

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

ІТТ | ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ
ТРАНСПОРТНІ
ТЕХНОЛОГІЇ



ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

IV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

Тези доповідей



27–28 листопада 2023 року, м. Харків, Україна

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 4-ої міжнародної
науково-технічної конференції**

«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Харків 2023

4-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 27–28 листопада 2023 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2023. – 362 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.

ЗМІСТ

Секція РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ

Організація вантажних залізничних перевезень на основі ризик-орієнтованих технологій. <i>Т.В. Бутько., М.С. Сидорчук, А.О. Кухаренко</i>	20
Інтелектуальна підсистема управління готовністю технічних засобів убезпечення руху поїздів у господарстві сигналізації та зв'язку. <i>В.М. Самсонкін, О.С. Соловійова</i>	22
Принципи синхронізації параметрів взаємодії пасажирського автомобільного транспорту з приміським залізничним сполученням. <i>В.О. Вдовиченко</i>	24
Спеціальні положення в концепції розкладу трамвай-поїзд. <i>Маркус Лаглер</i>	25
Удосконалення інформаційно-аналітичного забезпечення операційної діяльності працівників залізничного транспорту в умовах воєнного стану. <i>Т.В. Бутько, М. Mezitis, Д.А. Гайдук</i>	27
Удосконалення технології просування вагонопотоків на залізничній мережі в міжнародному сполученні за рахунок оптимізації місцевої роботи. <i>І.Ю. Ардальянова, Н.Є. Бондаренко, О.Є. Василенко</i>	28
Удосконалення технології просування вагонопотоків в умовах інтероперабельності. <i>Т.В. Головка, І.С. Демченко, Д.Ю. Ляпін</i>	30
Удосконалення організації пасажиропотоків міжнародного сполучення на залізничному напрямку. <i>В.В. Кобзар, В.В. Волосенко, П.В. Герасевич</i>	32
Удосконалення технології просування вагонопотоків в міжнародному сполученні. <i>А.О. Шаповал, В.В. Добржанський, В.В. Лутюк</i>	33
Підвищення пропускної спроможності залізниці за рахунок подальшої цифровізації. <i>Т.Ю. Калашнікова, В. Петриченко, І. Балабан</i>	35

Аналіз чинників, що впливають на попит на пасажирські перевезення залізничним транспортом.	
<i>О.А. Малахова, Х.О. Жиленко, О.С. Павленко</i>	36
Оптимізація перевезень у транспортному вузлі в умовах міжнародних перевезень.	
<i>П.В. Долгополов, В.М. Бурда, О.В. Чумак</i>	38
Оптимізація вагонопотоків на залізничному полігоні в умовах масових вантажних перевезень.	
<i>П.В. Долгополов, І.І. Гордій, Д.В. Кисіль</i>	39
Удосконалення функціональних показників ефективності транспортної системи на прикладі перевезення зернових вантажів.	
<i>О.А. Малахова, М.Д. Попов, К.М. Онішко</i>	41
Удосконалення маршрутизації перевезення вантажів у міжнародному сполученні з використанням рар-ниток в межах транспортного коридору.	
<i>А.В. Прохорченко, Ю.В. Губченко, М.С. Кравченко</i>	43
Організація пасажирського руху в міжнародному сполученні.	
<i>О. Кірік, Ю. Глибокий, Л. Пархоменко</i>	44
Удосконалення технології організації вагонопотоків за рахунок уточнення моделі плану формування поїздів.	
<i>В.М. Прохоров, В.О. Крючков, Д.Л. Богдан</i>	46
Забезпечення своєчасної доставки вантажів у міжнародному сполученні на основі оптимізації оперативного планування.	
<i>К.І. Гармаш, В.М. Прохоров</i>	47
Удосконалення технології вантажних залізничних перевезень на основі автоматизації стратегічного планування.	
<i>І.С. Лавров, В.М. Прохоров</i>	48
Формування технології роботи технічних станцій на основі цифровізації.	
<i>В.М. Прохоров, О.В. Кофанов, А.С. Магальяс</i>	49
Пришвидчення доставки вантажів у міжнародному сполученні на основі удосконалення роботи станцій.	
<i>Д.Г. Литвин, В.М. Прохоров</i>	52
Забезпечення функціонування залізничних технічних станцій у стислих умовах.	
<i>Д.В. Миненко, В.М. Прохоров</i>	53

Удосконалення технології роботи сортувальних станцій на основі автоматизації процесів керування. <i>Т.М. Партика, В.М. Прохоров</i>	54
Підвищення ефективності функціонування залізничних технічних станцій за рахунок оптимізації місцевої роботи. <i>Д.О. Спиридонов, В.М. Прохоров</i>	56
Підвищення рівня інтеперабельності при здійсненні контейнерних перевезень. <i>Є.О. Тищенко, В.М. Прохоров</i>	57
Удосконалення крос-кордонних перевезень зернових вантажів на основі принципів логістики спільного користування. <i>А.В. Прохорченко, Б.О. Панов, М.І. Кулик</i>	58
Удосконалення роботи залізничного прикордонного пункту пропуску на основі встановлення раціональних резервів часу у графіку руху поїздів. <i>Г.О. Прохорченко, П.С. Бринзова, Д.Д. Серета</i>	60
Удосконалення складання графіка руху поїздів на дільниці залізничного пункту пропуску. <i>Г.О. Прохорченко, Н.І. Мануйлович, А.Ю. Капустянська</i>	62
Удосконалення технології взаємодії залізничного транспорту з морським портом. <i>М. Кудзієв, Д. Овсянніков, Л. Пархоменко</i>	63
Організація роботи сортувальної станції в умовах потенційних ризиків та перевезення небезпечних вантажів. <i>Ю. Твердохліб, Д. Шатунов, Л. Пархоменко</i>	64
Розвиток методології дослідження пасажиропотоків в приміському сполученні на залізницях України. <i>Д.В. Константинов, Т. Норсін, П.В. Коваленко, І.І. Марченко</i>	66
Удосконалення організації залізничних пасажирських перевезень. <i>Ф. Tomaszewski, Л.В. Кучеренко, О.О. Григор'єва, М.П. Суфан</i>	68
Проблеми розвитку міжнародних перевезень на залізницях України. <i>Д.В. Константинов, Є.В. Сергієнко, О.С. Лисенко, П.В. Саул</i>	70

Засоби удосконалення технології управління вагонопотоками на залізничному транспорті України. <i>С.С. Михайлюта, Л.І. Рибальченко</i>	72
Удосконалення організація міжнародних пасажирських перевезень в умовах інтеперабельності. <i>Є.В. Ходаківська, О.М. Гаврильченко, І.В. Охмат, С.М. Писарєв</i>	73
Удосконалення організації роботи залізничного транспорту України на основі ідеї об'єднання автоматизованої системи керування вантажними та пасажирськими перевезеннями. <i>О.М. Ходаківський</i>	75
Удосконалення залізничних перевезень зернових вантажів в Україні на основі принципів логістики спільного користування. <i>Keshav Dahal, Андрій Прохорченко, Ravi Koirala, Shakil Ahmed, Лариса Пархоменко, Михайло Кравченко, Дмитро Харченко</i>	77
Удосконалення операційної роботи центрів управління рухом на основі побудови tms-системи управління рухом поїздів. <i>Володимир Руцак, Андрій Прохорченко</i>	80
Цифрові технології в підвищенні конкурентоспроможності судноплавства. <i>О.М. Мельник, Ю.О. Коскіна</i>	81
Удосконалення систем відстеження вагонів та вантажів на залізничному транспорті. <i>В.М. Запара, Я.В. Запара, Д.В. Кащєєв</i>	84
Удосконалення організації залізничних вантажних перевезень з урахуванням європейських інтеграційних процесів. <i>Н.О. Смірна, Д.О. Куценко, О.Е. Шандер</i>	86
Удосконалення перевезень на залізничних напрямках в умовах роботи центрів управління рухом. <i>А.М. Киман, Д.С. Стахорна, О.В. Новіков</i>	88
Удосконалення організації пасажиропотоків міжнародного сполучення на залізничних вокзалах. <i>А.С. Свідіна, Ю.В. Черняк, Н.І. Горлова</i>	89
Перспективи розвитку систем автоматизації складання планів роботи залізничних підрозділів. <i>Г.М. Сіконенко, А.В. Качан</i>	90
Сучасні шляхи забезпечення стійкості роботи об'єктів транспортної інфраструктури в умовах воєнного стану. <i>М.І. Музикін, М.С. Лисогоря, Ю.В. Струсевич, М.С. Нечаєв</i>	92

Вплив розмірів руху на показники роботи залізничної мережі роботи залізничної мережі. <i>Г.І. Нестеренко, М.І. Музикін, О.Г. Стрелко, С.І. Бібік</i>	94
Порівняння сучасних методів оптимізації функціонування транспортних систем. <i>М.І. Музикін, Г.І. Нестеренко, Р.С. Щербина, А.С. Алтухова</i>	96
Впровадження штучного інтелекту на залізничному транспорті. <i>А.А. Панченко</i>	98
Розумні телематичні транспортні системи на основі хмарних технологій. <i>О.М. Харламова</i>	100
Удосконалення інтелектуального автоматизованого процесу приймання поїзду на залізничну станцію. <i>В.А. Кобзенко, О.М. Космін, О.В. Лаврухін</i>	102
Technology of input data processing when solving the problem of effective control under uncertainty. <i>N.M. Lazarijeva, O.O. Lazarijeva</i>	104
Застосування комбінованих методів оцінювання ризику на транспорті. <i>Д.О. Кульова, Д.С. Чанцев</i>	106
Технологічна відмовостійкість сортувальних станцій. <i>В.І. Мацюк, Ю.П. Дудник, Д.О. Заїка</i>	108
Інтелектуальна підсистема управління готовністю технічних засобів забезпечення руху поїздів у господарстві сигналізації та зв'язку. <i>В.М. Самсонкін, О.С. Соловійова</i>	110
Розробка загальномережевої системи автоматизованої перевірки знань для управління безпекою руху на підприємстві сфери залізничного транспорту. <i>В.М. Самсонкін, О.В. Погорілий</i>	113
Транспортна система як об'єкт критичної інфраструктури в реаліях техносфери високоурбанізованої території. <i>Ю.С. Тарасенко</i>	115
Досвід японських інтелектуальних технологій взаємодії дорожнього транспорту під час автономного водіння на швидкісних магістралях. <i>А.І. Кузьменко</i>	118
Використання штучного інтелекту в управлінні міжнародними логістичними процесами. <i>І.А. Бережняк, В.О. Дорощук</i>	121

Інформаційні технології на транспорті. <i>О.С. Дубицький, П.В. Мазилюк</i>	123
Критерій оптимальності для вибору та оптимізації параметрів системи обробки зображень. <i>О.А. Герцій</i>	124
Вирішення екологічних та енергетичних проблем як один з напрямків розвитку інтелектуальних транспортних систем. <i>В.В. Гільов, Желько Алаваня</i>	126
Удосконалення міжнародних перевезень вантажів при інтеграції України до мережі ten-t. <i>Є.С. Бондаренко, А.М. Кисельова, Ю.С. Мінейкіс, Т.І. Руденко</i>	128
Інтелектуальні технології в оптимізації транспортних процесів в Україні. <i>А.О. Телепенько, Є.О. Рябоконт</i>	129
Сервіс v2x в плануванні транспортних потоків. <i>О.Р. Єрошенко, В.В. Клименко, Н.І. Новальська</i>	131
Обчислювальний експеримент з визначення аеродинамічних характеристик транспортного засобу типу maglev. <i>А.В. Сохацький, М.С. Арсенюк</i>	133
Використання тролейбусів з автономним ходом у місті Дніпро. <i>О.Д. Фірсов, С.А. Разгонов</i>	136
Оптимальне розміщення бази дронів для контролю заданого району. <i>О.Д. Фірсов, С.А. Разгонов</i>	138
Розробка процедури ідентифікації потенційних груп вагонів з зерновими вантажами для утворення поїздів ступеневих маршрутів. <i>Артем Панченко, Дмитро Харченко</i>	140
Визначальні аспекти в удосконаленні транспортних процесів пасажирських перевезень. <i>М.Ф. Кравченко, С.І. Бондарєв</i>	141
Оперативне управління транспортом при міжнародних перевезеннях. <i>В.О. Могильний, С.І. Бондарєв</i>	143
Моделювання та управління транспортними процесами. <i>М.О. Попок, С.І. Бондарєв</i>	145

Роль інтелектуальних транспортних систем у вирішенні проблем міської мобільності. <i>Є.В. Назорний, О.М. Орда</i>	147
--	-----

**Секція
ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ЛОГІСТИКА**

Розвиток методологічних основ організації і управління мультимодальними перевезеннями за участю залізничного транспорту. <i>Г. О. Примаченко</i>	148
---	-----

Ефективність мультимодальних перевезень вантажів. <i>О.О. Шапатіна, Д.О. Троян, С.С. Петренко</i>	150
--	-----

Удосконалення організації вантажної роботи із контейнерами. <i>Д.В. Ломотько, Т. Perzyński, О.Ф. Афанасова</i>	151
---	-----

Оптимізація місцевої роботи виходячи із загальної стратегії перевізного процесу. <i>І.І. Гавенда, І.В. Деркач, Д.В. Арсененко</i>	154
--	-----

Сервіс на транспорті як одна із складових сучасного логістичного процесу. <i>Т.О. Нестеренко, Л.І. Хлебопашнікова, Д.В. Арсененко</i>	156
--	-----

Удосконалення залізничного графіку руху для логістичних ланцюгів доставки зернових вантажів. <i>Ж. Wojciechowski, О.І. Кравчук, Р.О. Стремецький, Д.О. Ярін</i>	158
--	-----

Аналіз проблем та факторів енергоефективності маневрової роботи на сортувальній станції. <i>О. Іщука1, д.т.н., Д.В. Ломотько, М.Д. Ломотько</i>	159
--	-----

Чорноморська ініціатива та зміни на світовому ринку торгівлі зерном. <i>Д.М. Решетков, Ю.О. Коскіна</i>	162
--	-----

Improvement of the organization of railway transportation of grain cargo. <i>Н. Baulina, Р. Sulyk, В. Orlov</i>	163
--	-----

Increasing the efficiency of the border station based on the use of the logistics infrastructure facility. <i>H. Baulina, I. Kernytskyi, A. Porkhun</i>	165
Optimizing the operation of stations of departure and destination of goods. <i>H. Bohomazova, S. Zheliezniakova, O. Boiko</i>	167
Changes in the logistics of the export of ukrainian grain. <i>H. Bohomazova, A. Musiienko, H. Chyrko</i>	168
Моделі прискорення автомобіля при розрахунках часу зсуву початків циклів у планах координації. <i>П.Ф. Горбачов, І.В. Литвиненко</i>	169
Контейнеризація та диверсифікація залізничної логістики при експортних перевезеннях зернових вантажів. <i>В.М. Запара, Ю-Н.І. Боровець, Р.І. Боровець</i>	171
Використання новітніх технологій при перевезенні вантажів. <i>О.О. Шапатіна, Д.Д. Дмитренко, Я.Ю. Винокуров</i>	173
Методика розрахунку маршрутної мережі пасажирських поїздів далекого прямування. <i>Н.Б. Чернецька-Білецька, С.І. Сорока, М.В. Мірошникова</i>	175
Функціонування ланцюгів доставки вантажів на основі моделей мультимодальних перевезень. <i>Ю.В. Шульдінер, С.В. Петрик, Є.А. Златова</i>	177
Впровадження спр як проміжної ланки між сучасними реаліями та необхідністю відповідати сучасним трендам в транспортній галузі. <i>Н. Ю. Шер, О.М. Шер, Д.В. Арсененко</i>	178
Удосконалення технології роботи з контейнерами в умовах інформатизації. <i>А.О. Ковальов, О.М. Камишін</i>	181
Визначення раціонального технічного оснащення станцій і підприємств. <i>О.В. Ковальова, І.О. Антоненко, Л.С. Бикова</i>	182
Підходи до забезпечення ефективних приміських перевезень в умовах повоєнного відновлення. <i>О.М. Красноштан, Б.О. Новицький</i>	184

Мультиmodalьні та інтерmodalьні вантажоперевезення. <i>О.М. Костєнніков, В.С. Буклей</i>	186
Пропозиції з підвищення ефективності контейнерних перевезень. <i>О.М. Костєнніков, О.О. Ярита</i>	188
Інноваційні технології перевезення зернових вантажів. <i>С.М. Продащук, О.О. Шапатіна, О.О. Троцька</i>	190
Формування ланцюгів поставок вантажів за участю автомобільного та залізничного транспорту у сучасних умовах. <i>О.О. Нестеренко</i>	192
Обґрунтування раціонального варіанту обслуговування транзитних вагонів на технічній станції з використанням системи масового обслуговування. <i>Є.О. Сірук, Д.В. Черкашин, К.В. Крячко</i>	194
Сучасний стан ринку транспортно-експедиторських послуг. <i>Н.О. Лужанська, І.О. Дрига, Д.К. Тарасенко</i>	196
Дослідження діяльності транспортно-експедиторських підприємств при виконанні доставки товарів у міжнародному сполученні під час війни. <i>І.Г. Лебідь, Є.М. Лебідь, І.О. Мельниченко</i>	198
Оптимізація транспортної логістики залізничних вантажних перевезень. <i>Н.В. Гриценко, Д.С. Козодой</i>	200
Умови розвитку міжнародних інтерmodalьних контейнерних перевезень залізничним транспортом України. <i>Г.О. Примаченко, Ю.В. Шульдінер, Г.С. Пащенко</i>	202
Удосконалення організації руху регіональних поїздів за допомогою адаптивного метаевристичного підходу. <i>Г.О. Примаченко, К.О. Тарасов, Р.Д. Родін</i>	204
Прогнозування вантажопотоку сталі на основі однофакторного кореляційно-регресійного аналізу. <i>І.Ю. Леснікова, Н.В. Халіпова, С.А. Разгонов</i>	205
Аналіз технологічних параметрів роботи залізничного вузла. <i>А.О. Скрипка, О.В. Грейман, К.В. Крячко</i>	207

Удосконалення технології роботи дільничної станції у зв'язку зі зміною напрямків руху транзитних поїздопотоків. <i>О.І. Харченко, Є.О. Дзюба</i>	209
Підхід до встановлення тарифів на перевезення у власному рухомому складі. <i>І.Л. Журавель, О.І. Харченко, Є.В. Харченко</i>	212
Фактори формування ринку транспортних послуг. <i>І.С. Моржов</i>	213
Організація холодівих ланцюгів постачань. <i>О.М. Загурський</i>	215
Аналіз європейської практики технічного обслуговування локомотивів на прикладі виробничої логістики компанії alstom transport. <i>О.В. Устенко, В.І. Павлов</i>	218
Формування вантажопотоків морського транспорту: сучасний стан металургійного сектору. <i>І.Ю. Лабунець</i>	220
Efficiency of the energy audit at enterprises of the locomotive industry. <i>V.P. Nerubatskyi, D.A. Hordiienko</i>	222
Визначення парку рухомого складу для виконання перевезень на промисловому залізничному транспорті. <i>Д.М. Козаченко, Д.В. Хилькевич, М.К. Шевченко</i>	224
Узагальнена функція витрат на проїзд в міській пасажирській транспортній системі. <i>Д.М. Копитков, Г.О. Самчук</i>	226
Удосконалення взаємодії залізничного транспорту та вантажовласників шляхом забезпечення схоронності вантажів. <i>Д.О. Грунський, О.Ю. Давиденко</i>	228
Організація перевезення зернових вантажів в контейнерах у міжнародному сполученні. <i>Магістранти Є.Б., Горященко, Ю.О. Живогляд, Ю.С. Копин</i>	230

Особливості використання електромобілів. <i>О.Д. Почужевський, В.Ю. Федірко</i>	231
Негативний вплив появи електромобілів на екологію нашої планети. <i>М.В. Радкєвіч, О.Д. Почужевський, А.Д. Гапіров</i>	233
Отримання оптимального значення параметрів перевантаження на основі моделі з бінарними нечіткими відносинами. <i>С.А. Разгонов, І.Ю. Леснікова, Н.В. Халіпова</i>	235
Обґрунтування ефективних параметрів управління постачаннями і технології автомобільних перевезень в розподільчій системі. <i>Н.В. Халіпова, І.Ю. Леснікова, С.А. Разгонов</i>	237
Шляхи вирішення проблемних аспектів в агрологістиці і транспортно-логістичній діяльності підприємств АПК. <i>В.В. Заєць, С.І. Бондарєв</i>	239
Складові економічної ефективності при транспортуванні сільськогосподарської продукції. <i>І.О. Капустін, С.І. Бондарєв</i>	241
Компоненти логістичного управління транспортом при міжнародних перевезеннях. <i>І.О. Кульбачний, С.І. Бондарєв</i>	243
Оцінка якісних показників перевезень громадським транспортом. <i>І.В. Рожошенко, С.І. Бондарєв</i>	244
Персонал та якість менеджменту транспортних підприємств. <i>І.В. Селик, С.І. Бондарєв</i>	247
Міжнародні перевезення та планування логістичних ланцюгів. <i>О.О. Іщенко, С.І. Бондарєв</i>	249
Дослідження питання організації процесу обслуговування вантажопотоків на терміналі по прямому варіанту в інтегральних транспортних системах доставки вантажів. <i>Є.В. Нагорний, О.Ю. Ляшенко</i>	251
Методика формування раціональної технології перевезень пасажирів у міському сполученні. <i>О.О. Орда, М.В. Михайленко</i>	253

**Секція
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ
ТА СЕРВІС НА ТРАНСПОРТІ**

Прогнозування зносу гальмових колодок вантажних вагонів. <i>С.В. Панченко, А.О. Ловська, В.Г. Равлюк</i>	255
Формування технології доставки вантажів залізничними компаніями-перевізниками регіонального типу. <i>О.М. Огар, М.Д. Ломотько</i>	257
Система керування компенсаційного 4qs-перетворювача електричного рухомого складу. <i>В.П. Нерубацький, Д.А. Гордієнко</i>	259
Formalization of the process of assessing the state of railway station infrastructure. <i>G. Shapoval, L. Lys, O. Sukhariev</i>	261
Аналіз розвитку контейнерних перевезень в Україні та за кордоном. <i>А.В. Колісник, Д.С. Якушко, Д.О. Кураксін</i>	262
Обґрунтування необхідної кількості колій вантажних станцій загального користування. <i>А.А. Галстян, В.К. Хомяков, К.В. Крячко</i>	263
Аналіз методів визначення приймально-відправних колій на вантажних станціях. <i>Ю.С. Гребеннюков, С.В. Закутній, К.В. Крячко</i>	264
Удосконалення потрібної кількості колій на пасажирських станціях. <i>М.О. Домбровський, К.В. Крячко</i>	266
Аналіз роботи закордонних підсистем регулювання швидкості скочування відчепів. <i>О.М. Огар, Zbigniew Lukasik, А.О. Левченко</i>	267
Analysis of the causes of international cargo delays during customs control at checkpoints in Ukraine. <i>М. Moroz, Н. Shelekhan</i>	269

Аналіз сучасного стану цифровізації митних формальностей на прикордонних передавальних станціях України. <i>В.К. Мироненко, G. Bureika, О.С. Пестременко-Скрипка</i>	271
До питання підвищення ефективності функціонування автоматизованої системи оперативного коригування розкладу руху пасажирських поїздів. <i>В.В. Кулешов, В.О. Бондарчук, Е.К. Героєв</i>	273
Діагностування гальмової системи пасажирського вагона в складі поїзда на шляху прямування. <i>В.Г. Равлюк, Я.В. Дерев'янчук</i>	276
Високопродуктивне вивантаження залізничних напіввагонів методом сучасного удосконаленого перекидання. <i>Р.І. Візник</i>	278
Інтелектуальні транспортні системи при перевезенні залізничним транспортом. <i>С.О. Ключев, Д.Г. Кузнєцов</i>	281
Автомобільні шини забруднюють довкілля набагато більше, ніж вихлопи автомобілів. <i>В.Ю. Чернега</i>	283
Дослідження технічного стану механізмів пересування козлових кранів КК-12,5. <i>В.В. Стрельбіцький, В.А. Яременко, Є.М. Кокошко</i>	285
Аналіз сучасних засобів технічного контролю кришок люків напіввагонів. <i>О.В. Фомін, О.С. Козинка</i>	286
Стан парку спеціального самохідного рухомого складу, що задіяний в ремонті інфраструктури. <i>О.В. Фомін, М.П. Терещук</i>	288
Аналіз показників безпеки локомотивів з подовженим терміном експлуатації. <i>М.І. Капіца, О.Й. Дерев'яно</i>	290

Модернізація локомотивного парку – ключова проблема укрзалізниці в умовах сьогодення. <i>Є.І. Балака, В.В. Панченко, М.Є. Резуненко</i>	291
--	-----

Методи визначення ресурсу циліндрів двигунів внутрішнього згорання. <i>П.М. Макаренко, С.І. Бондарєв</i>	294
---	-----

Секція
ФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ
ВИГОТОВЛЕННІ ТА ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ
ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Ефективність різального інструменту і економічна ефективність відновлення деталей. <i>С.А. Клименко</i>	296
--	-----

Дослідження способу електроконтактного зварювання металевих матеріалів для відновлення робочих поверхонь валів сільськогосподарської техніки. <i>А.А. Шевченко, В.А. Бантковський</i>	298
--	-----

Аналіз способів відновлення деталей гідравлічного розподільника. <i>Є.С. Бережний, В.А. Бантковський</i>	300
---	-----

