лінійна залежність між радіусами, що дозволяє варіювати їх величинами. Величини зміщення осі колії, одержані в результаті реконструкції, точно визначаються на основі аналітичної моделі плану, яка визначає на ділянці великої довжини положення осі колії в плані в системі прямокутних координат.

В результаті застосування різних підходів до вирішення завдання реконструкції модуля, може бути отриманий ряд варіантів. Оцінка і порівняння цих варіантів в залежності від умов і необхідного рішення, а також вимог, що пред'являються до ділянки реконструкції може здійснюватися за такими критеріями:

- найменша довжина реконструкції;
- зручність реалізації варіанту реконструкції;
- найменше зайняття території;
- приведені витрати, які включають вартість реконструкції і експлуатаційні витрати.

Найбільш загальним рішенням був би багатокритеріальний підхід, для чого слід дати вагові коефіцієнти деяким із зазначених критеріїв.

Загальними для всіх варіантів реконструкції є критерії: мінімальна довжина реконструкції та наведені витрати, так як інші запропоновані критерії носять індивідуальний характер, незважаючи на це вирішальним може виявитися кожен з них.

Після прийняття рішення по реконструкції можна очікувати, що при існуючих зсувах траси в плані можливий вихід за межі смуги відведення, знесення споруд і заняття культивованих земель. Крім цього капітальні витрати, вкладені в реконструкцію складних модулів, можуть бути істотними, які в ряді випадків можливе окупляться за рахунок економії в експлуатаційних витратах. Така економія може виникнути через зняття обмеження швидкості руху поїздів. [3, 4].

[1] Reconstruction of Rail Lines for High-Speed Trains" by M. Ibrahim, N. B. Yusoff, and S. A. Shaari. Journal of Advanced Research in Engineering and Technology, vol. 12, no. 1, 2018, pp. 23-30.

[2] Railway Line Reconstruction for High-Speed Trains: A Case Study" by H. Zhang, X. Chen, and L. Liu. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 94, 2018, pp. 166-183.

[3] Reconstruction of Existing Railways for High-Speed Trains: A Comparative Study" by S. H. Lee and J. W. Park. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, vol. 12, 2019, pp. 1675-1687.

[4] Design and Reconstruction of Railway Lines for High-Speed Trains: A Review" by C. Qiu, Y. Tang, and C. Wang. Journal of Rail Transport Planning & Management, vol. 10, no. 4, 2020, pp. 395-407.

**ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМИ ГІРКОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

**PROBLEMS OF IMPLEMENTING NEW INFORMATION TECHNOLOGIES  
IN SORTING HUMP AUTOMATION SYSTEMS**

*канд. техн. наук М.Ю. Куценко, студенти Т.В. Коновалова, І.В. Олійник  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*C. Sc. (Tech). M.Y. Kutsenko, students T.V. Konovalova, I.V. Oliinyk  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Використання нових інформаційних технологій, зокрема систем підтримки прийняття рішень, автоматизованих інформаційно-плануючих і контрольно-діагностичних засобів, може досягнути якісно нового рівня забезпечення безпеки функціонування систем гіркової автоматизації під час експлуатації. Використання таких систем дозволяє автоматизувати технічне обслуговування і ремонт гіркових пристроїв, здійснювати комп'ютерний аналіз результатів роботи обладнання та персоналу. В умовах світової економічної кризи, що призводить до прагнення економити ресурси, розробка і впровадження подібних систем є одним із основних напрямків програми стратегічного розвитку АТ "Укрзалізниця" для стимулювання інноваційних технологій в галузі залізничного транспорту [1, 4].

Як відомо, процес автоматизованого формування-розформування вагонів на сортувальних гірках потребує взаємодії трудових та програмно-апаратних ресурсів, таких як чергові по гірках, гіркові оператори, старший електромеханік, електромеханіки, начальник станції, начальник гірки, постові та напольні пристрої сортувальної гірки [1].

У процесі прийняття рішень виникають певні особливості, такі як недостатній час для оцінки ситуації та прийняття рішень, висока невизначеність оперативно-технологічних ситуацій та вихідних даних, а також багатофакторний характер завдання.

Необхідність створення спеціальної системи для моніторингу та аналізу роботи сортувальної гірки на основі даних, що надходять з підсистем гіркового комплексу, обумовлена високою складністю та багатофакторністю завдань, які пов'язані з прийняттям рішень в умовах автоматизованої сортувальної гірки. На сьогоднішній день не існує єдиної методології побудови систем підтримки прийняття рішень для автоматизованої сортувальної гірки, і багато питань ще потребують детального вивчення та дослідження [1, 5, 6]. Для успішного вирішення цих завдань потрібна адаптація наявних теоретичних та методичних інструментів та застосування формалізованих процедур моделювання та прийняття рішень.

Одним з головних завдань розробки такої системи є підтримка процесів прийняття рішень з функціонального та стратегічного управління технологічним процесом роботи сортувальної гірки за допомогою нових інформаційних технологій, які забезпечують оперативне надання зведених агрегованих показників роботи.

У розробці технологічних процесів на залізничному транспорті, зокрема в автоматизованих сортувальних гірках, важливо мати систему підтримки прийняття рішень для підвищення якості прийнятих рішень. Але існуючі іноземні системи не враховують особливості українських залізниць, тому потрібна розробка вітчизняної системи підтримки прийняття рішень з урахуванням національних особливостей та технологічних процесів, що відбуваються в автоматизованих сортувальних гірках.

- [1] Огар, О.М. Розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст]: дис....докт. техн. наук : 05.22.20 / Огар Олександр Миколайович. – Х., 2011. – 307 с. – Бібліогр.: с. 17–68
- [2] Kruchten, P. The rational unified process [Text] / P. Kruchten – third edition. – Addison-Wesley Professional, 2003 – 295 p.
- [3] Inmon, W. Building the data: warehouse [Text] / W. Inmon – 4th. Edition – . Indianapolis: Wiley Publishing, 2005. – 254 p.
- [4] Куценко, М. Ю. Аналіз існуючих методів та методик розрахунку сортувальних пристроїв [Текст] / М. Ю. Куценко, І. В. Берестов // Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті. – Х., 2007. – №2. – С. 34 – 37.
- [5] Борисов, А.М. Методи інтерактивної оцінки рішень [Текст] : навч. посібник / А.М. Борисов, А.С. Левченков. – Рига: Зинатне, 1982. – 139 с.
- [6] Розенберг, Є.М. Шляхи переходу до інформаційно-керуючих систем [Текст] / Є.М. Розенберг, Є.М. Тишкін // Залізничний транспорт, 2003. – №11. – С. 78-83.

**УДК 656. 212. 5**

## **АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ**

### **ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF IMPLEMENTING NEURAL NETWORK SYSTEMS FOR MANAGING TECHNOLOGICAL PROCESSES AT GRAVE HUMPS**

*канд. техн. наук М.Ю. Куценко, студенти А.М. Куценко, Б.І. Гурьєвський  
Український державний університет залізничного транспорту (Харків)*

*C. Sc. (Tech). M.Y. Kutsenko, students A. M. Kutsenko, B. I. Hurevskyi  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Масове залучення за останнє десятиліття в сферу автоматизації складних технологічних процесів і виробництв призвело до появи нових класів, так званих слабо формалізованих або інформаційно-складних задач [1–6]. Не виключенням є задачі, що виникають на залізничному транспорті, зокрема, на

сортувальній гірці (СГ). Перш за все, це пов'язано з неможливістю повного автоматичного режиму функціонування транспортних об'єктів із застосуванням традиційного підходу до їх управління. Для вирішення таких слабо формалізованих задач необхідна інтеграція практичного досвіду і теоретичних знань в алгоритми управління у якості самостійних моделей, тобто побудова інтелектуальних систем. Однією з областей штучного інтелекту, яка найбільш динамічно розвивається, є нейромережева технологія [3]. Її популярність пов'язана з успішним застосуванням у різних промислових, технічних і наукових областях.

Для вирішення прикладних завдань за допомогою нейромережевої технології існують два способи. Перший – це апаратна реалізація нейромережевої моделі, яка пов'язана з великими фінансовими витратами. Другий – це програмна емуляція штучної нейронної мережі (ШНС). У будь-якому випадку необхідно розробити нейромережеву модель за допомогою відповідного програмного забезпечення (ПЗ). В даний час ПЗ, що дозволяє здійснювати проектування ШНС і вирішувати за допомогою побудованих моделей прикладні завдання, можна розділити на п'ять категорій [6]:

- універсальні нейроемулятори;
- нейромережеві компоненти для статистичних пакетів;
- нейромережеві алгоритми в системах бізнес-аналітики;
- предметно-орієнтовані нейромережеві рішення;
- нейромережеві бібліотеки.

Процес нейромережевого аналізу складається з великої кількості етапів і передбачає використання різних методів для побудови ШНС і застосування її в подальшому. Тому, сучасний нейроемулятор повинен володіти достоїнствами, які характерні для існуючих категорій нейромережевого ПЗ. Серед таких переваг можна виділити: розвинені засоби проектування ШНС; інструменти для аналізу та підготовки даних; внутрішнє джерело даних; можливості вирішення завдань специфічного характеру прикладної області; відкрита архітектура і програмна масштабованість; високий ступінь автоматизації.

Реалізація такого нейроемулятору дозволить вирішити наступні проблеми: довготривалий час побудови і вибір оптимальної моделі ШНС; оцінка необхідності використання нейромережевого підходу; низька оперативність застосування нейромережевої технології; складність проектування ШНС для нефахівця; необхідність впровадження в консолідовані прикладні системи облікового і аналітичного характеру.

У зв'язку з вищевикладеним, актуальним є визначення методології проектування ШНС, розробка універсальної нейромережевої системи і створення на її основі програмного комплексу, який збереже достоїнства зазначених категорій нейромережевого ПЗ і дозволить вирішити існуючі проблеми. Програмний комплекс має бути орієнтований на побудову в автоматизованому режимі нейромережевих моделей прикладних задач класифікації і прогнозування, що виникають на СГ, а розроблені нейромоделі –



використані при створенні інформаційно-логічних пристроїв для автоматизованого робочого місця оператора.

[1] Огар, О.М. Розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст]: дис....докт. техн. наук : 05.22.20 / Огар Олександр Миколайович. – Х., 2011. – 307 с. – Бібліогр.: с. 17–68

[2] Куценко, М. Ю. Аналіз існуючих методів та методик розрахунку сортувальних пристроїв [Текст] / М. Ю. Куценко, І. В. Берестов // Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті. – Х., 2007. – №2. – С. 34 – 37.

[3] Widrow, B. 30 Years of adaptive neural networks: perceptron, madaline, and backpropagation artificial neural networks: concepts and theory [Text] / B. Widrow, M. Lehr // IEEE Computer Society Press, 1992. – pp. 327-354.

[4] Bielajew, A. Fundamentals of the Monte Carlo method for neutral and charged particle transport [Text]. – University of Michigan, 2001. – P. 348.

[5] Бодяньський, Є. В. Штучні нейронні мережі: архітектури, навчання, застосування [Текст] / Є. В. Бодяньський, О. Г. Руденко. – Х.: ТЕЛЕТЕХ, 2004. – 369 с.

[6] Зайченко, Ю. П. Нечіткі моделі та методи в інтелектуальних системах [Текст] / Ю. П. Зайченко. –К.: «Видавничий Дім «Слово», 2008. – 344 с.

**УДК 656. 212. 5**

## **ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ З ПІДТРИМКОЮ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У КОМПЛЕКСАХ ГІРКОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

## **PROBLEMS OF INTRODUCTION AUTOMATED CONTROL SYSTEMS WITH DECISION SUPPORT IN HUMP AUTOMATION COMPLEXES**

*канд. техн. наук М.Ю. Куценко, студент Н. В. Муштай,  
Український державний університет залізничного транспорту (Харків)*

*C. Sc. (Tech). M.Y. Kutsenko , student N. V. Mushtai  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Якісно новий рівень у забезпеченні безпеки функціонування систем гіркової автоматизації під час експлуатації може бути досягнутий при використанні нових інформаційних технологій, у тому числі систем підтримки прийняття рішень, автоматизованих інформаційно-плануючих і контрольно-діагностичних засобів, призначених для автоматизації технічного обслуговування і ремонту гіркових пристроїв, а також комп'ютерного аналізу результатів роботи обладнання і персоналу [1–6]. Особливо це актуально на даний час в умовах, що характеризуються серйозними кризовими явищами у світовій економіці, і, як наслідок, прагненням до економії різних видів ресурсів.

Створення подібних систем повністю відповідає одному з основних напрямків програми стратегічного розвитку АТ «Укрзалізниця», стимулюючого розробку і впровадження інноваційних технологій в усі сфери діяльності залізничної галузі [1, 4].

Як відомо, автоматизований процес розформування-формування составів на сортувальних гірках вимагає чіткої і скоординованої роботи усіх учасників

процесу, як трудових ресурсів: чергового по гірці, гіркових операторів, старшого електромеханіка, електромеханіків, начальника станції, начальника гірки і т.д., так і програмно-апаратних ресурсів: постових і підлогових пристроїв сортувальної гірки [1].

Можна виділити деякі специфічні особливості процесу прийняття рішень: гострий дефіцит часу на оцінку ситуації і прийняття рішення, висока ступінь невизначеності оперативно-технологічних ситуацій та вихідних даних, багатofакторний характер завдання.

Усе вищезазначене обумовлює актуальність створення спеціальної системи для моніторингу та багатofакторного аналізу роботи сортувальної гірки на основі даних, які автоматично надходять з підсистем гіркового комплексу; підтримки процесів прийняття рішень по функціональному і стратегічному управлінню технологічним процесом роботи сортувальної гірки за рахунок використання нових інформаційних технологій, що забезпечують оперативне надання зведених агрегованих показників роботи, необхідних для прийняття оперативного і зваженого рішення.

Разом з тим, в даний, час відсутня єдина сукупність методів побудови систем підтримки прийняття рішень в умовах автоматизованої сортувальної гірки, і багато питань, які мають високу актуальність і заслуговують пильної уваги, розкриті не повністю [1, 5, 6].

Крім цього, різні прикладні завдання, що виникають в процесі розробки подібної системи, вимагають адаптації наявного теоретичного і методичного інструментарію і застосування формалізованих процедур моделювання та прийняття рішень.

У задачі інноваційного розвитку галузі одним з пріоритетних напрямків є розробка і впровадження спеціалізованих систем підтримки прийняття рішень для підвищення якості рішень персоналу в умовах складних технологічних процесів, до яких відноситься і автоматизована сортувальна гірка. Однак аналіз вітчизняних і зарубіжних систем підтримки прийняття рішень на залізничному транспорті дозволив виявити, що суттєві відмінності, в технологічній і економічній базі, значно ускладнюють можливість використання зарубіжних аналогів, а також наявні потреби у великій кількості структурних змін для адаптації існуючих вітчизняних аналогів.

Тому, на сьогоднішній день, єдиним правильним шляхом вирішенням, зазначеної вище проблеми, є розробка вітчизняної систем підтримки прийняття рішень, яка в повній мірі враховувала б особливості сортувального процесу, притаманні для українських залізниць.

[1] Огар, О.М. Розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст]: дис....докт. техн. наук : 05.22.20 / Огар Олександр Миколайович. – Х., 2011. – 307 с. – Бібліогр.: с. 17–68

[2] Kruchten, P. The rational unified process [Text] / P. Kruchten – third edition. – Addison-Wesley Professional, 2003 – 295 p.

[3] Inmon, W. Building the data: warehouse [Text] / W. Inmon – 4th. Edition – . Indianapolis: Wiley Publishing, 2005. – 254 p.

- [4] Куценко, М. Ю. Аналіз існуючих методів та методик розрахунку сортувальних пристроїв [Текст] / М. Ю. Куценко, І. В. Берестов // Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті. – Х., 2007. – №2. – С. 34 – 37.
- [5] Борисов, А.Н. Методи інтерактивної оцінки рішень [Текст] : уч. посібник / А.Н. Борисов, А.С. Левченков. – Рига: Зинатне, 1982. – 139 с.
- [6] Розенберг, Е.Н. Пути переходу, к інформаційно-управляючим системам [Текст] / Е.Н. Розенберг, Е.М. Тишкин // Жел.-дор. транспорт, 2003. – №11. – С. 78-83.

**УДК 656. 212. 5**

## **ДО ПИТАННЯ ПОШУКУ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ**

### **ON THE ISSUE OF SEARCHING FOR RATIONAL TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF A SORTING STATION**

*канд. техн. наук М.Ю. Куценко, студенти Г.С. Литовченко, Л.С. Левченко  
Український державний університет залізничного транспорту (Харків)*

*C. Sc. (Tech). M.Y. Kutsenko , students H.S. Lytovchenko, L.S. Levchenko  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В сучасних умовах ПАТ «Укрзалізниця» здійснює структурні реформи, що охоплюють всі рівні управління та сфери діяльності компанії [1]. Повна приватизація парку вагонів компанії має значний вплив на результати таких реформ. Передача вантажних вагонів у приватні руки призвела до передачі управління приватними парками компаніям-операторам з метою максимізації прибутку. Послуги компаній-операторів, які планують і здійснюють перевезення в певному сегменті ринку, суттєво впливають на власника інфраструктури ПАТ «Укрзалізниця», залежно від їх стратегічних планів та поглядів.

В цих умовах виникає неузгоджений рух приватних парків вагонів між компаніями-операторами, що часто призводить до зустрічного руху порожніх вагонів одного типу. Це, в свою чергу, призводить до неповного використання пропускної здатності дільниць та напрямків, а також до перевищення максимальної потужності сортувальних станцій. Це ставить питання про раціональне використання інфраструктури щодо пропускної та переробної здатності.

Одне з головних питань, яке потрібно вирішувати в даній проблемі, полягає в точному визначенні технічних та технологічних параметрів роботи сортувальних станцій при максимальному обсязі роботи, а також у врахуванні змін цих параметрів при зміні плану формування вагонопотоків та напрямків їх руху. Додатково, потрібно проводити заходи щодо підвищення переробних здібностей сортувальних станцій.

Затримки у сортуванні вагонів на станціях залежать від місткості станційних парків та від пропускної здатності прилеглих дільниць. Крім того, імовірнісний характер прибуття поїздів на станцію викликає простой під час розформування

поїздів, що впливає на роботу систем обслуговування поїздопоту. Також важливо враховувати фіксовану місткість парків на станції, яка може створювати перерви в роботі систем обслуговування [2].

Наприклад, якщо колійний розвиток парку приймання недостатній при великому завантаженні системи обробки поїздів і сортувальна гірка має низьку переробну спроможність, це може призвести до простоїв составів на підході до станції та зменшення пропускної здатності прилеглих дільниць. Блокування розпуску составів може виникнути, якщо місткість сортувального парку є недостатньою. Невелика місткість парку відправлення може спричинити додаткові простої составів в сортувальному парку через неможливість перестановки составів у парк відправлення, а також затримки транзитних поїздів на підході через переповнення цього парку.

Робота окремих систем обслуговування поїздопоту на сортувальній станції у граничних умовах завантаження має тісний взаємозв'язок, оскільки функціонування кожної системи взаємопов'язане з іншими системами. Тому, для аналізу роботи систем обслуговування необхідно розглядати їх в комплексі [3]. Важливу роль у роботі систем обслуговування відіграють різні етапи просування поїздів по станції, на яких здійснюються технічні операції. Можливість математичного опису кожної з цих операцій дозволяє досліджувати технологічні взаємозв'язки між системами обслуговування.

Отже, функціонування сортувальної станції можна уявити як систему рівнянь, які описують технологічні операції та залежать від інших рівнянь через вхідні параметри. Аналітичне рішення такої системи неможливе, але можна використовувати чисельні методи для її розв'язання. Задача полягає в тому, щоб при заданих технічних особливостях станції, плані формування та технології роботи, визначити значення основних показників її роботи, вплив окремих систем обслуговування на ці показники, вплив заходів щодо посилення пропускної та переробної спроможностей на роботу станції та залежність між чисельністю локомотивного парку та основними техніко-технологічними параметрами роботи станції.

[1] План розвитку системи розподілу АТ «Укрзалізниця» на 2020-2024 роки [Електронний ресурс] : інформація – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1275874-20> - Текст - Дата звернення (10.09.2022).

[2] Куценко, М. Ю. Аналіз існуючих методів та методик розрахунку сортувальних станцій [Текст] / М. Ю. Куценко, І. В. Берестов // Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті. – Х., 2007. – №2. – С. 34 – 37.

[3] Мінаков, А.П. Взаємодія основних систем обслуговування поїздопоту у парку приймання сортувальної станції [Текст] / А. П. Мінаков // Залізничний транспорт, 2012. – №9. – С. 25 – 27.

**ПИТАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ПЕРЕРОБКИ МІСЦЕВИХ ВАГОНІВ НА  
ПРИПОРТОВИХ СТАНЦІЯХ**

**THE ISSUE OF EFFECTIVE PROCESSING OF LOCAL WAGONS AT  
PORT STATIONS**

*Докт. техн. наук В.К. Мироненко<sup>1</sup>, канд. техн. наук Г.І. Шелехань<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

*<sup>2</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V.K. Myronenko<sup>1</sup>, Doctor Of Tech. Sc., H.I. Shelekhan<sup>2</sup>, Cand. Of Tech. Sc.*

*<sup>1</sup>State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)*

*<sup>2</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

The analysis of modern transport processes of international cargo through the territory of Ukraine by sea and rail transport showed that the share of cargo export through port railway stations in the total volume of international cargo transportation is growing every year. At the same time, the policy of attracting customers to the railway takes into account the quality and convenience of their service, but does not correspond to the convenience of port stations. Significant wear and tear of the technical means of the stations and their low capacity are the reason for the inability of the stations to process the volumes of wagons arriving from the railway to ports and access railway tracks. As a result, there are situations of non-acceptance of trains at the station, an increase in the unproductive idle time of cars waiting for technological operations, an increase in the number of hostile routes on the tracks and in station parks, which reduces the efficiency, throughput and processing capacity of the stations.

Among the possible negative consequences of this, the issue of effective processing of car traffic at port stations requires special attention, taking into account the current export orientation. In the absence of hill sorting devices at many port stations of Ukraine, local wagons are sorted on extraction tracks by sedimentation with further sorting on separate station tracks or parks. The limited length of the exhaust tracks, the inconsistency of their longitudinal profile with the requirements for modern volumes of sorting work leads to the occurrence of additional operations for dividing trains into parts, runs of shunting locomotives and trains at stations, which increases the duration of technological operations and the level of loading of station devices.

Time costs for the total duration of processing local wagons at port stations, which may cause additional downtime, occur when:

- sorting and picking groups of wagons on tracks;
- delays due to crossing hostile routes;
- change of wagon runs;
- increased loading of shunting locomotives due to multiple sorting;
- serving places of general and non-general use while waiting for delivery and removal from cargo fronts, especially in dead-end schemes of cargo areas.

The need to re-sort wagons to select groups of wagons for freight fronts increases the amount of sorting work, complicated by the limited number of tracks and the significant fragmentation of the number of assignments of local wagons. Unproductive idle time is associated with delays at the intersection of shunting routes, since a certain number of shunting locomotives is required for disbanding trains and moving to freight areas and ports, and shunting work for the maintenance of common areas and for disbanding trains is usually concentrated in one station entrance.

The number of shunting half-tracks at station entrances, in turn, depends on the mutual location of the main devices at the stations, the technology of operation of various technological lines, and on the share of the total volume of local car traffic that moves to the cargo fronts of the stations.

As a result of the lack of shunting locomotives at port stations, which has been observed in recent years, there are additional downtimes due to the unevenness of the arrival of gears, significant volumes of work on the selection of groups of cars on a limited number of sorting tracks or their absence at all at the station.

The identified reasons for the increase in the duration of the processing of local wagons at port stations require the development and implementation of measures to eliminate them in organizational, technical and technological aspects.

Given the significant limited resources and the territory of port stations, the lack of sufficient funding for the development of railway infrastructure, it is necessary to develop an approach aimed at the effective redistribution of the volume of sorting work with local wagons to the nearest technical stations in port railway hubs. This will help to reduce the load on port stations, to use their technical devices more efficiently and to reduce the processing time of local wagons.

**НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ НА СОРТУВАЛЬНИХ  
ПРИСТРОЯХ**

**DIRECTIONS FOR IMPROVING METHODS OF TECHNOLOGICAL  
PROCESS CONTROL AT SORTING DEVICES**

*д.т.н., професор О.М. Озар, аспірант А.О. Левченко  
магістрант Р.В. Лагута*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr.Sc., professor O. Ohar, graduate student A. Levchenko  
R. Lahuta, undergraduate*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkov)*

Процес перевезення залізничним транспортом визначається безліччю взаємозалежних показників. До основних з них належать швидкість та своєчасність доставки вантажів та пасажирів, економічна та виробнича ефективність, а також безпека технологічного процесу перевезення. Сортивальний процес, будучи його важливою складовою, повинен повністю відповідати встановленим вимогам.

Безперечно, зміни цих показників найчастіше відбуваються у протилежних напрямках. Склад цих протиріч можна доповнити. Тому до процесу сортування слід підходити із системної точки зору. Реалізувати це завдання в контексті автоматизації сортувальних процесів складно через труднощі, пов'язані з контролем та управлінням. Рішення може полягати у розробці та впровадженні інтелектуальних методів та алгоритмів для управління технологічними процесами сортування составів.

Створення гірки-автомата засобами теорії автоматичного управління та регулювання за умов високої зашумленості даних, надзвичайно широкого діапазону природно-кліматичних умов не реально, що потребує звернення до ідеології систем, що функціонують інтелектуально.

У зв'язку з вищесказаним доцільним є системний підхід до розвитку інтелектуально функціонуючих сортувальних комплексів, що розглядаються з позиції техніко-технологічної розвиненості, економічної ефективності, забезпечення безпеки функціонування та живучості синтезованих систем.

Проблеми створення систем безпечного та інтелектуального функціонування сортувальних гірок розвиваються у роботах багатьох вчених [1-5]. Слід зазначити, що, на жаль, усі порушені проблеми часто розглядаються відокремлено і не враховується їх взаємний зв'язок. Крім того, на даний час актуальними є такі напрями досліджень: виявлення ролі та місця автоматичних та інтелектуальних систем сортування вагонів на станціях; забезпечення безпеки

та живучості систем, що розробляються; підвищення загальної та фінансової ефективності функціонування сортувальних комплексів; розвиток інтелектуальних «здібностей» сортувальних систем.