Вплив структури армуючого наповнювача на властивості лакофарбових ремонтних покриттів. <i>А.О. Дружченко, В.А. Бантковський</i>	303
--	-----

Особливості використання легуючих елементів при нанесенні зміцнювальних покриттів. <i>М.В. Дудін, В.А. Бантковський</i>	305
--	-----

Дослідження впливу шорсткості поверхні на міцність з'єднання, під час процесу зварювання композиційних матеріалів. <i>С.О. Кобець, В.А. Бантковський</i>	307
---	-----

Вступ до проблематики енергосилового впливу при фрикційномістких методах зміцнення поверхонь. <i>О.О. Волков, Ж.В. Краєвська, В.О. Таровський, В.В. Скалібог, А.В. Юшко</i>	309
--	-----

Основні несправності головок блоку і механізму газорозподілу двигунів внутрішнього згоряння. <i>О.О. Титаренко, А.К. Автухов</i>	310
Покращення якості конструкцій із листового сталевого прокату та деталей, що працюють в умовах тертя і корозійного впливу. <i>І.В. Дощечкіна</i>	312
Підвищення якості деталей машин сучасними методами нанесення покриттів. <i>Г.Л. Комарова, В.Ю. Светош</i>	314
Високоміцні вогнестійкі склокристалічні матеріали технічного призначення. <i>С.О. Рябінін, А.В. Захаров</i>	316
Вплив іонно-плазмового азотування на зносостійкість порошкової сталі К390. <i>В.Г. Єфременко, Петришинец, Ю.Г. Чабак, Б.В. Єфременко</i>	318
Дослідження механізму формування багатошарових захисних покриттів на залізовуглецевих сплавах. <i>Л.В. Волошина Д.І. Волошин, Zbigniew Krzysiak, Є.В. Чичин</i>	321
Структурні зміни у аустенітній сталі з покриттям нітриду хрому при дії дифузійного агента і високих температур. <i>С.А. Князєв, В.В. Субботіна, Г.О. Князєва, Д.О. Педченко, О.В. Сосонний</i>	323
Термічна стабільність багатоелементного високобористого сплаву. <i>Г.О. Князєва, В.В. Субботіна, С.А. Князєв, О.В. Сосонний, Д.О. Педченко</i>	325
Використання лазерів малої потужності в промислових технологіях. <i>Н.О. Лалазарова, І.С. Мачан, О.В. Афанасьєва</i>	327
Визначення залежності механічних характеристик $\sigma_{0.2-3}$ мас% у $2\sigma_3$ від режиму спікання при формуванні кераміки методом електроконсолідації. <i>О.М. Морозова, С.Р. Мартиросян, В.П. Нерубацький</i>	329

Preparation of highly dispersed pyrochlore by microwave method of powder synthesis. <i>V.P. Nerubatskyi, E.S. Gevorkyan, D.A. Hordiienko</i>	331
Електричний опір залізобетонних шпал та його контроль у виробничих умовах. <i>A.A. Плугін, С.М. Мусієнко, С.В. Микитась</i>	333
Технологія відновлення корпусу різців дорожньої фрези. <i>I.M. Рибалко, О.В. Тіхонов, Є.О. Петрикін</i>	335
New copper-based self-lubricating composites for printing machines' high-speed friction units. <i>T.A. Roik, O.A. Gavrysh, Iu.Iu. Maistrenko</i>	337
Дослідження шляхів виникнення неметалевих та металевих включень під час процесу електрошлакової наплавки та їх вплив на наплавлений метал. <i>О.В. Сайчук, А.О. Науменко, А.В. Захаров</i>	339
Дослідження впливу складу електроліту на властивості мдо-покриттів. <i>О.В. Субботін, І.М. Колупаєв, В.В. Білозеров, В.В. Субботіна</i>	341
Аналіз експлуатації плунжерних пар паливних насосів високого тиску. <i>A.C. Рожковий, О.І. Тришевський</i>	342
Основні дефекти шліцевих деталей карданних передач. <i>О.Я. Гребенніков, О.І. Тришевський</i>	344
Конструктивно-технологічні параметри комбінованих інструментів для ремонту циліндрів автотракторних двигунів. <i>T.I. Довгаль, О.І. Тришевський</i>	346

Удосконалення метрологічного забезпечення якості вимірювань функціональних матеріалів, виробів та технологій в сучасних мінливих умовах. <i>Л.А. Тимофєєва, А.О. Каграманян, Є.В. Малецький</i>	348
Особливості формування покриттів на виробках із чавуну. <i>Л.А. Тимофєєва, М. Рускі, І.П. Козловська, О.С. Гарбуз</i>	350
Розробка методики калібрування штангенциркулів. <i>Л.А. Тимофєєва, О.В. Роценко</i>	352
Дослідження структурних змін в залізовуглецевих сплавах в умовах тертя. <i>С.С. Тимофєєв, П.В. Рукавішников, В.Р. Печериця</i>	354
Пристрій для визначення деформованого шару ґрунту. <i>М. М. Балака</i>	356

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

УДК 656.2

**ОРГАНІЗАЦІЯ ВАНТАЖНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА
ОСНОВІ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ORGANIZATION OF FREIGHT RAIL TRANSPORTATION BASED ON
RISK-ORIENTED TECHNOLOGIES**

*Т.В. Бутько, д.т.н., М.С. Сидорчук, маг., А.О. Кухаренко, маг.
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*T.V. Butko, DSc (Tech), M.S. Sydorchuk (master), A.O. Kuharenko (master)
Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)*

Одним із основних напрямків підвищення конкурентоспроможності 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. Як відомо, номенклатура вантажів, що перевозиться залізницею є достатньо великою і включає значну кількість небезпечних вантажів (НВ), що можуть становити загрозу як для залізничної інфраструктури, так і навколишнього середовища та впливати на зменшення пропускної спроможності, невиконання строків доставки вантажів. Саме це спонукає в процесі операційної діяльності оперативного і диспетчерського персоналу спиратися на ризик-орієнтовані технології при переміщенні вантажів [1,2,3]. Такі умови сьогодення вимагають розвивати й адаптувати апарат ризик-менеджменту до технології роботи залізничного транспорту як у середині країни так й при кроскордонних перевезеннях вантажів.

З метою організації вантажних залізничних перевезень на засадах ризик-орієнтованих технологій і зменшення впливу «людського» фактору в процесах прийняття рішень оперативним і диспетчерським персоналом необхідною умовою є формалізація конкретного технологічного процесу у вигляді оптимізаційної-математичної моделі, що адекватно відтворює дану технологічну операцію, або технологічний процес в цілому. Цільовою функцією моделі, як правило, виступає сума експлуатаційних витрат на виконання низки технологічних операцій і ризикової складової, яка представляє добуток ймовірності виникнення ризику та його наслідків. Система обмежень

математичної моделі відбиває технічні і технологічні умови проведення технологічних операцій.

Спираючись на концепцію ризик-менеджменту, авторами сформовано оптимізаційну математичну модель стохастичного програмування процесу перевезень залізничної руди і металів територією України і далі через західні кордони до країн ЄС. Фактор ризику прийнятий як технологічний, а саме виставлення потягу на колію шириною 1435 мм відбулось у такий час, коли він не встигає на нитку графіку, наданою для перевезення по ЄС.

Також відповідно до [1] адаптовано ризик-орієнтовну оптимізаційну математичну модель до умов конкретної сортувальної станції при наявності на ній вагонів із небезпечними вантажами (НВ). Для зменшення наслідків техногенного фактору ризику у випадку, коли один із вагонів з НВ може вибухнути, пропонується розставляти такі вагони на колії, які знаходяться на достатній відстані від інших вагонів з НВ. Результатом рішення математичної моделі є змінно-добовий план роботи сортувальної станції.

Сформовані оптимізаційні математичні моделі на основі ризик-орієнтованих технологій рекомендовано інтегрувати на АРМи відповідних оперативних працівників АТ «Укрзалізниця» у вигляді системи підтримки прийняття рішень (СППР).

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

[2] Cloud Decision Support System for Risk Managemt in Railway Transportation. Gorka. W., Baginsri.I., Socha. M., Steclik.T., Liesniak. D., Wojtas. M., Flisiur.B., and Michalar.M. In Proceedings of the 14th International Conference of Software Technologies (ICSOFT-2019). P. 475-485. DOI:10.52.20/0007837904750482.

[3] Lavrukhin O., Kovalov A., Schevcenko V., Kyman A., Kulova D. Construction of an integrated criterion for estimating the consequences of emergencies involving dangerous goods. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019.Vol. 2, Issue 3 (98). P. 25-31. DOI:10.15587/1729-4061.2019.163442.

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПІДСИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ГОТОВНІСТЮ
ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ УБЕЗПЕЧЕННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ У
ГОСПОДАРСТВІ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ**

**AN INTELLIGENT SUBSYSTEM FOR READINESS MANAGEMENT OF
TECHNICAL MEANS OF ENSURING TRAFFIC SAFETY OF TRAINS IN
THE SIGNALING AND COMMUNICATION DEPARTMENT**

*Док. техн. наук В. М. Самсонкін, О. С. Соловійова
Держаний університет інфраструктури та технологій (м.Київ)*

*Doctor of Sciences (Tech.) V. M. Samsonkin, O. S. Soloviova
State University of infrastructure and technologies (Kyiv)*

Безпека транспортування є центральним системо утворюючим фактором діяльності залізничного та інших видів транспорту. Серед дев'яти господарств залізничного транспорту України (далі – ЗТ), які забезпечують рух поїздів, є одне, для якого це - мета його функціонування. Мова йде про господарство сигналізації та зв'язку магістрального ЗТ. Теоретичною базою даної роботи стали Метод виявлення прихованих статистичних закономірностей (МСЗ) та положення теорії ризиків, згідно з проведеним дослідженням в [1]. МСЗ використовує спосіб управління на основі поняття норми поведінки системи. На рис. 1 показана функціональна схема МСЗ для управління процесом забезпечення руху поїздів. Розглянемо коротко зміст блоків та їх входів/виходів, що комплексно формують інтелектуальну підсистему підтримки прийняття управлінських рішень, або іншими словами - інтелектуальне автоматизоване робоче місце для управління станом роботоспроможності приладів безпеки в умовах служби сигналізації залізниці.

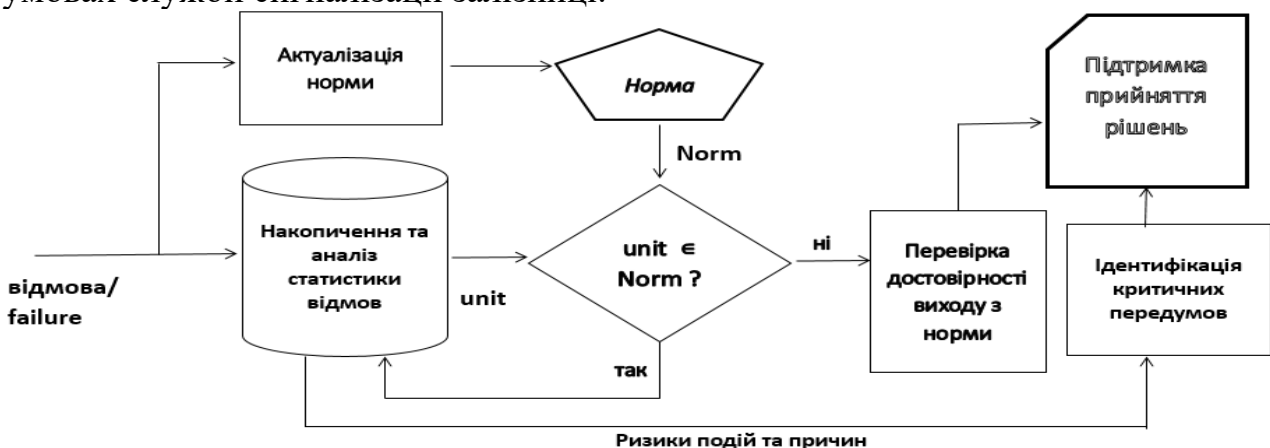


Рис. 1. Схема МСЗ в управлінні на основі норми поведінки системи

Вхідний сигнал «Відмова» - наявність та фіксація збоїв/порушень в роботі технічних засобів, в даному випадку в умовах роботи служби сигналізації.

Блок «Накопичення та аналіз статистики відмов» виконує функції формування бази даних відмов, їх накопичення та зберігання. Потім проводить дев'ятипараметричну систематизацію кожної відмови шляхом відповіді на дев'ять питань (параметрів), які повністю характеризують відмову. І після цього проводиться аналіз систематизованої бази даних на виявлення вузьких (проблемних) місць по одному/двом/трьом параметрам з дев'яти [1].

Блок «Актуалізація норми» - пов'язаний з тим, що поведінка системи постійно змінюється у зв'язку зі зміною ресурсної складової та середовища. В даній роботі норма розуміється як функціональний оптимум, тобто набір дій, які є найбільш раціональними з точки зору витрат енергії та ресурсу.

Блок «Норма» - встановлена норма поведінки системи, що визначає характеристику параметру кінцевого результату на основі статистики цього параметру. В даній праці під параметром кінцевого результату розглядається статистика відмов технічних засобів, які впливають на безпеку руху поїздів – центральний системо утворюючий фактор діяльності залізниць взагалі.

Блок «*unit* \in *Norm*?» – визначення чи статистика відмов за визначений період часу (*вихід unit*) знаходиться в межах встановленої норми (*Norm*). В результаті відповідності/невідповідності наявного стану системи до норми реалізуються наступні блоки. *Вихід «так»* – кількість подій відмов за одиницю часу відповідає визначеній нормі. Тоді, нічого не треба міняти у системі і управління передається на блок «Накопичення та аналіз статистики відмов». Але, оскільки вирішення питання підвищення безпеки функціонування ЗТ вимагає знання його поточного стану та рівня надійності кожного з компонентів, розробка методики контролю та оцінки безпеки вимагає впровадження поняття ризику виникнення подій та причин [2]. Якщо прояви одних подій явно більші за прояви інших, то встановлюються причини, які є визначальними у виникненні даного виду подій. Тобто, аналіз випадків порушення безпеки руху має вигляд: «причина \rightarrow подія \rightarrow наслідки». *Вихід «ні»* означає, що стан системи не відповідає визначеній нормі поведінки системи. Але, оскільки вихід за межі норми може носити недостовірний характер треба перевірити достовірність того, що система знаходиться не в нормі. Для цього передбачається блок «Перевірка достовірності виходу з норми», де за допомогою контрольних карт Шухарта знаходяться неприродні зміни в даних для процесів, які повторюються, і надаються критерії для виявлення недоліку статистичного керування [3].

Блок «Ідентифікація критичних передумов» передбачає визначення передумов збоїв. Критичними названі передумови, які відповідають принципу «вузького місця» [1]. І тепер формула причинно-наслідкових зв'язків матиме новий вигляд: «передумова \rightarrow причина \rightarrow подія \rightarrow наслідки».

Входами блоку «Підтримка прийняття рішень» є перелік критичних з погляду неблагополучної динаміки або чисельного значення поточних порушень. Суть цього блоку в тому, що служба зосереджується у своїй діяльності на реалізацію об'єктивно проблемних або вузьких місць за рахунок розробки заходів щодо профілактики причин та передумов порушень безпеки руху.

- [1] V. Samsonkin, V. Sotnyk, O. Yurchenko, S. Zmii, V. Myronenko, O. Soloviova. Devising a methodology to manage the performance of technical tools of rail transport signaling systems based on the risks of their functioning. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. № 6/3 (120), 2022. pp. 32-43. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268715
- [2] Положення про систему управління безпекою руху на залізничному транспорті / Наказ Міністерства інфраструктури України від 24 грудня 2020 року № 842. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0351-21#Text>
- [3] Статистичний контроль. Карти контрольні Шухарта (ISO 8258:1991, IDT): ДСТУ ISO 8258-2001. [Чинний від 2003–07–01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 38 с. (Національні стандарти України).

УДК 656.072

ПРИНЦИПИ СИНХРОНІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ВЗАЄМОДІЇ ПАСАЖИРСЬКОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ З ПРИМІСЬКИМ ЗАЛІЗНИЧНИМ СПОЛУЧЕННЯМ

PRINCIPLES OF SYNCHRONIZATION OF PARAMETERS OF INTERACTION OF PASSENGER ROAD TRANSPORT WITH SUBURBAN RAILWAY CONNECTION

док. техн. наук В.О. Вдовиченко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)

Doc. of techn. sciences V. Vdovychenko

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv

Не зважаючи на прогрес у розвитку приміських транспортних систем, проблема забезпечення мобільності населення регіонів залишається актуальною. Високий рівень використання автомобілів, зміна умов користування викликана впливом пандемії, вимоги до захисту довкілля, нові підходи до застосування цифрових можливостей – це все вносить свій вплив у програми розвитку сталого громадського транспорту регіонального сполучення [1]. Ефективний громадський транспорт, як основа сталої мобільності, повинний стати реальною альтернативою приватного автомобіля для мобільності приміського населення. Але це є можливим лише за умови підвищення якості його роботи та доступності. Така точка зору на роль приміського транспорту вимагає розвитку методів покращення транспортного обслуговування населення у тому числі шляхом удосконалення методів синхронізації розкладу руху на маршрутах приміського сполучення. Потреба вирішення задачі покращення взаємодії гостро проявляється в мережах приміських залізниць, що сполучають низку населених прилеглих пунктів з регіональними центрами. Основною вимогою для забезпечення привабливості громадського пасажирського транспорту в приміському сполученні є забезпечення координації часових параметрів руху на маршрутах регіональних потягів та автобусів. Це в значній мірі покращує привабливість залізничного транспорту для пересувань пасажирів у приміському сполученні, дозволяє скоротити час в дорозі, знизити витрати пасажирів на здійснення пересувань та покращує доступність громадського транспорту.

Задачу синхронізації розкладу руху автобусного сполучення з приміськими потягами слід розглядати з декількох напрямів, а саме:

- створення альтернативного контуру безпересадочного сполучення;
- резервування шляхів реалізації мобільності приміського населення;
- скорочення часу пересування приміського населення.

Це можливо на основі впровадження наступних принципів:

- територіального узгодження пунктів синхронізації руху;
- узгодження провізних можливостей автобусних маршрутів з попитом;
- обліку соціально-економічних аспектів роботи автобусних маршрутів.

[1] Gkiotsalitis, K., Cats, O., & Liu, T. (2023). A review of public transport transfer synchronisation at the real-time control phase. *Transport reviews*, 43(1), 88-107. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/01441647.2022.2035014>

УДК 656.2:625.4

СПЕЦІАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ В КОНЦЕПЦІЇ РОЗКЛАДУ ТРАМВАЙ-ПОЇЗД

SPECIAL PROVISIONS IN TRAM-TRAIN OPERATIONAL CONCEPTS

Маркус Лаглер

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

Markus Lagler

TU Wien, Institute of Transportation (Vienna, Austria)

By definition, tram-trains are a mixture between railways and tramways for passenger transportation where vehicles use tramway tracks in cities and railway tracks on out-of-town segments. They provide passengers with one-seat rides from the countryside to urban cores without the need to change from a regional train to a tramway or bus. Especially if railway stations are not located near city centres, tram-trains provide users with an advantage, but this is only feasible if the city centre is compact. [1]

Although some systems have been in use for a long time (for example Vienna–Baden in Austria or Cologne–Bonn in Germany), a trend of building new tram-train systems in Central and Western Europe has emerged after the successful introduction of a tram-train system in Karlsruhe in 1992. [2] In Austria, two tram-train systems currently exist: the Vienna–Baden and the Gmunden–Vorchdorf local railways. In addition, two new systems in the cities of Linz and Salzburg are planned, for one of which TU Wien developed an operational concept [3]. In Ukraine, no tram-train systems currently exist, but tram-trains have been identified as a “promising direction for the development of regional railways”. [4]

Special requirements exist for tram-train vehicles, for example the *guidelines for lightweight rapid transit railcars* in Germany, because tram-train vehicles are lighter

than ordinary railway rolling stock and their safety level has to be increased through other means than the strength of the vehicles. [2] Tram-trains have to be compatible with the technical standards of both railways and tramways (e.g. catenary voltage, platform heights, train control systems, maximum vehicle width, rail and wheel profiles).

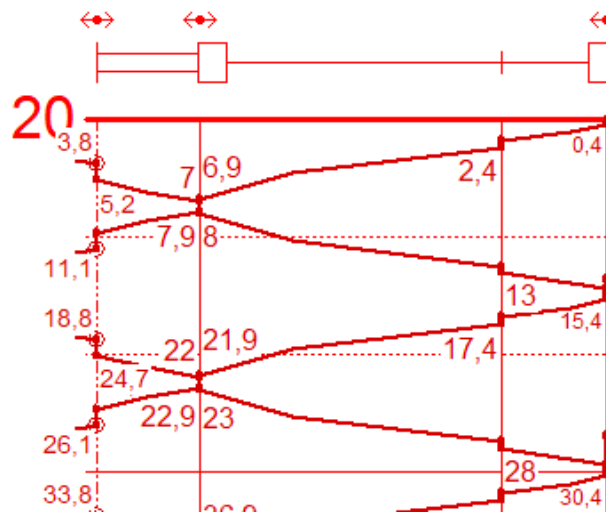


Fig. 1: Example for a cyclic timetable where the headway is 15 minutes. Double and single lines in the upper part denote double- and single-track sections. Squares denote stations.

Regular tramway operation has different requirements than railway operation. Railways have an exact schedule, while tramways tend to have a more flexible approach as they share streets with other road users. In Austria, it is a goal to have cyclic timetables for all passenger trains (long-distance and regional trains) which is encouraged by the Mobility Master Plan of the Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology. [5] Therefore such cyclic timetables should also be used when planning new tram-train systems (fig. 1). This cyclic schedule of regional trains usually provides for consistent running times throughout the day, while tramways running times differ according to the time of day (rush hour, midday, evening). Trains on railway lines move according to the principle of fixed blocks, while tramways often drive on sight. Additionally, railway lines can have one or two (or even more) tracks, while modern tramways usually have two.

As a result, running times on tramway sections are less predictable and reliable than on railway sections. There are some strategies to overcome this problem. On the one hand it is possible to increase the running times with additional buffers (sometimes called recovery margins [6]) on the tramway sections, on the other hand tramway lines to be used by tram-trains might have their own right-of-ways or priority at traffic lights to strengthen their independence from other road users and to generate reliable running times.

Implementing different running times depending on the time of day like on tramway lines is usually not possible on railway lines. As other passenger trains do not have this feature, such a concept could lead to problems in stations or passing loops on single-track lines. This conflict of interests leads to further compromise being required in timetable design. In Austrian practise it is common to locate passing loops on single-track regional lines after the distance required to drive an

amount of time which is equal to half of headway (see fig. 1). Using this system, in cases with less passenger demand the headway must be a multiple of the rush-hour headway.

As a conclusion, it can be said that the distinctive features of both railways and tramways have to be considered when designing an operational concept for tram-trains.

- [1] L. Naegeli, U. Weidmann, A. Nash, Checklist for Successful Application of Tram–Train Systems in Europe, *Transportation Research Record* 2275 (1), p. 39–48, <https://doi.org/10.3141/2275-05>
- [2] A. Pischon, A. Egerer, M. Krauth, Karlsruher Modell wird 25 Jahre alt und macht sich fit für die Zukunft, *Der Eisenbahn-Ingenieur* 11/2017, p. 53–57
- [3] M. Lagler, S. Edlinger, V. Hartl-Benz, Das Fahrplankonzept der Regional-Stadtbahn Linz, *Eisenbahntechnische Rundschau* 6/2023, p. 73–77
- [4] С. Василенко, Урбаністично-кластерний підхід до формування єдиної пасажирської системи області, *Українські залізниці*, № 1–2 (19–20), 2015, p. 24–29
- [5] Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology (BMK), *Austria's 2030 Mobility Master Plan*, Vienna 2021
- [6] *UIC Code 451-1 Timetable recovery margins to guarantee timekeeping - Recovery margins*, Paris 2000

УДК 656.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРАЦІВНИКІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

IMPROVEMENT OF INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT OF OPERATIONAL ACTIVITIES OF RAILWAY TRANSPORT WORKERS UNDER MARTIAL LAW

*Док. техн. наук, професор Т.В. Бутько¹, Dr.sc.ing. Mareks Mezitis²,
аспірант Д.А. Гайдук¹,*

¹*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

²*Scientific Institution Transport Academy (Riga, Latvia)*

*Dr.Sc.(Tech.), professor T.V. Butko¹, Dr.sc.ing. Mareks Mezitis²,
postgraduate student D.A. Haiduk¹,*

¹*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

²*Scientific Institution Transport Academy (Riga, Latvia)*

Укрзалізниця продовжує діяльність в умовах воєнного стану. Формування якісної системи інформаційно-аналітичного забезпечення сприяє прийняттю ефективних управлінських рішень завдяки збереженню та опрацюванню інформації, що дозволяє своєчасно виявляти проблемні місця та спрогнозувати розвиток подій.

З метою удосконалення обліку, систематизації та аналізу надзвичайних ситуацій, що виникають на залізничному транспорті, у структурних підрозділах АТ «Укрзалізниця» триває впровадження автоматизовано-керуючої системи

«Надзвичайна ситуація» (АРМ НС). Одночасно відбувається реалізація супутніх підсистем, як-от АРМ «Транспортна подія», АРМ «Крадіжка», АРМ «ДТП» тощо. На підставі отриманої інформації, інженером визначається класифікація надзвичайної ситуації, встановлюється її причетність до відповідних служб та підрозділів та відбувається автоматичний процес надсилання повідомлення про обставини події до їх керівників. Таким чином, передача інформації з АРМ НС до своїх підсистем утворює єдиний синхронізований між собою комплекс. Подібна система впроваджується на залізничному транспорті України вперше.

На основі наявної інформації про функціональність системи що впроваджується, було проведено аналіз, визначено можливості її використання та розвитку в подальшому. Інтеграція АРМ НС до АСК ВП УЗ Є дозволить підвищити якість та надійність перевізного процесу, де перша система буде виступати джерелом інформації про подію, а друга – формувати оперативні рішення на основі інформації від своїх підсистем, серед яких, зокрема, запропоновано задачу з надання альтернативного маршруту пасажирським поїздам у вигляді системи підтримки прийняття рішень з виводом на АРМи оперативного персоналу [1].

[1] Формалізація процедури надання альтернативного маршруту швидкісним пасажирським поїздам на основі ризик-менеджменту / Буцько Т.В., Гайдук Д.А., Пархоменко Л.О., Тарасов К.О. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2023. Т. 28, № 1. С. 31–37. URL: <https://doi.org/10.18664/iksz.t.v28i1.276341>

УДК 656.2.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОСУВАННЯ ВАГОНОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ МЕРЕЖІ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ МІСЦЕВОЇ РОБОТИ

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF ADVANCING CAR FLOWS ON THE RAILWAY NETWORK IN INTERNATIONAL TRAFFIC FOR THE OPTIMIZATION OF LOCAL WORK

***І.Ю. Ардальянова, Н.Є. Бондаренко, О.Є. Василенко**
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***I.Yu. Ardalyanova, N.E. Bondarenko, O.E. Vasylenko**
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Задачею формування міжнародних транспортних коридорів України та їх розвитку є підвищення ефективності зовнішньоторговельних перевезень на основі забезпечення оптимальних умов функціонування транспортної системи в цілому. Одним з важливих чинників покращення певних показників є удосконалення технології просування вагонопотоків міжнародного призначення. Незважаючи на існуючі техніко-технологічні умови ці вагони

іноді простоюють в очікуванні певних операцій в той час, коли вони повинні виконувати корисну роботу.

В якості критеріїв оптимізації в поставленій задачі задається мінімізація вагоно-годин простою вагонів в очікуванні подачі їх на вантажні фронти [1]. В цьому випадку цільова функція Φ може бути представлена у вигляді сумарних вагоно-годин, витрачених на подачу вагонів, де k - число вантажних фронтів; N_i - кількість вагонів, які подаються на i -ий вантажний фронт, ваг; t_0 - час відправлення навантаженої подачі зі станції, год; t_i - час закінчення розставлення вагонів на i -ом вантажному фронті, год; $[t_0, t_k]$ - період обслуговування.

$$\Phi = \sum_{i=1}^k N_i (t_i - t_0) \rightarrow \min \quad (1)$$

У процесі вирішення оптимізаційної задачі конструюється модель проектного об'єкта. На ній проводяться експерименти з метою вивчення закону функціонування і поведіння проектного об'єкта з урахуванням цільової функції і заданих обмежень [2]. На підставі вищезазначеного розробляється модель заданого залізничного полігону в умовах технологічного процесу роботи та з урахуванням етапів створення імітаційних моделей [3]. Застосування агентного підходу дозволяє визначити залежність між функціями об'єктів. Під об'єктами розуміємо шляхи загального та незагального користування які мають свої технологічні операції. Як і в будь-якій задачі необхідно виділити вихідні дані для її вирішення. В даному випадку, вихідними даними є координати під'їзних колій полігону.

Логіку роботи під'їзних колій полігону можна розглядати як послідовні переходи зі стану нормальної роботи в стан очікування вагонів від станції [4]. Як тільки колія переходить в стан очікування вагонів, повинно бути сформований і відправлено замовлення.

Далі отримане замовлення надходить в чергу на очікування ресурсів у, який і відповідає за захоплення ресурсів. Перед тим, як ресурс буде захоплений, він повинен бути підготовлений, що в нашому випадку означає завантаження вагонів. Підготовка ресурсів і їх відправка відбувається в спеціальному підпроцесі для ресурсів. Візуалізацію кінцевого відображення завантаженості ресурсів наведено на рисунку 1.

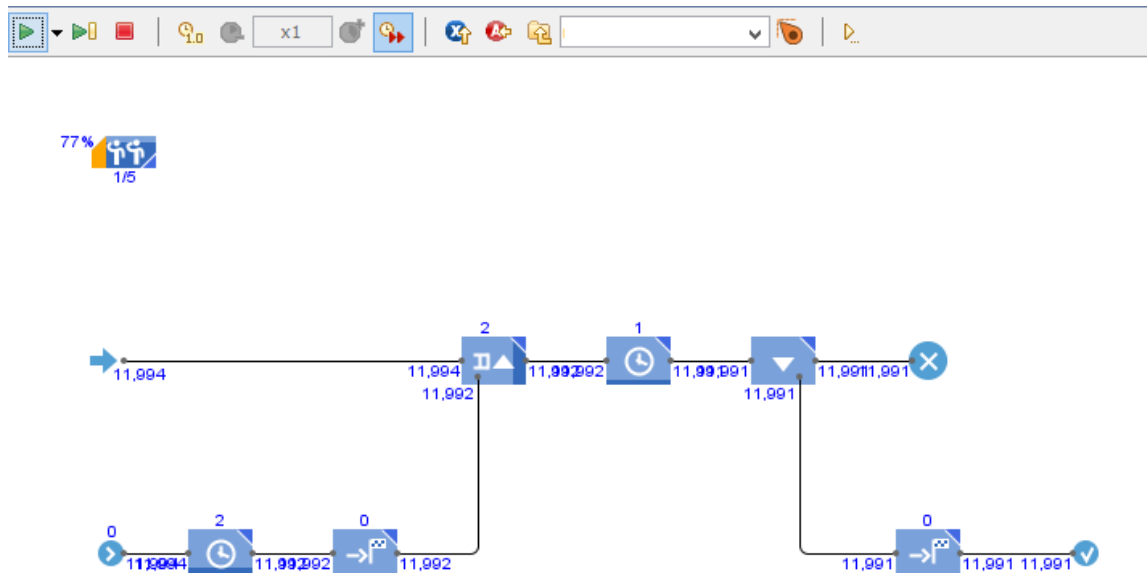


Рис. 1. Відображення завантаженості ресурсів.

- [1] De Brucker K, Macharis C, Verbeke A. Two-stage multi-criteria analysis and the future of intelligent transport systems-based safety innovation projects. IET Intelligent Transport Systems. 2015. Vol. 9. P. 842-850.
- [2] Yang, Z., Wang, K.C.P and Mao, B. Traffic and Transportation Studies: Proceedings of Ictts'98, July 27-29, 1998, Beijing, People's Republic of China, American Society of Civil Engineers.
- [3] OPritsker, A A B., Introduction to Simulation and SLAM II, John Wiley & Sons, New York, 1986.
- [4] The Mathworks, Inc., Natick, Massachusetts. MATLAB version 9.10.0.1649659 (R2021a) Update 1, 2021.

УДК 656.2.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОСУВАННЯ ВАГОНОПОТОКІВ В УМОВАХ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF ADVANCING CAR FLOWS IN CONDITIONS OF INTEROPERABILITY

Т.В. Головка, І.С. Демченко, Д.Ю. Ляпін

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

T.V. Golovko, I.S. Demchenko, D.Yu. Lyapin

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

В умовах реформування економіки України, яке припускає високу динаміку економічних зв'язків, залізничному транспорту належить вирішувати складні проблеми адаптації до роботи в мінливих умовах, використовувати ефективні технології організації процесу перевезення та методи їх реалізації.

Аналіз розвитку прогресивних технологій транспортування вантажів показує, що перевага повинна віддаватися високорентабельним перевезенням за участю декількох видів транспорту.

Сучасний стан розвитку перевезень у змішаному сполученні характеризується зростанням вимог до строків доставки вантажів, якості перевезень, скорочення витрат на вантажно – розвантажувальні та транспортно – складські операції. Усе це можливо тільки при тісній взаємодії та координації роботи видів транспорту на засадах інтеперабельності.

Є три аспекти, необхідні для досягнення сумісності різних технологій: технічна сумісність; синтаксична сумісність; семантична сумісність. Ці аспекти відображають практичні відмінності, пристрої та обладнання, також різні синтаксиси або інформаційні платформи, які використовуються пристроями, стандартизацію інструкцій та правил, або семантичний обмін [1].

Ці три аспекти можна оптимально застосувати до різноманітних технологій, але для досягнення більшої інтеперабельності всі три області повинні тісно взаємодіяти [2]. Першим кроком є технічна сумісність, тобто здатність технологічних особливостей видів транспорту на взаємодію між собою. Другий крок, синтаксична сумісність, це перехід на єдине інформаційне поле. Третій крок, семантична сумісність, це створення єдиних вимог та правил перевезення.

Інтеперабельність у контексті транспортної політики є властивість будь-якої транспортної системи до взаємодії в організації перевезень з іншими транспортними системами на основі системного підходу в контексті загальної «моделі». Взаємозв'язок досягається, коли різні транспортні системи, однакового або різних видів, фізично та операційно пов'язані для спрощення кроскордонної передачі між різними системами [3]. Взаємозв'язок потребує удосконалення існуючих ланок у кожній фізичній інфраструктурі, інформаційних системах, а також прикордонних послугах.

[1] EU 2016, European Smart Grids Task Force - Expert Group 1 – Standards and Interoperability, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/report_final_eg1_my_energ_y_data_15_november_2016.pdf (дата звернення 05.10 2023).

[2] FSR 2020, “Why we need community, culture and consensus to reach interoperability”, <https://fsr.eui.eu/why-we-need-community-culture-andconsensus-to-reach-interoperability/> (дата звернення 20.10 2023).

[3] Andrew Park, Matthew Wilson, Karen Robson, Dionysios Demetis, Jan Kietzmann, Interoperability: Our exciting and terrifying Web3 future, Business Horizons, Volume 66, Issue 4, 2023, Pages 529-541.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРОПОТОКІВ
МІЖНАРОДНОГО СПОЛУЧЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ НАПРЯМКУ**

**IMPROVING THE ORGANIZATION OF INTERNATIONAL
PASSENGER TRAFFIC ON THE RAILWAY ROUTE**

В.В. Кобзар, В.В. Волосенко, П.В. Герасевич

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

V.V. Kobzar, V.V. Volosenko, P.V. Gerasevych

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

На пасажиропотік міжнародного сполучення впливає багато факторів, при цьому він демонструє очевидну нелінійність, випадковість і мінливість. Крім звичайних факторів (сезонність), на нього також можуть впливати несподівані фактори, наприклад надзвичайні ситуації. Методами прогнозування, заснованими на тенденціях історичних даних, важко точно передбачити попит на такі перевезення з причин нерегулярних коливань.

Удосконалення організації пасажиропотоків міжнародного сполучення безпосередньо пов'язане з використанням сучасних інформаційних технологій, пов'язаних з налагодженою інформаційною системою, що потребує використання математичних і статистичних моделей і методів [1].

Оптимізація руху транспортних пасажирських потоків на напрямках можлива шляхом обрання математичних підходів, сумісних для заданого типу оптимізації [2]. Основними елементами транспортного процесу є транспортні вузли, де розрізняють також пасажиропотоки у пасажирському русі або матеріальні потоки у вантажному русі [3]. Практично все, що стосується оптимізації складових руху, зокрема пасажирських, можна описати графом. Граф - це математичний об'єкт, який складається з упорядкованої пари множин $G = (V, E)$, вершин та ребер. У випадку транспортного процесу вершини можуть представляти множину станів, а ребра — можливі переходи з одного стану в інший.

У процесі перевезення пасажирів взаємодія складових може бути представлено ребрами. Якщо обмежування пов'язані з пропускнуою спроможністю переходів у графі станів, доцільно виділити дугу $(V_i V_j)$, та означити максимальну інтенсивність на дузі, яка є пропускнуою спроможністю - $\lambda(V_i V_j) = \lambda_{ij}$, тоді сума інтенсивностей по усім маршрутам даного виду міжнародного пасажирського поїзда, який проходить по дузі $V_i V_j$, не повинна перевищувати перепускної спроможності, відповідної цій дузі, де сума береться по усім маршрутам. Однак по цій же дузі можуть проходити поїзда іншого типу, тобто сума усіх інтенсивностей не повинна перевищувати перепускної спроможності відповідної дуги по усім видам та маршрутам.

$$\sum_k \lambda_s \leq \lambda_{sj}, \quad \sum_n \sum_k \lambda_s \leq \lambda_{sj}, \quad \sum_{k,n} \lambda_s \leq \lambda_{sj} \quad (1)$$

Таким чином, використовуються два можливі підходи. По-перше, задача вирішується на потоковій мережі як проста задача знаходження максимального потоку, по-друге, оптимізаційна задача перетворюється на задачу призначення, а оптимальні призначення також є оптимальним рішенням. Використання цих чи інших математичних методів у галузі залізничного транспорту може бути використане в усіх аспектах транспортування на операційному чи стратегічному рівні прийняття рішень. Синергетичні ефекти безпосередньо залежать від ефективності роботи, зокрема при пошуку альтернативних рішень у випадку зміни обставин. [4]. Вони можуть надати нові переваги у сфері перевезень пасажирів залізничним транспортом.

[1] Kampf R, Stopka O, Kubasakova I, Zitricky V. Macroeconomic Evaluation of Projects Regarding the Traffic Constructions and Equipment. *Procedia Engineering*. 2016. Vol. P.13-17.

[2] Kampf R, Lorincová S, Hitka M, Stopka O. Generational Differences in the Perception of Corporate Culture in European Transport Enterprises. *Sustainability*. 2016.Vol.9(9) P.55-61.

[3] Simkova I, Konecny V, Liscák S, Stopka O. Measuring the quality impacts on the performance in transport company. *Transport Problems*. 2015. Vol.10(1) P.113-124.

[4] Brezina I, Ivanicova Z, Pekar J. *Operačná analýza /Operations research/*. Bratislava: Iura Edition. 2007. P.189.

УДК 656.2.1

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОСУВАННЯ ВАГОНОПОТОКІВ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF PROMOTING CAR FLOWS IN THE INTERNATIONAL CONNECTION

А.О. Шаповал, В.В. Добржанський, В.В. Лутюк

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

A.O. Shapoval, V.V. Dobrzhanskyi, V.V. Lutyuk

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Вигідне географічне положення України на перетині шляхів з Європи в Азію, з Півночі на Південь на фоні перевантаження і перенасичення європейських транспортних вузлів створює передумови для інтеграції транспортної мережі України в міжнародну транспортну систему, а її потужна транспортна система та інфраструктура, наявність наукового й освітнього середовища роблять її потенційно привабливою для залучення в систему міжнародних транспортних коридорів. Пріоритетними напрямками державного регулювання в транспортній галузі, зокрема, мають стати модернізація транспортної мережі і термінальних комплексів у складі МТК, впровадження

інформаційних технологій, електронного документообігу, розвитку комбінованого транспорту, створення інституту операторів змішаних перевезень, формування та реалізація цільових програм оновлення рухомого складу на всіх видах транспорту. За умов ринкових відносин залізниця повинна мінімізувати свої затрати, при чому основним напрямком повинно бути раціональна організація роботи та удосконалення системи організації вагонопотоків. Постає питання більш раціонального використання технічного та інформаційного оснащення станцій для зменшення витрат часу та коштів [1].

Міжнародні транспортні коридори України залишаються основними транспортними вантажними коридорами, навіть за умов зниження обсягів транзитних перевезень. Задачею формування їх розвитку є підвищення ефективності зовнішньоторговельних перевезень на основі забезпечення оптимальних умов функціонування транспортної системи в цілому.

Одним з важливих чинників покращення певних показників є удосконалення технології просування вагонопотоків міжнародного призначення. Незважаючи на існуючі техніко-технологічні умови ці поїзди іноді простоюють в очікуванні певних операцій в той час, коли вони повинні виконувати корисну роботу.

Для покращення показників, та підвищення стійкості та регулярності роботи залізничного транспорту необхідна технологічна модернізація системи управління перевізним процесом, яка передбачає розробку, впровадження, та удосконалення нових технологій, що відповідає сучасним вимогам.

Створення системи підтримки прийняття рішень та інформаційних систем, побудованих на штучному інтелекті, дозволять оперативно оцінити варіанти та прийняти економічно обґрунтоване рішення щодо процесу організації вагонопотоків [2]. Для подальшої оптимізації необхідно знайти сумарні питомі експлуатаційні витрати, що припадають на один вагон свого формування міжнародного слідування. Таким чином, у процесі оптимізації потрібно зменшувати нераціональний простій вагонопотоків під очікуванням відправлення. Для цього необхідно враховувати пріоритетний пропуск поїздів з вагонами міжнародного призначення.

Технічні і технологічні параметри пріоритетного пропуску міжнародних поїздів повинні бути залежними від обсягів перевезень у часі, що в свою чергу передбачає формування автоматизованої процедури їх розрахунку [3].

В умовах підходу до станції одночасно можуть заходжуватись декілька поїздів, при чому, вибір пріоритетного пропуску залежить від декількох факторів, які безпосередньо впливають на умови пропуску.

[1] Handbook of Best Practices at Border Crossings A Trade and Transport Facilitation Perspective: веб-сайт. URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/bcf/publications/OSCE-UNECE_Handbook (дата звернення: 24.09.2023).

[2] Monahan, Torin. "'War Rooms' of the Street: Surveillance Practices in Transportation Control Centres". 2007. Vol.10 (4) P. 367–389.

[3] Abduljabbar, R.; Dia, H.; Liyanage, S.; Bagloee, S.A. Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview. Sustainability 2019 Vol.11 P.189.

ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЦІ ЗА РАХУНОК ПОДАЛЬШОЇ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

INCREASING RAILWAYS CAPACITY THROUGH FURTHER DIGITIZATION

*к.т.н, доцент Т.Ю. Калашнікова, студенти В. Петриченко, І. Балабан
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Tech.) Kalashnikova T., st. V. Petrichenko, I. Balaban
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Цифровізація впливає на пропускну спроможність залізниці у значній мірі шляхом покращення ефективності та оптимізації руху поїздів [1]. Основні аспекти впливу цифровізації на пропускну спроможність залізниці наведено на рисунку 1.



Рисунок 1- Вплив цифровізації на пропускну спроможність залізниці

Так, цифрові технології дозволяють оптимізувати розклади руху поїздів, враховуючи різні фактори, такі як обсяги вантажів, пасажирський попит, інфраструктурні обмеження тощо. Це допомагає збільшити пропускну здатність залізниці, зменшуючи затримки та оптимізуючи використання інфраструктури.

Цифрові системи дозволяють управляти рухом поїздів більш ефективно. Автоматичні системи контролю руху та безпеки можуть дозволити скорочення інтервалів між поїздами, що збільшує пропускну здатність ліній.

Також цифрові технології можуть допомогти управляти та моніторити стан інфраструктури (колії, сигнальні системи тощо) для максимізації її використання та уникнення перевантажень.

Використання аналітичних систем та штучного інтелекту для прогнозування попиту, трафіку та оптимізації руху поїздів дозволяє планувати та пристосовувати роботу залізниць для ефективнішого використання ресурсів.

Цифрові системи [2] дозволяють постійно контролювати безпеку та стан інфраструктури, що дозволяє уникнути аварій та забезпечити безперебійну роботу залізниці.

Взагалі, цифровізація залізниці допомагає підвищити пропускну спроможність перегонів, дільниць, станцій, зменшує затримки, покращує безпеку та ефективність руху поїздів, що сприяє загальній розвиненості транспортної системи.

[1] Т.Ю. Калашнікова, Ю.В.Кучерук, О.Ю.Кугай. Пропускна спроможність залізничного напрямку за умов швидкісного руху. International periodic scientific journal SCIENTWORLD & SWorld - Одеса: Україна, 2018. – Том 2. Вип. 9. - С. 24-29.

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

УДК 656.222.4

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПОПИТ НА ПАСАЖИРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

ANALYSIS OF THE FACTORS INFLUENCING THE DEMAND FOR PASSENGER TRANSPORT BY RAILWAY

*Канд. техн. наук О.А. Малахова, Аспірантка Х.О. Жиленко, здобувач
О.С. Павленко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*Cand. Sc. (Tehn.) O. Malakhova, PhD student Kh. Zhylenko, Student
O. Pavlenko*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Сучасні тенденції перевезень свідчать про зростання попиту на пасажирські перевезення саме залізничним транспортом. Крім цього, швидкий розвиток транспортних технологій з надання комплексних транспортних послуг підкреслюють важливість створення системних підходів. Ці підходи дають змогу виявити тенденції в попиті на пасажирські перевезення, а також взаємозв'язки між різними видами транспорту, включно з конкурентними і взаємодоповнювальними відносинами.

Точне прогнозування загального попиту на пасажирські перевезення та визначення конкуренції (або заміщення) між різними видами транспорту є ключовими елементами в плануванні, проектуванні, оцінюванні та регулюванні систем транспорту і ланцюгів поставок. З економічної точки зору, оцінка очікуваного споживчого попиту відіграє важливу роль у збільшенні прибутковості транспортної інфраструктури.

Найпоширенішим методом вимірювання чутливості однієї змінної до іншої є поняття "еластичності". Еластичність є числом, яке показує відсоткову зміну

однієї змінної (наприклад, попит на пасажирів) у відповідь на 1-відсоткову зміну іншої змінної (наприклад, ціни, часу тощо).

Існують різні типи еластичності попиту на пасажирські перевезення, включаючи цінову еластичність попиту. Цінова еластичність попиту визначає, наскільки відсоткова зміна ціни на певний вид транспорту впливає на попит на нього. Зазвичай вважається, що пасажирів з високим рівнем доходів менш чутливі до цін і більш чутливі до якості обслуговування, такого як час у дорозі, комфорт і зручність. Якість транспорту часто оцінюється з використанням часу. Подібно до ціни, збільшення часу доставки пасажирів, призводить до зменшення попиту. Це явище називається часовою еластичністю попиту. Існує інший метод, за якого час переводиться в грошову величину, що називається "цінністю часу". У такому разі цінова еластичність може використовуватися для оцінки еластичності, пов'язаної з часом. Залежно від необхідного часу, що витрачається на шляху прямування, попит на поїздку може виникати у пасажирів з різними цілями поїздки і може мати: разовий характер, регулярний і постійний. У самостійні категорії доцільно виділяти такі групи поїздок:

- нерегулярні поїздки, (поїздки з туристичною метою). З кількістю поїздок 1-2 на рік на 1 пасажиря;
- регулярні робочі поїздки, з кількістю поїздок від 2 до 10 на рік на 1 пасажиря;
- постійні робочі поїздки, з кількістю поїздок понад 10 на рік.

Під час аналізу функціонування транспорту в далекому сполученні доцільно розглядати такі якісні показники: ціна за перевезення; час у дорозі; комфортність поїздки; зручність розкладу. Інші фактори, що потенційно впливають на вибір того чи іншого способу транспортування, мають значно менший вплив, ніж наведені, тому в загальному випадку розглядати їх не обов'язково. Так згідно з опитуванням пасажирів, фактори часу в дорозі, вартості проїзного документа, зручності розкладу та комфортності поїздки стали визначальними для більш ніж 75% респондентів.

Для опису залежності задоволеності поїздки від рівня сервісу, що надається, може бути використана модель Кано [1]. Згідно з цією моделлю, що описує реакцію споживачів на послугу, параметри послуги, що надається, поділяються на 5 типів:

- привабливі характеристики;
- одновимірні характеристики;
- обов'язкові характеристики;
- неважливі характеристики;
- небажані характеристики.

При визначенні впливу задоволення попиту на загальну якість комфортності поїздки доцільно орієнтуватися на наявність виділених обов'язкових та одновимірних характеристик. Оцінка якості кожного критерію, що розглядається, впливатиме на загальну оцінку відповідно до вагових характеристик цієї величини кореспонденції. Залежно від дальності перевезення і загальної відстані транспортування значущість критеріїв ззнає

певних змін. Так зі збільшенням відстані перевезення більшої значущості набуває комфортність поїздки, а вимоги до якості розкладу зменшуються.

Важливо зазначити, що еластичність ціни та часу зазвичай має від'ємне значення: збільшення тарифів або часу поїздки призводить до зменшення попиту.

[1] Kano Model: веб-сайт. URL: <https://www.productplan.com/glossary/kano-model/> (дата звернення 12.10.2023).

УДК 656.22

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ТРАНСПОРТНОМУ ВУЗЛІ В УМОВАХ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

OPTIMIZATION OF TRANSPORTATION IN THE TRANSPORT HUB IN THE CONDITIONS OF INTERNATIONAL TRANSPORTATION

*П.В. Долгополов, канд. техн. наук., В.М. Бурда, О.В. Чумак
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*P. Dolgoplov, PhD (Tech.), V. Burda, O. Chumak
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Одними з найважливіших елементів транспортної мережі є транспортні вузли. У даних вузлах концентруються процеси, які є визначальними при створенні та підтриманні внутрішніх та міжнародних економічних зв'язків, що є основою розвитку кожної країни світу.

Дослідження таких транспортних вузлів, як харківського та київського показали, що в них є дуже інтенсивною взаємодія автомобільного та залізничного видів транспорту, що потребує масову обробку змінної інформації про вантажі та транспортні об'єкти.