Зазначені напрямки можуть розглядатися у двох аспектах: розробка моделей, методів та технологій синтезу систем автоматизації сортувальних процесів на основі принципів інтелектуалізації та розвиток моделей, методів та технологій інтелектуального функціонування сортувальних систем.

Сортувальні гірки – складний об'єкт автоматизації. Її зміст та напрями розвитку залежать від існуючого стану теорії, техніки та технологій розформування-формування составів. Технічна безпека та технічна живучість залежать від керуючих впливів технічного процесу, до яких належать швидкості розпуску, величина та тривалість гальмування. Врахування всіх існуючих показників надійності, безпеки та живучості можна представити векторними величинами, а завдання управління ефективністю сортувального процесу – у вигляді багатокритеріальної моделі вибору оптимальної швидкості розпуску за заданими показниками якості.

Управління розпуском составів доцільно здійснювати за рахунок зміщення акценту від оптимізації рішення до підвищення його безпеки за рахунок запобігання виходу процесу за межі допустимої сфери рішень. Реалізацію ідеології безлюдних технологій можна забезпечити шляхом інтелектуалізації управління сортувальним процесом, що потребує додаткових технічних засобів автоматизації на сортувальному пристрої.

[1] Shabelnikov A. N., Lyabakh N. N. Intellectualization of sorting processes control on the basis of instrumental determination of analogies. 2nd International Conference on Intelligent Information Technologies for Industry, ІІТІ 2017, Varna, Bulgaria. 2017. pp. 138–145. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-68324-9\\_15](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-68324-9_15)

[2] Rogov S. A. Steuerung von Effektivität und Qualität des Rangierbetriebes. Kybernetika. 2010. № 1. pp. 32–37.

[3] Probabilistic approach for the determination of cuts permissible braking modes on the sorting humps / V. Bobrovskiy, D. Kozachenko, A. Dorosh et al. Transport Problems. 2016. 11(1). pp. 147–155. Available From: <http://dx.doi.org/10.20858/tp.2016.11.1.14>

[4] Kozachenko D., Bobrovskiy V., Demchenko Y. A method for optimization of time intervals between rolling cuts on sorting humps. Journal of Modern Transportation. 2018. 26(3). pp. 189–199. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40534-018-0161-2>

[5] Козаченко Д.М. Дослідження ефективності заходів автоматизації управління швидкістю скочування відцепів на сортувальних гірках. Вагонний парк. Вип. 12. 2010. С. 4–8.



**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ СОРТУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ШЛЯХОМ  
ОБҐРУНТУВАННЯ ЙОГО ЕФЕКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ**

**ENSURING THE SAFETY OF THE SORTING PROCESS BY  
SUBSTANTIATING ITS EFFECTIVE PARAMETERS**

*д-р техн. наук О.М. Озар<sup>1</sup>, д-р техн. наук М.М. Мороз<sup>2</sup>,  
аспірант І.В. Кондратьєв<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Український державний університет залізничного транспорту(м. Харків)*

<sup>2</sup> *Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (м. Кременчук)*

*О. М. Ohar<sup>1</sup>, Dr. (Tech.), М. М. Moroz<sup>2</sup>, Dr. (Tech.),  
I. V. Kondratiev<sup>1</sup>, graduate student*

<sup>1</sup> *Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

<sup>2</sup> *Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University (Kremenchuk)*

Переробна спроможність сортувальних станцій у значній мірі залежить від технології розформування-формування составів поїздів на сортувальних гірках. Суттєвий вплив на переробну спроможність сортувальної гірки здійснюють режими розпуску составів, швидкості їх насуву і розпуску, структура вагонопотоку, що переробляється, кількість вимушених зупинок розпуску, особливості виконання маневрової роботи в підгірковому парку та інші.

Початковими завданнями організації функціонування гіркових комплексів є забезпечення безпеки сортувального процесу, мінімізація ризиків виникнення небезпечних подій, таких як вихід некерованого рухомого складу за межі корисної довжини колії, зіткнення рухомого складу тощо. При розробці та оцінці пропозицій щодо підвищення переробної спроможності сортувальних пристроїв, особливо в умовах концентрації сортувальної роботи на великих станціях, необхідно враховувати вимоги та умови для забезпечення гарантованої безпеки руху, безпеки працівників, збереження рухомого складу і вантажів, що перевозяться.

Однак питання визначення та наукового обґрунтування раціональних та ефективних параметрів сортувальної роботи у взаємозв'язку з використанням сучасних технічних засобів забезпечення безпеки руху в сортувальних комплексах не знайшли належного відображення у працях вчених [1-5] та вимагають подальшого вивчення. Так, наприклад, нині практично відсутні наукові дослідження взаємозалежності параметрів сортувальної роботи та використання загороджувальних засобів, що забезпечують безпеку процесу розформування-формування поїздів. Технологія роботи та технічне оснащення сортувальних станцій повинні насамперед мінімізувати експлуатаційні витрати, а також прискорювати сортування вагонів. Зниження тривалості знаходження вагонів на станціях під час виконання технологічних операцій покращує якість перевізного процесу.

На багатьох вітчизняних та зарубіжних сортувальних станціях впроваджено різні пристрої та системи автоматизації контролю та управління (системи ідентифікації рухомого складу, маневрова автоматична локомотивна сигналізація, автоматизована система комерційного огляду вагонів, системи контролю і діагностики та ін.). Функціонування таких систем забезпечує подання оперативних даних у реальному часі диспетчерському персоналу для підтримки прийняття оптимальних та оперативних управлінських рішень, а також дозволяє формувати аналітику з метою оцінки виконаних показників.

Основними завданнями систем управління сортувальною станцією є виключення надходження інформації у спотвореному вигляді, скорочення до мінімуму ручного введення інформації і підвищення ефективності роботи. Такі системи повинні надавати оперативні дані станційним працівникам у режимі реального часу, що сприяє покращенню якості управлінських рішень, що приймаються. Світовий досвід експлуатації гіркових комплексів показує, що питання покращення процесу прийняття рішень та планування роботи сортувальних станцій є актуальним для залізниць інших країн. Наприклад, провідні компанії США, що спеціалізуються на розробці програмного забезпечення для систем автоматизації, активно займаються створенням нового покоління систем керування для вантажних та сортувальних станцій.

Серед основних проблем сортувальних станцій УЗ можна назвати такі. При відносно малій кількості колій у сортувальному парку на більшості вітчизняних станцій виконується повторне сортування вагонів, що знижує переробну спроможність гірок. До того ж, збільшення кількості колій неможливе через територіальне розміщення станцій у межах міст. Наявність у складах вагонів з небезпечними вантажами також збільшує обсяг маневрової роботи і знижує переробну спроможність сортувальних гірок.

Для технічної реалізації процесу розформування-формування составів використовуються підсистеми управління швидкістю їх насуву та розпуску, маршрутами скочування відцепів, швидкістю скочування відцепів по спускній частині та підгірковим коліям. У зв'язку з цим необхідно забезпечувати безпеку руху кожного відцепу з моменту початку його скочування з сортувальної гірки до зупинки на колії підгіркового парку. На етапі експлуатації сортувальних гіркових комплексів необхідно проводити аналіз виконання вимог безпеки руху з метою своєчасного вироблення заходів щодо підтримки цього показника в нормативних межах.

[1] Дорош А. С. Оптимізація режимів гальмування відцепів на сортувальній гірці. *Транспортні системи та технології перевезень* : збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2021. Вип. 22. С. 28–35.

[2] Kozachenko D., Grevtsov S., Titova A. Determination of the Optimal Cars Exit Speeds from the Retarders on Sorting Humps. *Proceedings of 27<sup>th</sup> International Scientific Conference Transport Means 2023. Part II*. 2023. pp. 966–971.

[3] Куценко М. Ю., Вільхова А. С. Аналіз можливості застосування нейромережевої системи управління технологічними процесами на сортувальних гірках. *Міжнародна транспортна інфраструктура, індустриальні центри та корпоративна логістика* : матеріали дев'ятнадцятої наук.-практ. міжнар. конф. (1-2 червня 2023 р. м. Харків). Харків : УкрДУЗТ, 2023. С. 79-80.

[4] Куценко М. Ю., Марчишин П. М. Постановка задачі визначення раціональних техніко-технологічних параметрів роботи сортувальної станції. *Інтелектуальні транспортні технології* : тези доповідей 3-ї міжнар. наук.-техн. конф. (22-23 листопада 2022 р.). Харків : УкрДУЗТ, 2022. С. 180-182.

[5] Гревцов С. В. Дослідження ризиків, пов'язаних з розформуванням составів поїздів на сортувальних гірках. *Транспортні системи та технології перевезень* : збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2016. Вип. 12. С. 10–15. doi: 10.15802/tstt2016/85879.

**УДК 656.212.5**

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ СТАНЦІЙНИХ ГОРЛОВИН**

### **ANALYSIS OF METHODS FOR CONSTRUCTING RATIONAL RAIL NECK DESIGNS**

*д.т.н., професор О.М. Огар, аспірант М.В. Продащук  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr.Sc., professor O. Ohar, graduate student M. Prodashchuk  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkov)*

Станційні горловини є важливими елементами залізничних станцій, оскільки визначають пропускну спроможність та ефективність експлуатації транспортної інфраструктури. Їхня конструкція має бути ретельно проаналізована та оптимізована, оскільки від цього залежить безперебійне функціонування залізничних ліній, мінімізація затримок, а також зниження експлуатаційних витрат. У сучасних умовах, коли транспортні потоки постійно зростають, а вимоги до швидкості обслуговування стають дедалі жорсткішими, інженери стикаються з необхідністю використовувати новітні методи оптимізації конструкцій станційних горловин.

Одним із найпростіших підходів є аналітичний детермінований метод. Цей метод дозволяє виконувати розрахунки на основі стандартних формул, що дає можливість швидко оцінити базові параметри, такі як кількість колій або час зайнятості маршрутів. Водночас цей метод не враховує нерівномірність потоків або випадкові затримки, які можуть істотно впливати на точність проектних рішень. Таким чином, хоча детермінований метод є зручним для попереднього проектування, його використання обмежується початковими етапами проекту, коли основним завданням є отримання приблизних показників пропускнуої спроможності [1].

Імовірнісний аналітичний метод є більш гнучким, оскільки базується на моделюванні потоків і враховує статистичну нерівномірність руху. Цей підхід дозволяє враховувати випадкові коливання в русі поїздів і краще підходить для проектування у випадках з нерегулярними потоками. Проте, для ефективного застосування цього методу потрібен значний обсяг даних, що включає інформацію про інтенсивність руху, розклади та інші статистичні параметри, які можуть бути важко доступними. Такий метод є важливим інструментом для більш глибокого розуміння та моделювання залізничних процесів [2].

Графо-аналітичний підхід також широко використовується в проектуванні станційних горловин, оскільки дозволяє будувати план-графіки роботи станцій, відображаючи при цьому технологічні процеси у вигляді графічних діаграм. Завдяки цьому підходу можна детально спланувати розташування та функціонування різних елементів залізничної інфраструктури. Хоча цей метод є наочним і зручним для інженерів, він потребує високої кваліфікації та є трудомістким. Недоліком цього методу є також його складність в умовах, коли необхідно врахувати великий обсяг змінних параметрів та ймовірнісних факторів, що можуть впливати на ефективність роботи станції.

Імітаційне моделювання, яке створює цифрові моделі станційних горловин, дозволяє проводити детальні експерименти для оцінки ефективності проектних рішень. Це є одним із найбільш перспективних методів для проектування складних залізничних систем. Імітаційне моделювання дозволяє враховувати випадкові події, зокрема затримки та зміни розкладу, і надає можливість детального аналізу взаємодії між парками та горловинами як єдиною системою. Наприклад, у дослідженні [4] наведено приклад використання алгоритму «schedule-and-fix», який дозволяє уникати конфліктів у роботі горловин та оптимізувати параметри конструкцій, не втручаючись у реальний процес. Такий підхід забезпечує підвищення точності й оперативності в управлінні залізничними потоками.

Сучасні дослідження підтверджують, що для досягнення максимальної ефективності в проектуванні конструкцій станційних горловин доцільно комбінувати аналітичні методи з імітаційним моделюванням. На першому етапі можна використовувати прості аналітичні розрахунки для визначення базових параметрів, а потім, застосовуючи детальні моделі, уточнювати проектні рішення та тестувати різні сценарії функціонування. Цей підхід дозволяє досягти більш точних результатів і мінімізувати ризики, пов'язані з можливими помилками на ранніх етапах проекту [3, 4]. Крім того, автоматизоване проектування із залученням штучного інтелекту є перспективним напрямком, який дозволяє значно зменшити час на проектування та забезпечити високу точність моделей. Штучний інтелект здатний самостійно аналізувати «вузькі місця» в роботі станційних горловин та пропонувати раціональні рішення. Використання таких технологій дозволяє швидко адаптувати проект до змінних умов та забезпечувати стійкість транспортної інфраструктури навіть в умовах значного зростання транспортних потоків [5].

Таким чином, удосконалення методів формування конструкцій станційних горловин має вирішальне значення для підвищення ефективності роботи залізничних станцій та забезпечення надійності залізничної інфраструктури. Розвиток таких методів буде сприяти оптимізації використання ресурсів і підвищенню продуктивності транспортної системи загалом, що є необхідним для задоволення потреб сучасного суспільства в умовах інтенсифікації транспортних перевезень.

[1] Огар О. М. Розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.20. Харків, 2011. 368 с.

- [2] Напрями удосконалення методів формування конструкцій колійного розвитку залізничних станцій та їх техніко-технологічної оцінки / О. М. Огар, І. В. Берестов, С. Є. Бантюков, Н. С. Круглова. *Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень»*. Дніпро, 2021. Вип. 21. С. 60-67. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2021/237664>
- [3] Hansmann R.S., Zimmermann U.T. Optimal sorting of rolling stock at hump yards. *Mathematics-key technology for the future*, 2007.
- [4] Liao Z., Mu C. Assessing the Compatibility of Railway Station Layouts and Traffic Patterns by Optimization-Based Capacity Estimation. *Mathematics*, 2023. URL: MDPI.
- [5] Lovett A., Saat M. High-Speed Rail Network Design and Optimization. *Transportation Research Record*, 2013. URL: RailTEC.

УДК 629.463.1

## СИТУАЦІЙНА АДАПТАЦІЯ НАПІВВАГОНА ДО ПЕРЕВЕЗЕНЬ КОНТЕЙНЕРІВ

### SITUATIONAL ADAPTATION OF AN OPEN WAGON TO CONTAINER TRANSPORTATION

*С.В. Панченко, докт. техн. наук, А.О. Ловська, докт. техн. наук*

*П. В. Рукавішников, ст. викладач*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Sergii Panchenko, Doctor of Technical Sciences,*

*Alyona Lovska, Doctor of Technical Sciences,*

*Pavlo Rukavishnykov, Senior lecturer*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Необхідність підвищення рентабельності транспортної галузі в міжнародному сполученні зумовило впровадження контейнерних перевезень [1]. Значний сегмент контейнерних перевезень припадає на залізничний транспорт. При цьому перевезення контейнерів залізницею здійснюється здебільшого на вагонах-платформах. Нестача вагонів-платформ в експлуатації викликає необхідність використання інших типів вагонів під контейнерні перевезення, наприклад, напіввагонів. Разом з цим, використання напіввагонів під перевезення контейнерів потребує забезпечення надійної схеми їх взаємодії. Відсутність адаптації напіввагона до таких перевезень може призвести до виникнення пошкоджень не тільки самого контейнера, перевозимого у ньому вантажу, а і кузова напіввагона. У зв'язку з цим, питання ситуаційної адаптації напіввагонів до перевезень контейнерів є досить актуальними та потребують дослідження.

Для безпечного перевезення контейнерів в напіввагоні пропонується використання зйомного модуля. Даний модуль працює за принципом проміжного адаптера між контейнером та кузовом напіввагона (рис. 1). Модуль складається із рами, яку утворюють поперечні балки 1, кінцеві балки 2, повздовжні балки 3, торцеві надбудови 4 та розкоси 5. Для кріплення модуля в

напіввагоні він оснащений кутовими фітингами – нижніми 6 та верхніми 7. Для кріплення контейнерів в модулі він оснащений фітинговими упорами 8.

Завантаження зйомного модуля з контейнером до напіввагона передбачається підвісними або іншими типами вантажно-розвантажувальних пристроїв (рис. 2). При цьому взаємодія підвісних пристроїв зі зйомним модулем здійснюється через його верхні фітинги.

Для визначення доцільності використання зйомного модуля проведено комплекс теоретичних досліджень. Встановлено, що максимальні прискорення, які діють на напіввагон, завантажений контейнерами при найбільш несприятливому експлуатаційному режимі, маневрове співударяння, складають  $40,6 \text{ м/с}^2$ , на зйомний модуль –  $33,4 \text{ м/с}^2$ , а на контейнер – близько  $33,7 \text{ м/с}^2$ .

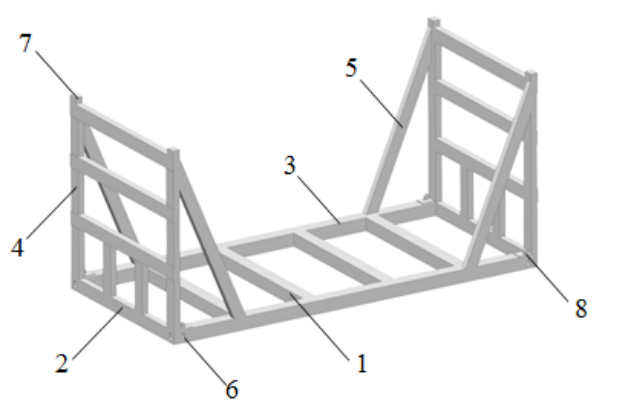


Рис. 1. Зйомний модуль для кріплення контейнерів в напіввагоні

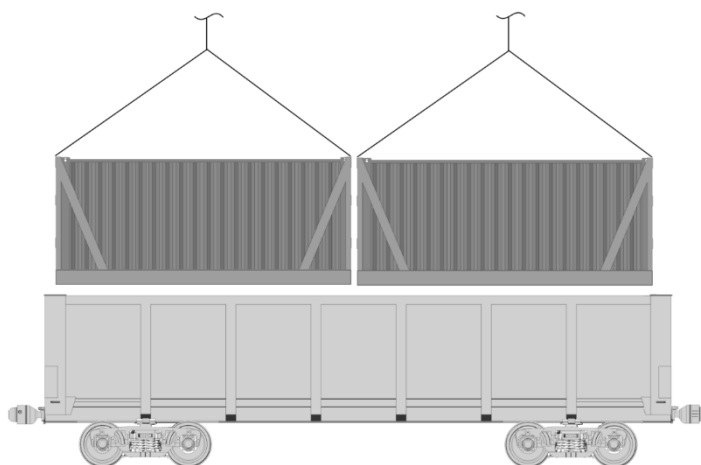


Рис. 2. Завантаження зйомних модулів з контейнерами до напіввагона

Дані результати підтверджено комп'ютерним моделюванням динамічної навантаженості несучої конструкції напіввагона із контейнерами. Здійснено верифікацію сформованої моделі динамічної навантаженості несучої конструкції напіввагона, завантаженого контейнерами за F-критерієм. Проведені розрахунки показали, що гіпотеза про адекватність не відхиляється.

Для дослідження міцності зйомного модуля при вантажно-розвантажувальних операціях проведено відповідні розрахунки. До уваги прийнято дві схеми його завантаження: за допомогою підвісних стропів та за

допомогою спредера. Проведені розрахунки показали, що при вантажно-розвантажувальних роботах зі зйомним модулем міцність його конструкції забезпечується [2]. Результати розрахунків на міцність кузова напіввагона також довели доцільність використання зйомного модуля для кріплення контейнерів.

Проведені дослідження сприятимуть створенню напрацювань щодо проектування конструкцій модульних транспортних засобів та підвищенню ефективності контейнерних перевезень залізничним транспортом.

[1] Juraj Gerlici. Situational adaptation of the open wagon body to container transportation [Text] / Juraj Gerlici, Alyona Lovska, Glib Vatulja, Mykhailo Pavliuchenkov, Oleksandr Kravchenko, Sebastian Solcansky // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13(15), 8605. DOI: 10.3390/app13158605

[2] ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.

**УДК 629.463.027.27-048.35**

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПОВІТРОРозПОДІЛЬНИКА ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА ПІД ЧАС ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМ**

## **DETERMINATION OF PERFORMANCE OF THE AIR DISTRIBUTOR OF A PASSENGER WAGON DURING BRAKE DIAGNOSTICS**

*Д.т.н., В.Г. Равлюк, Я.В. Дерев'янчук*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V.G. Ravlyuk Dr. Sc. (Tech.), Ya.V. Derevianchuk*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Забезпечення пропускнуої та провізної здатності залізниці залежить від швидкості руху поїздів, технічних характеристик рухомого складу й стану гальмових систем, які гарантують безпеку руху під час перевезень пасажирів. У нинішніх умовах експлуатації пасажирських вагонів технічний стан пневматичного гальмового обладнання, в деяких випадках, призводить до значних затримок поїздів на шляху прямування, а це спричиняє порушення графіку руху. У зв'язку з цим постають актуальні питання стосовно діагностування вузлів гальмового обладнання пасажирських вагонів під час руху поїзда.

Запропоновано для діагностування технічного стану пневматичного обладнання кожного вагона окремо та состава в цілому застосовувати математичну модель працездатного стану вузлів гальмової системи вагона. В загальному випадку математична модель включає в себе рівняння руху виконавчого органу й рівняння зміни тиску в порожнині нагнітання. Використання математичної моделі дає змогу порівнювати теоретичні значення з експериментальними. Для розрахунку масової витрати повітря під час з'єднання елементів гальмової системи пасажирського вагона через

повітророзподільник на докритичному та надкритичному режимах течії використано залежності:

$$G(t) = \begin{cases} 2,39 \cdot 10^{-3} \cdot \mu \cdot f \cdot P_6, & \text{якщо } \frac{P_n}{P_6} \leq 0,53; \\ 9,3 \cdot 10^{-3} \cdot \mu \cdot f \cdot P_6 \cdot \sqrt{\left(\frac{P_n}{P_6}\right)^{1,43} - \left(\frac{P_n}{P_6}\right)^{1,71}}, & \text{якщо } \frac{P_n}{P_6} > 0,53, \end{cases} \quad (1)$$

де  $P_6, P_n$  – абсолютний тиск, відповідно на вході та виході дроселя, МПа.

Зміна тиску у резервуарі буде залежати від витрати повітря, а також від кроку інтегрування. Отже, рівняння для визначення тиску у резервуарі  $P$  має такий вигляд:

$$P(t) = \frac{R \cdot T}{V} \cdot \int_{t_1}^{t_2} G(t) dt, \quad (2)$$

де  $R$  – універсальна газова постійна, Дж/кг·К;  $T$  – температура навколишнього середовища, К;  $V$  – об'єм резервуара, м<sup>3</sup>;  $G$  – масова витрата повітря на заряджання резервуара, кг/с.

Запропонована математична модель повністю описує процеси, що протікають у працездатному повітророзподільнику ум. №292. Випробовування якого виконано в лабораторії кафедри інженерії вагонів та якості продукції Українського державного університету залізничного транспорту на дослідному стенді. За результатами отриманих експериментальних даних виконано їх порівняння з теоретичними значеннями й побудовано діаграму (рис. 1).

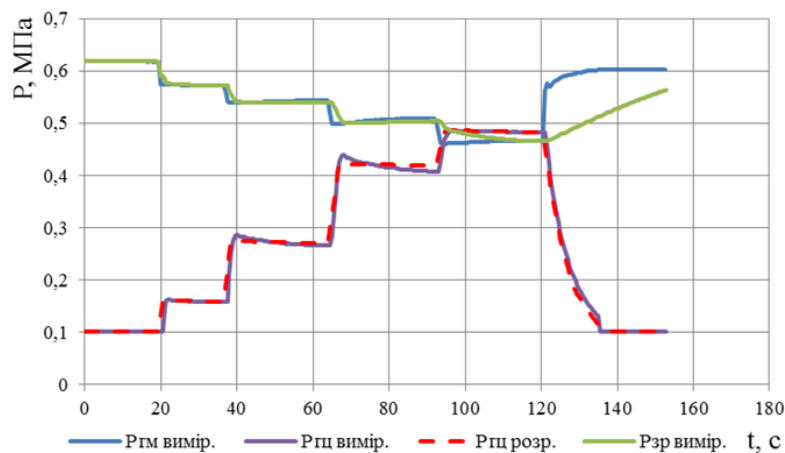


Рис. 1. Порівняльна діаграма розрахункових і експериментальних значень

З діаграми встановлено, що розрахований за математичною моделлю тиск в гальмовому циліндрі (крива  $P_{гц\ розр.}$ ) співпадає з виміряними значеннями в лабораторних умовах (рис. 1). Експериментальне дослідження повітророзподільника ум. №292 на стенді показало, що під час виконання ступеневого гальмування за рахунок розрядження гальмової магістралі (крива



$P_{ГМ}$  *вимір.*) відбувається перетікання повітря з запасного резервуара (крива  $P_{ЗР}$  *вимір.*) у гальмовий циліндр (крива  $P_{гц}$  *розр.*). При цьому відносна похибка склала 4,4 %, за час – 0,5 с під час перехідних режимів.

Встановлено, що запропонована математична модель описує процеси, які протікають під час пневматичного гальмування пасажирського вагона, тому її доцільно використовувати в діагностичній системі. Застосування якої зменшить витрати часу на ліквідацію несправностей гальмового обладнання та покращить безпеку руху під час пасажирських перевезень.

[1] Ravluyk V., Derevianchuk I., Afanasenko I., Ravluyk N. Development of electronic diagnostic system for improving the diagnosis reliability of passenger car brakes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. 2(9(80)). P. 35–41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.66007>

[2] Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України: ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015: Затв. нак. Укрзалізниці від 28.10.1997. № 264-Ц. Київ: 2004. 146 с.

[3] Інструкція оглядачу вагонів: ЦВ-0043: Затв. нак. Укрзалізниці №737-Ц від 28.12.01. Вид. офіц. Київ: 2002. 186 с.

**УДК 621.873**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ У МЕХАНІЗМІ  
ПІДЙОМУ ПОРТАЛЬНИХ КРАНІВ «АЛЬБАТРОС» ПРИ  
ПЕРЕВАНТАЖЕННІ СИПКИХ ВАНТАЖІВ**

**RESEARCH OF DYNAMIC LOADS IN THE LIFTING MECHANISM OF  
ALBATROSS PORTAL CRANES DURING BULK CARGO  
TRANSSHIPMENT**

*К.т.н В.В. Стрельбіцький*

*Одеський національний морський університет (м. Одеса)*

*V.V. Strelbitskiy*

*Odessa National Maritime University (Odessa)*

Portal cranes are widely used for handling bulk cargo in sea and land ports [1-9]. Nonetheless, it is notable that over 90% of these gantry cranes have surpassed their anticipated lifespan. The efficiency of port operations relies heavily on the consistent and dependable functioning of these cranes, which are essential to the overall technological workflow [1-7].