Тому у таких вузлах актуальною є задача удосконалення їх роботи на основі інтелектуалізованих диспетчерських систем управління для узгодження роботи елементів різних видів транспорту [1].

Проте у даний час у таких вузлах спостерігаються надмірні терміни знаходження вантажів на залізничних станціях в очікуванні рухомого складу, несвоєчасне обслуговування вантажовласників через недотримання часу та кількості вагонів в умовах нестачі справного вагонного парку. Причинами цього є коливання обсягів перевезень впродовж доби, декади та року, нестача справного рухомого складу та недосконала реалізація технологій місцевої роботи.

Для вирішення задачі оптимізації роботи транспортних вузлів побудовано математичну модель узгодження розкладу місцевих поїздів та руху автотранспорту на основі мереж Петрі та теорії розкладів.

Математичну модель, що побудовано, запропоновано інтегрувати до автоматизованих робочих місць (АРМ) оперативних працівників залізниці та приватних підприємств при допомозі мікропроцесорної системи диспетчерської централізації (МСДЦ). Оскільки дана система збирає дані про поїзне положення з пристроїв автоматики, це дає можливість автоматично формувати на графіку руху оптимальні прогностні нитки кожного поїзда з місцевим вантажем з урахуванням дислокації (в тому числі прогностної) рухомого складу та заявок на навантаження [2].

На основі оптимального плану та розкладу слідування передаточних та вивізних поїздів та диспетчерських локомотивів запропонована модель визначає вихідні дані для організації автомобільного підвезення вантажу, в тому числі автомобілями залізниці до станцій транспортного вузла [3].

Як висновок необхідно зазначити, що технологія, що реалізується на базі моделі узгодження розкладу місцевих поїздів та руху автотранспорту дозволить узгодити роботу різних видів транспорту, що особливо важливо у періоди згущення місцевої роботи у певні періоди доби та суттєво скоротити простой автомобілів, вантажів та залізничного рухомого складу.

[1] Стратегія АТ «Укрзалізниця» на 2019-2023 роки. – Режим доступа: <https://agropolit.com/spetsproekty/572--strategiya-at-ukrzhaliznitsya-na-2019-2023-roki>. (Дата звернення 10.09.2023)

[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] Долгополов П. В., Бондар Ю. М., Гордієнко Д. С. Удосконалення роботи транспортного вузла в умовах міжнародних перевезень. *Інтелектуальні транспортні технології* : матеріали III міжнар. наук.-техніч. конф., м. Харків 22-23 лист. 2022 р. Харків, 2022. С. 27–28.

УДК 656.22

ОПТИМІЗАЦІЯ ВАГОНОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ПОЛІГОНІ В УМОВАХ МАСОВИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

OPTIMIZATION OF THE FREIGHT CAR FLOWS AT THE RAILWAY REGION IN CONDITIONS OF THE MASS CARGO TRANSPORTATION

*П.В. Долгополов, канд. техн. наук., І.І. Гордій, Д.В. Кисіль
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*P. Dolgoplov, PhD (Tech.), I. Gordii, D. Kysil
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Експлуатація залізниць вимагає від перевізника дотримуватися умов безпеки руху і утримання інфраструктури у задовільному стані. Згідно відповідних нормативних актів перевізник ремонтує та модернізує споруди та пристрої, що вимагає тимчасово виводити їх з експлуатації. Це різко скорочує

провізну спроможність залізничної мережі, що негативно впливає на внутрішні та міжнародні перевезення. Тому актуальним стає задача оптимізації вагонопотоків на залізничній мережі з урахуванням пропускної спроможності залізничних дільниць та станцій, а також скорочення пробігів рухомого складу при перевезенні масових вантажів [1,2].

Враховуючи особливості поставленої задачі а також характерні ознаки методів оптимізації, зроблено висновок, вирішенню задачі про оптимізацію пропускної спроможності мережі залізниць достатньо задовольняє алгоритм Форда-Фалкерсона. З метою вирішення цієї задачі було побудовано математичну модель, що відображає основні характеристики обраного полігону залізничної мережі, у вигляді зваженого графа. Визначено максимальні потоки та мінімальні розрізи на графі у різних умовах функціонування базового залізничного полігону.

За допомогою алгоритма Форда-Фалкерсона, здійснено розрахунок шляху від істоку до стоку маршрута. Після побудування цього шляху між ребер знайдені ребра з мінімальною вагою. Ця вага і буде пропускною спроможністю. На наступних циклах розрахунки продовжуються, доки буде пройдено всі можливі маршрути від джерела до стоку [3]. Таким чином, запропонована модель дозволяє розраховувати оптимальні маршрути прямування поїздів на мережі залізниць в умовах закриття на ремонт або виходу з ладу його окремих ділянок та колій.

Також на основі застосування математичного апарату транспортної задачі відкритого типу з обмеженнями оптимізовано маршрути слідування навантажених вагонопотоків на залізничному полігоні масового навантаження масових вантажів.

На основі даних досліджень розроблено заходи з удосконалення структури інформаційно-керуючої мережі залізниці, бази даних та інтерфейсів АРМ оперативних працівників, що в цілому збільшує прискорення процесу прийняття раціональних рішень з оптимізації масових вагонопотоків на залізничному полігоні, а також з організації їх перевезення [4].

[1] 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.

[2] 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.

[3] Шмигалева А. Анализ эффективности дорожной системы на основе алгоритма Форда - Фалкерсона. In: Sesiune națională cu participare internațională de comunicări științifice studențești. Vol.1, 15 februarie 2020, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Centrul Editorial-Poligrafic, 2020.

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

**УДОСКОНАЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ
ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ НА ПРИКЛАДІ
ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ**

**IMPROVEMENT OF FUNCTIONAL INDICATORS OF TRANSPORT
SYSTEM EFFICIENCY ON THE EXAMPLE OF GRAIN CARGO
TRANSPORTATION**

*Канд. техн. наук О.А. Малахова, аспірант М.Д. Попов, здобувач
К.М. Онішко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

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

Зернові вантажі складають понад 12% від загального обсягу перевезення залізничним транспортом [1]. В Україні виробництво сільськогосподарської продукції відіграє не тільки важливу роль у забезпеченні продовольством населення, а й формує основні статті доходів від її експорту. За даними Мінагропрома [2] з березня по жовтень 2023 року кордон перетнуло понад 84 млн. т зернових вантажів, основними з яких є кукурудза (41,59 %), пшениця (24,36 %) і олія соняшникова (8,71%).

Однак збільшення обсягів експортованих сільськогосподарських вантажів може призвести до насичення ринку і, отже, до зниження закупівельних цін. Для збереження конкурентоспроможності вітчизняних вантажів необхідно знижувати транспортну складову в ціні товару, зокрема за рахунок розвитку логістичних технологій перевезення зернових вантажів.

З початком військових дій на території України основними напрямками перевезення зернових вантажів є дунайські порти, зокрема Рені і Ізмаїл, а також перевезення залізницею через європейські країни до портів Польщі і Румунії, а далі морем. В експортних перевезеннях залізничний транспорт забезпечує близько 19 % від загальної частки зернових вантажів, що поставляються через морські порти. Основними труднощами в реалізації експортного потенціалу зернових вантажів у залізнично-морському сполученні є сезонність ринку зернових вантажів, істотний дисбаланс між наявністю накопичувальної (елеваторної), портової та логістичної інфраструктури з вивезення зерна; висока розпорошеність станцій відправки зернових вантажів; наявність вагонних відправок, не охоплених маршрутизацією, і необхідність сортування вагонів при формуванні суднових партій у порту. У зв'язку з цим необхідні технологічні інновації, які дадуть змогу освоювати приріст вантажопотоків із наданням обслуговування на рівні, прийнятному для споживачів. У різних країнах вченими та інженерами ведеться пошук компромісів під час розв'язання завдань оптимізації транспортних процесів з урахуванням різних аспектів

функціонування транспортної системи, зокрема привабливості різних секторів ринку, витрат на посилення транспортної інфраструктури, витрат на поточне утримання та забезпечення безпеки.

Система "станція - порт" використовується для здійснення технологічних операцій. У цій системі є кілька функціонально-взаємодіючих об'єктів, таких як вхідні дільниці, парк прибуття, сортувальний парк, витяжні колії, колії порту, парк відправлення та вихідні дільниці. Кожен з цих пристроїв має свої параметри, які визначають їх можливості та функціональні характеристики. Наприклад, парки станції характеризується своєю місткістю, що відповідає кількості наявних колій певної довжини, достатньої для розміщення необхідної кількості вагонів тощо. Інші ж пристрої характеризуються ще й часом обслуговування вагонів, що надійшли, тобто тривалістю виконання тієї чи іншої операції.

Метою моделювання у системі "станція - порт" є встановлення відповідності параметрів роботи залізничної станції та порту (переробна спроможність, час знаходження вагонів на станції з розчленуванням за операціями, повне завантаження пристроїв терміналу порту і залізничних колій) заданим параметрам у системі. Результатом моделювання має стати визначення умов, за яких система "станція - порт" не зможе функціонувати і переробляти вагонопотік, що надходить.

[1] Державна служба статистики України : веб-сайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/><https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 10.10.2023).

[2] Міністерство аграрної політики та продовольства України : веб-сайт. URL: <https://minagro.gov.ua/investoram/stan-zovnishnoyi-torgivli-produktami-apk> (дата звернення 10.10.2023).

**УДОСКОНАЛЕННЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ У
МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ З ВИКОРИСТАННЯМ РАР-НИТОК В
МЕЖАХ ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРУ**

**IMPROVEMENT OF CARGO TRANSPORT ROUTING IN
INTERNATIONAL CONNECTION USING RAR THREADS WITHIN THE
TRANSPORT CORRIDOR**

*доктор техн. наук, професор, А.В. Прохорченко, магістр Ю.В. Губченко
магістр М.С. Кравченко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr.Sc (Tech.), Professor A. V. Prokhorchenko, masters Yu. V. Hubchenko
masters M. S. Kravchenko
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У сучасних умовах, коли геополітична ситуація може впливати на логістичні процеси, налагодження ефективних транспортних маршрутів набуває критичного значення. Зокрема, на фоні широкомасштабного російського військового вторгнення в Україну та блокування морських портів, розробка та впровадження безперебійних залізничних маршрутів стає стратегічно важливою. Важливість цього питання особливо актуальна в контексті розвитку міжнародної залізничної логістики, який може визначити конкурентоспроможність та надійність перевезень. Імплементация Регламенту № 913/2010/ЄС [1] стосовно європейської залізничної мережі надає Україні можливість створення міжнародних залізничних вантажних коридорів (RFC) [2], сприяючи інтермодальності та інтеграції терміналів. Враховуючи ініціативу "Шляхи солідарності", запроваджену Європейською Комісією, дослідження та впровадження процедур руху поїздів по виділених міжнародних нитках стає ключовим етапом для забезпечення безпеки та ефективності міжнародних залізничних перевезень. За таких умов важливим є оптимізація маршрутизації залізничних перевезень з урахуванням зусиль для створення надійних та ефективних транспортних коридорів в міжнародному сполученні.

Для вирішення поставленої задачі в роботі проаналізовано процедури міжнародного процесу розподілу пропускної спроможності інфраструктури на залізничних вантажних коридорах [3]. Для удосконалення процесу розподілу пропускної спроможності формалізовано процедуру оцінки ризиків та надійності розроблених попередньо спланованих маршрутів, що формують вид послуг з розкладу руху вантажних поїздів за назвою попередньо організовані нитки графіку (англ. Pre-arranged Paths, PaP). Розроблена математична модель ґрунтується на теорії ігор та методах математичної статистики [4].

Для практичної реалізації удосконалення маршрутизації перевезення вантажів у міжнародному сполученні з використанням PaP-ниток в межах

транспортного коридору розроблено вимоги до автоматизованої системи вибору PaP-ниток з урахування ризиків збоїв на маршрутах руху поїздів в умовах крос-кордонних перевезень.

[1] Regulation (EU) No 913/2010 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 concerning a European rail network for competitive freight. Official Journal of the European Union (L 276). 2010. P. 22 – 32.

[2] Єврокомісія включила українські логістичні шляхи до Транс'європейської транспортної мережі Офіційний сайт ukraineinvest. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/news/05-08-22/>

[3] RNE Guidelines for Corridor One-Stop Shops (C-OSSs) of European Rail Freight Corridors (RFCs) for managing Pre-arranged Paths (PaPs) and Reserve Capacity (RC). Version 1.0. 52 p. URL: <https://rne.eu/wp-content/uploads/2016-12-08-C-OSS-PaP-Guidelines-V1-0.pdf>.

[4] Mihai Manea. 14.126 Game Theory. Spring 2016. Massachusetts Institute of Technology: MIT Open Course Ware. URL: <https://ocw.mit.edu>.

УДК 656.2

ОРГАНІЗАЦІЯ ПАСАЖИРСЬКОГО РУХУ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

ORGANISATION OF PASSENGER TRAFFIC IN INTERNATIONAL TRAFFIC

*О. Кірік, Ю. Глибокий, канд. техн. наук Л. Пархоменко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O. Kirik, Y. Hluboki, PhD (Tech.) L. Parkhomenko
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У господарстві будь-якої країни пріоритетне місце посідає пасажирський транспорт. Забезпечення високого рівня мобільності та транспортної доступності для населення є завданням державного масштабу [1].

Основними учасниками ринку пасажирських перевезень, які безперервно вступають у взаємодію, є пасажирів, підприємства транспорту і держава. При цьому ринкові процеси протікають у певному соціально-економічному середовищі. Соціально-економічне середовище характеризується структурою і доходами населення, а також рівнем розвитку транспортної інфраструктури [2].

Головна мета пасажирів на ринку - це задоволення своєї потреби в переміщенні за оптимального співвідношення ціни та якості. Якість обслуговування пасажирів, як правило, оцінюється за допомогою таких показників, як час у дорозі, комфорт, безпека, інтенсивність транспортного потоку (зручність розкладу) [3].

Держава щодо пасажирських перевезень може ставити такі завдання: зменшення загальних втрат часу населення на переміщення, зменшення загальних втрат ресурсів, забезпечення фінансової доступності транспортних послуг, забезпечення беззбитковості підприємств транспорту. Залежно від поставленого завдання держава обирає свою стратегію, тобто набір активних

дій щодо вирішення завдання. До активних дій слід віднести ухвалення рішень щодо розвитку інфраструктури та субсидування перевезень будь-якого виду транспорту. Також держава може прийняти рішення про невтручання і стати пасивним учасником ринку транспортних послуг. Окремо слід виділити стратегію держави щодо розвитку високошвидкісного руху на обраному напрямку.

Акціонерне товариство «Українська залізниця», крім реалізації процесу перевезення пасажирів, може ставити собі за мету або максимізацію прибутку, або збільшення частки присутності на ринку пасажирських перевезень. Прагнення збільшувати цю частку в короткостроковому періоді супроводжується фінансовими втратами, проте надалі можливий значний приріст прибутку. До стратегій також відносяться прийняті рішення щодо активного регулювання основних чинників, що впливають на вибір пасажиром способу пересування. Якість перевізного процесу при цьому залежить від того, наскільки відповідають рухомий склад та інтенсивність його руху за маршрутом конкретному пасажиропотоку [4].

Оптимізацію роботи пасажирського транспорту слід розглядати з позицій теорії активних систем, оскільки пасажирів і транспортні компанії є активними агентами, тобто можуть здійснювати реальні дії на ринку транспортних послуг. Головною особливістю активної системи є наявність цільової функції агентів. Тому теорія активних систем лежить в основі розроблення систем управління пасажирським транспортом. Слід зазначити, що наразі практично відсутні роботи зі спільного застосування теорії активних систем і теорії ігор в управлінні системами, до числа яких належать транспортні системи країн і регіонів.

[1] Розробка математичної моделі для оптимізації плану формування швидкісних пасажирських поїздів [Текст] : ІКСЗТ, 2019 №5 DOI: 10.18664/iksz.v24i5.181287 С.19-23.

[2] [Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року | Кабінет Міністрів України \(kmu.gov.ua\)](#)

[3] Калашнікова, Т. Ю. Аналіз досвіду якості обслуговування пасажирів в умовах високошвидкісного руху [Текст] / Т.Ю. Калашнікова, М.В. Биков // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – Вип. 154. – С. 24-28.

[4] Розробка плану формування пасажирських поїздів на основі методу роя часток. Бутко Т. В., Прохорченко А. В., Шандер О. Е. Вісник НТУ «ХПІ». 2011. № 54. С.70-76.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ ЗА
РАХУНОК УТОЧНЕННЯ МОДЕЛІ ПЛАНУ ФОРМУВАННЯ ПОЇЗДІВ**

**IMPROVING THE TECHNOLOGY FOR ORGANISING RAILCAR FLOWS
BY REFINING THE TRAIN FORMATION PLAN MODEL**

*канд. техн. наук В.М. Прохоров¹, канд. екон. наук, директор Департаменту
технології перевезень АТ «Укрзалізниця» В.О. Крючков², Д.Л. Богдан¹*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Департамент технології перевезень АТ «Укрзалізниця» (м. Київ)

*PhD (Tech.) V.M. Prokhorov¹, Phd in Sci. (Econ) Director of the Department of
Transportation Technology of JSC “Ukrzaliznytsia” V.O. Kriuchkov²,
D.L. Bogdan¹*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Department of Transportation Technology of JSC “Ukrzaliznytsia” (Kyiv)

Вантажні залізничні перевезення відіграють важливу роль в економічному розвитку України, і точне планування та організація вагонопотоків стають ключовими факторами для забезпечення їх ефективності та конкурентоспроможності. Уточнення моделі розрахунку плану формування вантажних поїздів є важливим складником цієї організації.

В умовах попиту, що швидко змінюється, на вантажні перевезення, оптимізація технології організації вагонопотоків стає критично важливою для зниження витрат і підвищення ефективності вантажних залізничних перевезень в Україні. Уточнення моделі розрахунку плану формування вантажних поїздів дозволить більш ефективно і економічно керувати вагонопотоками, враховуючи різні параметри які раніше не були враховані в розрахунках або враховані не в повному обсязі чи за спрощеними залежностями, такі як вага поїздів, їх швидкість в залежності від категорії [1], параметри інфраструктури тощо.

Метою дослідження є підвищення ефективності технології організації вагонопотоків шляхом уточнення моделі розрахунку плану формування вантажних поїздів в Україні. Це дозволить більш ефективно використовувати ресурси, знижувати тимчасові витрати та підвищувати якість вантажних залізничних перевезень та рівень конкурентоспроможності Укрзалізниці на ринку транспортних послуг.

Дослідження базуватиметься на аналізі даних про вантажоперевезення, ідентифікації факторів які раніше не були враховані належним чином, та їх інтеграції для покращення поточної моделі розрахунку плану формування поїздів. Буде використано сучасні методи математичного моделювання та оптимізації для досягнення поставленої мети.

Очікується, що уточнення моделі розрахунку плану формування вантажних поїздів призведе до більш ефективної організації вагонопотоків та відповідного скорочення експлуатаційних витрат і підвищення швидкості доставки вантажів. Це вдосконалення технології вантажних залізничних перевезень зробить їх більш конкурентоспроможними та сприятиме розвитку економіки України.

[1] Негрей В. Я., Шкурин К. М. Развитие теории расчета плана формирования одногруппных поездов. Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2017. № 2 (35). С. 123–126.

УДК 656.2

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СВОЄЧАСНОЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ НА ОСНОВІ ОПТИМІЗАЦІЇ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ

ENSURING TIMELY DELIVERY OF CARGO IN INTERNATIONAL COMMUNICATION BASED ON OPTIMIZATION OF OPERATIONAL PLANNING

***К.І. Гармаш, канд. техн. наук В.М. Прохоров**
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***K.I. Garmash, V.M. Prokhorov, PhD (Tech.)**
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасні глобальні ринки та вимоги до ефективності транспортних систем створюють необхідність постійного вдосконалення процесів доставки вантажів. Ключовим елементом забезпечення своєчасної та надійної доставки вантажів є оперативне планування залізничних станцій. Ефективне керування станціями має потенціал покращити пунктуальність та знизити витрати на логістику [1].

Метою даного дослідження є розробка та аналіз методів оптимізації оперативного планування роботи залізничних станцій з урахуванням черговості включення вагонів до складу поїзда та використання сучасних методів математичної оптимізації, включаючи нечітку логіку.

Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання:

1. Вивчення існуючих підходів до оперативного планування залізничних станцій з урахуванням аспекту черговості включення вагонів до складу поїзда.
2. Розробка математичних моделей, що враховують різноманітність вантажів, операцій на станції та вимог щодо черговості.
3. Застосування сучасних методів оптимізації, включаючи нечітку логіку, для знаходження оптимальних розкладів роботи станцій з урахуванням вимог до своєчасної доставки вантажів та черговості.
4. Аналіз ефективності розроблених методів на основі реальних даних та порівняння з існуючими практиками.

Очікується, що результати дослідження дозволять розробити нові підходи до оперативного планування роботи залізничних станцій з урахуванням аспекту черговості включення вагонів до складу поїзда та використання сучасних методів математичної оптимізації. Це сприяє підвищенню своєчасності доставки вантажів та зниження операційних витрат.

Результати цього дослідження можуть бути широко застосовані в залізничній галузі та логістичних компаніях для оптимізації оперативного планування роботи станцій та покращення якості вантажоперевезень, включаючи аспекти, пов'язані з черговістю включення вагонів до складу поїзда та використанням сучасних методів математичної оптимізації, у тому числі нечіткої логіки.

Забезпечення своєчасної доставки вантажів є важливим завданням у сучасній економіці. Розробка та оптимізація оперативного планування роботи залізничних станцій з урахуванням аспектів, таких як черговість включення вагонів до складу поїзда та використання сучасних методів математичної оптимізації, є перспективним напрямом досліджень, що сприяє підвищенню ефективності транспортних систем та поліпшенню якості обслуговування клієнтів.

[1] Čamaj, J., Šulko, P., Pečený, L. 2019. The new applications for operational planning and evaluation of train routes with the support of information systems in Slovak conditions. Transport Means - Proceedings of the International Conference, 2019

УДК 656.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВАНТАЖНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF RAILWAY TRUCK TRANSPORTATION BASED ON THE AUTOMATION OF STRATEGIC PLANNING

І.С. Лавров, канд. техн. наук В.М. Прохоров

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

I.S. Lavrov, V.M. Prokhorov, PhD (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

У сучасних умовах на залізничній мережі України, коли складнощі в управлінні та плануванні перевезень посилюються динамікою та оперативними змінами, стає очевидною необхідність використання математичних моделей та коматорної оптимізації для оптимізації керування вагонопотоками та наслідками.

План формування поїздів, складений на довгостроковий період, регламентує організацію вагонопотоків, але оперативні зміни можуть суттєво вноситися із наведених параметрів. Прийняті вагопотоки, зазвичай, відхиляються від розрахункових показників загалом на 40-60% [1]. Це створює труднощі у забезпеченні готових поїздів локомотивами, локомотивними бригадами та відповідним графіковим ресурсом.

Для ефективного вирішення цих складних завдань щодо оптимізації вагонопотоків та ресурсів необхідне впровадження математичних моделей та методів комбінаторної оптимізації. Моделювання та прогнозування процесів накопичення складів з використанням математичних моделей дозволяють оперативно реагувати на потреби в ресурсах та виявляти невідповідності між потребами та доступними проблемами.

Використання сучасних математичних методів та обчислювальних алгоритмів є раціональним шляхом при вирішенні задачі автоматизації процесів планування та організації вагонопотоків з метою максимізації ефективності залізничних перевезень та скорочення часу простою вагонів.

З урахуванням сучасних викликів, що постають перед Укрзалізницею, впровадження автоматизації процесу оперативного корегування плану формування вантажних односторонніх поїздів стає ключовим фактором для підвищення ефективності, пунктуальності та безпеки вантажних залізничних перевезень у сучасних умовах.

[1] Butko T., Prokhorov V., Chekhunov D. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2017. Vol. 85. No. 3. Pt. 1. P. 55–61.

УДК 656.2

ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ НА ОСНОВІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

FORMATION OF WORKING TECHNOLOGY OF TECHNICAL STATIONS ON THE BASIS OF DIGITALIZATION

*к. т. н. В.М. Прохоров, О.В. Кофанов, А.С. Магальяс
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V. Prokhorov, PhD (Tech.), O. Kofanov, A. Mahalias
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Технологія роботи технічних станцій є одним з ключових факторів ефективності залізничного транспорту. Вона визначає швидкість і якість обслуговування поїздів, а також рівень безпеки руху.

У сучасних умовах на залізничний транспорт припадає все більш значна частка вантажних і пасажирських перевезень. Це призводить до зростання навантаження на технічні станції, що вимагає вдосконалення їх технології [1].

- Зростання обсягів вантажних і пасажирських перевезень на залізничному транспорті;
- Збільшення навантаження на технічні станції;
- Необхідність підвищення ефективності роботи технічних станцій.

Предметом дослідження є цифрові технології, що можуть бути використані для вдосконалення цієї технології. Мета дослідження полягає у розробці концепції цифровізації технології роботи технічних станцій.

Розробка концепції цифровізації технології роботи технічних станцій дозволить:

- Покращити швидкість і якість обслуговування поїздів;
- 1. Знизити витрати на обслуговування технічних станцій;
- Підвищити рівень безпеки руху.

Сучасна технологія роботи технічних станцій характеризується наступними особливостями:

- Вона базується на традиційних технологіях, таких як механізація і автоматизація окремих операцій.
- Вона є фрагментованою, тобто процеси обслуговування поїздів на різних етапах здійснюються різними службами.
- Вона не забезпечує повного контролю за станом технічних станцій і процесами обслуговування поїздів.

Основними проблемами, що виникають у процесі роботи технічних станцій, є:

- Неефективність використання ресурсів, таких як обладнання, персонал, матеріали.
- Висока аварійність і простої обладнання.
- Низька якість обслуговування поїздів.
- Небезпека для безпеки руху.

Цифровізації технології роботи технічних станцій дозволить вирішити наступні проблеми:

- Покращити ефективність використання ресурсів.
- Знизити аварійність і простої обладнання.
- Підвищити якість обслуговування поїздів.
- Підвищити рівень безпеки руху.

Концепція цифровізації технології роботи технічних станцій передбачає використання наступних цифрових технологій:

- Інтернет речей (IoT) для моніторингу стану обладнання і контролю за процесами обслуговування поїздів.
- Штучний інтелект (AI) для прийняття рішень в реальному часі.
- Розумні системи управління для координації діяльності різних служб технічних станцій [2].

На основі тез, які ми склали, можна зробити наступний висновок:

Цифровізації технології роботи технічних станцій є необхідним і важливим кроком для підвищення ефективності, безпеки і якості роботи залізничного транспорту.

Цифрові технології, такі як Інтернет речей, штучний інтелект і розумні системи управління, дозволять створити єдину цифрову платформу, яка забезпечить повний контроль за станом технічних станцій і процесами обслуговування поїздів. Це дозволить:

- Покращити ефективність використання ресурсів, таких як обладнання, персонал, матеріали.
- Знизити аварійність і простої обладнання.
- Підвищити якість обслуговування поїздів.
- Підвищити рівень безпеки руху.

Конкретні результати цифровізації технології роботи технічних станцій будуть залежати від конкретних цифрових технологій, які будуть використовуватися, і від того, як вони будуть впроваджені.

Ось кілька конкретних прикладів того, як цифрові технології можуть бути використані для вдосконалення технології роботи технічних станцій:

- Інтернет речей може бути використаний для моніторингу стану обладнання і контролю за процесами обслуговування поїздів. Це дозволить своєчасно виявляти і усувати проблеми, що виникають, і забезпечити безперебійну роботу технічних станцій.
- Штучний інтелект може бути використаний для прийняття рішень в реальному часі. Наприклад, він може використовуватися для визначення оптимального маршруту руху поїзда, а також для розподілу ресурсів на технічних станціях.
- Розумні системи управління можуть бути використані для координації діяльності різних служб технічних станцій. Це дозволить підвищити ефективність роботи технічних станцій і забезпечити кращий контроль за їх діяльністю.

Подальший розвиток цифрових технологій відкриває нові можливості для вдосконалення технології роботи технічних станцій.

[1] Barbosa, M., & Peixoto, A. (2022). Digitalisation of railway stations: A literature review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 160, 102640.

[2] Wang, X., Li, Y., & Li, H. (2022). The application of digital technology in railway station operation: A systematic review. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 137, 103383.

**ПРИШВИДЧЕННЯ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ
СПОЛУЧЕННІ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СТАНЦІЙ**

**ACCELERATION OF CARGO DELIVERY IN INTERNATIONAL
COMMUNICATION ON THE BASIS OF IMPROVING THE WORK OF
STATIONS**

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

*D.G. Litvin, V.M. Prokhorov, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасна економіка та глобальні транспортні ринки вимагають постійного вдосконалення систем доставки вантажів. Надійна та своєчасна доставка вантажів є ключовим фактором у галузі транспортної логістики. Оптимізація роботи залізничних станцій грає важливу роль у досягненні цих цілей. Ефективне управління станціями може призвести до поліпшення пунктуальності і зниження логістичних витрат [1].

Метою даної дослідницької роботи є розробка та аналіз нових методів оптимізації оперативного планування роботи залізничних станцій з урахуванням черговості включення вагонів до складу поїзда, використовуючи передові нейромережеві технології. Для досягнення цієї мети визначено наступні завдання:

1. Огляд існуючих методів оперативного планування роботи залізничних станцій з фокусом на пріоритетах включення вагонів до складу поїзда.
2. Розробка нейромережевих математичних моделей, які враховують різноманітність вантажів, операцій на станціях та вимог щодо черговості.
3. Застосування передових методів нейромережевої оптимізації для пошуку оптимальних графіків роботи станцій з урахуванням вимог до своєчасності доставки та пріоритетів.
4. Аналіз результатів застосування розроблених нейромережевих методів на основі практичних даних і порівняння з існуючими підходами.

Отримані результати можуть бути корисні для оптимізації оперативного планування роботи залізничних станцій, поліпшення якості вантажоперевезень і вирішення важливих завдань в сфері логістики. Забезпечення своєчасної доставки вантажів залишається актуальним завданням у сучасній економіці, і це дослідження спрямоване на покращення цього процесу за допомогою передових нейромережевих технологій.

[1] Kreuger P., Aronsson M. Railyard Shunting: A Challenge for Combinatorial Optimisation. *ERCIM News*. 2007. Issue 68. P. 23–25.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ У СТИСЛИХ УМОВАХ

ENSURING THE FUNCTIONING OF RAILWAY TECHNICAL STATIONS IN TIGHT CONDITIONS

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

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

Залізничний транспорт залишається життєво важливою частиною інфраструктури України, забезпечуючи перевезення вантажів та пасажирів. Оптимальне функціонування залізничних технічних станцій в умовах виходу з ладу елементів станційної інфраструктури, або під час виконання планових та непланових ремонтних робіт є критичним аспектом забезпечення безпеки та ефективності залізничних перевезень. Вирішення цієї задачі портебує проведення комплексного дослідження, спрямованого на розробку та впровадження інноваційних підходів щодо оперативного управління технічними станціями, що базується на автоматизації процесів оперативного планування та вирішення відповідних оптимізаційних моделей.

Мета дослідження полягає у пропозиції системних рішень для оптимізації роботи станцій в умовах виконання ремонтних робіт на коліях парків станції, виходу з ладу сортувальних і маневрових ресурсів тощо. Для досягнення цієї мети дослідження буде включати:

1. Аналіз поточних процесів управління технічними станціями та виявлення вузьких місць та неефективних практик.
2. Розробку алгоритмів та моделей для автоматизованої оптимізації планування ресурсів.
3. Впровадження інформаційних систем та програмних рішень для підтримки автоматизованих процесів управління [1].
4. Оцінку ефективності впроваджених рішень на практиці та аналіз їх впливу на безпеку, продуктивність та надійність залізничних перевезень.

Постановка задач із сфери теорії автоматичного планування та диспетчеризації у контексті управління технічними станціями матиме вирішальне значення для забезпечення ефективного оперативного планування роботою станції у стислих умовах. У цьому випадку, завдання комбінаторної оптимізації може включати наступні аспекти:

1. Оптимізація порядку розформування поїздів.
2. Розподіл ресурсів на сортувальній станції.
3. Планування роботи маневрових локомотивів.
4. Планування місцевої роботи.

5. Рішення задачі комбінаторної оптимізації для мінімізації операційних витрат: Моделювання задачі з урахуванням усіх вищевказаних факторів та пошук найкращої комбінації та розкладу виконання операцій для досягнення мінімальних операційних витрат та максимізації продуктивності технічної станції.

Таким чином для вирішення цієї проблеми необхідно автоматизувати процес оперативного планування роботи станції. Отже постає задача комбінаторної оптимізації, де потрібен облік великої кількості змінних та обмежень для досягнення оптимальних результатів. Вирішення даної задачі за допомогою методів комбінаторної оптимізації повинно значно підвищити ефективність функціонування технічних станцій в умовах планового виключення або раптового виходу з ладу певних виробничих ресурсів станції, раптової зміни вагонопотоків тощо.

Очікується, що результати цього дослідження сприятимуть збільшенню ефективності та надійності залізничного транспорту в Україні як в умовах відмов елементів транспортної системи так і в умовах виконання планових ремонтних робіт.

[1] Leidecker, J. K., Bruno, A. V. Identifying and using critical success factors. *Long range planning*. 1984. 17(1). p. 23–32.

УДК 656.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ НА ОСНОВІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF MARSHALLING YARDS BASED ON AUTOMATION OF CONTROL PROCESSES

Т.М. Партика, канд. техн. наук В.М. Прохоров

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

T.M. Partyka, V.M. Prokhorov, PhD (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Сортувальні станції відіграють важливу роль в ефективності та надійності залізничних систем. Процеси сортування вагонів та переформування поїздів на сортувальних станціях потребують високої координації та ефективності. Впровадження автоматизації в управлінні цими процесами та оптимізація підсистеми переформування поїздів з метою зменшення витрат вагоно-годин є перспективним напрямом для оптимізації залізничних операцій [1].

Метою даного дослідження є удосконалення технології роботи сортувальних станцій на основі автоматизації процесів керування та оптимізації підсистеми переформування поїздів з метою зменшення витрат вагоно-годин.

Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання:

1. Вивчення існуючих методів та технологій, що застосовуються на сортувальних станціях та в управлінні сортуванням та переформуванням поїздів.

2. Розробка інтегрованих систем автоматизації управління та оптимізації підсистеми переформування поїздів, які сприяють більш ефективному сортуванню вагонів та переформуванню поїздів, а також зменшенню витрат вагоно-годин.

3. Застосування сучасних методів комбінаторної оптимізації, таких як методи гілок та границь для знаходження оптимальних планів переформування поїздів з урахуванням зменшення витрат вагоно-годин.

4. Аналіз ефективності та надійності нових технологічних рішень на практиці з використанням сортувальних станцій та порівняння з існуючими практиками.

Очікується, що результати даного дослідження дозволять розробити та впровадити нові технології та системи автоматизації на сортувальних станціях, що в кінцевому підсумку призведе до збільшення продуктивності, зниження операційних витрат та підвищення надійності залізничних операцій, особливо щодо зменшення витрат вагоно-годин.

Результати даного дослідження можуть бути широко застосовані на сортувальних станціях та в залізничній логістиці для автоматизації процесів керування та оптимізації підсистеми переформування поїздів. Це сприяє більш ефективній та надійній роботі залізничних станцій та зниженню витрат вагоно-годин.

Удосконалення технології роботи сортувальних станцій на основі автоматизації процесів управління повинно в першу чергу вирішити задачу оптимізації управління підсистемою розформування/формування поїздів з метою зменшення витрат вагоно-годин. Розробка та впровадження інтегрованих систем автоматизації та оптимізації процесів управління сприяють підвищенню ефективності та надійності сортування та переформування поїздів та створюють потенціал для більш ефективної експлуатації залізничної інфраструктури та рухомого складу.

[1] Бутько Т.В., Прохоров В.М., Чехунов Д.М. Технологія інтелектуального управління сортувальною станцією на основі багатоцільової оптимізації із використанням генетичних алгоритмів. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2018. №4. С.45–55.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ
ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ МІСЦЕВОЇ
РОБОТИ**

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF RAILWAY TECHNICAL STATIONS
BY OPTIMISING LOCAL OPERATIONS**

*Д.О. Спиридонов, канд. техн. наук В.М. Прохоров
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*D.O. Spiridonov, V.M. Prokhorov, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Залізничний транспорт в Україні має вирішальне значення як для національної, так і для міжнародної економіки, зокрема через транзитний статус країни. Розвиток залізничної галузі вимагає швидких програм реформ та впровадження міжнародних стандартів управління. Децентралізація управління є одним із ключових напрямків розвитку залізничної системи України, що сприяє підвищенню ефективності та конкурентоспроможності. Однак це також ставить перед нами завдання з оптимізації роботи залізничних технічних станцій, зокрема, сортувальних.

Технічні станції є ключовими складовими системи вантажних залізничних перевезень, і ефективність їх роботи визначає рівень обслуговування клієнтів, конкурентоспроможність та прибутковість залізниць [1]. Оптимізація місцевої роботи на технічних і зокрема на сортувальних станціях набуває великої актуальності в умовах сучасного розвитку транспортної галузі.

Сучасні технології та математичні методи, зокрема, генетичні алгоритми, нечітка логіка, байєсові мережі, дозволяють створювати якісні моделі обробки інформації на сортувальних станціях. Ці моделі враховують основні складові технологічних процесів станції і дозволяють генерувати оптимальні оперативні плани роботи станцій в графічному вигляді. Вони враховують обмеження ресурсів та здатні формувати раціональні плани навіть в умовах виконання ремонтних робіт та закриття колій.

Реалізація принципів цифрової трансформації управління сортувальними станціями сприяє підвищенню ефективності, надійності та рівня обслуговування. Використання математичних моделей дозволить генерувати якісні управлінські рішення в умовах варіативності завдань. В цілому, оптимізація місцевої роботи на технічних станціях за рахунок впровадження технологій цифрової трансформації процесів управління та їх автоматизації на основі використання сучасних математичних підходів стане ключовим чинником для покращення функціонування залізничної системи України та підвищення її конкурентоспроможності на ринку транспортних послуг.

[1] Prokopov, A., Prokhorov, V., Kalashnikova, T., Golovko, T., Bohomazova, H. Constructing a model for the automated operative planning of local operations at railroad technical stations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2021. 3 (3 (111)), 32–41.

УДК 656.2

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

INCREASING THE LEVEL OF INTEROPERABILITY WHEN PERFORMING CONTAINER TRANSPORTATION

Є.О. Тищенко, канд. техн. наук В.М. Прохоров

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

Ye.O. Tyshchenko, V.M. Prokhorov, PhD (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Сучасний розвиток залізничних контейнерних перевезень в Україні та в усьому світі стоїть перед рядом суттєвих викликів та можливостей. Один з головних викликів полягає в тому, що залізничні перевезення поступаються ринковим дорожнім і морським перевезенням через проблеми, пов'язані з часом і вартістю навантаження та розвантаження, обмежуючи використання залізничного транспорту. Перевезення вантажів залізницею стає економічно доцільним лише для повністю завантажених поїздів та перевезення певного виду вантажів.

З метою вирішення цих проблем та підвищення ефективності залізничних контейнерних перевезень пропонується впровадження сучасних технічних засобів, включаючи інноваційну технологію MetroCargo.

MetroCargo – це інноваційна система, призначена для автоматизації процесу завантаження та розвантаження контейнерів на залізничному транспорті [1]. Ця система дозволяє суттєво прискорити процес переміщення вантажів та контейнерів, скоротивши час обробки кожної одиниці вантажу до всього 3 хвилин. Більше того, вона дозволяє впровадити сучасні технології в інфраструктуру залізниць, не вимагаючи технічних змін у вагонах та вантажах.

Впровадження технології MetroCargo надає можливість переглянути та покращити організацію залізничних контейнерних перевезень в Україні. Це дозволяє створити сучасну, автоматизовану та високоефективну систему логістики, яка здатна мережувати існуючу інфраструктуру, включаючи традиційні термінали.

Така інтеграція сучасних технічних рішень, включаючи MetroCargo, надає нові можливості для зниження часу вантажних поїздів до менш ніж 40 хвилин, що робить залізничні перевезення більш конкурентоспроможними. Ця

стратегія також сприяє скороченню шкідливого впливу на довкілля та підвищенню безпеки транспортування вантажів.

Таким чином, дослідження розглядає перспективи та переваги організації залізничних контейнерних перевезень в Україні з урахуванням впровадження сучасних технічних засобів, з особливим упором на інноваційну технологію MetroCargo.

[1] Пархоменко Л. О., Калашнікова Т. Ю., Прохоров В. М. Підвищення інтеперабельності залізничної транспортної системи України при здійсненні інтермодальних контейнерних перевезень на основі технології Metrocargo™. The 4th International scientific and practical conference “Innovations and prospects of world science” (December 1-3, 2021) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2021. С. 312–317.

УДК 656.22

УДОСКОНАЛЕННЯ КРОС-КОРДОННИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ ЛОГІСТИКИ СПІЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

IMPROVING CROSS-BORDER TRANSPORTATION OF GRAIN CARGO BASED ON THE PRINCIPLES OF SHARING LOGISTICS

*Докт. техн. наук, професор, А.В. Прохорченко, магістр Б.О. Панов
магістр М.І. Кулик
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr. Sc (Tech.), Professor A.V. Prokhorchenko, masters B.O. Panov
masters M.I. Kulik
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В умовах широкомасштабного російського військового вторгнення в Україну, що призвело до блокування морських портів, управління перевезеннями зернових вантажів набуває критичного значення. Це призвело до необхідності переспрямування експорту зернових вантажів на сухопутні прикордонні переходи з країнами ЄС та Молдовою, що в свою чергу призвело до серйозних транспортних викликів [1]. Затори та затримки в залізничних прикордонних пунктах стали суттєвою проблемою через неузгодженість формування поїздів з групових та відмови іноземних перевізників брати участь у змішаних вантажних перевезеннях. Додатково, несистематизоване утворення составів призводило до непередбачуваних заторів та затримок. Одним із перспективних напрямків удосконалення крос-кордонних залізничних перевезень зернових вантажів може бути впровадження системи заздалегідь узгодженого формування составів поїздів з вагонів різних власників. Це дозволить враховувати місця призначення та забезпечить проходження всіх видів контролю на кордоні, що сприятиме уникненню непередбачуваних перешкод. Ефективні підходи вже застосовуються в автомобільному та

авіаційному транспорті, де принципи логістики спільного користування (англ., sharing logistics) [2, 3] дозволяють ефективно керувати перевезеннями невеликих партій вантажів. Імплементация подібних підходів в залізничному транспорті України може суттєво покращити ефективність та надійність перевезень зернових вантажів в умовах військового стану.

Для вирішення поставленої задачі в роботі проаналізовано перевезення вантажів різними видами транспорту на основі принципів логістики спільного користування [3]. Для удосконалення крос-кордонних перевезень вантажів вагонними і груповими відправками запропоновано удосконалити оптимізаційну математичну модель, що дозволяє виконати розв'язок задачі синхронізації відправлення відправок з режимом роботи і завантаженістю прикордонного залізничного переходу. Отримані результати дозволяють покращити якість планування вантажних перевезень. В роботі для практичної реалізації запропоновано вимоги до Системи Підтримки Прийняття Рішень (СППР) [4], що дозволить використовувати запропонований програмний продукт у взаємодії з АС "Месплан".

[1] Ministry of Economy of Ukraine & Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2023, April 10). The 6th edition of Agricultural export portfolio of Ukraine. <https://minagro.gov.ua/en/investoram/eksportne-portfolio>

[2] JSC Ukrzaliznytsia. (2021). The procedure for directing wagon flows and organizing them into freight trains for 2021-2022 (train formation plan). https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/general_information/formuvannia/

[3] DHL. (2017). Sharing economy logistics. Rethinking logistics with access over ownership. <https://www.dhl.com/discover/content/dam/dhl/downloads/interim/preview/updates/dhl-trend-report-sharing-economy-preview.pdf>

[4] Dotoli, M., Epicoco, N., Falagario, M., Seatzu, C., & Turchiano, B. (2016). A decision support system for optimizing operations at intermodal railroad terminals. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 47(3), 487-501.

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ПРИКОРДОННОГО ПУНКТУ ПРОПУСКУ НА ОСНОВІ ВСТАНОВЛЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЗЕРВІВ ЧАСУ У ГРАФІКУ РУХУ ПОЇЗДІВ

IMPROVEMENT OF THE OPERATION OF THE RAILWAY BORDER CROSSING POINT THROUGH THE ESTABLISHMENT OF RATIONAL TIME RESERVES IN THE TRAIN SCHEDULE

*Канд. техн. наук, доцент, Г.О. Прохорченко, магістр П.С. Бринзова
бакалавр Д.Д. Серєда
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Tech.), Associate Professor H.O. Prokhorchenko, masters P.S. Brinzova
Bachelor's D.D. Sereda
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В умовах значного зростання попиту на перевезення через залізничні прикордонні переходи з причини широкомасштабної війни в Україні невідкладною потребою є удосконалення роботи залізничних прикордонних пунктів пропуску [1,2]. Збільшення в десятки разів обсягів руху поїздів через західні прикордонні переходи призвело до серйозних проблем, таких як перевантаження, утворення черг вагонів перед кордоном, а також надзвичайне збільшення ризику виникнення збоїв при русі поїздів. Однією з ключових проблем є відсутність ефективних методів підвищення надійності руху поїздів на дільницях крос-кордонних перевезень. Можливість встановлення раціональних резервів часу у діючі графіки руху поїздів є одним із шляхів вирішення цієї проблеми. Встановлення резервів часу дозволить компенсувати затримки та покращити надійність руху поїздів, особливо в умовах великого попиту та можливих перешкод, що виникають в умовах війни.

Для розв'язку поставленої проблеми в роботі використано методи імітаційного моделювання для аналізу та визначення поширення затримок на дільниці [3]. Математична модель, що розроблена для моделювання затримок поїздів на прикордонному переході, дозволяє встановити раціональні резерви часу у графіку руху поїздів для компенсації виникнення первинних і вторинних затримок поїздів та підвищити надійність руху при крос-кордонних перевезеннях. Обмеження математичної моделі враховує інфраструктуру та станційні і міжпоїзні інтервали на прикордонній дільниці. Окрема увага приділяється аспектам безпеки, зокрема руху поїздів з небезпечними вантажами [4]. Запропоновані раціональні резерви для цього типу поїздів можуть допомогти зменшити ризик виникнення надзвичайних ситуацій та збоїв.

Отримані результати мають практичне значення, особливо в умовах складної ситуації на кордоні, і може слугувати основою для впровадження

нових стратегій та підходів у плануванні та управлінні рухом поїздів на прикордонних переходах.

[1] У жовтні черга у напрямку західних прикордонних переходів скоротилася на майже 900 вагонів. Rail.insider. URL: <https://www.railinsider.com.ua/u-zhovtni-chergha-u-napryamku-zahidnyh-prykordonnyh-perehodiv-skorotylasya-na-majzhe-900-vagoniv/>

[2] Постанова № 751 Про затвердження Положення про пункти пропуску через державний кордон та пункти контролю: Кабінет Міністрів України від 18 серпня 2010 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/751-2010-%D0%BF#Text>

[3] Butko T., Prokhorchenko A., Golovko T., Prokhorchenko G. Development of the method for modeling the propagation of delays in non-cyclic train scheduling on the railroads with mixed traffic. Східноєвропейський журнал передових технологій. 2018. Вип. 3(91). С. 30-40.

[4] Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail (RID): веб-сайт. URL: https://otif.org/fileadmin/user_upload/otif_verlinkte_files/07_veroeff/99_geschuetzt/RID_2015_e/RID%202015%20E.pdf

**УДОСКОНАЛЕННЯ СКЛАДАННЯ ГРАФІКА РУХУ ПОЇЗДІВ НА
ДІЛЬНИЦІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ПУНКТУ ПРОПУСКУ**

**IMPROVEMENT OF TRAIN SCHEDULE PLANNING ON THE
RAILWAY CROSSING SECTION**

*Канд. техн. наук, доцент, Г.О. Прохорченко,
магістр Н.І. Мануйлович, магістр А.Ю. Капустянська
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Tech.), Associate Professor H.O. Prokhorchenko,
Masters N.I. Manuilovych, masters A.Yu. Kapustianska
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

З початком повномасштабного вторгнення в Україну та зміною напрямку основних експортних напрямків на залізничному транспорті особливої актуальності набуває питання удосконалення складання графіка руху поїздів на дільницях залізничних пунктів пропуску.

Залізничний транспорт є ключовим для перевезення великих обсягів вантажів, особливо в контексті міжнародного транзиту через Україну. При здійсненні вантажних експортних перевезень до країн Європейського Союзу виникає ряд проблем, серед яких різні рівні технічної інтеперабельності залізничних систем, які можуть ускладнювати залізничні перевезення та вимагати додаткових зусиль для вирішення технічних аспектів, різниця в рівні розвитку залізничної інфраструктури та різноманітність обладнання, зокрема, різна ширина колії, а також складнощі, пов'язані з митними процедурами, інспекціями та логістикою на кордонах, які можуть впливати на ефективність та швидкість залізничних перевезень.

Одним із способів, що дозволить знизити вплив цих чинників на ефективність перевезення, є удосконалення складання графіка руху поїздів на дільниці залізничного пункту пропуску за допомогою використання методів мультиагентної оптимізації при складанні графіка руху поїздів [1,2]. Для цього проведено аналіз існуючої процедури розробки графіка руху поїздів, виявлено недоліки, які можна усунути за допомогою автоматизованого складання графіка руху. Запропоновано математичну модель складання графіка руху на дільниці залізничного пункту пропуску, вирішення якої запропоновано з використанням методу мультиагентної оптимізації. Це дозволить покращити якість складання графіка руху поїздів, знайти оптимальний розподіл поїздів на дільниці залізничного пункту пропуску, зменшити час простою поїздів на цих дільницях, що дозволить залізничним перевезенням збільшити конкурентоспроможність.

Загалом, удосконалення системи складання графіка руху поїздів на залізничних дільницях в Україні має велике значення для підвищення

ефективності транспортування, забезпечення безпеки, економії ресурсів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

[1] Бутко Т. В. Формування процедури автоматизації розробки графіку руху поїздів на основі алгоритму штучних бджолиних колоній / Т. В. Бутко, Г. О. Прохорченко // Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Транспортні системи та технології перевезень. - 2015. - Вип. 9. - С. 10-15. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpdnu_tstp_2015_9_4.

[2] Гуцул Т. В. Огляд існуючих методів мультиагентної оптимізації / Т. В. Гуцул // Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; відп. ред. М. М. Осетрін. - Київ : КНУБА, 2016. - Вип. 60. - С. 99-105. - Бібліогр. : 9 назв.