Practical observations indicate that a significant proportion of machinery breakdowns and incidents are linked to lifting apparatus that has exceeded its useful lifespan while still being subjected to rigorous cyclical operations. Currently, it is crucial, both scientifically and practically, to assess the magnitude of dynamic forces acting on the lifting systems of portal cranes [1-9].

A study of the literature [1-5,8-9] indicates that the effects of dynamic loading on the lifting mechanisms of gantry portal cranes, especially those that have been in service for over 40 years, remain under-explored. It is important to emphasize that

every crane necessitates an individual analysis, as the dynamic properties of these mechanisms are influenced by factors such as their operational conditions along with the geometric, physical, and mechanical characteristics of their components [1-5,8,9].

The focus of this study is on equipment designed for transferring bulk materials to vessels at a port. The highest recorded load values in the rope segments were noted at the point when the grab detached from its base. Load variations over time exhibited fluctuations that align with previously established research [2,3,8,9]. The electrotenometric approach was employed to assess dynamic forces.

To measure the dynamic forces in the lifting mechanism, the electrotenometric method is used.

During the research, the rate of lifting was concurrently assessed with the help of tachometers that were aligned with the electric motor shafts.

Once the grab was lowered, the instruments were activated, and the sensor data was logged continuously. The grab's jaws were closed, and it was elevated to a height of 2.5 meters. Following this, the grab was unloaded by opening the jaws, at which point the recording ceased. This procedure of lifting the load for each weight was carried out five times, and the results collected were then averaged.

Using the collected data, calculations for the dynamism coefficients were performed. The analysis indicated that for loads ranging from 8 tons to 16 tons, the dynamism coefficient lies between 1.5 and 2.4, displaying a nonlinear relationship. The calculated dynamism coefficients surpass the normative values, which could potentially result in early failures of the lifting equipment.

- [1] Григоров О. В., Петренко Н. О. Вантажопідйомні машини: Навч. посібник. Харків: НТУ «ХПІ», 2005. 304 с.
- [2] A Report of the Crane Unit of the Division of Occupational Safety and Health. Philip Yow, 2000.
- [3] Pustovyi, V.M., Semenov, P.O., Nemchuk, O.O. et al. Degradation of Steels of the Reloading Equipment Operating Beyond Its Designed Service Life. *Mater Sci* 57, 640–648 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11003-022-00590-1>.
- [4] Luo Shengnan. Study on the Safety Assessment Method of Portal Cranes. 2015 .
- [5] Стрельбіцький В.В. Оцінка надійності механізмів порталних кранів Альбатрос / В.В. Стрельбіцький // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2022. № 5. С. 196–199.
- [6] Стрельбіцький В. В. Перспективи використання квадрокоптерів для діагностування порталних кранів // Topical issues of practice and science. Abstracts of XXVI International Scientific and Practical Conference. Varna, Bulgaria. 2021. С. 760-762.
- [7] Стрельбіцький В.В. Експериментальне дослідження впливу напрацювання та асиметрії циклу на тріщиностійкість сталей порталних кранів / В.В. Стрельбіцький, О.О. Немчук // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2020. № 1. С. 245–248.
- [8] Стрельбіцький В.В., Кібаков О.Г. Дослідження динамічних навантажень у механізмі підйому порталних кранів «Сокіл» / В.В. Стрельбіцький, О.Г. Кібаков // Вісник Хмельницького національного університету. Том 1, №5, 2023 (325). С. 226-229.
- [9] Ловеїкін В.С., Ромасевич Ю.О. Динаміка машин. К.: КОМПРИНТ, 2013. 227 с.

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ ЗА  
ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ ШТУЧНОГО  
ІНТЕЛЕКТУ**

**IMPROVEMENT OF VEHICLE ENGINE DIAGNOSTICS USING  
ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS**

*доктор техн. наук О.П. Строков, канд. техн. наук О.В. Головіна,  
А.В. Сорокін*

*Філія Класичного приватного університету (м. Кременчук)*

*Doctor of Technical Sciences O.P. Strokov, Candidate of Technical Sciences  
O.V. Holovina, A.V. Sorokin  
Branch of the Classical Private University (Kremenchuk)*

Сучасні автомобілі оснащені складними електронними системами та датчиками, які генерують величезну кількість даних. Для ефективного аналізу цих даних потрібні інструменти, здатні обробляти їх в реальному часі та виявляти аномалії або несправності й прогнозувати можливі майбутні поломки за рахунок аналізу зібраних даних і вивчення поведінки двигуна з подальшим виявленням закономірностей, що свідчать про зношення робочої поверхні або наближення поломки. Оскільки алгоритми штучного інтелекту навчаються на великих обсягах даних і постійно вдосконалюються, такий підхід дозволяє досягати високої точності у визначенні проблем двигуна, враховуючи найдрібніші деталі, які можуть бути пропущені людиною, що значно покращує точність діагностики, [1-3]. Усе це свідчить про те, що автоматизація процесу діагностики за допомогою штучного інтелекту дозволяє зменшити навантаження на технічних спеціалістів, прискорити обслуговування автомобілів, що особливо важливо для великих автопарків та сервісних центрів, де швидкість і точність діагностики впливають на загальну продуктивність і прибутковість. Отже, є всі підстави зробити такий висновок, що розробка алгоритмів для діагностики двигунів автомобілів через своєчасну діагностику за допомогою штучного інтелекту є особливо актуальною, тому що допомагає зменшити час простою, знизити кількість викидів шкідливих речовин і покращити паливну ефективність автомобіля.

Як відомо, штучний інтелект отримує інформацію від датчиків, встановлених у двигуні автомобіля у реальному часі. Це показники, пов'язані з температурою, вібрацією, тиском, рівнем масла, витратою палива тощо. ШІ аналізує ці дані, щоб виявити аномалії або проблеми в роботі двигуна, такі як перевищення допустимої температури, ненормальні вібрації або недостатній тиск масла. Завдяки аналізу інформації з бази даних, Штучний інтелект передбачає можливі майбутні поломки та рекомендує профілактичне обслуговування. Крім того він формує звіти про стан двигуна, інформує про необхідність ремонту або

технічного обслуговування. Тобто, алгоритм для діагностики двигунів автомобілів за допомогою штучного інтелекту повинен вирішити задачі, пов'язані з мониторингом даних про стан двигуна в режимі реального часу, прогнозуванням поломок, наданням рекомендацій щодо оптимального обслуговування зі створенням графіка технічного обслуговування, адаптації до нових даних. Спираючись на ці задачі, був розроблений алгоритм діагностування двигунів автомобілів за допомогою штучного інтелекту, рис.1.

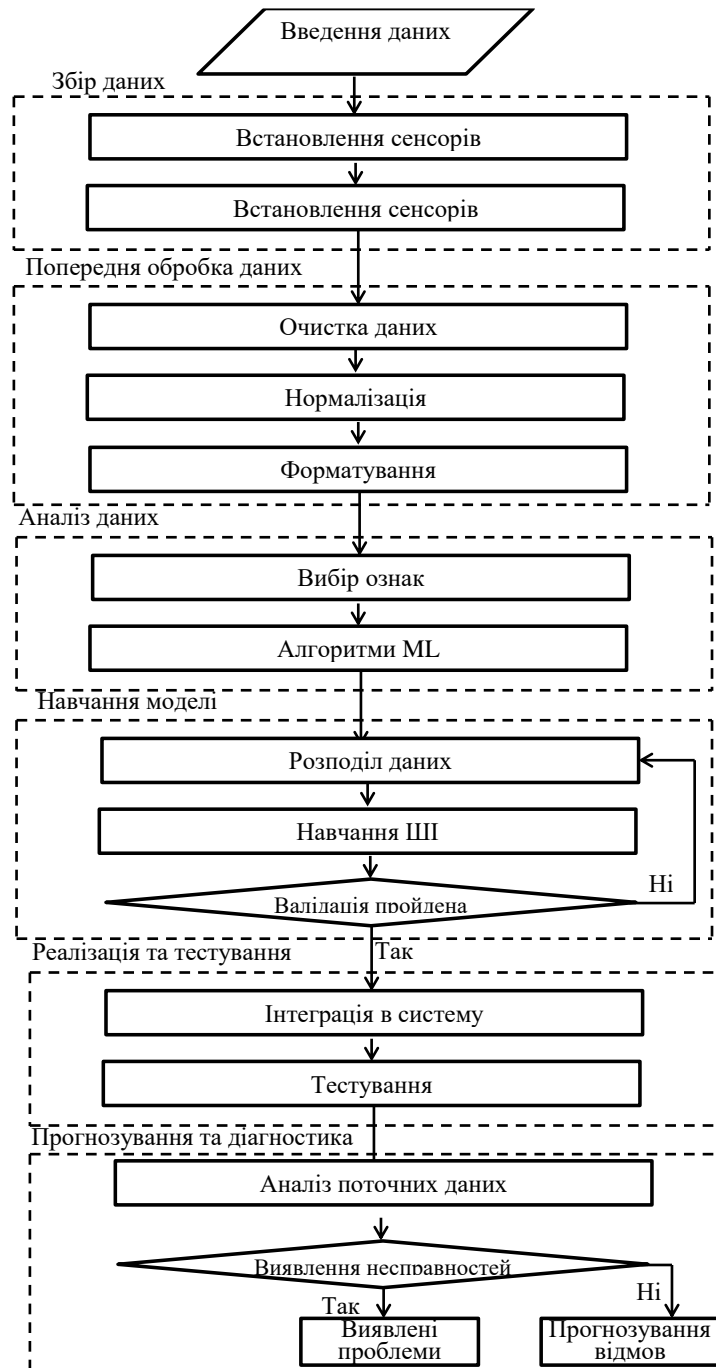


Рис. 1. Алгоритм діагностування двигунів автомобілів за допомогою штучного інтелекту

Таким чином, за допомогою розробленого алгоритму діагностування двигунів автомобілів з використанням штучного інтелекту можна вчасно отримувати інформацію про стан двигуна, одержувати попередження та рекомендації у разі критичних відхилень або необхідності обслуговування, тим самим, зменшуючи ризик серйозних поломок і збільшуючи довговічність й надійність двигунів.

[1] Cachada A., Barbosa J., Leitão P., Gcraldcs CAS, Deusdado, J Costa L., Teixeira C., Teixeira J. Maintenance 4.0: Intelligent and predictive maintenance system architecture. 23rd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation: Politecnico di TorinoTorino, Italy, 4 - 7 September 2018 Torino, 2018. P. 136-146.

[2] CSA Gong, CHS Su, YH Chen, DY Guu / How to implement automotive fault diagnosis using artificial intelligence scheme //Micromachines, 2022. – 13(9). – P. 1–28. URL: <https://doi.org/10.3390/mi13091380>

[3] Rasheed R., Qazi F., Ahmed A., Asif A., Shams H. Machine learning approaches for in-vehicle failure prognosis in automobiles: a review / VFAST Trans Softw Eng, 2024. – 12 (1). – P. 169-82.

**УДК629.4**

## **ЗАГАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ЕЛЕКТРОВОЗА**

### **GENERAL APPROACH TO DETERMINING THE ENERGY BALANCE OF ELECTRICITY LOCOMOTIVE**

*к.т.н А.Л. Сумцов*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Tech.) A. Sumtsov*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Енергетичний баланс – це облік співвідношення між вхідними ресурсами та/або виробництвом енергетичних ресурсів і енергоємністю [1]. Енергетичний баланс узгоджує (балансує) всі енергетичні та матеріальні ресурси, які входять до меж системи, з енергетичними та матеріальними ресурсами, що залишають межі системи.

Енергетичний баланс локомотива — це визначення усіх потоків енергії, що входять до систем локомотива, та їх розподілу за певний проміжок часу. Його мета — визначити, яким чином і в якій використовується та перетворюється енергія.

Енергетичний баланс, за законом збереження енергії, поділяється на дві частини: прибуткову  $E_{\text{пр}}$  і витратну  $E_{\text{вит}}$ . Таким чином енергетичний баланс є узагальненою характеристикою системи і є зрівноваженим

$$E_{\text{пр}} = E_{\text{вит}} \quad (1)$$

Прибуткова частина характеризує джерело енергії, що надходить у систему через різні енергоносії. витратна частина охоплює витрати енергії на всі види її використання, втрати під час перетворення енергії з одного виду в інший, втрати при передачі енергії, а також енергію, яка накопичується в накопичувачах енергії. Під час складання енергетичного балансу усі види енергоресурсів зводять до єдиного вимірника, яким в Україні зазвичай є джоуль, тонна умовного палива або кВт-год. Визначення прибуткової частини балансу не викликає складнощів. У випадку електровоза це буде споживання електричної енергії від контактної мережі за лічильником.

Основну складність проведення енергетичного аудиту та складання енергетичного балансу викликає витратна частина. В ній містяться як витрати енергії на основну функцію локомотива – створення сили тяги  $E_T$ , так і додаткові витрати роботу допоміжного устаткування  $E_{\text{дод}}$  та втрати на перетворення енергії в процесі її споживання  $E_{\text{втр}}$ .

$$E_{\text{вит}} = E_T + E_{\text{дод}} + E_{\text{втр}}. \quad (2)$$

Визначення фактичних витрат на тягу  $E_T$  можливо доволі точно та якісно визначити використанням динамометричного вагону-лабораторії при виконанні поїздок. Визначення фактичних складових  $E_{\text{дод}}$  та  $E_{\text{втр}}$  є складним через змінний режим роботи устаткування. В загальному випадку до  $E_{\text{дод}}$  відносяться енергія пневматичної системи, енергія на кабіну машиніста (опалення, кондиціонування, енергія для побутових приладів та освітлення кабіни), енергія на роботу системи керування, енергія на систему охолодження устаткування та інші системи. Визначення  $E_{\text{дод}}$  зводиться до суми витрат енергії кожним кінцевим споживачем  $i$ -ї системи якому присвоєно  $j$ -й номер, тобто матиме наступний вид

$$E_{\text{дод}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m E_{ij} \quad (3)$$

Енергетичний баланс електровоза визначає всі потоки енергії: вхідний (кількість електроенергії отриманої з контактної мережі), корисний (механічна робота сили тяги електровоза), додаткова робота (енергія на роботу допоміжних систем) і втрати (теплові, електричні, механічні). Застосування принципів енергетичного аудиту та розрахованого енергетичного балансу локомотива дозволяє виявити слабкі місця функціонування системи [2]. Енергетичний баланс дозволяє оцінити ефективність використання різних видів енергії та виявити ділянки її нераціонального використання [3, 4].

Енергетичний аудит локомотива використовує ці дані для розробки рекомендацій, спрямованих на оптимізацію споживання енергії, зменшення втрат і підвищення ефективності локомотива, наприклад, через модернізацію систем чи впровадження енергозберігаючих технологій [5]. Рациональне використання енергоресурсів є одним з найважливіших напрямків підвищення конкурентоздатності залізничного транспорту в умовах жорсткої конкуренції з іншими видами транспорту.

- [1] ДСТУ ISO 50002:2016 (ISO 50002:2014, IDT) Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення
- [2] Малярєнко В.А., Немировський І.А. (2010) Енергозбереження та енергетичний аудит. НТУ «ХПІ», 344 с.
- [3] Зди́рко Н. Г. (2022) Удосконалення методики енергетичного аудиту в забезпеченні ефективного та екологічнобезпечного енергокористування. *Ефективна економіка*. № 8. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek\\_2022\\_8\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2022_8_8).
- [4] Консультування підприємств щодо енергоефективності. Посібник із енергоаудиту (2020) Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. URL: <https://uamap.org.ua/storage>
- [5] ДСТУ EN 16247-4:2015 (EN 16247-4:2014, IDT) Енергетичні аудити. Частина 4. Транспорт.

**УДК 656.212.5**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХОДУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДО ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ**

### **STUDY OF THE TRANSITION OF RAILWAY INFRASTRUCTURE TO EUROPEAN STANDARDS**

*Г.В. Шаповал, канд. техн. наук, Т. М. Кушнір, аспірант  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*G. Shapoval Ph. D (Tech.), T. Kushnir postgraduate  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

At the onset of the military invasion, the significance of western railway corridors increased dramatically. The western routes provided access to EU territory and further to ports, handling large volumes of cargo transported by rail. However, the substantial rise in rail freight from Ukraine exposed several issues related to the integration of Ukrainian railways with EU requirements. To address these challenges, the implementation of a European-standard railway gauge within Ukraine has been proposed.

This endeavor requires the construction of a European gauge railway network within Ukraine, while strategically integrating it with the country's existing broad-gauge lines. To address this issue, the «Solidarity Lanes» initiative was launched. This initiative aims to improve transport connections between Ukraine and the EU by expanding the trans-European TEN-T network and advancing the construction of European-gauge rail lines.

The implementation of a European gauge across Ukraine's railway network would facilitate a rapid integration into the EU market, accelerating the movement of goods and services. Achieving Ukraine's integration into the EU railway system requires the following steps:

- aligning railway transport legislation with European legal standards;
- implementing technical norms for the operation of the European rail network;
- streamlining and simplifying customs and border crossing procedures;
- upgrading and expanding border infrastructure (depots, stations, transshipment terminals);

- offering tariff discounts at underutilized crossings and allowing private investments in strategic infrastructure;
- continuing the development of domestic intermodal terminals and logistics centers.

To support Ukraine's future recovery, it is essential to expedite the integration of its market with the EU single market and to expand transport corridors in Ukraine's western regions. Developing an internal network of European-gauge railways will facilitate effective interaction and logistical connections between Ukraine's industrial and economic regions and EU countries.

[1] . Commission regulation (EU) 1299/2014 of 18 November 2014 on the technical specifications for interoperability relating to the «infrastructure» subsystem of the rail system in the European Union. – Access mode: <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/1299/oj>.

[2] . Directive (EU) 2016/797 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 on the interoperability of the rail system within the European Union. - Access mode: <http://data.europa.eu/eli/dir/2016/797/oj>.

**УДК 656.212.5**

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ ЕЛЕМЕНТАМИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

### **USE OF INFORMATION TECHNOLOGY TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF INTERACTION AMONG ELEMENTS OF RAILWAY INFRASTRUCTURE**

*Г.В. Шаповал, канд. техн. наук, Л. В. Лис, аспірант  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*G. Shapoval, Ph.D. (Tech.), L. Lys, postgraduate  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

The current state of relationships among individual participants in the transportation chain during cargo delivery is shifting towards an economic focus. On one hand, cargo owners are increasingly demanding higher service quality and adherence to delivery deadlines. On the other hand, the railway sector is interested in reducing the time that wagons spend at stations in order to accelerate wagon turnover and decrease the need for an active fleet of technical assets. Therefore, to ensure an effective technology for interaction between elements of railway infrastructure and cargo owners, there is a need to develop modern service schemes that would enhance the quality of transport services.

Currently, the existing technology for interaction among elements of railway infrastructure in cargo transportation does not always meet contemporary requirements. The efficient operation of the transport system requires the development of a reliable and flexible technology for the interaction of railway transport



infrastructure elements. This would ensure a dependable and adaptable cargo delivery technology from producer to consumer.

One of the solutions to this issue is improving the information exchange between elements of railway infrastructure. This improvement would result in reducing delivery costs, optimizing transport resources, and decreasing the cost of freight transportation.

The presence of competition from road transport compels the railway sector to develop comprehensive approaches to organizing the interaction of railway infrastructure elements. Cargo owners use criteria such as "on-time delivery" and minimal costs to assess the quality of railway transport services. However, current approaches do not fully consider the interests of all participants in the transportation process during cargo delivery.

To enhance the efficiency of interaction among elements of railway infrastructure, it is proposed to utilize a model for the rational distribution of work using the criterion convolution method. Considering the significant number of interacting elements, it is suggested to optimize their interaction process by implementing modern information technologies for shipment tracking.

**УДК 656.212.5**

## **ВПЛИВ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ ПРИПОРТОВИХ СТАНЦІЙ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ ПОЇЗДОПОТОКІВ**

### **THE INFLUENCE OF THE RAIL DEVELOPMENT OF PORT STATIONS ON THE EFFICIENCY OF TRAFFIC PROCESSING**

*Канд. техн. наук Г.І. Шелехань, асп. В.В. Луців, Ю.Т. Папка  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*H. I. Shelekhan, PhD (Tech.), V. V. Lutsiv, Yu. T. Papka  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Ймовірнісний характер поїздопотоків, що прибувають на припортові станції, стає причиною межопераційних простоїв рухомого складу при формуванні поїздів. Це, у свою чергу, впливає на функціонування усієї системи обслуговування поїздопотоків на станціях. Обмежена ємність станційних парків за певних умов також може вплинути на роботу та спричинити перерви у роботі усіх обслуговуючих систем. Так, недостатній колійний розвиток парку прийому при значній завантаженості системи обробки поїздів у парку та невеликій переробній спроможності сортувального пристрою може викликати простої поїздів на підході до станцій, а, отже, зменшити пропускну спроможність й прилеглих дільниць.

Недостатня ємність сортувального парку, у свою чергу, може викликати значні простої при розпуску составів. Секціонування сортувального парку може

стати одним з ефективних заходів підвищення пропускну́ї спроможності станційних колій при значній кількості малопотужних призначень на припортових станціях. Так, на припортовій станції Одеса-порт такий захід можна впровадити у Пролетарському та Бакалійному парках, які дозволяють вихід маневрових составів зі станції на причали порту.

Значні у довжину сортувальні станції часто виявляються недостатньо заповненими при накопиченні малопотужних груп вагонів для приймання у вантажні пункти та передачі їх на прилеглі станції та ділянки. Поділ таких сортувальних колій на декілька секцій дозволяє накопичувати вагони кількох призначень на одній колії.

Обмежена ємність парків відправлення тягне за собою додаткові прості поїздів у сортувальному парку через неможливість перестановки составів до парку відправлення, а також затримки транзитних поїздів на підході через переповнення цього парку.

Це показує тісний взаємозв'язок у роботі окремих систем обслуговування поїздопотоків на припортових станціях в умовах граничних завантажень. Наявність складних технологічних взаємозв'язків між функціонуванням систем обслуговування вимагає розгляду роботи кожної системи не ізольовано від роботи інших систем, а комплексно.

**УДК 656.212.5**

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ МАШИННОГО ЗОРУ**

### **INTELLIGENT SYSTEMS FOR MANAGING THE SPEED OF CARRIAGE ROLLING ON SORTING HILLS BASED ON MACHINE VISION TECHNOLOGIES**

*аспірант А.А. Токаренко*

*Український державний університет залізничного транспорту (Харків)*

*postgraduate A. A. Tokarenko*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сортувальні гірки є ключовим елементом транспортної інфраструктури, що забезпечують оперативне формування поїздів та ефективний розподіл вантажів. З огляду на посилення вимог до безпеки та ефективності роботи, інтеграція інтелектуальних систем керування є критично важливим напрямом розвитку залізничної галузі. Розробка інтелектуальної системи керування швидкістю скочування відчепів, яка базується на обробці відеозображень для аналізу руху вагонів у реальному часі, є актуальним завданням. Система інтегрує алгоритми

машинного навчання для ідентифікації параметрів руху вагонів, оцінки їхньої швидкості та прогнозування траєкторії кожного відчепу. Це дозволяє здійснювати динамічний контроль та корекцію процесів сортування. Функціональні можливості системи:

**Автоматичний контроль швидкості руху вагонів:** забезпечує ефективне регулювання процесу скочування з урахуванням кінематичних характеристик.

**Зменшення впливу людського фактора:** виключає необхідність постійного втручання оператора, що знижує ризики помилок.

**Підвищення безпеки процесів сортування:** забезпечує уникнення зіткнень або аварійних ситуацій.

**Економія енергоресурсів:** оптимізує витрати енергії на зупинку або прискорення вагонів.

**Моніторинг і прогнозування:** система здатна прогнозувати поведінку вагонів на основі історичних даних і поточного аналізу.

Технології машинного зору, зокрема такі інструменти, як OpenCV для обробки зображень та TensorFlow для машинного навчання, дозволяють значно підвищити точність вимірювань, швидкість аналізу даних і зменшити затримки в процесах прийняття рішень. Окрім цього, використання сучасних сенсорів і камер з високою роздільною здатністю забезпечує систему додатковими даними для більш глибокого аналізу, основні компоненти систем машинного зору наведені на рисунку 1 .

## ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМ МАШИННОГО ЗОРУ



Рис. 1. Основні компоненти систем машинного зору

Інтеграція технологій машинного зору у процеси керування на сортувальних гірках забезпечує підвищення точності, швидкості та безпеки сортування вагонів. Впровадження інтелектуальної системи сприятиме цифровій трансформації транспортної інфраструктури та дозволить досягти суттєвих економічних і технологічних переваг.

[1] Машинне зір в ТОiP: ефективний пошук несправностей та дефектів – 2021р. URL: <https://smart-eam.com/ua/news/mashinnoe-zrenie-v-toir-jeffektivnyj-poisk-neispravnostej-i-defektov/> (дата звернення 18.11.2024)

[2] Технології машинного зору на залізницях США – 2023р. URL: <https://www.railwayage.com/> (дата звернення 18.11.2024)

Секція  
**ФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ  
ВИГОТОВЛЕННІ ТА ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ  
ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

УДК 621.9.048

**ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЧАСУ  
ВІД ВПЛИВУ ВІБРАЦІЙ**

**REVIEW OF MODERN TECHNOLOGIES FOR PROTECTING TIME  
SYNCHRONIZATION FROM VIBRATION IMPACTS**

*канд. техн. наук Л.В. Волошина, магістрант Б-А.О. Харченко  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*L.V. Voloshyna, PhD (Tech.),  
B-A.O. Kharchenko, graduate student  
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Точна синхронізація часу є основою функціонування багатьох сучасних систем у галузях зв'язку, енергетики, транспорту та наукових досліджень. В умовах підвищеної вібрації, яка може бути спричинена як навколишнім середовищем, так і обладнанням, що функціонує поруч, виникає проблема збереження стабільності систем синхронізації. Вібрації можуть порушувати точність переданих сигналів, що суттєво впливає на результат синхронізації.