УДК 656.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВЗАЄМОДІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З МОРСЬКИМ ПОРТОМ

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF INTERACTION BETWEEN RAIL TRANSPORT AND THE SEAPORT

***М. Кудзієв, Д. Овсянніков, канд. техн. наук Л. Пархоменко**
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***M. Kudziev, D. Ovsyannikov, PhD (Tech.) L. Parkhomenko**
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В умовах ринкових відносин перед транспортними системами актуалізуються жорсткі вимоги щодо прискорення доставки вантажів і мінімізації витрат на транспортування [1]. Між виробником вантажу та його споживачем створюється складна система транспортних взаємовідносин, яка покликана забезпечувати високий рівень якості транспортного обслуговування вантажовласників.

У таких умовах можна спостерігати збільшення мультимодальних і змішаних вантажних перевезень, що позитивно впливає на оптимізацію доставки за рахунок зниження дисбалансу між різними видами транспорту в межах одного мультимодального транспортного ланцюга, при забезпеченні потреб економічного зростання та сталого розвитку[2].

Особливе місце в мультимодальних логістичних ланцюгах посідає морський і залізничний транспорт, оскільки їхня синергетична взаємодія дає змогу обслуговувати як споживачів усередині країни, так і за її межами [3]. Однак, як і будь-яка інша транспортна система, ланцюг "залізниця - водний транспорт" характеризується імовірнісним типом функціонування, є стохастичним і складається з елементів (різних вантажів, видів транспортних засобів, об'єктів інфраструктури та інших), системна взаємодія яких вивчена ще недостатньо ретельно в контексті безлічі підходів до вирішення транспортних задач.

Однак в умовах посилення глобалізаційних процесів, які передбачають необхідність укрупнення суб'єктів транспортної діяльності, питання розвитку їхньої взаємодії потребують регулярного перегляду та оновлення.

Отже, з урахуванням наведеного, потрібно реалізувати комплекс заходів які суттєво дозволять покращити організацію залізничних перевезень в умовах мультимодальних перевезень.

Об'єктом дослідження потрібно розглядати транспортну систему перевезення вантажів залізничним і морським транспортом. Під транспортною системою розглядаємо технологічно узгоджений комплекс організаційних транспортних структур і технічних пристроїв із переробки та переміщення вагонопотоків, об'єктами якого є опорна сортувальна станція, припортові вантажні станції та термінали морського порту. Оптимізація основних конструктивно-технологічних параметрів зазначеної системи дасть змогу підвищити ефективність її функціонування і знизити непродуктивні простой парку вагонів і портової інфраструктури.

[1] Про мультимодальні перевезення [Електронний ресурс] Закон України від 17.11.2021 № 1887-IX, — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text> (дата звернення: 06.11.2022). — Назва з екрана.

[2] Intermodal Transport: Comparison Between USA and Europe Research Paper URL: <https://ivypanda.com/essays/intermodal-transport-comparison-between-usa-and-europe/> (Дата звернення 10.11.2023)

[3] Закону про мультимодальні перевезення: №1887-ІХХ 17.11.21р. / Верховна Рада України, — Режим доступу: [Про мультимодальні перевезення | від 17.11.2021 № 1887-IX \(rada.gov.ua\).](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text)

УДК 656.2

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ В УМОВАХ ПОТЕНЦІЙНИХ РИЗИКІВ ТА ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

ORGANIZATION OF THE SORTING STATION OPERATION IN CONDITIONS OF POTENTIAL RISKS AND TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS

*Ю. Твердохліб, Д. Шатунов, канд. техн. наук Л. Пархоменко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Y. Tverdokhlib, D. Shatunov, PhD (Tech.) L. Parkhomenko
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Обсяги перевезення небезпечних вантажів транспортом в країнах світу постійно зростає. В Україні збільшилось останні два роки кількість перевезень небезпечних вантажів залізничним транспортом. Понад 65% часу обігу вантажних вагонів, включаючи ті, що перевозить небезпечні вантажі, витрачається на сортувальних станціях. Крім того, на сортувальних станціях здійснюють технічні операції з небезпечними вантажними вагонами, що підвищує ризик виникнення аварій. Це означає, що сортувальні станції є

об'єктами підвищеної небезпеки, які одночасно можуть обробляти вагони з різними типами вантажу у значних кількостях.

Підвищений рівень небезпеки при обробці вагонів з такими вантажами пов'язаний не лише з аварійністю, але й з великими масштабами екологічної катастрофи. Сортувальні станції зазвичай розташовані неподалік від мегаполісів або великих промислових центрів, і вони важливі для залізничної інфраструктури. Вихід з ладу таких станцій може суттєво ускладнити роботу всієї залізничної мережі.

Наразі рівень використання інформаційних технологій управління сортувальними станціями не дозволяє відмовитися від традиційної технології оперативного управління. Вироблення та прийняття управлінських рішень залишається відповідальністю керівного персоналу станцій. При такому підході потрібно щоб маневровий диспетчер був з значним досвідом роботи з небезпечними вантажами, проте це не виключає можливості людських помилок. При цьому, недостатнє оперативне планування може призвести не лише до збільшення ймовірності аварій з небезпечними вантажами, але й до заторів і порушень на станції, що може призвести до збільшення часу перебування вагонів на сортувальних станціях.

Отже, впровадження сучасних автоматизованих систем управління, зокрема інтелектуальних, для оптимізації технічно високорозвинених підсистем залізничної системи, таких як сортувальні станції, є насущною потребою. Ефективне планування роботи на сортувальних станціях є однією з ключових задач оперативного управління у системі вантажних залізничних перевезень. Це включає не лише розробку планових обсягів робіт з формування або розформування поїздів, обробки місцевих вагонів, але й забезпечення виконання всіх цих операцій з мінімальними експлуатаційними витратами та високим рівнем технологічної безпеки. Іншими словами, важливим аспектом при створенні інтелектуальної системи є здатність ефективного управління ризиками.

Для цього потрібно розглянути існуючі математичні моделі, на основі яких можливо розробити інтелектуальну систему управління операційною діяльністю залізничного сполучення. Яка буде спрямована на мінімізацію загальних експлуатаційних витрат та скорочення ризику під час формування та розформування поїздів, які включають вагони з небезпечними вантажами. Також важливо, щоб ця система забезпечувала безпечне виконання технологічних операцій з вантажами на території залізничної станції.

[1] Бутко, Т. В., Прохоров В. М., Чехунов, Д. М. Формалізація технології переробки вагонопотоків із небезпечними вантажами на сортувальній станції на основі експозиції ризику [Текст] / Д. М. Чехунов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2018. – № 2. – С. 18–22.

[2] 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 / Д. М. Чехунов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2018. – № 1. – С. 35–41.

**РОЗВИТОК МЕТОДОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ В
ПРИМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ**

**DEVELOPMENT OF PASSENGER FLOW RESEARCH METHODOLOGY
IN SUBURBAN COMMUNICATION ON RAILWAYS OF UKRAINE**

*Канд. техн. наук Д.В. Константінов¹, Professor Thierry Horsin²,
магістранти П.В. Коваленко¹, І.І. Марченко¹*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Conservatoire national des arts et métiers (France)

*PhD (Tech.) D.V. Konstantinov¹, Professor Thierry Horsin²,
masters P. Kovalenko¹, I. Marchenko¹*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Conservatoire national des arts et métiers (France)

Процеси розвитку будь-якої системи, які пов'язані з модернізацією або впровадженням нової технології, техніки, мають загальні властивості. Відповідно і приміський залізничний транспорт слід розглядати у взаємному зв'язку із зовнішнім середовищем. Вирішення завдань такого класу доцільно виконувати саме за допомогою системного підходу. Система приміських пасажирських перевезень є складною при дослідженні, оскільки містить велику кількість компонентів, які перебувають в різних зв'язках. Компонентами цієї системи є пасажирів різних соціальних груп, транспортні засоби, об'єкти інфраструктури, фінансові потоки, інформаційні потоки і ін. У зв'язку з вищезазначеним, до дослідження системи організації приміських пасажирських перевезень слід підходити з позицій системного аналізу.

Одним із аспектів вдосконалення організації пасажирського приміського руху є проблема визначення оптимальної кількості відправлення поїздів та кількість вагонів. Проблема оптимізації приміського руху є складним багатоваріантним завданням, вирішення якого має враховувати інтереси пасажирів і залізниць. Кількість відправлень може бути визначено по мінімуму витрат вагоногодин, або по мінімуму сумарних витрат на організацію руху [1].

Удосконалення організації приміських пасажирських перевезень вимагає створення єдиних критеріїв оцінки різноманітних факторів, які характеризують ці перевезення. Особливо вони необхідні при знаходженні оптимальних рішень організації перевезень пасажирів з використанням математичних методів і ЕОМ, які потребують формалізації поставлених завдань. Для цього потрібно проаналізувати раціональність відправлення приміських поїздів в певний час, з певним інтервалом руху та певним складом.

Відповідно досліджень залежність ймовірності переваги залізничного транспорту від пасажиромісткості приміського електропоїзда збільшується в ранішні та вечірні пікові періоди і сягає від 60 до 70 %, а в періоди ранішнього

та вечірнього спаду навпаки зменшується і може коливатися від 29 до 45 %, залежно від пасажиромісткості транспортного засобу [2].

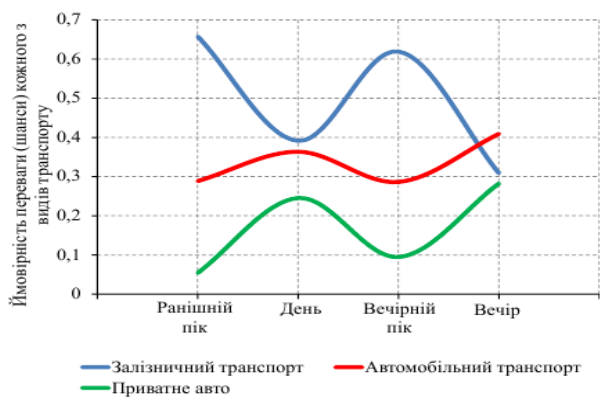


Рисунок 1 – Залежність ймовірності надання пасажиром переваги кожному з видів транспорту (шанси виду транспорту) від періоду доби

Отже ймовірність переваги залізничного транспорту припадає на ранішній та вечірній період пік, а в період ранішнього та вечірнього спаду навпаки, ймовірність переваги зменшується на користь транспортної системи з більшою швидкістю доставки пасажирів, з меншим часом обслуговування, яка задовольнила б вимоги пасажирів до транспортного обслуговування [2].

У конкурентному середовищі на ринку транспортних послуг підвищується рівень автомобілізації населення, що призводить до підвищення вимог до громадського транспорту. Тому для того щоб залишатись конкурентоспроможним видом транспорту, необхідно в повній мірі задовольняти потреби пасажирів при перевезенні, а також підвищувати якість обслуговування.

[1] Мироненко В. К. Використання натурних досліджень і математичних методів для вдосконалення організації приміських пасажирських перевезень [Текст] / В. К. Мироненко, В. В. Габа, Т. М. Грушевська // Залізничний транспорт України. – 2014. – № 2. – С. 3 – 8.

[2] Грушевська Т.М. Удосконалення організації залізничних приміських перевезень при транспортному обслуговуванні великих міст. К.: ДЕТУТ, 2015.

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

IMPROVING THE ORGANIZATION OF RAIL PASSENGER TRANSPORTATION

*Prof., Dr. hab. Inz. Franciszek Tomaszewski¹,
магістранти Л.В. Кучеренко², О.О. Григор`єва², М.П. Суфан²*

¹Poznan University of Technology (Poland)

²Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*Prof., Dr. hab. Inz. Franciszek Tomaszewski¹,
Masters L. Kucherenko², O. Grygorjeva², M. Sufan²*

¹Poznan University of Technology (Poland)

²Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

В умовах інтеграції України до ЄС посилюється конкурента боротьба з головним конкурентом з перевезення пасажирів – автотранспортом. Так як примусити пасажирів обирати саме залізничний транспорт ми не можемо тому потрібно покращувати послуги які надає АТ «Укрзалізниця». Для забезпечення високої якості та ефективності пасажирських перевезень потрібна розробка, системна реалізація та впровадження різних заходів. Важливим аспектом для вдосконалення є впровадження засобів логістичного управління перевезенням пасажирів. А тому одним з найважливіших питань стає швидкість перевезення.

Одним із основних напрямків удосконалення організації пасажирських перевезень є розвиток швидкісних сполучень між великими містами, покращення технологій в експлуатації пасажирського рухомого складу, а також формування раціональної мережі маршрутів швидкісних перевезень в Україні.

На даний час, в умовах військового стану та розвитку міжнародних взаємовідносин, збільшився попит на міжнародні пасажирські перевезення. Це також потребує особливої уваги, так як сполучень і поїздів, які курсують між Україною та сусідніми країнами Європи поки що небагато. Треба розширювати географію міжнародних сполучень з Європейськими партнерами, враховуючи державну програму євроінтеграції.

Сучасна організація перевезень та поїздоутворення з урахуванням схем та композицій составів має ряд недоліків, головним з яких є недостатня адаптація до умов транспортного ринку. У зв'язку з цим сьогодні виникає необхідність розвитку гнучких технологій у системі поїздоутворення на базі прогнозування пасажиропотоків, які згідно аналізів ринку транспортних послуг мають різні фактори нерівномірності – сезонна, місячна, тижнева, нерівномірність погодинна та ефект збільшення святкового попиту. Це дозволить на основі досліджень і систематизації даних корегувати схеми та композиції составів на оптимальний розрахунковий період [1].

На сьогоднішній день на залізницях України впровадження сучасних високошвидкісних перевезень за прикладом країн західної та центральної Європи є найбільш перспективним напрямком розвитку. Це сприятиме збільшенню пасажиропотоків та прибутків, але потребує набагато більшої уваги і зусиль, особливо в питанні технології експлуатації. В умовах військового стану змінені графіки курсування, вимушено кореговані напрямки прямування та складність у виконанні задач оперативного управління обмежують можливості гнучкої експлуатації, що дозволила би ефективно використовувати транспортні ресурси.

Тому впровадженням високошвидкісного руху потребує першочергового розвитку вітчизняних швидкісних перевезень з використанням маркетингових та логістичних підходів. Це в свою чергу потребує переходу від інформаційних до інформаційно-аналітичних систем управління, важлива роль в яких належить взаємозв'язку маркетингових та логістичних досліджень. При цьому логістичні підрозділи, що можуть оцінювати маркетингову інформацію про реальний попит, можуть і забезпечувати логістичну пропозицію в наданні транспортних послуг [2].

Мінімальні витрати на перевезення можуть бути досягнуті, якщо ввести для кожного поїзда відповідну оцінку. Оскільки зараз швидкості пасажирських поїздів суттєво не відрізняються, то як порівняльну оцінку можна прийняти час прямування поїзда в одному напрямку із врахуванням середнього простою в пунктах обороту.

Тоді умовні витрати будуть мати вигляд цільової функції [3]:

$$z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (C_i^{nj} x_i^j + C_i^{Bj} y_i^j) \alpha_n \rightarrow \min, \quad (3.9)$$

де C_i^{nj} , C_i^{Bj} – умовні оцінки поїздів відповідно, які прибувають на головну станцію і відправляються з головної станції;

α_n - коефіцієнт нерівномірності руху, що враховує різні фактори впливу та відображає фактичні обсяги перевезень.

Отже, найбільш логічною подальшою перспективою для розвитку пасажирських перевезень на залізничному транспорті в Україні є розширення мережі швидкісних маршрутів експлуатації поїздів категорії ІС+ та ІС. В подальшому доцільно розвивати маркетингово-логістичне управління швидкісним рухом, ефективна реалізація якого дозволить підвищити якість обслуговування пасажирів, збільшити доходи від пасажирських перевезень, знизити експлуатаційні витрати. І в подальшому проаналізувати напрямки підвищеного попиту, які приносять найбільші доходи, для впровадження високошвидкісного руху.

[1] Константинов Д.В. Дослідження сучасних пасажирських перевезень залізничним транспортом України. / Д.В. Константинов, Л.В. Коновалюк // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту, випуск 145.- 2014.- с.24-28.

[2] Шандер О.Е. Удосконалення організації залізничних швидкісних пасажирських перевезень в умовах коливання пасажиропотоків / О.Е. Шандер, Д.Б. Ярмак, О.Ю. Федоренко // Інформаційно-керуючі системи на

залізничному транспорту : тези стендових доповідей та виступів учасників 34-ї міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті" (Харків, 29 жовтня, 2021 р.). – 2021. – Т. 26 № 3 (додаток). – С. 32.

[3] Грушевська Т.М. Організація високошвидкісних перевезень в умовах реформування залізничного транспорту. Залізничний транспорт України. 2013. №1. С. 16 – 19

УДК 656.078

ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF INTERNATIONAL TRANSPORTATION ON RAILWAYS OF UKRAINE

*Канд. техн. наук Д.В. Константінов, магістранти Є.В. Сергієнко,
О.С. Лисенко, П.В. Саул*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*D. Konstantinov PhD (Tech.), masters Ye. Sergienko, O. Lysenko, P. Saul
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В сучасних умовах воєнного стану, на жаль, залізничний транспорт України зазнає деяких проблем у сфері міжнародних перевезень, серед яких найбільш поширеними є:

1. Інфраструктура. Загострюються проблеми виконання перевізного процесу через технічну несумісність а також відмінність у стандартах та нормах експлуатації залізничної інфраструктури. Стан колійного господарства, штучних споруд та пристроїв може призводити до обмежень у швидкості руху поїздів та загальної надійності перевезень.

2. Тарифи та вартість перевезень. Тарифна політика і вартості перевезень українськими залізницями відмінні порівняно з сусідніми європейськими країнами, що зменшує привабливість та конкурентоспроможність українського залізничного транспорту на європейському ринку.

3. Бюрократичні процедури. Складність та тривалість процедур оформлення документів для міжнародних перевезень суттєво ускладнюють та уповільнюють процес здійснення вантажних або пасажирських перевезень.

4. Міжнародне співробітництво. Відомою проблемою міжнародних перевезень в західному напрямку для України є різниця стандартів колії та норм експлуатації рухомого складу порівняно з іншими країнами, що ускладнює взаємодію, узгодження та координацію міжнародних перевезень.

Враховуючи зазначені проблеми в сучасних умовах необхідним є першочергове вирішення проблеми прискорення просування міжнародних поїздів залізницями України. Вирішення цього завдання потребує винайдення раціональних рішень щонайменше у двох напрямках – удосконалення технологічного процесу організації передачі міжнародних поїздів за кордон на

прикордонних передавальних станціях та розробки заходів підвищення ефективності планування маршрутів просування міжнародних составів. Вирішення першого завдання пов'язане з необхідністю перегляду технологічного процесу роботи окремої передавальної станції та пошуком після цього можливих варіантів скорочення часу на технологічні операції, що складно здійснити без аналізу конкретної станції. Вирішення другого завдання є більш загальним і пов'язане з необхідністю формування оперативної системи розробки раціональних маршрутів прямування міжнародних транзитних поїздів.

Можливі варіанти вирішення задачі визначення оптимального маршруту прямування з найменшими витратами часу на рух залежать від багатьох факторів, але серед них можна виділити два основні параметри – резерв пропускної спроможності відповідно до графіку руху поїздів (ГРП) деякої дільниці ΔN^{AB} та витрати часу на прямування міжнародного транзитного поїзда по деякій дільниці А-В t_{jj}^{AB} враховані від моменту прибуття на деяку станцію А до моменту прибуття на деяку наступну станцію В, що враховує швидкість обробки поїзду по станції А, час очікування відправлення на В, особливості профілю дільниці А-В та середню можливу швидкість руху по дільниці [1].

Отже запропонована модель може розглядатися як система з двома входами $X(\Delta N^{AB}, t_{jj}^{AB})$ та одним дискретним виходом $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$, де $d_k (k = \overline{1, N})$ дискретні значення, що відповідають одному з рівнів прийняття рішень. Таким чином, задача розробки відповідних рішень полягає у виконанні відображення

$$X = (\Delta N^{AB}, t_{jj}^{AB}) \rightarrow D \in \{d_1, d_2, \dots, d_k\},$$

Впровадження на основі запропонованої моделі системи визначення оптимальних маршрутів прямування міжнародних поїздів дозволить покращити систему організації обслуговування міжнародного транзитного вагонопотоку з можливістю подальшого формування СППР у вигляді програмного комплексу на АРМ оперативних працівників. Це дозволить автоматизувати процес управління просуванням міжнародних поїздів залізницями України та скоротити терміни передачі їх за кордон, що в свою чергу дозволить сформуванню позитивний імідж залізниць України на ринку міжнародних транспортних послуг.

[1] Константінов Д.В. Удосконалення процесу просування міжнародних транзитних поїздів залізницями України / Д.В. Константінов, І.В. Чорна // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків, 2013. – №140. – С. 23 – 30.

**ЗАСОБИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ
ВАГОНОПОТОКАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ**

**IMPROVED TECHNOLOGY CONTROL OF CAR FLOW IN THE
ZALIZNICHNIC TRANSPORT OF UKRAINE**

*С.С. Михайлюта, канд. техн. наук Л.І. Рибальченко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*S.S. Mykhaylyuta, L.I. Rybalchenko, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of railway transport (Kharkiv)*

Засоби удосконалення технології управління вагонопотоками в сучасних умовах залізничного транспорту України відіграють важливу роль у підвищенні ефективності та оптимізації роботи. Нові виклики та вимоги сучасного ринку вимагають впровадження інноваційних рішень та технологій для ефективного управління порожніми вагонами [4].

Одним з ключових засобів удосконалення є використання сучасних інформаційних технологій. Завдяки автоматизованим системам моніторингу та аналізу даних, залізничні оператори зможуть отримати точну інформацію про рух порожніх вагонів, їх стан та доступність. Це дозволить забезпечити швидке прийняття рішень щодо розподілу та напрямку руху порожніх вагонів, що сприятиме зменшенню часу простою та забезпеченню оптимального використання ресурсів.

При розподілі порожніх вантажних вагонів між станціями залізниць необхідно враховувати такі фактори:

1. Попит на вантажні перевезення: аналіз потреби в порожніх вагонах на різних станціях залізниць відповідно до попиту на вантажні перевезення в цих регіонах.

2. Транспортні зв'язки: врахування географічного розташування станцій залізниць, транспортних зв'язків між ними та іншими регіонами, а також доступності залізничної інфраструктури для обслуговування вагонів.

3. Обсяги перевезень: аналіз обсягів вантажних перевезень на різних станціях залізниць для визначення потреби в порожніх вагонах.

4. Економічні фактори: врахування економічної доцільності розподілу вагонів між станціями залізниць, забезпечення оптимального використання ресурсів та мінімізація витрат на транспортування порожніх вагонів.

5. Регуляторні вимоги: дотримання законодавства та нормативних актів щодо розподілу вагонів між станціями залізниць, врахування правил та процедур, встановлених залізничними органами.

6. Планування та координація: встановлення ефективних механізмів планування та координації розподілу вагонів між станціями залізниць,

співпраця з різними структурами залізничного транспорту для оптимізації розподілу вагонів [1,2,3].

Ці фактори допоможуть забезпечити ефективний та економічно обґрунтований розподіл порожніх вантажних вагонів між станціями залізниць.

У виконанні перевізного процесу, який відбувається в мінливих умовах необхідно враховувати всі зазначені аспекти. З огляду на вплив людського фактору на прийняття рішень, є важливим автоматизувати цей процес, враховуючи всі релевантні аспекти. Це можна зробити шляхом розробки нових автоматизованих технологій або поліпшення існуючих.

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 // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Вып. 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

УДК 656.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

ENHANCING THE ORGANIZATION OF INTERNATIONAL PASSENGER TRANSPORTATION IN THE CONTEXT OF INTEROPERABILITY

*канд. техн. наук Є.В. Ходаківська, магістранти О.М. Гаврильченко,
І.В. Охмат, С.М. Писарєв
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Ye. Khodakivska PhD (Tech.), Master's students O. Havrylchenko,
I. Okhmat, S. Pisarev
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У сучасному світі розвиток транспортних систем та їх взаємодія стають ключовими аспектами глобальної економічної та соціокультурної інтеграції. Однак ефективність цього процесу значною мірою залежить від інтероперабельності міжнародних транспортних систем. Україна, як активний учасник світового транспортного співтовариства, стикається з викликами, пов'язаними з необхідністю удосконалення організації міжнародних пасажирських перевезень.

Однією з основних проблем, яка потребує вирішення, є забезпечення

інтероперабельності між різними транспортними системами. Для досягнення цієї мети необхідно впровадження вимірювань інтероперабельності, які дозволять оцінити ефективність взаємодії між різними компонентами транспортних систем, з урахуванням нестабільного коливання пасажиропотоку [1, 2].