Сучасні дослідження в області синхронізації часу зосереджені на використанні оптичних волокон для передачі часу з високою точністю. Оптичні лінії менш схильні до впливу вібрацій порівняно з електронними компонентами. Це дозволяє значно зменшити похибки під час синхронізації, оскільки вплив механічних коливань на оптичні сигнали є мінімальним. Такі системи можуть передавати час на великі відстані з дуже малими втратами точності, навіть за умов вібрацій [1].

Квантові годинники, що використовують атомні переходи для генерації точних часових сигналів, стають все більш актуальними у боротьбі з вібраціями. Вони можуть бути інтегровані у системи, менш чутливі до зовнішніх впливів, таких як механічні коливання. Квантові годинники здатні забезпечити набагато вищу стабільність синхронізації часу, що робить їх перспективним рішенням для зменшення впливу вібрацій [2].

Віртуальна синхронізація - це інноваційний підхід, що дозволяє зменшити фізичну залежність між компонентами синхронізації часу за допомогою програмних алгоритмів. У цій системі замість фізичних з'єднань використовуються віртуальні мережі для передачі та обробки часових сигналів.

Таким чином, будь-які механічні вібрації в обладнанні, що впливають на фізичні з'єднання, не мають прямого впливу на точність передачі часу[3].

Інтеграція супутникових систем синхронізації часу, таких як GPS, дає змогу отримувати точні часові сигнали з мінімальним впливом вібрацій на локальні системи. Сигнали, передані через супутники, менш чутливі до фізичних вібрацій на землі. Використання таких систем особливо корисне в умовах, де вплив вібрацій є значним, наприклад на промислових об'єктах або під час руху транспорту.

Магнітна левітація може використовуватися для фізичного ізолювання чутливого обладнання від вібрацій. Це забезпечує стабільність компонентів, які беруть участь у синхронізації часу, шляхом підвищення їх у магнітному полі. Вібрації не передаються через фізичний контакт, що значно зменшує їхній вплив на систему.

Надпровідники мають унікальні властивості, зокрема здатність витримувати високі механічні навантаження без втрати своїх характеристик. Використання надпровідників у системах синхронізації часу може забезпечити їх ізоляцію від механічних коливань. Це рішення може бути особливо корисним в умовах, де температура й умови довкілля змінюються, створюючи нестабільність.

Лазери можуть використовуватися для передачі часових сигналів із високою точністю, практично не піддаючись впливу механічних коливань. Використання лазерних променів для синхронізації часу може значно зменшити похибки, спричинені вібраціями, особливо в умовах, де звичайні електронні компоненти можуть зазнавати спотворень.

Акустичні метаматеріали – це інженерні матеріали, здатні змінювати поведінку звукових хвиль. Вони можуть бути використані для створення бар'єрів, які ізолюють обладнання від зовнішніх вібрацій. Ці матеріали можуть поглинати або відхиляти механічні хвилі, що впливають на синхронізацію часу, забезпечуючи більш стабільне середовище для передачі часових сигналів.

Отже, сучасні дослідження [3-5] пропонують низку інноваційних технологій для захисту систем синхронізації від вібрацій, включаючи використання оптичних волокон, квантових годинників, віртуальної синхронізації, супутникових сигналів, магнітної левітації, надпровідників, лазерних променів та акустичних метаматеріалів. Кожен із цих підходів дозволяє знизити вплив механічних коливань на точність синхронізації, що суттєво підвищує надійність роботи систем в екстремальних умовах. Впровадження новітніх рішень сприятиме підвищенню точності та стабільності синхронізації часу, забезпечуючи функціонування критично важливих інфраструктур у широкому діапазоні умов.

[1] Волошина Л.В., Харченко Б-А.О. До питання забезпечення точності синхронізації часу в Україні. *Інженерія поверхні та реновація виробів: Матеріали 24-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 26-27 червня 2024 р.* Київ: АТМ України, 2024. С.23-25.

[2] Волошина Л.В., Харченко Б-А.О. Особливості стратегії забезпечення якості та надійності синхронізації часу. *Якість, стандартизація, контроль: теорія та практика: Матеріали 24-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 24-26 вересня 2024 р.* Київ: АТМ України, 2024. с.40-43

- [3] Jia-Jun Qin, Jia-Wen Li, Dong-Dong Qi, Tao Chen, Shi-Ya Huang, Hong-Zhang Xie, Hao-Qian Xu, Lei Zhao, Design of a high-precision clock distribution and synchronization system. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, Vol. 1062, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.nima.2024.169198>
- [4] Zhigang Du, Sunxuan Zhang, Zijia Yao, Zhenyu Zhou, Muhammad Tariq, Attack-detection and multi-clock source cooperation-based accurate time synchronization for PLC-AIoT in smart parks. *Digital Communications and Networks*, 2023, ISSN 2352-8648, <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2023.10.005>.
- [5] Hiroyuki K.M. Tanaka, Giancarlo Cerretto, Ivan Gnesi. First experimental results of the cosmic time synchronizer for a wireless, precise, and perpetual time synchronization system. *iScience*, Vol. 26, Issue 5, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106595>.

**УДК 669.017:621.73**

## **ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ПАР ТЕРТЯ**

## **INCREASING THE DURABILITY OF FRICTION PAIR PARTS**

***I.V. Дощечкіна, канд. тех. наук., доц.***

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)*

***I.V. Doschekhina, PhD (Tech.)***

*Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

Довговічність в експлуатації більшості деталей машин обумовлює стан їх поверхні, який визначає службові характеристики в умовах тертя і зношування. дії циклічних навантажень, впливу агресивних середовищ. Згідно з сучасними поглядами поверхня має суттєвий вплив на поведінку під навантаженням та руйнування виробу в цілому.

Статистика практики експлуатації транспортних засобів свідчить, що до 80% передчасних відмов обумовлені спрацюванням робочих поверхонь та значним зношуванням деталей вузлів тертя [1].

Ремонтні роботи з компенсації зношеної поверхні деталей не завжди забезпечують вимоги до післяремонтного ресурсу, який має бути не нижчим ніж 80 % від ресурсу нового виробу. При цьому не менш важливими є економічні чинники – витрати на ремонт не повинні перевищувати 40-60% вартості нових деталей.

Для підвищення довговічності сполучених пар тертя при інших рівних умовах використовуються різні методи поверхневого зміцнення для підвищення зносостійкості (хіміко-термічна обробка, способи поверхневого гартування, електроіскрове легування, іонно-плазмові покриття, газо-термічне напилення та ін.), якими досягають певної ефективності, однак усі вони потребують спеціального обладнання, значних енергетичних та трудових витрат, що суттєво впливає на вартість ремонту.

Значна кількість деталей основних конструктивних вузлів транспортних засобів піддаються постійним циклічним навантаженням і працюють в умовах втоми, та і знос має втомну природу, то цілком доцільно приділити увагу також

питанню підвищення втомної міцності, Таким чином, пошук нових ефективних технологій для підвищення післяремонтного ресурсу та робочих поверхонь деталей вузлів тертя є актуальним питанням.

Технологічним процесом, який все ширше використовується у багатьох галузях промисловості для покращення трибологічних показників, збільшення втомної міцності та корозійної стійкості виробів різного призначення є поверхневе епіламування (ЕП) [2-4], яке відноситься до сучасних нанотехнологій. ЕП – це нанесення покриття у вигляді нанорозмірної багатофункціональної молекулярної плівки на основі фторвмісних поверхнево-активних речовин (фтор ПАР), яке суттєво зменшує енергію поверхневого шару і надає йому нові властивості. Внаслідок дуже низького поверхневого натягу і високої проникаючої здатності суттєво згладжується поверхня за рахунок заповнення епіламом та дегазування усіх поверхневих дефектів. Між поверхнями тертя утворюється розділовий бар'єрний шар дуже тонкої мономолекулярної плівки, яка зменшує адгезію контактуючих матеріалів, істотно знижує коефіцієнт тертя, що ефективно позначиться на зносостійкості спряжених поверхонь. Процес ЕП не потребує дорогого спеціального обладнання, є низькотемпературним з малими енерговитратами, не токсичний, не змінює розміри та геометрію виробу.

В наших експериментах епілам марки СФК- 05 наносили на поверхню зразків зі сталі 40 Х зануренням їх у ванну з температурою 50 - 55 °С на 15 хвилин..

Проведені дослідження зафіксували майже у три рази меншу інтенсивність зношування зразків з поверхнею, що була оброблена ЕП.

Шорсткість поверхні Ra після ЕП зменшилася у 6 разів ( з 1,26 до 0,20 мкм),

Ефект «заліковування» дефектів, зменшення шорсткості поверхні суттєво вплинули на циклічну довговічність, яка збільшилася в 4 - 4,5 рази в залежності від навантаження (таблиця 1).

Таблиця 1 – Вплив ЕП на циклічну довговічність

Матеріал та обробка	Напруження, МПа	Кількість циклів до руйнування
сталь 40 Х, вих.	320	70000
сталь 40 Х, ЕП	320	320000
сталь 40 Х, ЕП	380	270500

Отримані результати дозволяють розглядати метод ЕП як перспективний для використання на ремонтних підприємствах під час ремонту деталей пар тертя з метою підвищення їх довговічності.

[1] Ренський В. О, Калганков Є. В. Дослідження довговічності двигунів внутрішнього згорання та шляхи її підвищення.: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції.: «Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу». Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти», 2019. С. 216-220.



- [2] Трошін О. М., Стадниченко М. Г., Парфило В. В. Розробка технології епіламування силових елементів транспортних засобів. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка, 2018. Вип. 192. С. 91-98.
- [3]. Кузьменко Б. В., Шендерей Є. О., Кардаш В. П. Управління процесами тертя в опорах валів судових допоміжних механізмів. Матеріали наук.-техн. конференції молодих дослідників "Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт", Одеса: НУ «ОМА», 2021. С. 210-214.
- [4]. Думанчук М. Ю. Новий спосіб зниження фретинг-корозії кріпильних деталей пружних муфт. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2020. №70. С. 40- 43.

**УДК 629**

## **ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ**

### **BASIC REQUIREMENTS FOR BRAKING SYSTEM MATERIALS**

***А.О. Загурський, аспірант,***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)*

***А.О. Zagurskiy postgraduate,***

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)*

Фрикційна поведінка автомобільних гальм визначається характером активних поверхонь диска і колодки та третіх тіл між цими поверхнями. При гальмуванні сила, що діє на колодку, притягує її до диска, утворюючи між ними так званий трибологічний контакт. Трибологічний контакт – взаємодія між поверхнями, які знаходяться у відносному русі одна відносно одної [1]. Цей термін об'єднує в собі аспекти тертя, зношування і змащування, які вивчаються у трибології і характеризуються певними трибологічними властивостями, що визначають поведінку матеріалів або з'єднань під час тертя.

Основні трибологічні властивості включають:

- коефіцієнт тертя – визначає опір ковзанню між двома поверхнями;
- зносостійкість – здатність матеріалу протистояти механічному зносу;
- антифрикційні властивості – знижують тертя між рухомими частинами;
- задиристійкість – здатність поверхонь протистояти задиру при контакті;
- мастильні властивості – здатність матеріалу або мастила зменшувати тертя і знос;
- температурну стійкість – здатність зберігати трибологічні властивості за високих або низьких температур;
- корозійну стійкість – здатність протистояти корозії в умовах тертя.

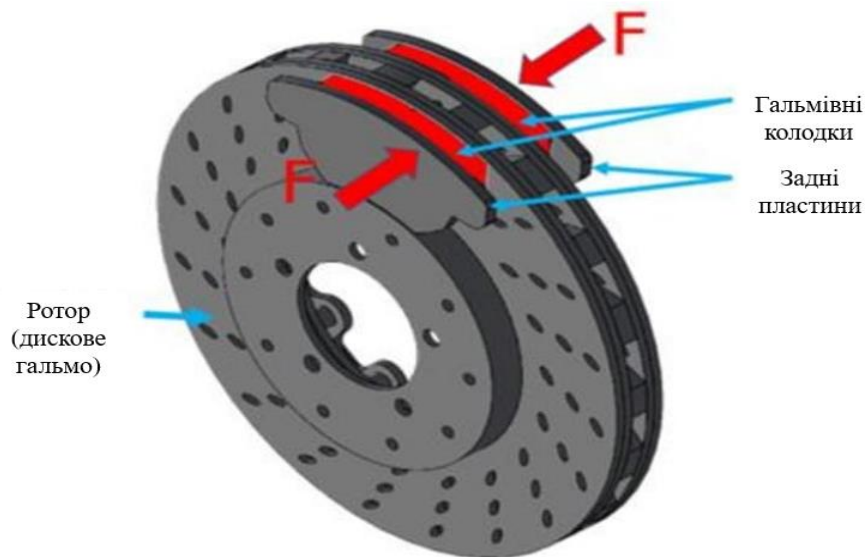


Рис. 1. Сила тертя між гальмівними колодками та поверхнею гальмівного диска [3]

Ці якості є ключовими при виборі матеріалів для механізмів і з'єднань, які піддаються тертю, щоб забезпечити їх довговічність і ефективність роботи. І як показано на рис. 1 у наслідок тертя у гальмівній системі автомобіля кінетична енергія розсіюється і перетворюється на теплову.

Рівняння розсіювання потужності енергії запропоноване Р. Данте можна вважати основним рівнянням для кожного типу гальм, оскільки воно вводить концепцію зовнішньої сили, що є джерелом протидії руху:

$$\frac{\delta W_d}{dt} = w(\bar{X}) F_N v \quad (1)$$

де  $W_d$  – робота, що розсіюється;

$t$  – час;

$w(\bar{X})$  – коефіцієнт пропорційності;

$\bar{X}$  – набір змінних, що впливають на коефіцієнт пропорційності;

$v$  – швидкість;

$F_N$  – сила тертя, що створюється між двома протидіючими поверхнями [2].

Створювана при розсіюванні потужності теплова енергія переноситься на компоненти, що контактують. Відповідно надмірне теплове навантаження може спричинити вібрацію (зміна товщини диска), розтріскування поверхні та сильне зношування контактних поверхонь. При цьому зменшується товщина фрикційного матеріалу накладки, досягаючи граничної значенні, колодка підлягає заміні.

Фрикційний матеріал і є тією самою перешкодою, що у момент використання гальм дозволяє своєчасно уповільнити і зупинити транспортний засіб. Для уникнення подібних дефектів матеріали що застосовуються при виробництві гальмівних механізмів мають задовольняти наступним критеріям:

– бути працездатним у різних робочих ситуаціях (наприклад за високої температури, тиску, швидкості);

- мати високу теплопровідність;
- сприяти зниженню швидкості зносу;
- мати стабільний коефіцієнт тертя;
- бути екологічно стійким.

Отже, для того, щоб гальмівний механізм функціонував ефективно, а самі колодки були довговічними, якість їх виготовлення стає важливим аспектами, які слід враховувати при правильному поєднанні матеріалів.

[1] Irawan A.P., Fitriyana D.F., Tezara C., Siregar J.P., Laksmidewi D., Baskara G.D., Abdullah M.Z., Junid R., Hadi A.E., Hamdan M.H.M., et al. Overview of the Important Factors Influencing the Performance of Eco-Friendly Brake Pads. *Polymers*, 2022? 14, 1180. <https://doi.org/10.3390/polym14061180>.

[2] Dante, R. Handbook of friction materials and their applications. Woodhead Publishing. 2015? 174. eBook. <https://shop.elsevier.com/books/handbook-of-friction-materials-and-their-applications/dante/978-0-08-100619-1>.

[3] Li, W., Yang, X., Wang, S., Xiao, J., & Hou, Q. Research and prospect of ceramics for automotive disc-brakes. *Ceramics International*, 2021? 47(8), 10442–10463. Doi: 10.1016/j.ceramint.2020.12.206.

**УДК 631.372.43**

## **ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ АБРАЗИВНИХ ЧАСТИНОК НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ГРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ**

### **INFLUENCE OF ABRASIVE PARTICLE PROPERTIES ON THE WEAR RESISTANCE OF AGRICULTURAL TILLAGE MACHINERY PARTS**

*Д.т.н. проф. О.В. Сайчук<sup>1</sup>, аспірант А.В. Захаров<sup>2</sup>, аспірант  
О.М. Потоскаєв<sup>1</sup>, аспірантка О.Ю. Боровик<sup>1</sup>.*

<sup>1</sup> *Полтавський державний аграрний університет. (м. Полтава)*

<sup>2</sup> *Державний біотехнологічний університет. (м. Харків)*

*Doctor of Technical Sciences Prof. O.V. Saichuk<sup>1</sup>,  
postgraduate student A.V. Zakharov<sup>2</sup>, postgraduate student O.M. Potoskaev<sup>1</sup>,  
postgraduate student O.Y. Borovuk<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Poltava State Agrarian University (Poltava)*

<sup>2</sup> *State Biotechnological University (Kharkiv)*

Знос деталей сільськогосподарської ґрунтообробної техніки - один із ключових чинників, що визначають ефективність і довговічність роботи обладнання. В умовах роботи на відкритому ґрунті ці машини стикаються з безліччю агресивних чинників, серед яких абразивне зношування посідає особливе місце. Вплив властивостей абразивних частинок на зносостійкість елементів конструкцій безпосередньо визначає термін служби техніки, і розуміння цих чинників допомагає в розробці більш стійких матеріалів і поліпшенні конструктивних рішень.

Агресивний вплив на деталі ґрунтообробної техніки чинять абразивні частинки, присутні в ґрунті. Основні характеристики абразивних частинок, що впливають на ступінь зносу, включають:

1. Твердість. Що вища твердість абразивних частинок, то більше вони руйнують поверхні деталей. Наприклад, частинки кварцу з високою твердістю за шкалою Мооса є однією з найбільш агресивних складових ґрунту, спричиняючи значні пошкодження [1].

2. Форма. Частинки з гострими краями чинять інтенсивніший абразивний вплив, ніж округлі частинки. Гострі абразиви легко впроваджуються в поверхню матеріалу, сприяючи більш швидкому зносу [2].

3. Розмір. Великі абразивні частинки, як правило, спричиняють більш виражені ушкодження поверхні, оскільки мають більшу масу і кінетичну енергію. Однак дрібні частинки можуть створювати ефект полірування, що також впливає на знос.

4. Концентрація в ґрунті. Вміст абразивних частинок у ґрунті також впливає на інтенсивність зносу. Що вища концентрація абразивних елементів, то швидше відбувається руйнування поверхні деталей.

Абразивне зношування може відбуватися кількома механізмами, такими як:

- Мікрорізання. Абразивні частинки впроваджуються в матеріал деталі, створюючи мікроподряпини і зрізуючи мікроскопічні шари матеріалу. Цей тип зносу характерний для м'яких матеріалів [3].

- Ударний вплив. У разі взаємодії з великими абразивними частинками можливий ударний знос, який призводить до локальних пластичних деформацій і викришування матеріалу.

- Пластична деформація. За постійного контакту з абразивними частинками матеріал деталі може деформуватися, що призводить до накопичення втомних ушкоджень і, в кінцевому підсумку, до зносу.

Для підвищення зносостійкості деталей сільськогосподарської техніки застосовуються різні методи:

1. Вибір матеріалів. Використання сталі з підвищеною твердістю або легування матеріалів спеціальними елементами, такими як бор або хром, дає змогу значно збільшити зносостійкість. Наприклад, сталь 30MnB5 з бором показує хороші результати в умовах абразивного зносу.

2. Термічна обробка. Загартування поверхні деталей та їх цементация збільшують твердість поверхневого шару, що зменшує сприйнятливність до абразивного зносу [4].

3. Нанесення захисних покриттів. Спеціальні покриття, такі як карбідні або нітридні, допомагають захистити деталі від впливу абразивних частинок, створюючи бар'єр, який збільшує їхню довговічність.

4. Електрошлакове наплавлення. Електрошлакове наплавлення являє собою один з найбільш ефективних методів підвищення зносостійкості деталей

сільськогосподарської техніки. У процесі наплавлення на поверхню деталей наноситься шар матеріалу, що має високу твердість і стійкість до абразивного зносу. Цей метод дає змогу значно збільшити термін служби деталей завдяки створенню зносостійкого шару, який має високу щільність і однорідність. Електрошлакове наплавлення також дає змогу відновити зношені деталі, що робить його економічно вигідним рішенням. Застосування електрошлакового наплавлення ефективно для створення товстих шарів захисного покриття, що особливо важливо для деталей, що схильні до інтенсивного абразивного зносу, як-от робочі органи плугів, культиваторів та інших ґрунтообробних знарядь. Завдяки високій температурі процесу наплавлення і глибокій проникаючій здатності, цей метод забезпечує надійне з'єднання наплавленого матеріалу з основною деталлю, мінімізуючи ризик відшарування покриття в процесі експлуатації.

5. Оптимізація конструкції. Конструктивні зміни, такі як зміна форми деталей, можуть знизити контакт з абразивними частинками, тим самим зменшуючи знос [5].

Висновок. Зносостійкість деталей сільськогосподарської ґрунтообробної техніки значною мірою залежить від властивостей абразивних частинок, з якими вони взаємодіють. Твердість, форма, розмір і концентрація абразивів - усі ці чинники мають прямий вплив на інтенсивність зносу. Підвищення зносостійкості вимагає комплексного підходу, що включає використання сучасних матеріалів, застосування термічної обробки, захисних покриттів, електрошлакового наплавлення та оптимізацію конструкції. Усі ці заходи допомагають збільшити термін служби техніки та підвищити її експлуатаційну ефективність.

[1] Сідашенко, О. І. «Комбінований спосіб відновлення та зміцнення деталей машин» // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. - 2001. - № 8. - С. 114-119. У статті розглядається метод відновлення зношених деталей з використанням електрошлакового наплавлення і подальшої пластичної деформації для підвищення зносостійкості.

[2] Похмурський, В. І., Головка, Л. В. «Вплив режимів електродугової металізації на структуру та абразивну зносостійкість покриттів» // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2014. - Т. 50, № 4. - С. 89-95. Досліджується вплив параметрів наплавлення на мікроструктуру та зносостійкість покриттів, що актуально для підвищення довговічності деталей сільськогосподарської техніки.

[3] Білоник, І. М., Береговенко, М. М., Капустян, В. М. «Застосування електрошлакового наплавлення для відновлення деталей машин» // Вісник Черкаського державного технологічного університету. - 2013. - № 2. - С. 62-68. Автори розглядають методи підвищення зносостійкості деталей машин з використанням електрошлакового наплавлення та легуючих добавок.

[4] Мельникова, О. П. «Вплив форми абразивних гранул на обробку» // Вісник Вінницького національного аграрного університету. - 2015. - № 2. - С. 45-51. У статті аналізується, як форма абразивних частинок впливає на знос деталей, що важливо для розуміння механізмів зносу в сільськогосподарській техніці.

[5] Поліщук, В. О. «Особливості та ефективність абразивної обробки з використанням високих тисків» // Фізика і техніка високих тисків. - 2003. - Т. 13, № 1. - С. 128-134. Розглядаються методи обробки поверхонь для підвищення їх зносостійкості, що є актуальним для деталей, які працюють в умовах абразивного зносу.

**ТЕХНОЛОГІЧНА СПАДКОВІСТЬ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ТА  
ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНІКИ**

**TECHNOLOGICAL INHERITANCE IN THE MANUFACTURE AND  
RESTORATION OF MACHINERY PARTS**

*Чл.-кор. НАН України С.А. Клименко, канд. техн. наук М.Ю. Копейкіна  
Асоціація технологів-машинобудівників України (м. Київ)*

*Corr. Member of NAS of Ukraine S.A. Klymenko, PhD (Tech.) M.Y. Kopeykina  
Association of Machine-Building Technologists of Ukraine (Kyiv)*

Проблема управління технологічними процесами виготовлення та ремонту деталей машин зазвичай обмежується рамками окремих операцій. Однак для забезпечення якості виробів необхідно всебічно розглядати весь процес виготовлення та експлуатації деталей, враховуючи явище технологічної спадковості. Це означає, що всі операції та їхні технологічні переходи необхідно розглядати не ізольовано, а у взаємозв'язку, тому що остаточні характеристики виробів формуються усім комплексом технологічного впливу і змінюються під час експлуатації.

Починаючи з моменту створення заготовки і закінчуючи наданням їй необхідних розмірів і властивостей, виріб проходить через низку станів, що характеризуються комплексом параметрів. У будь-який час стан об'єкта визначається кінцевим числом властивостей  $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$ . Будь-який стан при цьому має розглядатися як результат станів, які мали місце раніше.

Кожен технологічний процес і конкретні його умови потрібно розглядати з урахуванням історії зміни параметрів якості об'єкта. Крім того, необхідно розглядати створення технологічними процесами синергетичних ефектів, загальний вплив яких перевищує суму впливів окремих явищ – створення синергетичних ефектів являє собою важливий резерв можливостей управління властивостями об'єктів.

Будь-який об'єкт виробництва перебуває в різноманітних зв'язках і взаємодіях з об'єктами, що його оточують, і явищами, що протікають. Будь-яке явище визначається умовами його реалізації. Розгляд явища в розвитку пов'язаний із поняттям спадковості. В технології машинобудування під цим розуміють явище перенесення властивостей оброблюваного об'єкта від попередніх операцій і переходів до наступних, яке надалі позначається на експлуатаційних властивостях деталей машин.

Носіями спадкової інформації є оброблюваний матеріал і поверхні деталі з усім розмаїттям їхніх параметрів. Носії інформації активно беруть участь у технологічному процесі, переходячи через різні операції та переходи під впливом технологічних факторів.

У технологічному ланцюжку існують так звані «бар'єри». Деякі технологічні фактори не можуть подолати ці «бар'єри» і в такому разі вони не впливають на кінцеві властивості об'єкта. Інші фактори такі «бар'єри» проходять, але при цьому значно втрачають свою вихідну силу і впливають на кінцеві властивості об'єкта відносно слабо.

Технологічною спадковістю можна керувати для того, щоб властивості, які позитивно впливають на якість деталі, зберегти або посилити впродовж усього технологічного процесу, а властивості, які впливають негативно, – ліквідувати або послабити.

Технологічний процес за наявності негативного впливу технологічної спадковості має будуватися так, щоб на початкових операціях роботу проводили з відносно більшим усадкуванням властивостей, а на остаточних – з малим.

На відміну від виготовлення деталей, під час їхнього відновлення явище спадковості включає також і експлуатаційну спадковість, тобто перенесення властивостей деталей, отриманих унаслідок впливу на них різних процесів під час експлуатації, на властивості відновлених деталей.

Залишкового впливу руйнівних процесів для більшості деталей уникнути в період їх відновлення неможливо, тому вони позначаються на якості окремих технологічних операцій і остаточній якості відновлених деталей.

Для оцінки впливу технологічної спадковості на зміну параметрів деталі використовується залежність:

$$\Psi = a\Psi_{\text{вих}}^b, \quad (1)$$

де  $\Psi$  – значення параметра якості для остаточної операції;  $\Psi_{\text{вих}}$  – значення того самого параметра для вихідної операції;  $a$  і  $b$  – коефіцієнти технологічної спадковості.

Імовірність отримання заданого  $i$ -го параметра стану поверхневого шару виготовленої або відновленої деталі з урахуванням технологічної спадковості визначається за залежністю

$$P_i(t) = P_i^2 \left[ 1 - k_{\text{пд}}(1, k; 2, k) \cdot (1 - P_i^1(t)) \right], \quad (2)$$

де  $P_i^1$  і  $P_i^2$  – ймовірність отримання заданого  $i$ -го параметра для першої та другої операції відповідно;  $k_{\text{пд}}(1, k; 2, k)$  – коефіцієнт передачі дефекту з першої операції на другу за  $i$ -м параметром (характеризує стохастичний зв'язок операцій і дає змогу оцінити практичну значущість і необхідність урахування цього зв'язку в розрахунку надійності).

Врахування особливостей переносу властивостей, які характеризують деталі техніки, від отриманих на попередніх технологічних операціях до наступних, як під час їх виготовлення, так і відновлення, сприяють підвищенню якості, надійності та конкурентоздатності техніки, які пов'язані з умовами експлуатаційного навантаження.

**ІНТЕГРАЦІЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕС  
ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО  
ПРИЗНАЧЕННЯ**

**INTEGRATION OF ADVANCED TECHNOLOGIES IN THE  
MANUFACTURING AND RESTORATION PROCESS OF TRANSPORT  
COMPONENTS**

*к.т.н., доц. Г.Л. Комарова<sup>1</sup>, Д.М. Сергєєв<sup>2</sup>, бакалаврант П.В. Пліщенко<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*<sup>2</sup>ПНВП "МІКРОТЕХ" (м. Харків)*

*PhD (Tech.) G. Komarova<sup>1</sup>, D. Sergeev<sup>2</sup>, bachelor's student P. Plishchenko<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

*<sup>2</sup>"MIKROTECH" (Kharkiv)*

Функціонування сучасного залізничного транспорту потребує високих показників якості та надійності. Для досягнення цих характеристик впроваджуються передові технології у виробництво та ремонт деталей. Впровадження нових технологій дозволяє не лише покращити технічні характеристики деталей, але й оптимізувати процеси їх виробництва та обслуговування. Це включає використання адитивного виробництва, наноматеріалів, інтелектуальних матеріалів, технологій відновлення та Інтернету речей (IoT). Кожна з цих технологій має свої унікальні переваги, що сприяють підвищенню загальної ефективності та безпеки залізничного транспорту [1].

**1. Адитивне виробництво (3D-друк)**

Металевий 3D-друк дозволяє виготовляти складні деталі з металу, зменшуючи вагу та підвищуючи міцність компонентів [2]. Наприклад, Deutsche Bahn використовує цю технологію для швидкої заміни зношених деталей, що зменшує час простою техніки. Гібридні адитивні технології, що поєднують традиційні методи обробки з 3D-друком, дозволяють створювати високоточні деталі. Siemens використовує їх для ремонту турбін, поєднуючи переваги обох методів.

**2. Наноматеріали [3]**

Нанокompозити підвищують міцність, зносостійкість і теплопровідність деталей, зменшуючи їх вагу. Наприклад, вони використовуються у виробництві кузовів вагонів. Нанопокриття захищають поверхні від корозії та зносу, подовжуючи термін служби деталей, як у випадку з колісними парами.

**3. Інтелектуальні матеріали**

Матеріали з пам'яттю форми змінюють свою форму під впливом температури або електричного поля, що дозволяє створювати адаптивні елементи для залізничних вагонів. П'єзоелектричні матеріали використовуються для



створення сенсорів та актуаторів, наприклад, у системах моніторингу стану залізничних колій.

#### 4. Технології відновлення

- Лазерне наплавлення відновлює зношені поверхні деталей з високою точністю та мінімальними деформаціями, як у випадку з лопатками турбін локомотивів. Холодне напилення наносить покриття без нагрівання, зменшуючи ризик термічних пошкоджень, що використовується для відновлення деталей колісних пар.

#### 5. Інтернет речей (IoT)

Моніторинг стану деталей за допомогою сенсорів дозволяє прогнозувати їх знос. Siemens використовує IoT для моніторингу стану залізничних колій та рухомого складу. Автоматизовані системи управління інтегрують IoT для оптимізації процесів виробництва та ремонту.

Інші інноваційні методи та матеріали:

- Лазерне різання: високоточна обробка металевих деталей, що дозволяє створювати складні форми з мінімальними відходами.

- Лазерне зварювання: забезпечує міцні та надійні з'єднання, що важливо для конструкцій вагонів та локомотивів.

- Плазмове напилення: використовується для нанесення захисних покриттів на деталі, що піддаються високим механічним навантаженням, подовжуючи термін служби деталей.

- Електрохімічне полірування: застосовується для досягнення високої гладкості поверхонь, що зменшує тертя та знос деталей.

- Інтелектуальні сенсори: використовуються для постійного моніторингу стану залізничних колій та рухомого складу, виявляючи мікротріщини в рейках або зношування колісних пар.

- Системи моніторингу в реальному часі: інтегрують IoT для відстеження стану залізничного транспорту в режимі реального часу, підвищуючи безпеку та ефективність експлуатації.

- Рекуперативні гальмівні системи: використовуються для збереження енергії під час гальмування поїздів, яка може бути повернена в електромережу або використана для живлення інших систем поїзда.

- Системи управління енергією: дозволяють оптимізувати споживання енергії, знижуючи витрати на експлуатацію та підвищуючи екологічність залізничного транспорту.

- Композитні шпали: використовуються замість традиційних дерев'яних або бетонних шпал, маючи високу міцність, довговічність та стійкість до впливу навколишнього середовища.

- Полімерні матеріали: використовуються для виготовлення різних елементів колійного господарства, таких як ізолятори та прокладки, забезпечуючи їх довговічність та зменшуючи витрати на обслуговування.

Нові технології значно підвищують безпеку залізничного транспорту. Металевий 3D-друк дозволяє виготовляти деталі з високою точністю, зменшуючи ризик дефектів і підвищуючи надійність компонентів. Це особливо

важливо для критичних деталей, таких як запасні частини для поїздів. Гібридні адитивні технології поєднують переваги традиційних методів обробки та 3D-друку, що дозволяє створювати високоточні деталі з мінімальними відхиленнями. Нанокompозити підвищують міцність та зносостійкість деталей, що зменшує ймовірність їхнього виходу з ладу під час експлуатації. Нанопокриття захищають поверхні від корозії та зносу, що подовжує термін служби деталей і знижує ризик аварій через їхню несправність. Інтелектуальні матеріали, такі як матеріали з пам'яттю форми та п'єзоелектричні матеріали, можуть змінювати свою форму під впливом температури або електричного поля, що дозволяє створювати адаптивні елементи для залізничних вагонів, покращуючи їх аеродинамічні властивості та безпеку. Лазерне наплавлення та холодне напилення дозволяють відновлювати зношені поверхні деталей з високою точністю та мінімальними деформаціями, що зменшує ризик їхнього виходу з ладу під час експлуатації та подовжує термін служби. Використання IoT для моніторингу стану деталей та автоматизації виробничих процесів дозволяє оптимізувати процеси виробництва та ремонту, знижуючи ймовірність людських помилок і підвищуючи загальну безпеку та ефективність[4].

Використання нових технологій у виготовленні та ремонті деталей для залізничного транспорту має значний позитивний вплив на ефективність, надійність та безпеку транспортних засобів. Інноваційні матеріали та сенсорні технології забезпечують швидке реагування на зміни умов руху, підвищуючи безпеку експлуатації. Системи моніторингу дозволяють постійно відстежувати стан залізничних колій та рухомого складу, виявляючи потенційні проблеми на ранніх стадіях. Енергозберігаючі технології оптимізують споживання енергії, знижуючи витрати на експлуатацію та підвищуючи екологічність залізничного транспорту. Загалом, впровадження нових технологій сприяє створенню більш надійних, безпечних та ефективних транспортних засобів.

[1]Інтегровані технології обробки матеріалів : підручник / Е. С. Геворкян, Л. А. Тимофеева, В. П. Нерубацький, О. М. Мельник. – Харків : УкрДУЗТ, 2016. – 240 с.

[2]Комарова Г.Л., Сергеев Д.М. Впровадження 3D метрологічного контролю при виробництві прецизійних корпусних деталей. Якість, стандартизація, контроль: теорія та практика: Матеріали 23-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 27–28 вересня 2023 р. Київ: АТМ України, 2023. с.37-40.

[3]Нові матеріали та технології їх отримання : підручник / Е. С. Геворкян, Г. Д. Семченко, Л. А. Тимофеева, В. П. Нерубацький. – Харків : УкрДУЗТ, 2015. – 345 с.

[4]Digital transformation. ibir.deutschebahn.com : web-site. URL: <https://ibir.deutschebahn.com/2022/en/group-management-report/product-quality-and-digitalization/digitalization/digital-transformation/>.

**ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ  
ЛАЗЕРАМИ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ**

**SURFACE STRENGTHENING OF HIGH-PERFORMANCE STEEL  
BY LOW-POWER LASERS**

*к.т.н., доц. Н.О. Лалазарова<sup>1</sup>, к.т.н., доц. О.В. Афанасьєва<sup>2</sup>,  
к.т.н., доц. Г.Л. Комарова<sup>3</sup>, студент О.М. Івахненко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)

<sup>2</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки (м. Харків)

<sup>3</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*PhD (Tech.) N.O. Lalazarova<sup>1</sup>, PhD (Tech.) O.V.  
Afanasieva<sup>2</sup>, PhD (Tech.) H.L. Komarova<sup>3</sup>, student O.M. Ivahnenko<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)

<sup>2</sup>Kharkiv National University of Radio Electronics (Kharkiv)

<sup>3</sup>Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Термічне лазерне зміцнення, засноване на локальному нагріванні ділянки поверхні під впливом випромінювання та охолодження цієї ділянки з надкритичною швидкістю за рахунок тепловідведення у внутрішні шари металу, широко застосовується у промисловості [1].

Надійність та довговічність інструменту з швидкорізальної сталі в основному визначається його твердістю, яка залежить від хімічного складу та режимів термічної обробки. Тому метою даної роботи є розробка режимів лазерного гартування для швидкорізальної сталі, що забезпечують максимальну твердість.

Як матеріал досліджень була обрана інструментальна швидкорізальна сталь Р6М5 після стандартної термічної обробки – гартування та триразового відпуску. Шорсткість поверхні становила  $R_z=20$  мкм, що забезпечує поглинальну здатність 0,85...0,9, тому додаткові заходи щодо збільшення поглинальної здатності поверхні не робилися.

Поверхневе зміцнення проводили з використанням твердотілого YAG-лазера з ламповим накачуванням потужністю 5 Вт і довжиною хвилі випромінювання  $\lambda = 1,06$  мкм, що працює в імпульсному режимі [2]. Швидкість сканування становила 1-2 мм/с, частота проходження імпульсів 20 Гц, тривалість імпульсу 2 мс. Лазерне гартування виконували розфокусованим пучком з фокусом над поверхнею матеріалу, що обробляється. Ширина зміцненої доріжки оцінювалася на мікроскопі МБС-9 і становила 0,9 мм (режим 1) та 1,3 мм (режим 2).

Як параметр контролю зміцненого шару була обрана мікротвердість, яку вимірювали на мікротвердомірі ПМТ-3 при навантаженні 100 г.

Дослідження поверхні сталі після лазерного гартування показало, що у всіх зразках присутні сліди плавлення. Спінювання та розтріскування металу

оброблених ділянок не спостерігалось. Це свідчить про нагрівання трохи вище за температуру ліквідус і гартування з рідкого стану. Результати досліджень мікротвердості наведено на рис. 1.

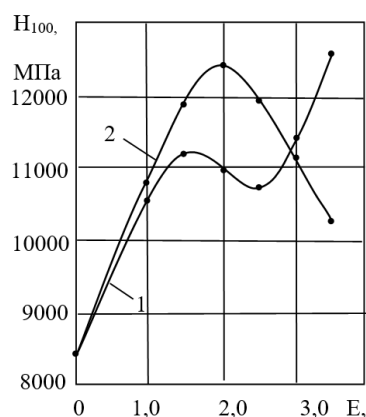


Рис. 1. Залежність мікротвердості від енергії в імпульсі:  
1 – режим 1, 2 – режим 2

Аналіз отриманих результатів показав, що лазерне термозміцнення швидкорізальної сталі дозволяє суттєво підвищити її твердість у порівнянні зі стандартною термічною обробкою. Можна припустити, що внаслідок малого часу впливу лазерного випромінювання на матеріал і великої швидкості відведення тепла дифузійні процеси, пов'язані з розчиненням карбідів при плавленні, не встигають завершитися в повному обсязі. Тому вторинні карбіди зберігаються, відбувається подальше подрібнення зерна, підвищення густини дислокацій, що призводить до зростання рівня внутрішніх напружень, і, як наслідок – підвищення твердості.

Дослідження показали, що обробка за допомогою більш розфокусованого пучка (режим 2) забезпечує дещо більші значення твердості, ніж отримані за режимом 1. Оптимальні значення енергії в імпульсі становлять 1,5...2,5 Дж.

Глибина загартованої зони для режиму 1 складає близько 150 мкм і 200 мкм для режиму 2, що є дуже хорошим результатом для імпульсної лазерної обробки.

В результаті проведених досліджень було показано, що твердість попередньо загартованої швидкорізальної сталі можна суттєво підвищити повторним гартуванням лазерами малої потужності, що працюють в імпульсному режимі. Отримані оптимальні значення енергії в імпульсі, що забезпечують максимальну твердість сталі.

[1] Головка Л. Ф. Новітні лазерні технології в поверхневій обробці матеріалів. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції “Актуальні проблеми теоретичної, експериментальної та прикладної фізики”, АПТЕПФ 2012, 20-22 вересня 2012 р., м. Тернопіль. С. 114-118.

[2] Афанасьєва О. В., Лалазарова Н. О., Федоренко Є. П. Лазерна поверхнева обробка матеріалів : монографія. Харків : ФОП Панов А. М., 2020. 100 с.

## МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РІЗЧОГО ІНСТРУМЕНТА ТА ЯКОСТІ ПОВЕРХНІ

### METHODS OF INCREASING THE STABILITY OF A CUTTING TOOL AND THE QUALITY OF THE SURFACE

*С.В. Лисенко, старший викладач*

*Державний біотехнологічний університет, (м. Харків)*

*S.V. Lysenko, senior teacher*

*State University of Biotechnology, (Kharkiv)*

Стійкість різальних інструментів є однією з найважливіших характеристик, що визначають якість продукції яка виготовляється та ефективність машинобудівного виробництва. Тому підвищення стійкості різальних інструментів є дуже актуальним завданням.

Відмінними особливостями процесу тертя при різанні металів є висока хімічна чистота (ювелірність) поверхонь, що труться, і дуже великі температура і тиск, що супроводжують цей процес; при цьому слід відзначити їх вкрай нерівномірний розподіл: від дуже великих значень у зоні, що прилягає до різучої кромки, до нуля у точці відриву стружки від передньої поверхні.

Метою даної роботи є вивчення різних факторів, що впливають на стійкість різучого інструменту та методів підвищення їх стійкості.

При обробці різанням різальний інструмент та оброблюваний матеріал перебувають у взаємодії з навколишнім середовищем як природним, так і штучним. Застосування при обробці різанням мастильно - охолоджувальних технологічних середовищ - МОТС, струменя газу або твердого змащення, що подається в зону різання - збільшує стійкість різального інструменту, знижує силу різання, покращує якість поверхні, підвищує міцність втоми виробу та інші його експлуатаційні характеристики. Особливого значення вони набувають при обробці різанням матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями. У багатьох випадках покращити процес різання важкооброблюваних матеріалів вдається лише завдяки використанню технологічних середовищ [1]

Правильно підбираючи склад технологічного середовища, можна різко знизити інтенсивність і поліпшити якість обробленої поверхні.

Стійкість різального інструменту можна підвищити шляхом проведення конструкторсько-технологічних та експлуатаційних заходів.

До експлуатаційних належать такі методи підвищення стійкості різального інструменту: оптимізація вибору режиму різання, підвищення технологічної дисципліни, використання технологічних середовищ, що знижують інтенсивність тертя і знос інструменту [2].

До конструкторсько-технологічних методів підвищення стійкості різального інструменту можна віднести такі:

- оптимізація вибору інструментального матеріалу;
- покращення шорсткості поверхонь інструменту;
- притуплення ріжучих кромки інструменту;
- удосконалення технології виробництва інструменту;
- зміцнення різальної частини інструменту та ін.

В даний час швидкорізальну сталь, як правило, застосовують для виготовлення ріжучого інструменту складної форми (протяжки, фасонні фрези і т. п.), або в тих випадках, коли через технічні можливості металорізального обладнання недоцільно використовувати інструмент, оснащений твердим сплавом.

Різальний інструмент (свердла, зенкери, розгортки тощо) діаметром до 10 мм раціонально виготовляти з швидкорізальної сталі, а більше 10 мм - оснащувати твердим сплавом.

Вибір марки твердого сплаву залежить від багатьох факторів: оброблюваного - матеріалу, виду обробки, обладнання, що застосовується, жорсткості системи ВПД, а в ряді випадків і від регламентованих режимів різання. Ці фактори визначають механізм зношування ріжучого інструменту та період його стійкості.

Точне встановлення домінуючого механізму зношування ріжучого інструменту дозволяє зробити правильний вибір найбільш раціонального для конкретних умов твердого сплаву інструменту) [1].

При виробництві різального інструменту необхідно ширше використовувати прогресивні технології, а також застосовувати високоточне автоматизоване металообробне обладнання. Так, для інструменту з швидкорізальної сталі бажано вводити в технологічний процес операції пластичного деформування для зниження карбідної неоднорідності (наприклад, операцію гарячого гідродинамічного видавлювання) і насичення поверхневого шару інструментального матеріалу вуглецем або азотом або і вуглецем, і азотом (наприклад, карбонітрацію). А при виробництві різального інструменту, оснащеного твердим сплавом, вводити в технологічний процес операцію газостаткування для зниження пористості і підвищення якості інструментального матеріалу.

У зв'язку з високою ефективністю, універсальністю та відносно простою технологією нанесення в даний час найбільшого поширення набули зносостійкі покриття та хіміко-термічне зміцнення.

**Висновки.** Обґрунтовано та запропоновано конструкторсько-технологічні та експлуатаційні заходи, що підвищують стійкість різального інструменту при обробці різанням поверхонь деталей машин.

[1] С. В. Лисенко. Зношування і методи підвищення стійкості ріжучого інструменту. Вісник ХНТУСГ імені П.Василенка. Випуск 118. Технічні науки. Технічний сервіс АПК, техніка та технологія у сільськогосподарських машинах. 2011 р. Харків.

[2] М.П.Мазур, Ю.М.Внуков, В.Л.Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я.Якубов. Основи теорії різання металів. «Новий світ – 2000», Львів 2011.422.

[3] Довідник з обробки металів різанням/Ф.Н.Абрамов, В.В.Коваленко, В.С.Любимов, В.І.Романов, Н.П.Стародуб. К.Техніка, 1983. 114.

**МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ПРОМИСЛОВОГО КОНВЕЄРУ ІЗ  
ЗАСТОСУВАННЯМ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ**

**METHODS OF INDUSTRIAL CONVEYOR MONITORING WITH  
APPLICATION OF MACHINE LEARNING MODELS**

*Prof. M. Rucki, Dr. D. Bzinkowski, Dr. T. Ryba*

*Радомський університет імені Казімежа Пуласького (Польща)*

*Prof. M. Rucki, Dr. D. Bzinkowski, Dr. T. Ryba*

*Casimir Pulaski Radom University (Poland)*

In the context of *Industry 4.0* concept, widely accepted and implemented, the real-time monitoring of the industrial processes and measurement became a crucial task. Among others, short-distance transport lines are of great importance, including the belt conveyor systems. These can be considered the most common type of conveyors due to their relatively low costs and easiness of maintenance [1]. However, the belts themselves are the most complex components and thus they are the most difficult to diagnose [2]. Monitoring and diagnosis of the belt conveyors is to ensure safety and to eliminate the unplanned shutdowns in order to avoid significant losses [3]. Thus, the belt conveyors must be continuously monitored, and the real-time data collected from various sensors must be properly processed and analyzed [4]. It is expected that by the end of 2024, worldwide expenses on the conveyor monitoring equipment can be as high as USD 0.25 trillion [5].

Among the most popular methods of the belt conveyor monitoring ones, the non-destructive measurements can be named. These methods allow for supervision of the surface condition of the belt as well as its inner structure, classifying the actual state of the belt, its layers, and adhesion between the layers [6]. A wide range of sensors can be involved in data collection, including optical, acoustic (including ultrasonic), electromagnetic, magnetic, radiographic (X-ray), thermographic, and strain gauge methods.

Machine learning methods are widely applied in decision-making process of the real-time conveyor monitoring. For instance, Zheng with co-authors used phase-sensitive optical time domain reflectometry technology and ultra-weak fiber Bragg gratings to capture idler vibrations [7]. The collected data underwent an automatic fault classification using an algorithm based on self-supervised learning, which required a small number of samples. The authors demonstrated ability of the system to extract efficiently latent features and to reach diagnosis accuracy of 95.37%. Chamorro with team [8] implemented multiple sensors system including camera, speed sensor, and load cell, along with machine vision. Data was transferred to a remote receiver using IoT gateway. Information from the sensors and machine vision systems were sent to the cloud to monitor the actual condition of the system and to detect any potential

failure. Andrejiova with colleagues [9] reported results of experimental research on identification of the correlations between a significant damage occurring in conveyor belts and the measured parameters. They used four classification models, and assigned two determined degrees of damage (a significant or insignificant one) to the conveyor belt tested specimens. The classification models included machine learning methods, such as a decision trees, logistic regression, regression analysis, and the Naïve Bayes classifier. The results indicated that the tested classification models provided similar results, but the Naïve Bayes classifier showed the best prediction and classification abilities. In turn, our team performed own experimental research with the strain gauge based monitoring system described elsewhere [10]. For the collected data, we tested more than 30 machine learning algorithms available in the *Classification Lerner* application in the MatLab environment. The correct classification of 3 and 5 cuts, and of the undamaged belt, was obtained in the case of decision tree models, but also *Quadratic* and *Cubic SVM*.

From the increasing number of relevant publication it can be concluded, that interest toward conveyor belt monitoring systems is growing, and many researchers apply machine learning methods to classify faults of the belt conveyor systems. Correctly classified damages in progress, belt deviation or overlapping, can prevent from breakage or fire, increasing security and reducing the reparation costs.

- [1] Moran, S. *Process Plant Layout*, 2nd ed.; Butterworth-Heinemann: Amsterdam, The Netherland, 2017.
- [2] Kozłowski, T.; Wodecki, J.; Zimroz, R.; Błażej, R.; Hardygóra, M. A Diagnostics of Conveyor Belt Splices. *Applied Sciences* 2020, 10, 6259.
- [3] Zheng, H.; Wu, H.; Yin, H.; Wang, Y.; Shen, X.; Fang, Z.; Ma, D.; Miao, Y.; Zhou, L.; Yan, M.; Sun, J.; Ding, X.; Yu, C.; Lu, C. Novel mining conveyor monitoring system based on quasi-distributed optical fiber accelerometer array and self-supervised learning. *Mechanical Systems and Signal Processing* 2024, 221, 111697.
- [4] Chamorro, J.; Vallejo, L.; Maynard, C.; Guevara, S.; Solorio, J.A.; Soto, N.; Singh, K.V.; Bhate, U.; Ravi Kumar, G.V.V.; Garcia, J.; Newell, B. Health monitoring of a conveyor belt system using machine vision and real-time sensor data. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 2022, 38, 38–50.
- [5] Kirjanów-Błażej, A.; Jurdziak, L.; Błażej, R.; Rzeszowska, A. Calibration procedure for ultrasonic sensors for precise thickness measurement. *Measurement* 2023, 214, 112744.
- [6] Fedorko G., Application possibilities of virtual reality in failure analysis of conveyor belts, *Engineering Failure Analysis*, 128, 2021, 105615.
- [7] Hua Zheng, Huan Wu, Hao Yin, Yuyao Wang, Xinliang Shen, Zheng Fang, Dingjiong Ma, Yun Miao, Li Zhou, Min Yan, Jie Sun, Xiaoli Ding, Changyuan Yu, Chao Lu, Novel mining conveyor monitoring system based on quasi-distributed optical fiber accelerometer array and self-supervised learning, *Mechanical Systems and Signal Processing*, Volume 221, 2024, 111697.
- [8] Jose Chamorro, Laura Vallejo, Cole Maynard, Santiago Guevara, Jose A. Solorio, Narciso Soto, Kumar Vikas Singh, Ujwal Bhate, Ravi Kumar G.V.V., Jose Garcia, Brittany Newell, Health monitoring of a conveyor belt system using machine vision and real-time sensor data, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, Volume 38, 2022, Pages 38-50.
- [9] Miriam Andrejiova, Anna Grincova, Daniela Marasova, Identification with machine learning techniques of a classification model for the degree of damage to rubber-textile conveyor belts with the aim to achieve sustainability, *Engineering Failure Analysis*, Volume 127, 2021, 105564.
- [10] Bzinkowski ,D.; Ryba, T.; Siemiatkowski, Z.; Rucki, M. Real-time monitoring of the rubber belt tension in an industrial con-veyor. *Reports in Mechanical Engineering* 2022, 3(1), 1–10.



**ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ МОРФОЛОГІЇ  
НАНОСТРУКТУРНОЇ КЕРАМІКИ**

**STUDY OF MORPHOLOGICAL FORMATION FEATURES IN  
NANOSTRUCTURED CERAMICS**

*канд. техн. наук В.П. Нерубацький, д-р техн. наук Е.С. Геворкян,  
канд. техн. наук Л.В. Волошина, канд. техн. наук Г.Л. Комарова,  
канд. техн. наук Д.І. Волошин*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V.P. Nerubatskyi, PhD (Tech.), E.S. Hevorkian, Dr. Sc.,  
L.V. Voloshyna, PhD (Tech.), H.L. Komarova, PhD (Tech.),  
D.I. Voloshyn, PhD (Tech.)*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Нові перспективи для покращення функціональних властивостей керамічних матеріалів відкриває використання нанорозмірних порошків, що приводить до можливості створення високощільних керамічних матеріалів із підвищеною дисперсністю. Для досягнення високої однорідності структури кераміки та надійного прояву очікуваних властивостей необхідно працювати з порошками високого ступеня гомогенності, розмір окремих зерен яких знаходиться в діапазоні кількох десятків нанометрів [1].