З урахуванням результатів міжнародного досвіду в області вимірювання рівня інтероперабельності при взаємодії з різними міжнародними транспортними системами [3], розробка та використання моделі індексу інтероперабельності стає сучасним рішенням для вирішення проблеми підвищення взаємодії та налаштування елементів, які беруть участь в організації міжнародних пасажирських перевезень. Використання цієї моделі, за рахунок її простоти та можливості бути використаною в будь-якій галузі, дозволяє покращувати системи, забезпечуючи перехід від їхнього поточного рівня інтероперабельності до максимального можливого рівня. Модель індексу інтероперабельності також встановлює фреймворк для розробки стандартів, спрямованих на підвищення інтегрованості та сумісності в міжнародних пасажирських перевезеннях. Велика кількість міжнародних стандартів може призводити до збільшення витрат та менш ефективних операцій у цьому секторі. Використовуючи цю модель, можна оцінити придатність різних систем для інтеграції та співпраці. Наприклад, якщо модель індексу інтероперабельності вказує на високий рівень інтероперабельності для конкретного набору компонентів, це свідчить про велику ймовірність успішної інтеграції цих компонентів та уникнення великих витрат. Однією з найбільш критичних областей для вдосконалення у цій моделі та інших моделях вимірювання інтероперабельності є якість інтерфейсів або матриці обертання. У цьому випадку використовується концепція необхідності людського чи технічного перекладу між системами, відповідно до моделі i-score.

В моделі i-score всі пари елементів транспортних систем враховуються в матриці частот, незалежно від того, чи мають вони прямий чи непрямий зв'язок. Це означає, що при розрахунку загальної інтероперабельності доцільно надати однаковий ваговий коефіцієнт як прямим, так і непрямим зв'язкам між парами елементів транспортних систем. Такий підхід базується на припущенні, що будь-який вихід одиниці впливає на дохід наступної одиниці.

У свою чергу, можна вибрати між «взаємодіючими» та «взаємозв'язаними» системами в моделі інтероперабельності, де рішення залежить від того, чи враховувати прямі, чи непрямі зв'язки, призначаючи їм різні ваги. Однак, оскільки інтероперабельність фокусується на обміні, в першу чергу, інформацією у прямому контакті між декількома системами, термін «пряма взаємодія» може краще відображати суть для створення моделі вимірювання інтероперабельності. Важливо зазначити, що врахування лише прямих зв'язків має свою перевагу: в умовах паралельної або одночасної діяльності збільшується кількість непрямих зв'язків у обчисленнях, що може призводити до менш точних і складніших вимірювань.

- [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/npas/pro-shvalennya-nacionalnoyi-transportnoyi-strategiyi-ukrayini-na-period-do-2030-roku>. - (Дата звернення: 14. 11. 2023).
- [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: 14. 11. 2023).
- [3] Nayeypour, Mehdi. (2015). The interoperability index model: improving the i-score model for interoperability measurement. International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences. 4. 24. <https://www.researchgate.net/publication/309462049> THE INTEROPERABILITY INDEX MODEL IMPROVING THE I-SCORE MODEL FOR INTEROPERABILITY MEASUREMENT. - (Дата звернення: 18. 11. 2023).

УДК 656.2

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ІДЕЇ ОБ'ЄДНАННЯ
АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВАНТАЖНИМИ ТА
ПАСАЖИРСЬКИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ**

**IMPROVEMENT OF THE ORGANIZATION OF WORK OF RAILWAY
TRANSPORT OF UKRAINE ON THE BASIS OF THE IDEA OF
COMBINING AN AUTOMATED SYSTEM OF CONTROL OF FREIGHT
AND PASSENGER TRANSPORTATION**

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)

Результат аналізу залізничної транспортної системи України вказує на той факт, що переваги використання теорії систем, системного підходу неповною мірою увібрані проектами залізничного транспорту і це є резервом для підвищення ефективності діяльності товариства [1, 2]. При використанні системного підходу: переносяться методи прийняття рішень з одних галузей науки і техніки в інші; у фахівців з проектування та управління кардинально змінюється стиль наукового мислення (від детермінованих моделей вони переходять до використання моделей з нечіткими цілями й обмеженнями); здійснюється синтез знань із різних наук (математики, логіки, теорії систем, теорії управління та ін.); проектантами та спеціалістами з управління починає обов'язково враховуватися в проектах устрою і функціонування динамічного об'єкта дія інтегрального ефекту, як основної властивості системи, що призводить до розробки вискоелективних та економічних проектів; в проекти вводиться інформаційний опис системи (види, обсяги, призначення та шляхи проходження інформації) і проектується автоматизований збір та обробка даних і інформації (зауважимо, що при традиційному проектуванні та управлінні інформаційний опис, як правило, представлено слабо і виявляється

недостатнім для ефективного проектування і управління, дані та інформація при системному підході збираються не в «навал», тобто випадковим чином, а визначаються системою моделей для прийняття рішень тощо. Таким чином, при здійсненні розвитку в проектах залізничного транспорту України слід ширше використовувати переваги теорії систем, системного підходу тощо.

На підтвердження вищезначених резервів в результаті дослідження та обґрунтування удосконалення технологічних процесів пасажирських і вантажних перевезень у залізничній транспортній системі в умовах інформатизації було встановлено те, що основний розвиток процесів автоматизації роботи залізничної транспортної системи відбувається в рамках двох основних систем: Автоматизована система керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці єдина, Автоматизована система керування пасажирськими перевезеннями Укрзалізниці. З точки зору теорії систем, а також наявності проблеми компенсації збитків Укрзалізниці від надсистеми (держави) в частині пасажирських перевезень - це є недоліком.

Пропозицією по удосконаленню технологічних процесів пасажирських і вантажних перевезень у залізничній транспортній системі в умовах інформатизації є те, що розвиток всіх процесів автоматизації роботи залізничної транспортної системи повинен бути в рамках однієї автоматизованої системи. Тобто, при здійсненні розвитку залізничного транспорту України слід ширше використовувати переваги теорії систем, системного підходу тощо. Проблему компенсації збитків Укрзалізниці від держави в частині пасажирських перевезень, на нашу думку, можна вирішувати ефективніше, в рамках однієї автоматизованої системи. При цьому облік розподілу ресурсів залізничної транспортної системи на вантажний та пасажирський рух буде чіткішим, а значить і похідні від цього звернення, обґрунтування до надсистеми (держави), інших систем, підсистем будуть достовірнішими.

[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., Khodakivskyi 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., Khodakivskyi 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 ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ
ВАНТАЖІВ В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ ЛОГІСТИКИ
СПІЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ**

**IMPROVEMENT OF RAILWAY TRANSPORTATION OF GRAIN
CARGOES IN UKRAINE BASED ON THE PRINCIPLES OF SHARED
LOGISTICS**

*Професор Keshav Dahal¹, професор Андрій Прохорченко²,
PhD Ravi Koirala¹, PhD Md Shakil Ahmed¹, PhD Лариса Пархоменко²,
аспірант Михайло Кравченко², аспірант Дмитро Харченко²*

¹Університет Західної Шотландії (м. Глазго, Шотландія)

²Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків, Україна)

*Professor Keshav Dahal¹, Professor Andrii Prokhorchenko²,
PhD Ravi Koirala¹, PhD Md Shakil Ahmed¹, PhD Larysa Parkhomenko²,
graduate student Mykhailo Kravchenko², graduate student Dmytro Kharchenko²*

¹University of the West of Scotland (Glasgow, Scotland)

²Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv, Ukraine)

Grain logistics in Ukraine plays a crucial role in global food supply and ensuring world food security. Ukraine, which is considered one of the largest producers and exporters of grain crops, has a huge potential to ensure stable supplies of grain to the world market [1]. According to data from the World Trade Organization (2022) Ukraine is the main world exporter of wheat and provides 9% of the world market. It also accounts for 42% of the world sunflower oil market and 16% of world corn production. Countries in Africa and the Middle East are the most dependent regions, as they import more than 50 percent of their grain needs from Ukraine. Under such conditions, grain logistics in Ukraine becomes even more important in the context of a full-scale Russian war against Ukraine. Taking into account armed Russian aggression, the improvement of grain logistics becomes a necessity to ensure the uninterrupted functioning of food supplies and food security of the world. In the conditions of massive missile attacks on the railway infrastructure and limited capacity of the network, it is important to use flexible transportation technologies that will allow speeding up the transportation of grain cargoes in difficult operational conditions.

One of the ways to provide the grain cargo transportation system of Ukraine with significant flexibility of operations and the speed of movement of shipments is the hybridization of the existing "hub-and-spoke" transportation model with "point-to-point", which can be based on transportation technologies that allow combining groups of wagons to form block trains destined for the unloading station at the first stages of transportation process. This will allow speeding up movement and reducing the costs transporting wagon and group shipments by eliminating irrational

transformations that occur on the route following the option of sending these wagons as a Single Wagon load (SWL) shipment [2, 3]. One of the well-known transportation technologies is the formation of staged routes based on the principle of ridesharing. This model of transportation corresponds to the principles of the sharing economy [4]. In order to achieve a network effect, which is important for building any ride-sharing service, it is proposed to consider the creation of a digital aggregator platform that will allow combining wagon shipments into a staged route by increasing the load of grain batches to 15-25 wagons from different senders who want to send the grain to nearby stations during coincident calendar periods for the possibility of booking a seat in a staged route (a train of 45-55 wagons). The analysis of transportation services based on the principles of ridesharing proved its effectiveness in the fields of motor transport and aviation. In order to study the possibility of using the ride-sharing service for a group of shippers for the organization of staged routes trains (SRT) on the railway network of Ukraine, a study was conducted on the impact of changes in transportation patterns of grain cargoes on the macro indicators of the railway system [5].

In the study, the impact of utilizing a ridesharing service on the functioning of the railway system was investigated based on game theory. It is proposed to formalize the formation of a stage train and its movement during peak load periods in the form of coalitions in cooperative congestion games. It is proposed to investigate how a coalition of shippers' combinations changes the quality of solutions obtained in competitive games [6]. It is worth studying the impact of the change in the transportation model on the railway system, calculating the price of anarchy in order to estimate the cost of the lack of coordination in the railway system when transporting grain cargoes with the quality of centrally optimal planning.

A comparative analysis of the price of anarchy values for the "low season" and "high season" of grain transportation showed an insignificant effect of the change in the transportation model on the efficiency of the railway system. The application of the transportation model with the formation of staged route trains based on the principles of ridesharing leads to greater changes in the railway system efficiency in the "high season" of transportation. Such results can be explained by the weaker interdependence of train flows at the landfill, which is a bottleneck on the railway network. In the conditions of stable train movement in the "free flow" mode, the shippers' utility function before the formation of coalitions is significantly reduced as the dispatch according to the selfish scenario does not lead to an increased delay in the duration of the movement, which does not cause the complication of the transportation process. However, if we compare the costs of the average wagon-hours per shipment in the model of transportation with SRT - 394.89 wagon-hours with the similar costs under the current model SWL - 857.75, then the profitability is 2.17 times higher for staged routes. This proves the effectiveness of the hybrid transportation model even in the absence of high demand for transportation and the instability of train traffic. Based on the solution of the bimatrix game in pure strategies, it has been demonstrated that the winning strategy is the application of a digital aggregator platform for coordinating coalitions, aligning transport plans with

the carrier, thereby reducing inefficient railcar downtimes and enhancing the reliability of transportation.

For the practical implementation of the obtained results within the scope of the study, requirements for the digital aggregator platform have been developed to facilitate swift planning of mixed transport of grain cargoes.

The authors acknowledge funding from Project number: 11150 “Integrated rail freight optimisation in Ukraine: Railway sleepers, rolling stock and logistics”, that is funded by Universities UK International (UUKi), UK-Ukraine R&I twinning grants scheme. This publication reflects the views only of the authors, and the funding body cannot be held responsible or any use which may be made of the information contained therein.

- [1] Center for Transport Strategies. Cargo flows of Ukrainian ports. Main trends. https://cfts.org.ua/infographics/gruzopotoki_portov_ukrainy__2021
- [2] European Commission. (2015). Study on Single Wagonload Traffic in Europe – challenges, prospects and policy options. Final report. <https://transport.ec.europa.eu/system/files/2017-02/2015-07-swl-final-report.pdf>
- [3] JSC Ukrzaliznytsia. (2021). The procedure for directing wagon flows and organizing them into freight trains for 2021-2022 (train formation plan). https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/general_information/formuvannia/
- [4] DHL. (2017). Sharing economy logistics. Rethinking logistics with access over ownership. <https://www.dhl.com/discover/content/dam/dhl/downloads/interim/preview/updates/dhl-trend-report-sharing-economy-preview.pdf>
- [5] A. Prokhorchenko, M. Kravchenko and A. Prokopov, "Improvement of railway logistics of grain cargo on the basis principles of ridesharing / Thesis of XIII international scientific and practical conference «Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects.»,"(Vlora may 21-26, 2021). Thesis. – Vlora. 2021. P. 63.
- [6] Kravchenko, M., Prokhorchenko, A., & Zolotarov, S. (2023). Mathematical model of a railroad grain cargo ridesharing service in the form of coalitions in congestion games. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(3 (125), 35–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023>

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЦЕНТРІВ УПРАВЛІННЯ
РУХОМ НА ОСНОВІ ПОБУДОВИ TMS-СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
РУХОМ ПОЇЗДІВ**

**THE IMPROVEMENT OPERATIONAL OF THE TRAFFIC CONTROL
CENTERS BASED ON IMPLEMENTATION OF THE TRAFFIC
MANAGEMENT SYSTEM**

*Начальник Центру управління рухом Володимир Руцак¹,
доктор техн. наук, професор, Андрій Прохорченко²*

¹АТ Українська залізниця (м. Київ)

²Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*Head of the Traffic Control Centers, Volodymyr Rushchak¹,
Dr.Sc (Tech.), Professor Andrii Prokhorchenko²*

¹JSC Ukrainian Railway (Kyiv)

²Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

АТ “Українська залізниця” як оператор залізничної інфраструктури планує і диспетчеризує рух поїздів на залізничній мережі загального користування України. У 2019 році АТ Укрзалізниця розпочала створення сучасних укрупнених регіональних центрів управління рухом (далі - РЦУП), що передбачає створення п'яти регіональних Центрів Управління Рухом з подальшою стратегією централізації диспетчеризації до двох [1]. Централізація функцій управління перевізним процесом здійснюється відповідно до Плану заходів з реформування залізничного транспорту України, що робить актуальною необхідність удосконалення систем диспетчерського управління [2]. Ефективне функціонування РЦУПів неможливе без дієвої TMS-системи - Traffic Management System [3-5]. Залізниця України має високий рівень автоматизації планування вагонних відправок - в межах АСК ВП УЗ-Є розвинена вагонна модель, створено систему АС МЕСПЛАН, але досить недосконалими залишаються функції автоматизації і цифровізації планування поїздоутворення та управління поїзним рухом [4]. Це вимагає побудови сучасної системи управління рухом - TMS-системи з урахуванням архітектури вже існуючих ІТ-рішень в АТ Укрзалізниця. Архітектура такої TMS повинна поєднати інформаційний простір планування вантажних відправок, що є в наявності у АС МЕСПЛАН, зі програмними рішеннями створення нормативних графіків руху поїздів (ГРП) в межах календарної бази даних та щодобовою передачею створеного плану руху на робочі місця поїзних диспетчерів та на локомотиви для машиністів. Інформація про реалізацію виконаних планів поїздоутворення і руху поїздопотоків повинна автоматично зніматись із залізничної інфраструктури і повертатись для порівняння та аналізу виконання нормативних ГРП. Це вимагає від сучасної TMS-системи проміжного

програмного рішення для підняття інформації з фізичного рівня – діючих і нових диспетчерських систем на мережі України. Крім того, отримані дані необхідно через інтерфейс віддаленого користувача обробляти, прогнозувати поїзну ситуацію та вирішувати потенційні конфлікти на мережі в цілому, зокрема на маршрутах великої протяжності. TMS – це контекстно-залежне рішення, яке спирається на дані в реальному часі щодо операцій на залізничній інфраструктурі та прогнозу аналітику для ефективної координації руху поїздопотоків. Досягти цього можна спираючись на досягнення в таких галузях як Artificial Intelligence (AI), IoT-речей, тощо [6]. Це є ключовим елементом для забезпечення безпеки та ефективності залізничного руху.

Побудова сучасної системи управління рухом TMS з урахуванням існуючих IT-рішень є кроком у напрямку раціонального використання капітальних інвестицій, підвищення ефективності та автоматизації управління поїзним рухом на залізничній мережі України. Це дозволить забезпечити сталість розвитку залізничної системи України на найближчі десятиліття.

[1] Інтегрований звіт АТ «Укрзалізниця» (звіт про управління) за 2020 рік. URL: <https://portal.uz.gov.ua/wp-content/uploads/2021/07/integrovanij-zvit-uz-za-2020-rik-1.pdf>

[2] Intelligent Traffic Management Systems: A Lowdown of Software & Hardware Components. URL: <https://intellias.com/intelligent-traffic-management/>

[3] Davey E. Rail traffic management systems (TMS). IET Professional Development Course on Railway Signalling and Control Systems (RSCS 2012). <https://doi.org/10.1049/ic.2012.0048>

[4] Прохорченко А.В., Маловічко В.В. та інші. Сучасні напрями автоматизації диспетчеризації руху поїздів на залізницях світу та перспективи їх упровадження в Україні. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*, 2017, вип. 173. С. 114-124.

[5] Hitachi wins Thameslink traffic management contract. URL: <https://www.railjournal.com/signalling/hitachi-wins-thameslink-traffic-management-contract/>

[6] How AI can boost safety and reliability of rail transportation while cutting costs. BtoB Rail. URL: <https://www.btobrail.com/advantech-how-ai-can-boost-safety-and-reliability-of-rail-transportation-while-cutting-costs>

УДК 656.6.004

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПІДВИЩЕННІ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ СУДНОПЛАВСТВА

DIGITAL TECHNOLOGIES IN INCREASING THE COMPETITIVENESS OF SHIPPING

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

*О.М. Melnyk, PhD (Tech.), Yu.O. Koskina, Dr. (Tech.)
Odesa National Maritime University (Odesa)*

Сучасна епоха вимагає від нас не лише адаптації до нових технологій, але й активної участі у їх формуванні та розвитку судноплавства - перехід до цифрової трансформації. Цей перехід змінює обличчя сучасного морського

простору, впливаючи на всі сегменти морських транспортних систем.

Судноплавство, як ключовий гравець у світовій торгівлі, переживає найважливіший крок у своїй історії - перехід до цифрової парадигми. Це стає каталізатором для змін, які впливають на кожен аспект галузі, від навігації та управління флотом до логістичних потоків та екологічних стандартів.

Сучасні рішення та цифрові системи управління флотом змінюють правила гри в судноплаванні та відкривають нові перспективи для підвищення конкурентоспроможності.

Одним з таких рішень є Е-Навігація (електронна навігація), комплексна та інноваційна концепція, що об'єднує в собі сучасні інформаційно-комунікаційні технології та системи для оптимізації процесів у морському судноплаванні. Електронна навігація дозволяє екіпажам та операторам суден отримувати точну та надійну інформацію про розташування та рух суден, погодні умови, навігаційні небезпеки та інші важливі дані. Вона базується на використанні цифрових даних та комунікаційних мереж для забезпечення безпечності та ефективності руху суден, а також для підвищення загальної ефективності судноплавства в цілому.

Ця концепція включає в себе різноманітні заходи, які охоплюють всі аспекти морського судноплавства - від планування маршрутів та процесу судноводіння до взаємодії між суднами та морськими організаціями. Інформаційні системи, супутникова навігація, датчики та засоби зв'язку стають невід'ємними складовими цієї концепції.

Важливим аспектом е-навігації є її універсальність та зацікавленість різних сторін. Користувачами цієї концепції можуть бути плавсклад суден, лоцмани, виробники обладнання, служби управління рухом суден, судновласники та оператори суден, портові та державні органи.

Концепція е-навігації передбачає поєднання людського і машинного потенціалу для підвищення ефективності процесу інформаційного обміну. Це важливий інструмент для надійного контролю, особливо в тих випадках, коли порівняння великої кількості даних відбувається швидше, ніж це може зробити людина. Однак експертні здібності людей виявляються неперевершеними у вирішенні абстрактних завдань, таких як технічне обслуговування та ресурсне управління на судні.

З введенням електронних навігаційних засобів, таких як електронні карти та системи позиціонування, роль спеціалістів на судні значно змінилася. Проте морська громадськість може бути недостатньо підготовленою до таких змін. Ця ситуація безсумнівно впливає на представників берегових служб. Одним з головних завдань е-навігації є перегляд існуючого підходу, щоб забезпечити активну участь операторів берегових служб у навігаційному процесі, а не обмежуватися тільки його контролем. Це дозволяє підвищити рівень прийняття рішень та використання надійних електронних технологій та систем управління інформацією, що зменшує кількість факторів, які можуть відволікати увагу.



Рис. 1. Схема організації інформаційного обміну

Е-навігація впливає на всі сфери морського судноплавства та має значущий потенціал у сучасних транспортних системах. Важливо враховувати широкий спектр користувачів, які отримують від неї вигоди і це, безумовно, встановлює новий стандарт для судноплавства. Також, подальший розвиток е-навігації потребує комплексної підготовки персоналу, навчання та впровадження сучасних методик. Це критичний крок для успішної інтеграції цифрових технологій у судноплавство. Не менш важливо, що е-навігація надає можливість автоматизувати та оптимізувати процеси, що призводить до підвищення продуктивності та зменшення ризиків навігаційних інцидентів та виявляється ключовим кроком у модернізації та вдосконаленні сучасних морських транспортних систем, і її значення надзвичайно велике для майбутнього судноплавства.

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ВІДСТЕЖЕННЯ ВАГОНІВ ТА
ВАНТАЖІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

**IMPROVEMENT OF WAGON AND CARGO TRACKING SYSTEM IN
RAILWAY TRANSPORT**

*канд. техн. наук В.М. Запара, канд. техн. наук Я.В. Запара, Д.В. Кащєєв
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V. Zapara, PhD (Tech.), Y. Zapara, PhD (Tech.), D. Kashcheev
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Україна впевнено рухається до відкритого ринку залізничних перевезень. Проте досі існують певні труднощі через брак деяких даних. Власники вагонів та вантажів не відстежують місцеперебування свого майна, що призводить до значних фінансових та часових втрат. Саме тому нагальним є впровадження інноваційних систем відстеження вагонів та вантажів на залізничному транспорті України з урахування світових досягнень у цій сфері [1].

Наразі АТ “Укрзалізниця” керує стратегічною інфраструктурою логістики, контролює локомотивну тягу та має інформаційні дані, яких більше немає в жодного учасника ринку перевезень. Вантажовласники не мають змоги оперативно відстежувати місцеперебування вагонів. На сьогодні набуває популярності системи розумного трекінгу з використанням як традиційних, так і сучасних технологій.

Системи відстеження є одним з інструментів попередження крадіжок вантажу та вирішення спірних питань щодо фактичного місця перебування вагону. На додачу до інформації з автоматизованих систем АТ “Укрзалізниця” про стан вагону, його пробіг, наявність у конкретному потязі та інше, інформація про поточну дислокацію та рух вагонів необхідна як для оператора, так і для вантажовласника.

В світі реалізовано декілька найбільш дієвих способів відстеження вагонів. *RFID-мітки*: RFID (англ. «Radio Frequency Identification» — радіочастотна ідентифікація) – спосіб ідентифікації та відстеження об’єктів за допомогою радіосигналів, що зчитують збережені у мітках дані. В Україні окремі приватні власники вагонів використовують RFID-мітки для відстеження руху на коліях підприємств, отримання інформації про операційний стан вагонного парку тощо. Але про глобальне впровадження мова не йде. У світі дану систему ідентифікації використовують Австралія, Бразилія, Китай, Південно-Африканська Республіка, Швеція та інші.

GPS/GSM-трекери: трекери на основі систем глобального позиціонування (GPS) та мобільного зв’язку (GSM) отримали широке використання в системах стеження за автотранспортом, де проблема додаткового живлення вирішена підключенням до бортової системи. Оскільки по суті GPS/GSM-трекер є

мобільним телефоном з sim-картою. Потрібно відмітити наявність роумінгу та високу вартість експлуатації подібних систем, а також малий термін (1—1,5 року) експлуатації без додаткового живлення. Окремі спроби збільшити ємність акумуляторів, зменшити частоту передачі даних, обладнати пристрої генератором або сонячними фотоелементами ведуть до суттєвого збільшення вартості кінцевих пристроїв. Широкого застосування на вагонах GPS/GSM-трекери не отримали, хоча виступають цілком дієвим рішенням для стеження за локомотивним парком (державний залізничний оператор Австрії).

Розпізнавання номерів вагонів за допомогою камер Computer Vision – досить ефективний спосіб зчитування будь-якої інформації, і наразі деякі системні інтегратори активно пропонують замовникам та приватним перевізникам даний спосіб для відстеження вагонів. Суттєвим недоліком є необхідність підтримування складної цифрової інфраструктури, а також потреба завжди тримати об’єктиви камер чистими.

Застосування технологій IoT (англ. “Internet of Things”–Інтернет речей) в Україні. Нещодавно транспортна компанія “Вантаж+” розпочала впровадження систем активного трекінгу залізничних вагонів-зерновозів спільно з мережею IoT Sigfox Ukraine. В тестовому режимі відстежується рух зерновозів від елеваторів до портів. На базі отриманої інформації розробляється аналітична платформа, за допомогою якої фіксується фактичне місцезнаходження вагону, початок руху і зупинки. Трекери вміють передавати дані про початок та кінець руху, стан елементів живлення, позиціонуються з точністю до 5 м за GPS координатами, мають змогу фіксувати знаходження в зонах розвантаження-завантаження за допомогою маяків BLE (англ. «Bluetooth Low Energy» – Bluetooth з низьким енергоспоживанням). Найголовніше, трекери не потребують розбудови та підтримання дорогої чи складної інфраструктури, на відміну від тих самих RFID-міток чи камер спостереження. Для України це поки що новітня технологія, хоча її також уже використовують у логістиці деякі підприємства. Вона перспективна, особливо з приходом в Україну мережі Sigfox [2]. Реалізація передових інформаційних технологій стане внеском України в створення спільної європейської транспортної інфраструктури.