Очевидною складністю в отриманні матеріалів з гомогенною структурою на основі нанопорошкових технологій є схильність нанорозмірних порошків до агломерування [2]. Прояви схильності до агломерування та неоднорідність гранулометричного складу вихідної засипки нанопорошків призводить до підвищеної неоднорідності спечених структур, проявом якої є їх пористість та низька щільність, що призводить до зниженої міцності керамічних виробів, неповної реалізації в них потенціалу можливостей нанокристалічної порошкової основи [2].

Доповнення спікання механічним тиском двояко впливає на реформування структури агломерованих ультрадисперсних порошків. З одного боку, на фоні руйнації переважно великих структурних елементів порошку відбувається його додаткова активація: утворення нових поверхонь, очищення меж від адсорбованих газів. З іншого – реалізується агрегування переважно дрібних структурних елементів порошку та, відповідно, зворотні ефекти.

Матеріали на основі діоксиду цирконію є дуже перспективними для застосування у різних галузях: широко використовуються при отриманні вогнетривких виробів, високотемпературних нагрівачів, жаростійких емалей, тугоплавкого скла, різних видів кераміки, керамічних пігментів, твердих електролітів, термозахисних покриттів тощо [3, 4].

Використовуваний у дослідженнях нанопорошок  $ZrO_2-3\text{mol.}\%Y_2O_3$  (рис. 1) мав питому поверхню  $9,4 \text{ м}^2/\text{г}$ ,  $ZrO_2 - 94,4 \text{ wt.}\%$ ,  $Y_2O_3 - 5,25 \pm 0,25 \text{ wt.}\%$ ,  $SiO_2 - 0,0092 \text{ wt.}\%$ ,  $Fe_2O_3 - 0,0014 \text{ wt.}\%$ ,  $TiO_2 - 0,0009 \text{ wt.}\%$ .

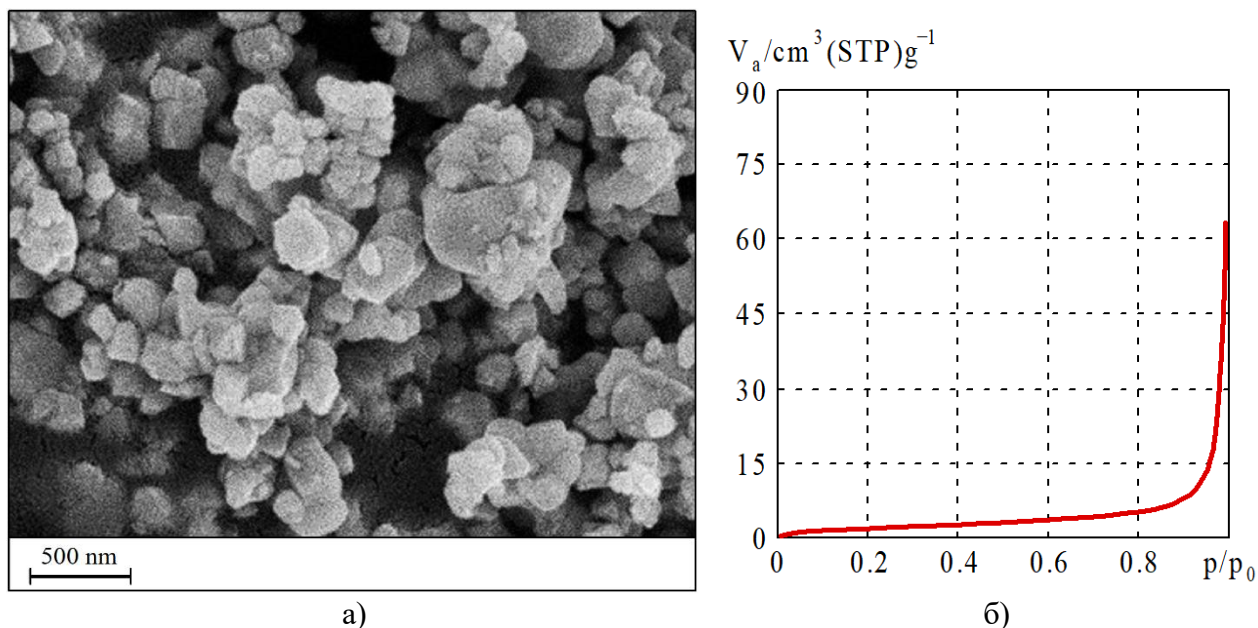


Рис. 1. Зовнішній вигляд (а) та характеристики (б) нанопорошків  $ZrO_2-3\text{mol.}\%Y_2O_3$ , визначені методом BET

Як показав рентгенофазовий аналіз вихідного порошку частково стабілізованого нанопорошком оксидом ітрію, у ньому переважає тетрагональна фаза. Передача консолідованим керамічним нанопорошкам тисків від 1 до 9 ГПа дає змогу вирішити завдання подолання міжчасткового тертя і руйнування агломератів з отриманням високощільних кристалічних зразків нанозеренної структури. Слід зазначити, що досліджуваний процес електроконсолідації за рівнем енерговитратності значно ефективніший за інші SPS методи, враховуючи, що його оптимальна температурна вершина (0,36 у безрозмірній гомологічній оцінці) не перевищує 65 % від значень у рекомендуємому температурному інтервалі (0,56...0,63). Отже, спікання нанопорошкової суміші методом електроконсолідації є перспективною технологією для виробництва високощільної, високофункціональної та конкурентоспроможної субмікро- і нанокераміки, що особливо актуально для виробів інструментальної промисловості, якість яких суттєво впливає на технічний та економічний успіх механообробних підприємств у різних галузях.

[1] Quinn G. D., Eichler J., Eisele U., Rodel J. Fracture mirrors in a nanoscale 3Y-TZP. *Journal of the American Ceramic Society*. 2004. Vol. 87, Issue 3. P. 513–516. DOI: 10.1111/j.1551-2916.2004.00513.x.

[2] Bamba N., Choa Y. H., Sekino T., Niihara K. Mechanical properties and microstructure for 3 mol% yttria doped zirconia/silicon carbide nanocomposites. *Journal of the European Ceramic Society*. 2003. Vol. 23, Issue 5. P. 773–780. DOI: 10.1016/S0955-2219(02)00168-1.

[3] Chyshkala V. O., Lytovchenko S. V., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Gevorkyan E. S., Morozova O. M. Detection of regularities of  $Y_2Zr_2O_7$  pyrochlor phase formation during the reaction of solid-phase synthesis under different temperature-time conditions. *Functional Materials*. 2022. Vol. 29, No. 1. P. 30–38. DOI: 10.15407/fm29.01.30.

[4] Hevorkian E., Michalczewski R., Rucki M., Sofronov D., Osuch-Słomka E., Nerubatskyi V., Krzysiak Z., Latosińska J. N. Effect of the sintering parameters on the structure and mechanical properties of zirconia-based ceramics.

**УДК 620.18**

**ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ЗА  
РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ НОВОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО  
КЕРАМІЧНОГО МАТЕРІАЛУ**

**IMPROVING THE PRODUCTIVITY OF CUTTING TOOLS THROUGH  
THE USE OF A NEW COMPOSITE CERAMIC MATERIAL**

*канд. техн. наук В.П. Нерубацький, д-р техн. наук Е.С. Геворкян,  
канд. техн. наук А.О. Каграманян, канд. техн. наук Л.В. Волошина,  
магістрант С.С. Огурцов*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V.P. Nerubatskyi, PhD (Tech.), E.S. Hevorkian, Dr. Sc.,  
A.O. Kagramanian, PhD (Tech.), L.V. Voloshyna, PhD (Tech.),  
S.S. Ohurtsov, graduate student*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Якість матеріалів різального інструменту є одним з визначальних факторів під час механічної обробки. Підвищення продуктивності різального інструменту може бути досягнуто за рахунок використання сучасних композиційних керамічних різальних матеріалів. Ці матеріали повинні характеризуватися високою твердістю, зносостійкістю, міцністю, ударною в'язкістю, стійкістю до окислення [1]. Крім того, матеріали різальних інструментів повинні витримувати екстремальні умови різання, наприклад, висока температура і тертя між заготовкою та поверхнею різального інструменту. Цього можна досягти за допомогою обробки поверхні, а також за рахунок застосування гарячого пресування та іскрового плазмового спікання.

Різноманіття оброблюваних металів вимагає створення широкого асортименту різальних матеріалів, кожен з яких мав би свою специфічну галузь застосування [2]. У сучасному процесі металообробки застосовуються інструменти на основі тугоплавких сполук чотирьох видів: тверді сплави, безвольфрамові тверді сталі, карбідосталі та кераміка.

Розробка високоефективних інструментальних керамічних матеріалів є актуальним завданням сучасності, оскільки це підвищує продуктивність обробки, зносостійкість та якість оброблених деталей. Крім того, це сприяє розширенню сфери застосування інструментальних матеріалів за рахунок усунення дорожчих процесів шліфування алмазними абразивними колами [3].

Створення нових матеріалів з наперед заданими властивостями є чи не найважливішим питанням і проблемою сучасного матеріалознавства. Різальна кераміка на основі  $Al_2O_3$ , зміцнена 10...20 мас.% волокон карбіду кремнію,

забезпечує високу чистоту обробленої поверхні [4, 5]. Проте з точки зору забезпечення якості обробленої поверхні інтерес представляє різальна кераміка на основі  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Цей матеріал має хороші абразивні властивості і застосовується як полірувальні пасти. Оксид хрому будучи вогнетривким матеріалом [6] з високою температурою плавлення і стійкістю до окислення, широко застосовується для отримання кераміки [7]. Крім того,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  є носієм для каталізаторів або входить до їх складу, що дає змогу застосовувати такі каталізатори аж до 1000 °C без помітної зміни складу.

Одним з перспективних способів отримання щільних виробів з  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  є введення добавок, які активно взаємодіють з оксидом і тим самим запобігають його дисоціації. Одним із таких матеріалів є ультрадисперсний порошок нітриду алюмінію. З метою максимального ущільнення матеріалу на початковій стадії для зниження температури і часу гарячого пресування суміші «оксид хрому – нітрид алюмінію» попередньо пресували в сталевих прес-формах. Після холодного пресування у вакуумі зразки встановлювали у графітові прес-форми і піддавали гарячому пресуванню. Гаряче пресування суміші  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ –15 мас.% AlN–10 мас.%  $\text{TiO}_2$  проводили за температур 1500–1700 °C при тиску 15–30 МПа.

Визначено закономірності впливу домішок нітриду алюмінію на структуру та фізико-механічні властивості інструментальних матеріалів на основі синтезованого нанопорошку оксиду хрому. Так, структура композиту залежить як від температури, так і від часу гарячого пресування. При збільшенні часу гарячого пресування до 30 хв розмір окремих зерен досягає 5 мкм. Виконано порівняння характеристик оцінки якості обробки поверхні загартованої сталі стандартними різальними пластинами виробництва Sandvik Coromant і пластинами з розробленого на основі оксиду хрому матеріалу. Визначено, що якість обробленої загартованої сталі пластинами з розробленого на основі оксиду хрому матеріалу не гірше, ніж у стандартних імпортованих пластин з кубічного нітриду бору Боразон (Sandvik Coromant). Введення нітриду алюмінію запобігає деструкції оксиду хрому у процесі гарячого пресування за рахунок реакційного спікання та дає змогу покращити міцність і підвищити теплопровідність інструментального матеріалу. Для поліпшення якості обробки поверхні високотвердої сталі слід оптимізувати геометрію ріжучої частини керамічної пластини, а також якість поверхні самих пластин.

[1] Rizzo A., Goel S., Grilli M. L., Iglesias R., Jaworska L., Lapkovskis V., Novak P., Postolnyi B. O., Valerini D. The critical raw materials in cutting tools for machining applications: a review. *Materials*. 2020. Vol. 13, Iss. 6. 1377. DOI: 10.3390/ma13061377.

[2] Jung C.-H., Lee S.-J. Machining of hot pressed alumina–boron carbide composite cutting tool. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2005. Vol. 23. P. 171–173. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2005.02.001.

[3] Costa S., Pereira M., Ribeiro J., Soares D. Texturing methods of abrasive grinding wheels: A systematic review. *Materials*. 2022, Vol. 15, Iss. 22. 8044. DOI: 10.3390/ma15228044.

[4] Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Morozova O. M., Chyshkala V. O., Gutsalenko Yu. G. Revealing thermomechanical properties of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ –C–SiC composites at sintering. *Functional Materials*. 2022. Vol. 29, No. 2. P. 193–201. DOI: 10.15407/fm29.02.193.

[5] Gevorkyan E., Mamalis A., Vovk R., Semiatkowski Z., Morozov D., Nerubatskyi V., Morozova O. Special features of manufacturing cutting inserts from nanocomposite material  $\text{Al}_2\text{O}_3$ –SiC. *Journal of Instrumentation*. 2021. Vol. 16, No. 10. P10015. DOI: 10.1088/1748-0221/16/10/P10015.

- [6] Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Zinchenko O. Y., Komarova H. L., Voloshyna L. V. Investigation of the features of blade processing of steels with ceramic composites based on chromium oxide. *Low Temperature Physics*. 2023. Vol. 49, No. 4. P. 433–438. DOI: 10.1063/10.0017577.
- [7] Gevorkyan E., Cepova L., Rucki M., Nerubatskyi V., Morozow D., Zurowski W., Barsamyan V., Kouril K. Activated sintering of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -based composites by hot pressing. *Materials*. 2022. Vol. 15, Iss. 17. 5960. DOI: 10.3390/ma15175960.

УДК 531.43

## ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ НА ПОВЕРХНІ ТЕРТЯ В АБРАЗИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

## HEAT RELEASE ON A FRICTION SURFACE IN AN ABRASIVE ENVIRONMENT

*д.т.н. І.М. Рибалко, к.т.н. О.В. Тіхонов, Р.С. Рижков*  
*Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

*D.Eng.Sc. I. Rybalko, PhD (Tech.) O. Tihonov, R. Ryzhkov*  
*State Biotechnological University (Kharkiv)*

Існуючі в даний час теоретичні уявлення про фізико-механічні властивості металів і сплавів, що відіграють важливу роль у процесі зношування, не можуть достатньо пояснити взаємозв'язок між зносостійкістю і окремими їх властивостями. Внаслідок цього велике значення набуває вивчення явищ у поверхневих шарах, що передують руйнуванню.

При терті металів та сплавів про абразивну поверхню в зонах локальних контактів відбувається значне тепловиділення. Інтенсивність тепловиділення та поширення тепла в поверхневому шарі залежать від фізико-механічних властивостей матеріалів, абразиву та режимів тертя.

До абразивного зношування схильна велика кількість деталей машин, що працюють в абразивному середовищі (ходова частина гусеничних тракторів і дорожньо-будівельних машин, робочі органи сільськогосподарських машин, вузли бурильного обладнання нафтової та газової промисловості тощо). Поверхня деталі може бути зруйнована як внаслідок одноактної дії абразиву, так і багатоактного процесу деформування поверхні абразивними частинками.

За характером силового впливу абразивних частинок на поверхні деталі, що труться, розрізняють (рис. 1): а – ковзання деталі по монолітному; б – кочення деталі за абразивом; в – зіткнення з частинками абразиву; г – зіткнення деталі з монолітним абразивом;

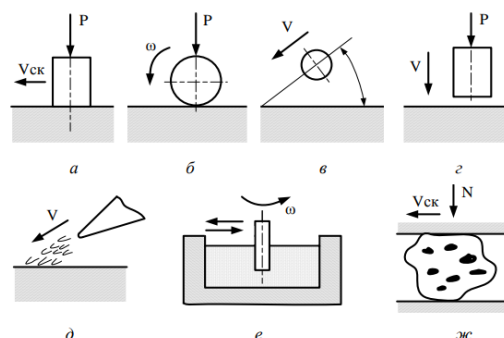


Рис. 1. Схеми взаємодії абразивних частинок з деталлю

д – вплив потоку абразивних частинок на поверхню деталі; е – ковзання деталі у масі абразивних частинок; ж – взаємодія сполучених деталей у контакті з абразивними частинками.

Тепловиділення на поверхні при терті скупчення визначається в основному режимом тертя і фізико-механічними властивостями взаємодіючих матеріалів.

Процес тепловиділення безпосередньо пов'язаний з режимом тертя до фізико-механічних властивостей пар, що труться. У свою чергу температура значно впливає на механічні властивості тертьових пар і механізм їх взаємодії, тому дослідження виділення і розподіл тепла при терті дозволяє встановити зв'язок між фізико-механічними властивостями і зносостійкістю тертьових пар металів і сплавів.

Визначення тепловиділення при терті являє собою складне завдання математичної фізики, тому що її рівняння є синтезом теорії пружності і теплопровідності. Для полегшення вирішення цих завдань дослідники завжди приймають певні граничні умови. Температурне поле в контакті описується рівнянням теплопровідності:  $\frac{\partial T(x, t)}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ . На процес абразивного зношування впливають різні фактори: природа абразивних частинок, їх форма і розмір, агресивність середовища, властивість поверхонь, що зношуються, ударна взаємодія, температура і т.д. Розглянемо вплив деяких чинників. Експериментально було встановлено, що якщо розмір часток не перевищує 5 мкм, то вони, маючи велику розвинену поверхню, абсорбують на собі продукти окиснення олії, що може знизити інтенсивність зношування деталі. Багато досліджень показують, що частинки з розмірами менше 5 мкм зменшують зношування, а частинки, розміром більше 5 мкм, збільшують знос. Міцність абразивних частинок із зменшенням їх розмірів зростає, особливо інтенсивно, починаючи зі 100 мкм. В умовах абразивного зношування також зусилля можуть сприймати лише окремі частинки, впроваджені в контр тіло, або що знаходиться в твердих породах оброблюваних ґрунтів. Отже, в умовах роботи ґрунтообробних та дорожніх машин, коли тиск на одну частинку становить кілька грамів, швидкість руху 1-3 м/с, процес утворення подряпин носить випадковий характер і сколювання стружки не є визначальним фактором зношування. У цьому випадку провідну роль відіграють деформаційні і хімічні процеси в локальних обсягах поверхонь, що труться. Вивчення зміни температури тертя від швидкості взаємного переміщення показало, що характер цієї зміни практично однаковий, проте кількісна зміна температур кожної із сталей в досліджуваному діапазоні швидкостей по-різному. На малих швидкостях тертя (0,7-2,1 м/с) спостерігається поетапне значне підвищення температури тертя, але на більш високих швидкостях (2,4-3,3 м/с) зростання температур сповільнюється. Спільне вивчення впливу зміни зусиль взаємодії та температур на локальних контактах при різних швидкостях тертя показало, що контакти, з яких розвивалися вищі температури, руйнувалися за менших зусиль. У сталей однієї й тієї ж марки, але що мають більш високу твердість, зусилля руйнування локального контакту при рівній температурі більш високе. Це

пояснюється зменшенням пружно-пластичного деформування контакту для сталей підвищеної твердості, отже, і вищими зусиллями руйнування.

[1] Дослідження впливу тепловиділення під час тертя на абразивну зносостійкість матеріалів: дис. на пошук вченого ступ. канд. техн. наук: за спец. 05.412 Експлуатація та ремонт сільськогосподарських машин / С.С. Гребенюк – Харків, 1971. – 151с.

[2] Брыков М.Н. Износостойкость сталей и чугунов при абразивном изнашивании. / М.Н. Брыков, В.Г. Ефременко, А.В. Ефременко. – Херсон: Гринь Д.С., 2014. – 364 с.

**УДК 621.002.3:621.89**

## **ПЕРСПЕКТИВНІ АНТИФРИКЦІЙНІ КОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ ШЛІФУВАЛЬНИХ ВІДХОДІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ СТАЛІ ДЛЯ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН**

### **ADVANCED ANTIFRICTION COMPOSITES BASED ON TOOL STEEL GRINDING WASTE FOR PRINTING MACHINES' FRICTION UNITS**

*Докт. техн. наук Т.А. Роїк, докт. техн. наук О.А. Гавриш,  
канд. техн. наук Ю.Ю. Майстренко*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені  
Ігоря Сікорського» (м. Київ)*

*Doc. of Techn. Sci. T.A. Roik, Doc. of Techn. Sci. O.A. Gavrysh,  
PhD (Tech.) Yu.Yu. Maistrenko*

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv)*

Antifriction parts in the printing machines' friction units operate at high rotation speeds 1000 rpm and more, at loads of 1.5–7.0 MPa in air, which causes the working surfaces heating up to 400–500°C. A wide range of cast and powder antifriction materials based on iron, copper, etc. have been developed and are currently used for severe working conditions [1–3]. In modern friction units, cast materials have unsatisfactory performance properties (high coefficient of friction and wear). In addition, they cannot contain different types of substances in their composition. Modern powder materials are devoid of these disadvantages, but they are expensive, due to the high cost of raw materials (powders) [1–3]. At the same time, there are numerous potential sources of low-cost useful raw materials throughout the world. This is the grinding waste from machine-building, metallurgical, and instrument-making processing of different metals and alloys. The authors initiated research work on the regeneration and subsequent use of some types of ferrous and non-ferrous metal-based grinding waste to obtain new bearings, and promising results were obtained [1–3].

*The aim* of this research is to study the effect of manufacturing technology on the structure and properties formation of new composite antifriction materials based on R6M5K5 high speed tool steel grinding waste (analogue of high-speed steel 1.3243, DIN standard, Germany) with CaF<sub>2</sub> solid lubricant additives. This steel contains

valuable alloying elements (Table 1). The components of the charge (R6M5K5 steel waste and  $\text{CaF}_2$  powders) were mixed for 4 hours and pressed at a pressure of 700–900 MPa. After pressing, the samples of materials were sintered at 1100–1150°C. A complex heterogeneous structure was formed as a result of the developed technological modes of manufacturing. The microstructure consists of a metal matrix based on R6M5K5 steel grinding waste and particles of  $\text{CaF}_2$  solid lubricant (Fig. 1). The tribological properties of the composite based on R6M5K5 steel waste have been presented in Table 2 compared to the known one used in similar conditions.

Table 1. Chemical composition of the studied composites

Components, wt. %											
C	W	Cr	Mo	Si	Mn	V	Co	S	P	Fe	$\text{CaF}_2$
0.82-0.90	5.5-6.5	3.8-4.4	4.8-5.3	0.3-0.5	0.3-0.5	1.7-2.1	4.7-5.2	0.02-0.025	0.02-0.03	basis	4.0-6.0

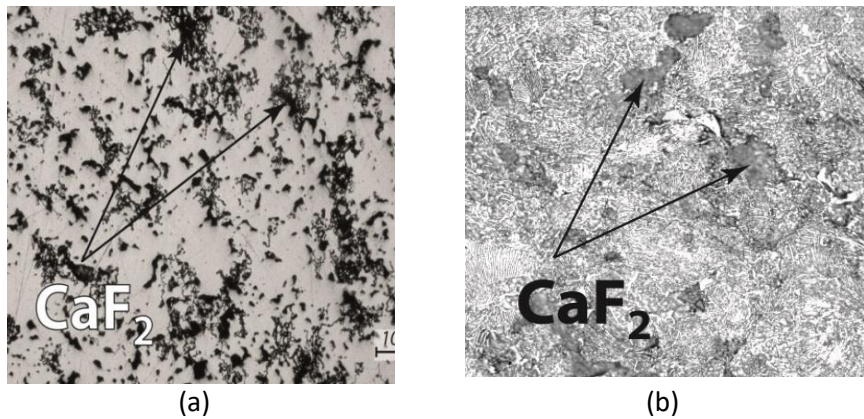


Figure 1: Microstructure of the composite R6M5K5 + 5%  $\text{CaF}_2$ . (a) not etched thin section; (b) etched thin section

Table 2. Tribological properties of composite based on R6M5K5 steel waste powders

Composition, wt. %	Friction coefficient $f$ , and wear rate $I$ , under loads, MPa							
	2.0		3.0		5.0		7.0	
	$f$	$I$ , $\mu\text{m}/\text{km}$	$f$	$I$ , $\mu\text{m}/\text{km}$	$f$	$I$ , $\mu\text{m}/\text{km}$	$f$	$I$ , $\mu\text{m}/\text{km}$
R6M5K5 + 5 $\text{CaF}_2$	0.19	44–49	0.17	34–37	0.18	49–57	0.53	490–510
Fe3CMo (ZhGr3M) [1-3]	0.24*	380*	0.29*	470*	Plastic deformation			

Note: \* – friction coefficient and wear rate at  $t=450^\circ\text{C}$ , speed=1000 rpm.

Table 2 shows, the structure of studied composite provides a high level of tribological properties that remain in a wide range of loads at an external heating temperature  $450^\circ\text{C}$  in air. The carried out tribological tests allowed determining the rational operating range of the composite based on R6M5K5 steel waste with the  $\text{CaF}_2$  solid lubricant additions for use in printing machines' friction units.

[1] Roik T. A., Gavrysh O. A., Vitsiuk Iu. Iu. Structural Features and Properties of Antifriction Composites Produced from R6AM5 Steel Waste for Printing Equipment Parts// Powder Metallurgy and Metal Ceramics, (2022), Springer



Science + Business Media, LLC, Springer Nature 2022. New York: Volume 61, Nos. 5-6, pp. 278-286. DOI 10.1007/s11106-022-00315-8, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11106-022-00315-8>.

[2] Tetiana Roik; Oleg Gavrysh; Ahmad Rashedi; Taslima Khanam; Ali Raza; Byongug Jeong. New Antifriction Composites Based on Tool Steel Grinding Waste for Units of Printing Machines' Offset Cylinders//MDPI Journal "Sustainability", Section "Sustainable Materials", Special Issue "Materials for Sustainability", Vol. 14, Issue 5, 27.02.2022, pp.1-11, Website online, Sustainability 2022, 14, 2799, <https://doi.org/10.3390/su14052799>.

[3] Roik T., Gavrysh O., Vitsiuk Iu. Tribotechnical Properties of Composite Materials Produced from ShKh15SG Steel Grinding Waste//Powder Metallurgy and Metal Ceramics: Springer Science + Business Media, LLC, Springer Nature 2019, New York: Volume 58(7), (2019), pp. 439-445, DOI10.1007/s11106-019-00093w, First Online: 05 December 2019. <http://link.springer.com/article/10.1007/s11106-019-00093-w>.

**УДК 621.923**

## **ШЛІФУВАННЯ ЗУБЧАТИХ КОЛІС РЕДУКТОРІВ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН**

### **GRINDING OF GEAR WHEELS OF TRANSPORT MACHINE GEARBOXES**

*Канд. техн. наук С.В. Рябченко*

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля (м. Київ)*

*PhD (tech.) S.V. Ryabchenko*

*V. Bakul Institute of Superhard Materials of NAS of Ukraine (Kyiv)*

Зубчаті колеса мають дуже важливе значення в забезпеченні надійної роботі транспортної техніки. При виготовленні редукторів транспортних машин виникають проблеми отримання на фінішних операціях якісних зубчастих коліс. У значній мірі це обумовлено утворенням на операціях зубошліфування температурних дефектів на оброблюваних поверхнях, а також відносно низькими показниками точності й шорсткості їх обробки.

Шліфування зубчастих коліс проводиться методом обкатки з неперервним або періодичним діленням і методом копіювання з періодичним діленням. Аналізуючи різноманітні методи шліфування зубчастих коліс, можна відмітити, що метод профільного зубошліфування, при високої продуктивності, забезпечує 2 клас точності і шорсткість поверху зубчастих коліс до  $Ra\ 0,32$ .

У виробництві шліфувальних кругів для обробки зубчастих коліс використовують різні електрокорунди, зокрема, хромистій монокорунд, який за його червоний колір називають рубін-корунд, а також КНБ.

Перспективним напрямком шліфування зубчастих коліс є використання високопористих абразивних кругів. Таки інструменти мають гарну самозаточуваність та технологічні переваги з точки зору профілювання і правки, що дозволяє шліфувати деталі з меншим виділенням тепла в зоні різання в порівнянні зі звичайними кругами. Останнім часом з'явилися ефективні рецептури і технології виготовлення високопористих абразивних інструментів з

сучасних монокристалічних електрокорундів. Особливо це відноситься до зубошліфування, коли інструмент безпосередньо впливає на формування складу поверхневого шару оброблених зубчастих коліс.

Вдосконалення технології шліфування зубчастих коліс редукторів з використанням абразивного інструменту дозволяє суттєво підвищити зносостійкість інструменту, підвищити точність обробки та знизити висотні параметри шорсткості зубчастих коліс і, тим самим, підвищити надійність і ресурс редукторів.

Випробування процесу шліфування зубчастих коліс проводили на зубошліфувальному верстаті з ЧПК мод. «HÖFLER RAPID 1250» (рис.1).

При дослідженні процесу фіксували потужність зубошліфування та параметри точності оброблених зубчастих коліс. З використанням високопористих абразивних кругів з монокристалічного корунду (золь-гелієвий корунд та рубін-корунд) діаметром 400 мм на керамічній зв'язці досліджено шліфування зубчастих коліс із загартованих сталей (60 HRC) з параметрами: зовнішній діаметр  $d = 233,4$  мм; число зубців  $z = 29$ ; модуль  $m = 7$ ; кут нахилу зубів  $\beta = -18^\circ$ ; ширина вінця  $B = 60$  мм.



Рис. 1. Зона обробки зубчастого колеса на шліфувальному верстаті

Результати випробувань шліфувальних кругів з монокристалічного корунду показали їх високу ефективність у порівнянні з кругами зі звичайного білого електрокорунду. Ці круги забезпечують зменшення потужності шліфування і кращі показники за точністю та якості обробки.

Наприклад, дослідженні процесу зубошліфування високопористими кругами із золь-гелієвого корунду проводили при шліфуванні двох зубчастих коліс одного і того ж типорозміру. Припуск на обробку  $t = 0,51$  мм. Число етапів обробки – 3 (чорнової  $t = 0,24$  мм, напівчистої  $t = 0,24$  мм, чистої  $t = 0,03$  мм). Результати вивчення процесу шліфування показали, що потужність зубошліфування складає в середньому  $P_{cp} = 566,5$  Вт при напівчистовому (2) етапі і  $P_{cp} = 400$  Вт при чистовому (3) етапі. Точність обробки зубчастого колеса відповідає 2 ступені точності (по DIN 3962).

Шліфування зубчастих коліс кругом рубін-корунду характеризується потужністю в середньому значенні  $P_{\text{ср}} = 1100$  Вт при напівчистовому (2) етапі і  $P_{\text{ср}} = 900$  Вт при чистовому (3) етапі. Точність обробки зубчастого колеса також відповідає 2 ступені точності.

Високопористі шліфувальні круги з монокристалічного корунду дозволяють зменшити ефективну потужність зубошліфування в 3 рази у порівнянні з кругами з білого електрокорунду. Правка перших проводиться через 7–8 западин заготовки, в той час як для других – через 4–5 западини.

Застосування високопористих шліфувальних кругів з монокристалічного корунду на машинобудівних підприємствах України, які виробляють зубчасті редуктори, показали високу ефективність створених інструментів в процесах шліфування зубчастих коліс високої якості.

УДК:531.1

## **МЕТОД БРИНЕЛЛЯ: СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ВИМІРЮВАННЯ ТВЕРДОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОСКОПІВ, КАМЕР І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

### **THE BRINELL METHOD: A MODERN APPROACH TO MEASURING HARDNESS USING MICROSCOPES, CAMERAS, AND SOFTWARE**

*О.В. Сергєєв, д.т.н., професор С.С. Тимофєєв*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O.V. Serhieiev, Dr. Sci. in Engineering, Professor S.S. Tymofeev*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Метод Бринелля більше століття використовується для визначення твердості матеріалів завдяки його простоті та надійності. Суть методу полягає у вдавлюванні кульки зі сталі або карбиду вольфраму у поверхню зразка під контрольованим навантаженням. Відбиток, який залишається, має розмір, пропорційний твердості матеріалу. Для точного визначення діаметра відбитка в сучасних умовах використовуються мікроскопи, цифрові камери та спеціалізоване програмне забезпечення.

Спочатку відбитки вимірювали вручну, що вимагало високої точності й досвіду від оператора. Це створювало ризик помилок через суб'єктивність сприйняття. З розвитком технологій цей процес автоматизувався, що значно підвищило точність вимірювань і зменшило час їх проведення.

Сучасне обладнання для методу Бринелля включає використання мікроскопів для збільшення зображення відбитка і цифрових камер для його фіксації. Після створення відбитка мікроскоп дозволяє детально розглянути контури, зокрема в місцях із нерівною поверхнею або мікротріщинами. Цифрова камера робить знімок цього відбитка, який передається на комп'ютер для обробки.

Програмне забезпечення автоматично розпізнає контури відбитка та обчислює його діаметри. Зазвичай вимірюють два перпендикулярні діаметри, і отримані значення усереднюють для підвищення точності. Цей процес автоматизований, що мінімізує людські помилки і дозволяє отримати більш надійні результати.

Програмне забезпечення також здатне коригувати можливі спотворення зображення через нерівності зразка або недостатнє освітлення. Це робить метод придатним для аналізу навіть складних зразків із шорсткою поверхнею або неоднорідною текстурою.

Цифрові камери є ключовим компонентом сучасної системи вимірювання твердості. Для лабораторій, де важлива висока точність, оптимальним варіантом є CCD-камери. Вони забезпечують високу роздільну здатність і точну передачу кольорів, що дозволяє отримати чітке зображення навіть на складних матеріалах.

CCD-камери особливо добре підходять для роботи з матеріалами з неоднорідною текстурою або складною поверхнею.

CMOS-камери мають нижчу вартість і високу швидкість зйомки, що робить їх ідеальними для аналізу великої кількості зразків на виробництві. Камери з роздільною здатністю не менше 5 мегапікселів дозволяють отримати достатньо деталізоване зображення для точних вимірювань.

Калібрування мікроскопа й камери — це критично важливий процес для точності вимірювань. Для цього використовують об'єкт-мікрометр — пластину зі шкалою, нанесеною з високою точністю. Мікроскоп налаштовується на шкалу об'єкт-мікрометра, після чого камера фіксує зображення, яке порівнюється з номінальними значеннями. Це дозволяє усунути можливі похибки в налаштуваннях обладнання.

Калібрування рекомендується проводити перед початком кожної нової серії вимірювань, а також після тривалого простою обладнання для забезпечення високої точності.

Інтеграція сучасних мікроскопів, цифрових камер і програмного забезпечення робить метод Бринелля значно ефективнішим. Використання камер із високою роздільною здатністю і автоматизація процесу дозволяють виключити вплив людського фактора, що значно підвищує точність і надійність вимірювань. Завдяки цьому метод Бринелля залишається одним із найнадійніших способів оцінки твердості матеріалів у сучасних умовах.

[1] Filho, P. P. R., Cavalcante, T. D. S., de Albuquerque, V. H. C., & Tavares, J. M. R. S. (2010). Brinell and Vickers Hardness Measurement Using Image Processing and Analysis Techniques. *ASTM International, Journal of Testing and Evaluation*.

[2] Stevens, R. (2024). *Hardness Testing of Metals: Rockwell, Brinell, Vickers, Knoop, and Leeb Tests*.

[3] Brinell Hardness Test – 124 Years of Material Testing. *NextGen Material Testing*.

[4] Сергеев Олексій Валерійович, Роценко Олексій Вікторович, Тимофеева Лариса Андріївна ТВЕРДОМІРИ БРИНЕЛЛЯ ТА ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ: ПРОРИВ У ВИМІРЮВАННІ ТВЕРДОСТІ *Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference. Hamburg, Germany. 2024. Pp.350-352.*

**АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ  
КАЛІБРУВАННІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

**AUTOMATION OF THE CALCULATION OF UNCERTAINTY IN THE  
CALIBRATION OF MEASURING EQUIPMENT**

*д.т.н., професор Тимофеева Л.А., Роценко О.В.*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Ph.D., professor Timofeeva L.A., Rotsenko O.V.*

*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Калібрування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) є важливим та необхідним процесом, оскільки в процесі калібрування вимірювальних інструментів визначаються точність, невизначеність, надійність, відповідність національним та міжнародним стандартам.

Оцінка невизначеності вимірювань є одним з ключових параметрів при калібруванні. Процес розрахунку невизначеності вимірювань є трудомістким, оскільки вимагає аналізу багатьох факторів, які можуть вплинути на результати вимірювання. Таким чином, цей процес вимагає автоматизації за допомогою програм для розрахунку невизначеності при калібруванні інструментів. Такі програми дозволяють спростити процес оцінки невизначеності вимірювань і забезпечують точність та послідовність результатів, враховуючи всі можливі джерела невизначеності [1,2].

Програми для розрахунку невизначеності вимірювань:

1. GUM Workbench
2. LabVIEW with Calibration Toolkit
3. QMSys GUM Enterprise
4. Uncertainty Sidekick
5. MET/CAL Calibration Management Software
6. ISO GUM Software [3-5].

Використання автоматизованих програм для розрахунку невизначеності при калібруванні інструментів має кілька ключових переваг:

1. Точність та надійність

Автоматизовані програми дозволяють проводити точні розрахунки, зменшуючи ризик людських помилок. Вони забезпечують високу надійність розрахунків, адже алгоритми враховують всі можливі джерела похибок та їх внески у загальну невизначеність.

2. Швидкість та ефективність

Програми автоматизують процес розрахунків, що значно прискорює калібрування інструментів. Це особливо важливо в умовах лабораторій, де

необхідно швидко обробляти великі обсяги даних і виконувати повторювані операції.

### 3. Зручність у використанні

Сучасні програми для розрахунку невизначеності зазвичай мають зручні інтерфейси, які полегшують роботу навіть для користувачів без глибоких знань математичних розрахунків. Користувачі можуть просто вводити необхідні параметри, а програма автоматично виконає всі необхідні обчислення.

### 4. Відповідність міжнародним стандартам

Автоматизовані рішення часто розробляються з урахуванням міжнародних стандартів, таких як ISO/IEC 17025 та GUM. Це забезпечує відповідність вимогам акредитації та стандартам якості в галузі метрології.

### 5. Документування та звітність

Більшість програм дозволяють автоматично генерувати звіти з розрахунками невизначеності, що полегшує документування процесів калібрування. Це важливо для ведення належної звітності та проходження аудитів.

### 6. Гнучкість та масштабованість

Програми можуть бути налаштовані для роботи з різними типами інструментів і методів вимірювання, включаючи лінійні та кутові вимірювання. Вони також можуть бути адаптовані для різних сфер застосування, залежно від потреб конкретної лабораторії.

### 7. Зменшення витрат

Завдяки автоматизації процесів та зменшенню ймовірності помилок, такі програми допомагають знизити витрати на повторні калібрування та виправлення помилок, що в цілому підвищує економічну ефективність роботи лабораторії.

### 8. Можливість аналізу складних систем

Деякі програми дозволяють працювати з комплексними системами вимірювань, де беруть участь кілька факторів, що впливають на невизначеність. Вони полегшують аналіз таких систем і забезпечують глибший розгляд кожного джерела похибки [3-5].

Таким чином, інтеграція автоматизованих програми для розрахунку невизначеності вимірювань у процес калібрування забезпечують більш швидку, точну та ефективну роботу, дозволяючи лабораторіям дотримуватись високих стандартів якості та надійності.

[1]. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2109 (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2107, IDT). Національний стандарт України. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.

[2]. EA-4/02 • Evaluation of the Uncertainty of Measurement in calibration

[3]. Опис можливостей та функцій LabVIEW, а також інформацію про додаток Calibration Toolkit. <https://www.ni.com/en.html> (дата звернення: 15.11.2024).

[4]. Програмне забезпечення для оцінки невизначеності, а також інформацію про навчальні матеріали та ресурси.

<https://uncertainty-sidekick.software.informer.com> (дата звернення: 15.11.2024).

[5]. Інформація про MET/CAL і можливості цього програмного забезпечення для керування калібруванням та оцінки невизначеності [www.mt.com](http://www.mt.com) (дата звернення: 15.11.2024).

**ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ 3D-ПРІНТУВАНОВОГО СПЛАВУ ТІ-6АІ-4V  
ШЛЯХОМ КОМПЛЕКСНОЇ ОБРОБКИ**

**SURFACE HARDENING OF 3D-PRINTED Ti-6Al-4V ALLOY THROUGH  
COMPLEX TREATMENT**

*Б.В. Єфременко<sup>1</sup>, к.т.н., Ю.Г. Чабак<sup>1,2</sup>, д.т.н.,  
В.Г. Єфременко<sup>1,2</sup>, д.т.н., Є.Ю. Балалаєва<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Є.В. Цвєткова<sup>1</sup>, к.т.н., А.А. Симонов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Приазовський державний технічний університет (м. Дніпро)

<sup>2</sup>Інститут дослідження матеріалів SAS (м. Кошице, Словаччина)

*B.V. Efremenko<sup>1</sup>, PhD (Tech.), Yu.G. Chabak<sup>1,2</sup>, Dr.Sci (Tech.),  
V.G. Efremenko<sup>1,2</sup>, Dr.Sci (Tech.), E.Yu. Balalayeva<sup>1</sup>, PhD (Tech.),  
E.V. Tsvetkova<sup>1</sup>, PhD (Tech.), A.A. Simonov<sup>1</sup>*

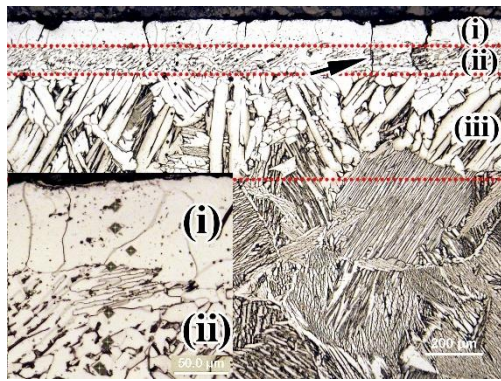
<sup>1</sup>Pryazovskyi State Technical University (Dnipro)

<sup>2</sup>Institute of Materials Research, SAS (Kosice, Slovakia)

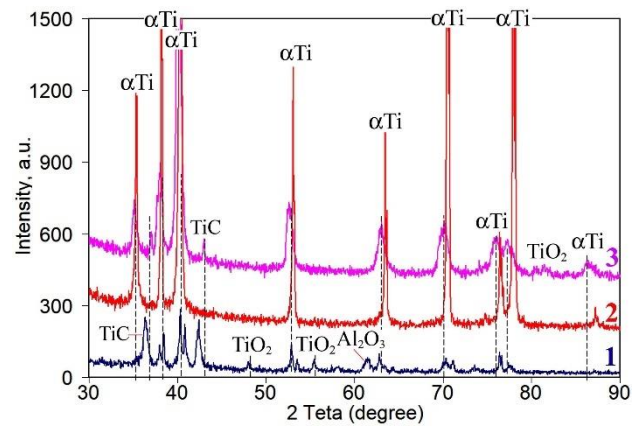
The object of this work is a study of the microstructure and hardness evolution of LPBF-manufactured biomedical alloy Ti-6Al-4V superficially modified by pack carburization and subsequent laser melting [1]. Ti-6Al-4V alloy specimens of 5x10x25 (mm) in size were fabricated by Laser Powder Bed Fusion process using a “ProX DMP 320” (3D Systems) equipment with a 500 W fibre laser (1070 nm wavelength, 0.5 mm beam diameter). The powder feedstock (particle size is 39±3 μm) was an EOS Titanium Ti64ELI powder of nominal chemical composition (wt. %): Al (5.5-6.75), V (3.5-4.5), O < 0.2, N < 0.05, C < 0.08, H < 0.015, Fe < 0.3, Ti - balance.

Carburization was conducted in a powder of (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO (20 vol. %), K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> (20 vol. %), and a carbon black (60 vol. %) at 1000 °C (7 hours). The laser processing was fulfilled by fiber laser «TruFiber 400» (TRUMPF) of 1064 nm wavelength with a power of 400 W and scanning velocity of 5 mm·sec<sup>-1</sup>. The investigations included optical (GX71 OLYMPUS) and scanning electron microscopy (SEM) observations (JSM-7000F JEOL), energy-dispersive X-ray spectroscopy (INCAx-sight, Oxford Instruments), X-ray diffraction (X'Pert PRO, PANalytical, Cu-Kα radiation) and microhardness measurement (LM700AT LECO, under the load of 0.05 kg).

It was found that carburization resulted in a 440-700 μm deep carbon-rich layer of αTi with an upper thin layer comprising TiC, TiO<sub>2</sub>, and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Fig.1). Carburization led to a hardness of 720±12 HV in a near-surface layer which is two times the bulk structure (322±32 HV) (Fig. 2).



(a)



(b)

Figure 1. (a) The cross-sectional microstructure of the as-carburized state (i, ii, iii are the layers within the carburized layer), (b) XRD patterns of LPBF Ti-6Al-4V alloy (1 – as-carburized (oxidized), 2 – as-carburized (polished), 3 – laser-melted (sand-blasted)).

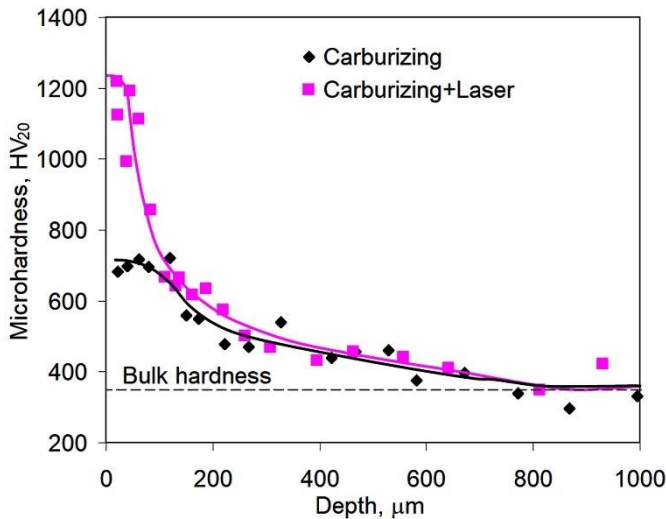


Figure 2. Microhardness profile in cross-section of carburized and laser-melted specimens of LPBF Ti-6Al-4V alloy.

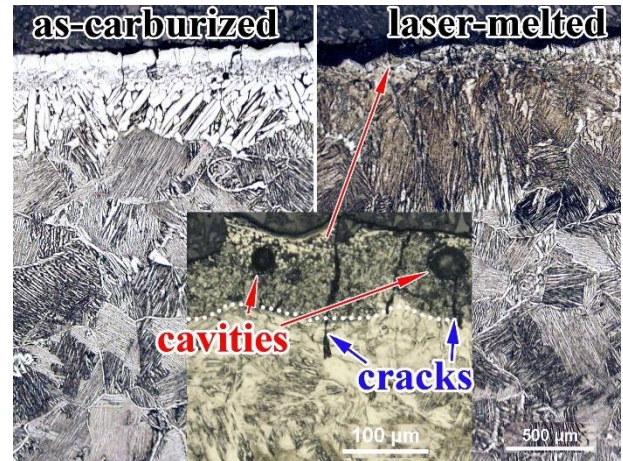


Figure 3. The cross-sectional microstructure of the specimens after the laser melting.

A consequent laser scanning formed a 60-120  $\mu\text{m}$  wide melted layer followed by the heat-affected zone (having a needle-like  $\alpha\text{Ti}$ -martensite) extended to  $\sim 0.8$  mm depth (Fig. 3). The melted layer had a fine-grained structure which included the dispersive particles of an oxycarbide  $\text{Ti}(\text{O}_{0.8}\text{C}_{0.2})$  of both grainy and dendrite-like shapes (Fig. 4).



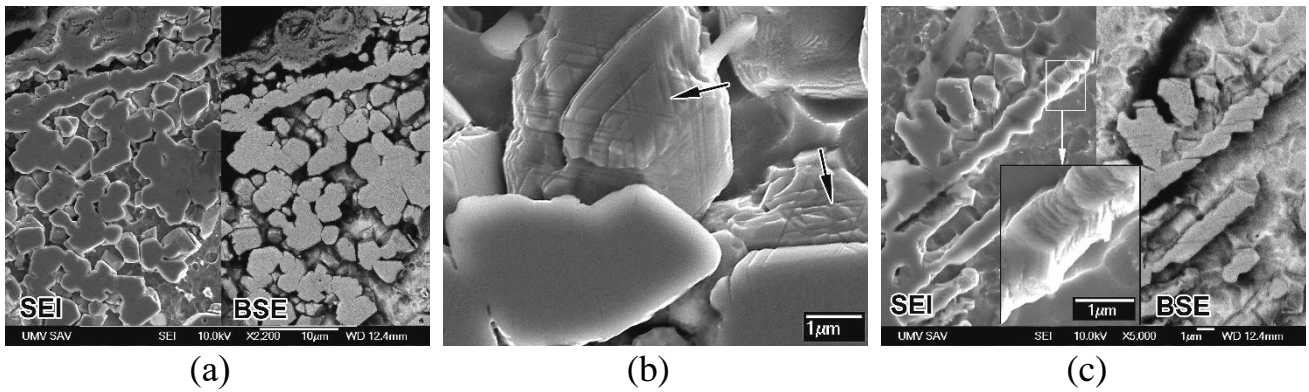


Figure 4. SEM images of microstructure of a near-surface layer in a laser-processed specimen: (a) grainy particles of oxycarbide  $Ti(O_{0.8}C_{0.2})$  (SEI and BSE images), (b) the crystalline planes in the particles, (d) the dendritic-shaped particles  $Ti(O_{0.8}C_{0.2})$  (SEI and BSE images).

Consequently, the melting layer's hardness increased up to 1000-1200 HV with a further gradual decrease, according to the declining carbon content profile. Cracks and shrinkage cavities formation accompanied laser melting. It also led to an increased surface roughness caused by its boiling under the laser melting. Such a response of the Ti-6Al-4V alloy to laser melting is caused by surface overheating due to the low heat conductivity of the alloy.

[1] Efremenko B.V., Chabak Yu.G., Tsvetkova E.V., Dzherenova A.V., Efremenko V.G., Kromka F., Zurnadzhy V.I., Olejnik I.M. Surface laser melting of a carburized LPBF-manufactured Ti-based biomedical grade alloy // Journal of Nano- and Electronic Physics Vol. 15 No 4, 04035(6pp) (2023). [https://doi.org/10.21272/jnep.13\(2\).02030](https://doi.org/10.21272/jnep.13(2).02030)

**ПІДВИЩЕННЯ АБРАЗИВНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ГІБРИДНИХ  
БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ЧАВУНІВ ШЛЯХОМ  
ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЗАХАРТУВАННЯ**

**ENHANCING ABRASIVE WEAR RESISTANCE OF HYBRID MULTI-  
COMPONENT CAST IRONS BY HIGH-TEMPERATURE QUENCHING**

**Ю.Г. Чабак<sup>1,2</sup>, д.т.н., В.Г. Єфременко<sup>1,2</sup>, д.т.н.,  
М.А.Голінський<sup>1</sup>, І. Петришинець<sup>2</sup>, к.т.н., В.В. Кудін<sup>3</sup>, к.т.н.,  
А.С. Калініченко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Приазовський державний технічний університет (м. Дніпро)

<sup>2</sup>Інститут дослідження матеріалів SAS (м. Кошице, Словаччина)

<sup>3</sup>Національний університет «Запорізька політехніка» (м. Запоріжжя)

***Yu.G. Chabak<sup>1,2</sup>, Dr.Sci (Tech.), V.G. Efremenko<sup>1,2</sup>, Dr.Sci (Tech.),  
M.A. Golinskyi<sup>1</sup>, I. Petryshynets<sup>2</sup>, PhD (Tech.), V.V. Kudin<sup>3</sup>, PhD (Tech.),  
A.S. Kalinichenko<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>*Pryazovskyi State Technical University (Dnipro)*

<sup>2</sup>*Institute of Materials Research, SAS (Kosice, Slovakia)*

<sup>3</sup>*National University Zaporizhzhia Polytechnic (Zaporizhzhia)*

In this work, enhancing the tribological characteristics of the novel cast metallic materials – hybrid multi-component cast irons (MCCIs) – by applying a strengthening heat treatment is described [1, 2]. The experimental materials were the cast alloys of a nominal composition (5 wt.% W, 5 wt.% Mo, 5 wt.% V, 10 wt.% Cr, 2.5 wt.% Ti, Fe is a balance) added with 0.3-1.1 wt.% C and 1.5-2.5 wt.% B (total 9 alloys). Heat treatment was an oil-quenching followed by 200 °C-tempering. The quench temperature (QT) was varied in the range of 900-1200 °C with a step of 50 °C (with a 2-hour holding at QT). The correlation of QT with microstructure and properties was estimated using microstructure/worn surface characterization, differential scanning calorimetry, hardness measurement, and three-body-abrasive wear testing (using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles).

The as-cast alloys had a multi-phase structure consisting of primary and/or eutectic borocarbide M<sub>2</sub>(B,C)<sub>5</sub>, carboborides M(C,B), M<sub>7</sub>(C,B)<sub>3</sub>, M<sub>3</sub>(C,B), and the matrix (ferrite, martensite, pearlite/bainite) in different combinations and volume fractions (Fig. 1).

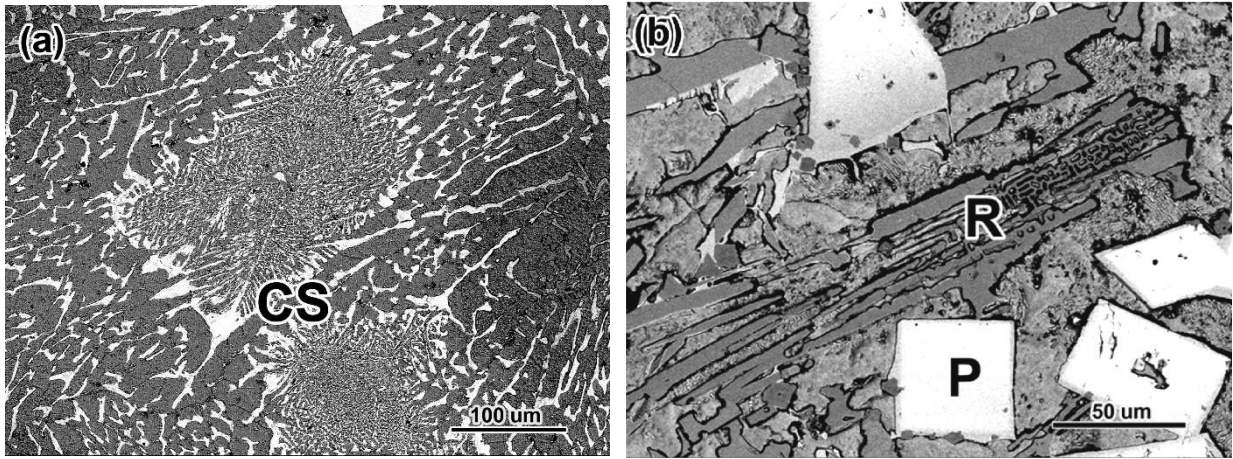


Figure 1. Microstructure of studied alloys containing: (a) 0.3 wt.% C and 1.5 wt. % B, (b) (c) 0.7 wt.% C and 3.5 wt. % B.

Generally, the increase in quenching temperature from 950 to 1150-1200 °C resulted in a gradual increase in hardness (maximally to 66-67 HRC) and a decrease in wear rate in most alloys (Fig.2, Fig. 3). This was due to the change in phase-structure state of the alloys under quenching namely the secondary carboboride precipitation and replacing ferrite and pearlite/bainite with martensite.

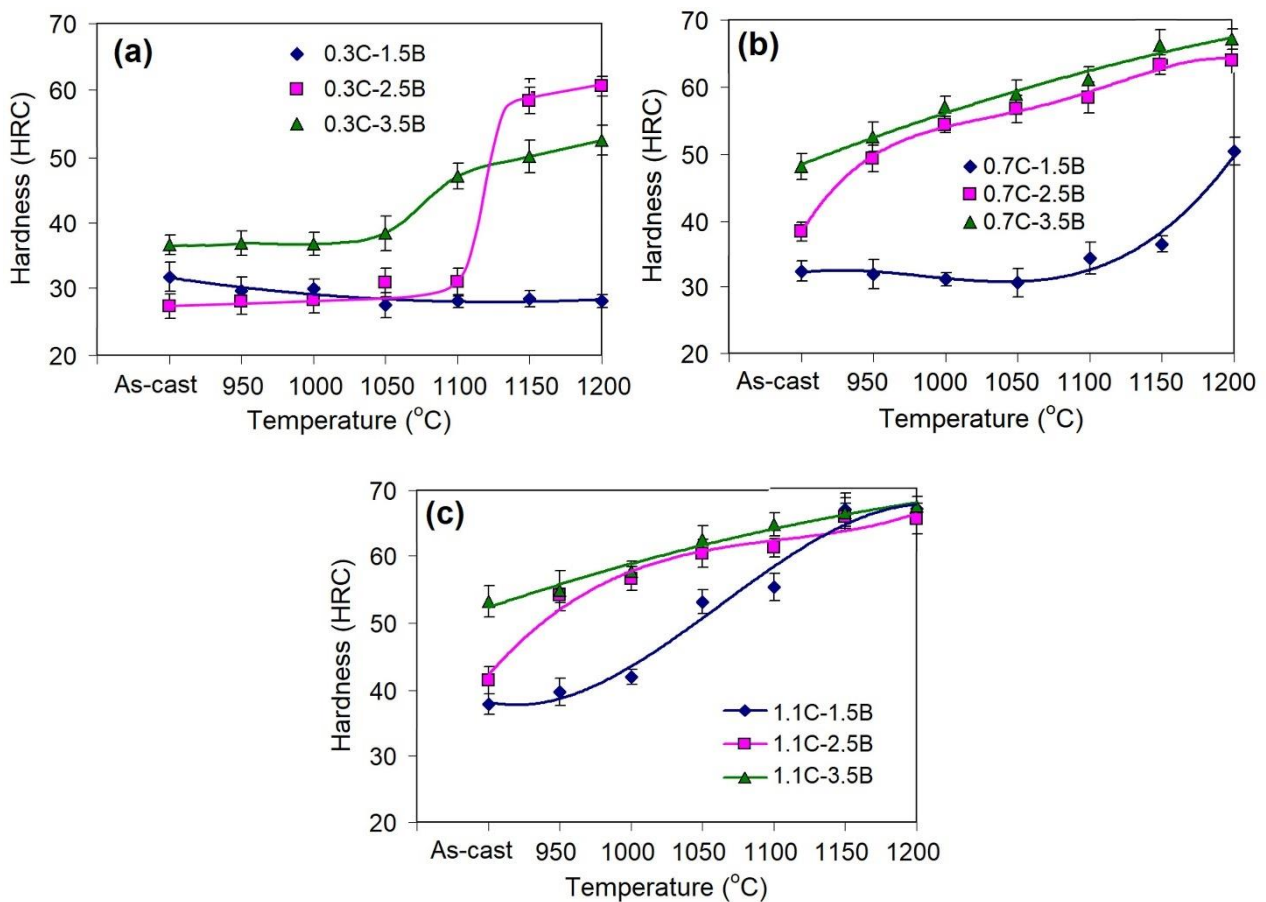


Figure 2. Effect of quenching temperature on the bulk hardness of MCCIs containing: (a) 1.5 wt.% B, (b) 2.5 wt.% B, and (c) 3.5 wt.%.

Under low carbon (0.3 wt.%) and/or boron (1.5 wt.%) contents, a noticeable increase in hardness was observed at a QT above 1050 °C reaching maximal 50-59 HRC. In other alloys, hardness increased proportionally to QT starting from 950 °C, and reached 63-67 HRC. Accordingly, the wear rate decreased by 3-6 times (relative to the as-cast state). This was due to the formation of a martensitic matrix strengthened by secondary carboboride precipitates. Alloy 0.3C-1.5B retained a ferritic matrix regardless of QT, and its properties were hardly changed by quenching.

Carbon increased the wear resistance of MCCIs due to the formation of carboborides  $M(C,B)$ ,  $M_7(C,B)_3$  and  $M_3(C,B)$ , as well as by expanding the  $\gamma$ -area thus contributing to the appearance of martensitic matrix under the quench cooling. Boron had a versatile effect on wear resistance, which is associated, on the one hand, with the formation of wear-resistant borocarbide phases and on the other, with the occurrence of coarse primary inclusions that were easily spalled off during wear.

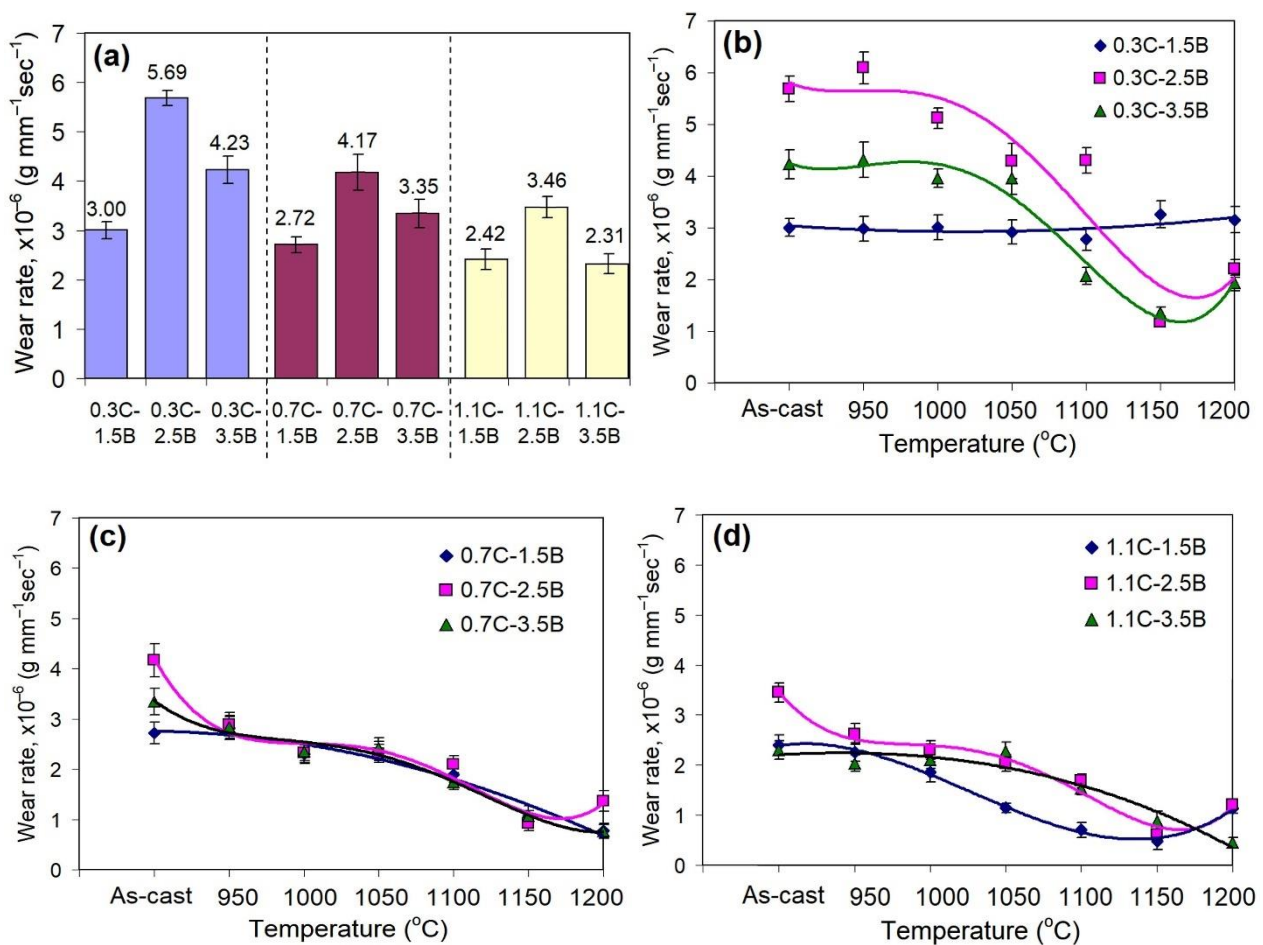


Figure 3. (a) WR values of the as-cast alloys. Effect of quenching temperature on the wear rate of the alloys containing: (b) 0.3 wt.% C, (c) 0.7 wt.% C, and (d) 1.1 wt.% C.

At any hardness, the alloys with near-eutectic structure performed higher wear resistance as compared to the hypereutectic ones. This is attributed to a more favorable wear mechanism of the multi-cycle formation/removal of the fine micro-scales. In hypereutectic alloys, the predominant wear mechanism is a spalling of coarse primary borocarbides. With the QT increase, the difference in wear rate of alloys decreased due

to matrix hardness improvement: hard matrix better resisted wear preventing the easier exposure and fracture of primary borocarbides.

The factorial design of experiment  $3^2$  was used to optimize the alloy composition. According to the regression models derived, the highest wear resistance is attributed to the multi-component cast iron containing 1.1 wt.% C and 1.5 wt.% B quenched from 1150 °C (Fig. 4).

Under the testing, the optimized alloy performed a hardness of 67 HRC and a wear rate of  $0.88 \times 10^{-6} \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$ . Similar wear resistance was shown by the multi-component cast iron having 1.1 wt.% C and 3.5 wt.% B (quenching from 1200 °C, 67 HRC, WR of  $0.81 \times 10^{-6} \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$ ). The above alloys were 2.94 and 3.20 times more wear-resistant than the reference alloy (a 13 wt.% Cr-cast iron, 66 HRC) indicating the high potential of the MCCIs to stand hard-abrasive applications.

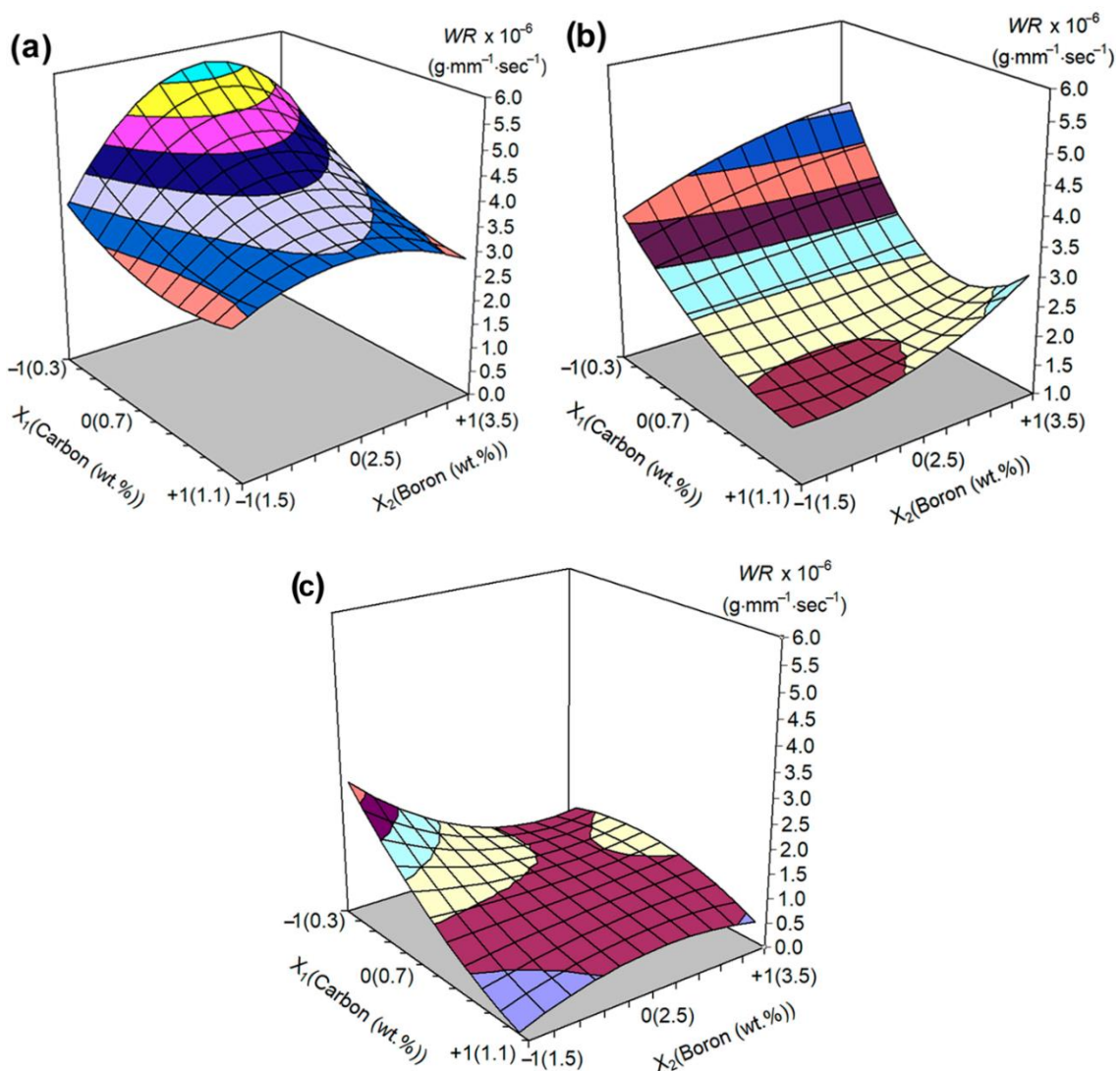


Figure 4. The response surfaces of a wear rate depending on the chemical composition of the alloys: (a) the as-cast state, (b) QT=1050 °C, (c) QT=11050 °C.

## Acknowledgments

This research was funded by the Ministry of Education and Science of Ukraine (project No 0123U100374). Funded by the EU NextGenerationEU through the Recovery and Resilience Plan for Slovakia under the project No. 09I03-03-V01-00061

[1] Efremenko V.G., Chabak Yu.G., Shimizu K., Golinskyi M.A., Lekatou A.G., Petryshynets I., Efremenko B.V., Halfa H., Kusumoto K., Zurnadzhy V.I. The novel hybrid concept on designing advanced multi-component cast irons: Effect of boron and titanium (Thermodynamic modelling, microstructure and mechanical property evaluation) // *Materials Characterization*. – 2023. - vol. 197, 112691.

[2] Chabak Y., Petryshynets I., Efremenko V., Golinskyi M., Shimizu K., Zurnadzhy V., Sili I., Halfa H., Efremenko B., Puchy V. Investigations of Abrasive Wear Behaviour of Hybrid High-Boron Multi-Component Alloys: Effect of Boron and Carbon Contents by the Factorial Design Method // *Materials*. – 2023. – vol. 16. - 2530.

[3] Chabak Y., Efremenko V., Petryshynets I., Golinskyi M., Shimizu K., Efremenko B., Kudin V., Azarkhov A. Role of Quenching Temperature Selection in the Improvement of the Abrasive ( $Al_2O_3$ ) Wear Resistance of Hybrid Multi-Component Cast Irons // *Materials*. – 2024. – vol. 17. - 3742.

УДК 621.771:006.83(075.8)

## МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОВСТИХ ЛИСТІВ СТАЛІ МАРКИ 5L API X70, ВИРОБЛЕНОЇ З ВАЖКОГО СЛЯБА

## MECHANICAL PROPERTIES OF THICK SHEETS OF X70 API 5L GRADE STEEL PRODUCED FROM HEAVY SLAB

*Б.В. Єфременко<sup>1</sup>, к.т.н., Ю.Г. Чабак<sup>1,2</sup>, д.т.н.,*

*В.Г. Єфременко<sup>1,2</sup>, д.т.н., Д.А. Мироненкова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Приазовський державний технічний університет (м. Дніпро)*

<sup>2</sup>*Інститут дослідження матеріалів SAS (м. Кошице, Словаччина)*

*B.V. Efremenko<sup>1</sup> PhD (Tech.), Yu.G. Chabak<sup>1,2</sup> Dr.Sci (Tech.),*

*V.G. Efremenko<sup>1,2</sup> Dr.Sci (Tech.), D.A. Mironenkova<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Pryazovskyi State Technical University (Dnipro)*

<sup>2</sup>*Institute of Materials Research, SAS (Kosice, Slovakia)*

This work investigated the microstructure and mechanical properties of 40 mm thick sheets of low-carbon (0.06-0.07 wt.%C) (Cr, Ni, Mo, V, Nb)-micro-alloyed steel, produced from heavy slab in order to comply with the requirements of X70 (API 5L) grade. It was found that applying a heavy slab of increased thickness is feasible for the production of thick ( $\geq 30$  mm) steel sheets intended for oil/gas pipelines. Using a 300 mm thick slab increases its rolling reduction by 12-36 % when producing 40 mm thick sheets which enabled the better deformation to eliminate the cast structure in the axis zone of the billet. This resulted in structure refining which enhances the low-temperature impact behaviors (Charpy V-notch test, DWTT) of steel ensuring compliance with an X70 (API 5L) grade.

The sheets were produced through the three-stage thermo-mechanical controlled processing (TMCP) with a rolling finish in a single-phase interval (820-840 °C) or in a two-phase interval (760-780 °C) followed by accelerated cooling (AC). For both

TMCP schedules, the decrease in temperature of AC finish ( $T_{ACF}$ ) from 630 °C to 450 °C led to a gradual increase in strength indicators and a decrease in ductility. The low temperature (–20 °C) impact toughness was not dependent on  $T_{ACF}$  presenting exceptional absorbed energy which reached maximally 550 J.

The optimal combination of the mechanical properties (YTS of 540-580 MPa, UTS of 630-660 MPa, total elongation of 24-27 %, subzero absorbed energy of 350-400 J, subzero DWTT (shear area – SA) of 80 %) was attributed to the TMCP with rolling finish in “austenite+ferrite” interval followed by AC ( $20-23\text{ °C}\cdot\text{s}^{-1}$ ) to  $T_{ACF}$  of 480-530 °C. These properties were due to microstructure consisting of a fine-grained quasi-polygonal/acicular ferrite, the martensite/austenite islands, and the nanosized carbide precipitates. The earlier stop of water cooling (at 600-630 °C) resulted in a banded “ferrite+pearlite” structure with lower YTS which barely met the requirements of X70 grade. The highest DWTT level (SA of 95 %) referred to the “ferrite+pearlite” structure obtained by TMCP with a rolling finish in a single-phase interval. In the case of rolling finish in a two-phase interval, the best DWTT results (SA of 80 %) were attributed to the structure of quasi-polygonal/acicular ferrite. The formation of bainite under a later AC finish (at  $\leq 450\text{ °C}$ ) resulted in a drastic decrease in DWTT behavior. TMCP/AC processing with a rolling finish in a two-phase interval had an advantage in YTS and UTS at any  $T_{ACF}$ . This behaviour is presumably attributed to the nanosized ( $12.5\pm 0.25\text{ nm}$ ) (Nb,V)C particles precipitated during the “austenite  $\rightarrow$  ferrite” transformation. The dispersion hardening contributes 24.1 MPa which is compatible with the difference in strength between two TMCP schedules.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ

# УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

- Наша освіта визнана світом.
- Широкий вибір програм підготовки.
- Попит на ринку праці.
- Отримання двох дипломів одночасно:  
українського та французького або українського  
та польського університету-партнера.



## ФАКУЛЬТЕТИ

- ✓ БУДІВЕЛЬНИЙ
- ✓ ЕКОНОМІЧНИЙ
- ✓ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕ  
РУЮЧІ  
СИСТЕМИ ТА  
ТЕХНОЛОГІЇ
- ✓ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ  
ЦЕНТР  
ГУМАНІТАРНОЇ ОСВІТИ
- ✓ МЕХАНІКО-  
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ
- ✓ УПРАВЛІННЯ  
ПРОЦЕСАМИ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ

**ОБИРАЙ НАС**  
за першим пріоритетом



АДРЕСА: ПЛОЩА ФЕЙСРБАХА 7, 61050, ХАРКІВ  
ПРИЙМАЛЬНА КОМІСІЯ: +38 (057) 732-28-25  
E-MAIL: INFO@KART.EDU.UA



<http://kart.edu.ua/>



@ukrduzt.University



@ukrduzt\_university





**ЗАПРОШУЄМО НА НАВЧАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РОБОЧИХ ПРОФЕСІЙ:**



- ✔ Провідник пасажирського вагона;
- ✔ Касир квитковий;
- ✔ Касир товарний (вантажний);
- ✔ Приймоздавальник вантажу та багажу;
- ✔ Приймальник поїздів.
- ✔ Помічник машиніста тепловоза;
- ✔ Помічник машиніста електровоза;
- ✔ Електромонтер контактної мережі;
- ✔ Електромонтер з ремонту та обслуговування електроустаткування;
- ✔ Електромонтер з ремонту та обслуговування апаратури і пристроїв зв'язку;
- ✔ Слюсар з ремонту рухомого складу;
- ✔ Оглядач вагонів;
- ✔ Оглядач-ремонтник вагонів;
- ✔ Сигналіст;
- ✔ Монтер колії.

Прийм документів на навчання робочим професіям здійснюється в ЦНПП (аудиторія 3.315, тел. (057)-730-21-89, e-mail: [cnpp@kart.edu.ua](mailto:cnpp@kart.edu.ua)).

Вартість навчання залежить від обраної професії та становить від 1500 до 3500 грн, тривалість навчання також залежить від професії і складає від 4-х до 10-ти місяців.

**РОБОЧА ПРОФЕСІЯ СЬОГОДНІ – ЗАПОРУКА УСПІШНОГО КАР'ЄРНОГО РОСТУ ЗАВТРА!**



## #УКРДУЗТ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ



@ukrduzt.University



@ukrduzt\_university



Online #УкрДУЗТ

## ПРИЙМАЛЬНА КОМІСІЯ В TELEGRAM



t.me/infovstup\_ukrduzt

## САЙТ УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ



<http://kart.edu.ua/>

ОСНОВНІ КОНТАКТИ  
ЯКІ ПОТРІБНО  
ВИКОРИСТОВУВАТИ В  
РЕКЛАМІ

УВАЖНО  
ОЗНАЙОМТЕСЯ З  
НИМИ!

### Контакти приймальної комісії:

- 🌐 <https://kart.edu.ua/vstupniku>
- 📍 [https://t.me/infovstup\\_ukrduzt](https://t.me/infovstup_ukrduzt)
- ☎️ +38 (057) 730-19-91
- ✉️ [pk@kart.edu.ua](mailto:pk@kart.edu.ua)

📍 майдан Фейєрбаха 7, 61050, Харків  
корпус 1, поверх 1, кабінет 121

### Контакти університету:

- 🌐 <https://kart.edu.ua>
- 📍 [https://t.me/UkrDuzt\\_of](https://t.me/UkrDuzt_of)
- 📷 [@ukrduzt\\_university](https://www.instagram.com/ukrduzt_university)
- 📘 [@ukrduzt.University](https://www.facebook.com/ukrduzt.University)
- ☎️ +38 (057) 730-19-21
- ✉️ [info@kart.edu.ua](mailto:info@kart.edu.ua)

📍 майдан Фейєрбаха 7, 61050, Харків