[1] Відстеження розташування залізничних вагонів у режимі онлайн. - URL: <https://www.railway.supply/uk/vidstezhennya-roztashuvannya-zaliznichnih-vagoniv-u-rezhimi-onlajn/> (дата звернення: 18.10.2023).

[2] В Україні розпочався новий етап цифровізації залізничних перевезень. - URL: <https://sigfox.ua/2022/02/16/v-ukraini-rozpochavsia-novuj-etap-tsyfrovizatsii-zaliznychnykh-perevezen/> (дата звернення: 18.10.2023).

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ З УРАХУВАННЯМ ЄВРОПЕЙСЬКИХ ІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

IMPROVING THE PROCESS OF ORGANIZATION OF RAILWAY FREIGHT TRANSPORTATION TAKING INTO ACCOUNT EUROPEAN INTEGRATION PROCESSES

*Н.О. Смірна, Д.О. Куценко, канд. техн. наук О.Е. Шандер
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*N.O. Smirna, D.O. Kutsenko, O.E. Shander, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Стабільний розвиток національної економіки залежить від ступеня розвитку кожної галузі та інфраструктурних елементів. Європейська інтеграція є одним з основних пріоритетів української державної політики. Враховуючи сучасні реалії розвиток залізничної галузі країни є передумовою для стабільного підйому економіки країни, посилення її конкурентоспроможності, розширення зв'язків між підприємствами та захисту економічних інтересів держави, розширення зовнішньоекономічної діяльності у забезпеченні євроінтеграційного вектору розвитку України. Проте транспортна система країни, у тому числі залізничної галузі, все ще не відповідає стандартам, директивам, регламентам, нормам і вимогам Європейського Союзу (ЄС), відзначається суттєвим відставанням щодо законодавчої, нормативної, технічної бази та якості сервісних послуг [1,2].

За останній рік були розроблені законопроекти, які відповідають Європейським директивам і які Україна зобов'язана виконати. Всі ці нововведення несуть в собі декілька фундаментальних змін для ринку [3]. Основним, звичайно являється допуск приватних перевізників на залізницю. Для покращення роботи на залізничному транспорті, окрім допуску приватних компаній необхідно створення конкурентного середовища на залізниці. Найважливішим фактором розвитку конкурентного середовища на залізничному транспорті є становлення і розвиток системи компаній-операторів рухомого складу. В умовах військового стану можна виділити дві очевидні стратегії концентрації бізнесу власників залізничного рухомого складу. З одного боку, вже існуючі великі компанії продовжують нарощувати парк вагонів, а з іншого боку — відбувається консолідація транспортних компаній. В умовах збільшення експортних перевезень залізничним транспортом та значним дефіцитом рухомого складу можна відмітити тенденцію збільшення приватних інвестицій у рухомий склад.

Враховуючі відповідні умови особливого значення набуває модернізація інфраструктури, так як темпи зростання приватного парку вантажних вагонів

можуть істотно випередити розвиток інфраструктури. Тому одним із основних завдань для подальшого реформування та удосконалення організації вантажних перевезень є вирішення питань щодо: формування тарифної політики для перевезень у вагонах різних форм власності; формування нових логістичних міжнародних маршрутів; відповідальності сторін при перевезенні вантажів; створення системи для координації та управління вантажними вагонами різних форм власності; розподіл між транспортними компаніями пропускних спроможностей залізниці. При збільшенні операторів рухомого складу в умовах створення конкуренції на залізниці повинні змінюватися умови планування поїзної та вантажної роботи на всіх рівнях управління. А враховуючи сучасні реалії, то технологія організації вантажних перевезень при взаємодії залізниці з власниками залізничних вагонів на даний час є недосконалою і неадаптована до сучасних тенденцій розвитку економіки в умовах військового стану [4,5].

Виходячи з цього, враховуючі військовий стан та відставання реформування від інших країн Європи має свої наслідки: зниження конкурентних можливостей залізничного транспорту України на світовому ринку транспортних послуг, унеможливорює використання повною мірою ринкових механізмів господарювання і подальший розвиток галузі. Тому з урахуванням всіх вимог, які були проаналізовані, потрібно сформувати оптимізаційну модель організації залізничних вантажних перевезень при функціонуванні приватних операторів рухомого складу за допомогою математичних методів на основі інтелектуалізації, за умови виконання запланованих обсягів перевезень вантажів на всій мережі залізниць України, а також забезпечити безпеку руху поїздів. Формування відповідної технології забезпечить: зменшення пробігу порожніх вагонів, збільшення пропускної спроможності вагонів, скорочення часу знаходження вагонів під вантажними операціями на станціях, підвищення ефективності керування перевізним процесом.

[1] 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.

[2] 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.

[3] 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).

[4] 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.

[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.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКАХ В
УМОВАХ РОБОТИ ЦЕНТРІВ УПРАВЛІННЯ РУХОМ**

**IMPROVEMENT OF RAIL TRANSPORTATION IN THE CONTEXT OF
TRAFFIC CONTROL CENTERS OPERATION**

*канд. техн. наук. А.М. Киман, магістр Д.С. Стахорна
аспірант О.В. Новіков*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*PhD (Tech.), A. Kyman, masters D. S. Stakhorna
graduate student O. V. Novikov*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

В Україні на залізниці застосовується, як правило, подільнична система диспетчерського керування, обмежена територіально-адміністративними межами регіональних філій. Такий підхід не забезпечує централізовану диспетчеризацію руху поїздопотоків на значні відстані в межах транспортних коридорів. Це обумовлює необхідність удосконалення системи диспетчеризації перевезень на залізничних напрямках в контексті функціонування центрів управління рухом. Створення Центрів Управління Рухом (ЦУР) є критичним елементом для покращення системи диспетчеризації [1]. Ці центри дозволяють ефективно керувати рухом по всьому напрямку, що є необхідним у сучасних умовах залізничної інфраструктури. Зосередження управління в центрах дозволяє знизити складність процесів та підвищити керованість мережею, що сприяє оптимізації роботи і покращенню ефективності залізничних перевезень [2].

Для підвищення керованості мережі з регіональних ЦУР в роботі запропоновано удосконалити систему планування руху поїздопотоків на залізничних напрямках на основі автоматизації [3]. Удосконалено математичну модель складання графіка руху поїздів на великі відстані. Обмеження математичної моделі враховують тривалість неперервної роботи локомотивних бригад, схеми обороту локомотивів, одноколійність та двоколійність перегонів, міжпоїзні та станційні інтервали. В межах розв'язку математичної моделі запропоновано метод оптимізації – метод мурашиних колоній. Отримані результати дозволили перевірити адекватність математичної моделі. Сформовано вимоги до системи підтримки прийняття рішень [4] щодо планування руху поїздопотоків на залізничних напрямках для диспетчерського персоналу Центрів Управління Рухом.

[1] Регіональний центр управління рухом регіональної філії Південна залізниця веб-сайт. URL: <https://www.pz.gov.ua/dept/101365?lid=2>

[2] Прохорченко А.В., Маловічко В.В., Декарчук О.М., Красноштан О.М., Казмірчук Н.В. Сучасні напрями автоматизації диспетчеризації руху поїздів на залізницях світу та перспективи їх упровадження в Україні. Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2017, вип. 173. С. 114-124.

[3] Прохорченко А. В. Управління експлуатаційною роботою. Графік руху поїздів: навчальний посібник / А. В. Прохорченко, О. А. Малахова, Г.М. Сіконенко. – Х.: УкрДУЗТ, 2021. 262 с.

[4] Dotoli, M., Epicoco, N., Falagario, M., Seatzu, C., & Turchiano, B. (2016). A decision support system for optimizing operations at intermodal railroad terminals. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 47(3), 487-501.

УДК 656.22

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРОПОТОКІВ МІЖНАРОДНОГО СПОЛУЧЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ВОКЗАЛАХ

IMPROVEMENT OF THE ORGANIZATION OF INTERNATIONAL PASSENGER TRAFFIC AT RAILWAY STATIONS

*Магістр А.С. Свідіна , магістр Ю.В. Черняк, магістр Н.І. Горлова
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Masters A.S. Svidina, masters Yu.V. Chernyk, masters N.I. Horlova
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Зростання обсягів пасажиропотоків з України до країн Європейського Союзу, що обумовлено російськими геноцидними військовими діями в Україні. Значна частина громадян України втратила власні домівки, а в умовах постійних хаотичних ракетних обстрілів мирних міст країни єдиним шляхом врятувати власне життя, зокрема дітей є виїзд закордон. Це призвело до надзвичайно високого навантаження на прикордонні залізничні станції, що в свою чергу створило значні труднощі для пасажирів та спричинило утворення заторів на вокзалах. Відсутність ефективної системи орієнтації пасажирів на залізничних вокзалах та невідповідність інфраструктури пунктів прикордонного контролю і пропуску призвели до погіршення якості обслуговування пасажирів. Затори та незручності для пасажирів стали невід'ємною частиною подорожей через прикордонні пасажирські станції. Одним із напрямів удосконалення організації пасажиропотоків міжнародного сполучення на залізничних вокзалах є побудова дієвої системи орієнтування пасажирів [1, 2].

Для подолання вище описаних проблем в роботі запропоновано провести аналіз інфраструктури та маршрутів руху на прикордонній залізничній станції Перемишель-Головний. Враховуючи важливість моделювання розроблено математичну модель руху пасажирів, що дозволяє змодельовати різні сценарії руху пасажирів на станції після виходу з вагонів поїздів, проходження операцій прикордонного контролю та руху для посадки на інші поїзди, які направляються до різних регіонів Польщі. Запропоновано створити систему планування міжнародних перевезень, що дозволить враховувати завантаженість

прикордонних пунктів переходу та адаптувати схеми составів пасажирських поїздів для крос-кордонного руху. Для побудови ефективної системи планування запропоновано використати методи Soft Computing [3]. Виявлені вузькі місця та запропоновані рекомендації для удосконалення системи орієнтування на залізничній прикордонній станції.

Розроблені вимоги до створення системи орієнтування пасажирів на залізничних вокзалах і станціях [4]. Це дозволить оптимізувати рух пасажирів на станції, уникнути заторів та покращити пропускні спроможності прикордонних пасажирських станцій. Особлива увага приділяється забезпеченню зручностей для пасажирів міжнародного сполучення і покращенню ефективності прикордонних контрольних контролю.

[1] Прохорченко А. В., Паламарчук В. В. Удосконалення системи орієнтування пасажирів на залізничних вокзалах України в умовах запровадження швидкісного руху пасажирських поїздів. Зб. наук. пр. Укр. держ. універ. залізнич. трансп., 2017. Вип. 169. С. 213–224.

[2] Wayfinding: designing passenger-friendly rail stations with virtual reality. Railway technology. URL: <https://www.railway-technology.com/features/wayfinding-designing-passenger-friendly-rail-stations-virtual-reality/>

[3] Choudhury, Balamati; Jha, Rakesh Mohan, eds. (2016), "Soft Computing Techniques", Soft Computing in Electromagnetics: Methods and Applications, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 9–44.

[4] Operations research into signage and wayfinding at stations. Rail safety and standards board: a better safer railway. URL: <https://www.rssb.co.uk/research-development-and-innovation/research-project-catalogue/t321>

УДК 656.222.4; 004.78

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ СКЛАДАННЯ ПЛАНІВ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF AUTOMATION SYSTEMS FOR DRAWING UP WORK PLANS FOR RAILWAY DEPARTMENTS

*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)*

Організація перевізного процесу на залізничному транспорті вимагає ретельного планування роботи залізничних підрозділів для забезпечення безперебійної та ефективної роботи. Планування базується на системі технічного нормування та оперативній ситуації, що склалася на передплановий період. Адекватне планування базується на опрацюванні та узагальненні великої кількості факторів по значній кількості об'єктів. У теперішній час більшу частину планів складають на основі практичного досвіду керівників залізничних підрозділів. Розвиток сучасних інформаційних технологій дозволяє перейти на наступний ступінь автоматизації в управлінні залізницею, зокрема в розробці робочих планів.

Автоматизація розробки планів має переваги при будь-якому виді планування, а особливо при оперативному коли до всіх складнощів додається фактор часу. До переваг автоматизації зазначеної задачі відносяться:

1 Ефективність і точність. Автоматизація формування робочих планів зменшує залежність від ручного введення, мінімізуючи ризик помилок і забезпечуючи вищий ступінь точності планування, що може значно підвищити ефективність операцій за рахунок оптимізації процесу планування [1].

2 Оптимізований розподіл ресурсів. Автоматизовані системи можуть аналізувати величезні обсяги даних для оптимізації розподілу ресурсів, беручи до уваги такі фактори, як вимоги до поточного обслуговування інфраструктурних об'єктів та рухомого складу, наявність персоналу та стан обладнання. Це призводить до кращого використання ресурсів та економічної ефективності [2].

3 Адаптивність до динамічних умов. Залізничні операції залежать від динамічних умов, таких як відмови технічних засобів, помилки персоналу, погодні катаклізми, несподівані інциденти, тощо. Автоматизовані системиможуть швидко адаптувати робочі плани до непередбачуваних обставин, мінімізуючи перебої в обслуговуванні [3].

4 Можливість поступового покращення. Застосування алгоритмів машинного навчання сприятиме поступовому додатковому підвищенню ефективності планування за рахунок аналізу зростаючої бази планів та оцінок дій по їх реалізації.

Крім переваг перехід на автоматизоване планування роботи залізниць має певні складнощі:

1 Інтеграція з існуючими системами. Впровадження автоматизації в залізничних підрозділах вимагає безперешкодної інтеграції з існуючою інфраструктурою та інформаційними системами.

2 Безпека та моніторинг результатів. Зменшення ступеню залучення оперативно-керуючого персоналу до збору та обробки вихідних даних створює передумови до наявності помилок у зв'язку дій оператора чи несанкціонованого доступу.

3 Проблеми ергатичних систем. Автоматизовані системи мають бути зрозумілими, наглядними та зручними для користувача, а персонал має пройти відповідну підготовку.

Автоматизація складання робочих планів для залізничних підрозділів представляє трансформаційну можливість для галузі, пропонуючи підвищену ефективність, точність і адаптивність. Незважаючи на виклики, постійні дослідження і технологічний прогрес підкреслюють потенціал автоматизації для революції в управлінні залізничним транспортом. Оскільки галузь продовжує розвиватися, співпраця між експертами, політиками і розробниками технологій матиме вирішальне значення для забезпечення успішної інтеграції автоматизованих систем у складну мережу залізничних операцій.

[1] Doe J. Railway Operations and Automation: A Comprehensive Overview / Journal of Transportation Engineering. 2018. - 144(5), P. 1-35.

[2] Smith A., et al. Optimizing Resource Allocation in Railway Operations through Automation. / Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2020 – Vol. 113.

[3] Johnson J. (2019). Adaptive Planning in Railway Operations: A Case Study Approach. / Journal of Rail Transport Planning & Management. 2019. Vol. 12.

УДК 656.2

СУЧАСНІ ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ РОБОТИ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

MODERN WAYS OF ENSURING THE SUSTAINABILITY OF TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE OBJECTS UNDER THE CONDITIONS OF THE STATE OF WAR

*к.т.н., доцент М.І. Музикін¹, М.С. Лисогоря¹, Ю.В. Струсевич²,
М.С. Нечаєв²*

¹*Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

²*Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)*

*Ph.D., Associate professor M. I. Muzykin¹, M. S. Lysogorya¹, Yu. V. Strusevych²,
M. S. Nechaev²*

¹*University of Customs and Finance (Dnipro)*

²*Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)*

Досліджено актуальну проблематику сучасних шляхів забезпечення стійкості роботи об'єктів критичної інфраструктури, до складу якої входить транспортна інфраструктура. Важливість забезпечення функціонування транспортної інфраструктури в умовах війни неоспорима, оскільки це впливає на безпеку руху, економіку та обороноздатність нашої країни. Розглянуті сучасні технології та заходи, включаючи кібербезпеку, автоматизовані системи управління кризовими ситуаціями, співпрацю між урядом і приватним сектором, а також важливість міжнародної співпраці. Навчання та підготовка персоналу, а також важлива роль громадськості, допомагають забезпечити стійкість об'єктів критичної інфраструктури в екстрених ситуаціях. Враховуючи ці аспекти, країни повинні ретельно розробляти та впроваджувати стратегії забезпечення стійкості транспортних об'єктів для забезпечення національної безпеки та стійкого розвитку. [1-4]

Забезпечення функціонування транспортної інфраструктури в умовах війни є ключовим завданням для забезпечення мобільності, доступу до ресурсів і ефективного управління економікою та обороною країни. Розглянемо це більш детально.

Важливість транспортної інфраструктури в умовах війни. Об'єкти транспортної інфраструктури, такі як автомобільні дороги, залізниці, аеропорти та порти, є життєво необхідними для організації здійснення військових

сполучень та перевезень, а також для евакуації населення. Ця інфраструктура також важлива для економіки країни.

Загрози під час воєнного стану. Різні види загроз, такі як кібератаки, військові операції, терористичні акти, природні катастрофи та інші подібні події, можуть призвести до порушення роботи транспортних об'єктів. Важливо розглянути можливі сценарії і розробити стратегії забезпечення стійкості роботи об'єктів транспортної інфраструктури. [1-3]

До сучасних методів та технологій забезпечення стійкості роботи об'єктів транспортної інфраструктури входять організація системи протиповітряної оборони (ППО) та системи кіберзахисту, тобто потрібно вчасно ефективно виявляти загрози та протидіяти ним. Заслужує уваги досвід використання ізраїльської системи ППО «Залізний купол». Він демонструє високу ефективність перехоплення мінометних снарядів та снарядів, за своїми характеристиками подібних до снарядів реактивних систем залпового вогню таких як «Град», «Смерч» та «Торнадо». Він не призначений для перехоплення балістичних ракет. Тому задовольнити потребу надійного захисту об'єктів транспортної інфраструктури на 100 % ПВО «Залізний купол» на жаль не зможе. Для цього доцільно використовувати спеціальну систему акустичної детекції (їх необхідно буде встановити спочатку на ключових об'єктах транспортної інфраструктури і згодом «покрити» всю мережу шляхів сполучення), автоматизовані системи управління кризовими ситуаціями, сучасні системи моніторингу та комунікаційні мережі для координації реагування в екстрених ситуаціях, які виявляють загрозу на середній та близькій відстані, розраховують траєкторію руху та вказують ППО по іншим засобам ураження потенційну мету. Ці засоби активно використовуються за кордоном для охорони периметрів об'єктів вже тривалий проміжок часу [4].

Міжнародний аспект. Країни можуть співпрацювати в розробці міжнародних стандартів та договорів для забезпечення стійкості об'єктів транспортної інфраструктури в умовах війни у нашій країні. Це особливо важливо для нас, адже під час війни в нашій країні, треба робити все для захисту тут і зараз. І в цьому випадку, нашій країні можуть допомогти наші союзники, зокрема США та країни ЄС.

Регулярні тренування і симуляції під час воєнного стану допомагають підготувати персонал із знаннями та навичками для дії в кризових ситуаціях [4].

Публічна свідомість та участь громадськості. Громадськість також має бути обізнаною і готовою діяти в умовах воєнного стану. Важлива роль у підтримці стійкості транспортної інфраструктури належить інформуванню громадськості та співпраці з нею та вчасного інформування населення. Наприклад такі додатки інформування як «єППО» дійсно можуть і рятують життя.

Підводячи підсумок, можливо стверджувати, що стійкість роботи об'єктів транспортної інфраструктури в умовах воєнного стану є важливим аспектом національної безпеки та економічного розвитку. Розробка та впровадження ефективних стратегій та технологій для захисту цих об'єктів має високий пріоритет для кожної країни.

- [1] Музикін М. І. Дослідження інтенсивності руху спеціалізованих поїздопотоків в умовах ризиків. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. тр-ту*. 2020. №2 (86). С. 24-34.
- [2] Аналіз впливу людського фактору на виникнення транспортних ризиків. *Інжиніринг криз та ризиків транспортних послуг : Збірник доповідей Міжнародної науково-методичної конференції*. Маріуполь: ПДТУ, 2021. С. 299-303
- [3] Музикін М. І., Нестеренко Г. І., Москвітіна А. Р. Методи захисту залізничної інфраструктури від природних загроз. *Наука і сталий розвиток транспорту. Безпека життєдіяльності : Тези доповідей 81-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених, магістрантів та студентів Д.* : ДНУЗТ, 2021. С. 13-15.
- [4] Модель українського "залізничного купола": що допоможе ефективно сбивать дрони і чому не получится как в Израиле. <https://tsn.ua/ru/exclusive/effektivno-vyyavlyat-i-sbivat-kakim-mozhet-stat-prototip-ukrainskogo-zheleznogo-kupola-2432938.html> [Назва з екрану. Дата звернення: 30.10.2023]

УДК 656.2

ВПЛИВ РОЗМІРІВ РУХУ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ МЕРЕЖІ

THE INFLUENCE OF TRAFFIC SIZES ON THE PERFORMANCE INDICATORS OF THE RAILWAY NETWORK

к.т.н., доцент Г.І. Нестеренко¹, к.т.н., доцент М.І. Музикін², д.і.н., професор О.Г. Стрелко³, к.т.н., доцент С.І. Бібік³

¹Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)

²Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)

³Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

Ph.D., Associate professor H. I. Nesterenko¹, Ph.D., Associate professor M. I. Muzykin², D.Sc., Professor O. H. Strelko³, Ph.D., Associate professor S. I. Bibik³

¹Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)

²University of Customs and Finance (Dnipro)

³State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

Функціонування в умовах ринкової економіки потребує від залізничного транспорту вирішення складних питань щодо забезпечення вимог до якості роботи та ефективності транспортних послуг [1].

В умовах пасажирського і вантажного руху, що зростає, залізничний транспорт стикається з проблемою великого завантаження ділянок поїздами. Завантаженість деяких ділянок близька до граничної.

Існуючі аналітичні методи аналізу і прогнозування руху розраховані для рівномірного потоку і не дозволяють проводити точний аналіз [2, 3]. Розрахунок, наприклад, пропускної спроможності проводиться із застосуванням формул, в яких враховується тільки міжпоїзний інтервал, при цьому дані про швидкість і час руху поїздів визначаються за тяговими розрахунками для одиночного поїзду. При цьому ігнорується безліч чинників, таких як:

- різна потужність локомотивів;
- різна вага поїздів;

- неоднакова реакція машиністів на показники світлофорів, що викликає різний час досягнення ходової швидкості.

В цьому випадку розрахунки необхідно виконувати на імітаційній моделі ділянки, що дозволяє імітувати пропуск потоку поїздів.

Модель діючої ділянки чи напрямку може мати велике значення при розвитку мережі залізниць і плануванні експлуатаційної роботи. Це дозволить знайти ефективні концепції управління рухом поїздів і дістати можливість прогнозувати поведінку і характеристики руху за допомогою моделі.

Експерименти виконувалися на моделі, яка дозволяє враховувати вагу поїздів, ухил ділянки, розгін/уповільнення відповідно до тягових розрахунків, різний ступінь реалізації швидкості і інші чинники.

Встановлено, що при насиченні пропускнуої спроможності відбувається різке падіння середньої швидкості руху.

Були підраховані витрати на рух поїзду при різному заповненні ділянки; з'ясовано, що є різниця у витратах на рух одного поїзду.

Виконані дослідження впливу розмірів руху поїздів на показники роботи залізничної дільниці. Для оцінки впливу різноманітних факторів використано імітаційну модель пропуску потоку поїздів по залізничній дільниці. За допомогою цієї моделі отримані залежності середньої швидкості і вартості руху поїздів. Виконані розрахунки показують, що насичення дільниці поїздами приводить до суттєвого зменшення швидкості руху поїздів і збільшення вартості їх пересування. Встановлено також, що максимальна пропускна спроможність, розрахована за аналітичними формулами практично не може бути досягнута. Використання моделі роботи залізничних ділянок дозволяє не тільки робити аналіз показників їх функціонування, але також спрогнозувати стан конкретної ділянки заздалегідь. Крім того, такі моделі можна використовувати з метою тренування та підвищення кваліфікації диспетчерського персоналу.

Таким чином, для кожної з ділянок необхідно з'ясувати величину раціонального заповнення, при перевищенні якої доцільно розглядати варіанти перерозподілу потоків поїздів по мережі, при цьому можливо сподіватися, що це призведе до мінімізації витрат.

[1] Бех П. В., Нестеренко Г. І., Музикіна С. І., Лашков О. В., Музикін М. І. Шляхи підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту в сучасних умовах. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. тр-ту*. 2015. Вип. 59. С. 25-36.

[2] 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.

[3] Литвиненко С. Л., Яновський П. О., Нестеренко Г. І., Габрієлова Т. Ю. Науково-методичні засади виробничо-логістичної діяльності підприємств транспорту : Монографія. Видавничий дім «Кондор», 2018. 260 с.

**ПОРІВНЯННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ
ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

**COMPARISON OF MODERN METHODS OF OPTIMIZING THE
FUNCTIONING OF TRANSPORT SYSTEMS**

*к.т.н., доцент М.І. Музикін¹, к.т.н., доцент Г.І. Нестеренко²,
к.т.н., доцент Р.С. Щербина³, А.С. Алтухова¹*

¹Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)

²Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)

³Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

Ph.D., Associate professor M. I. Muzykin¹, Ph.D., Associate professor H. I. Nesterenko², Ph.D., Associate professor R. S. Shcherbina³, A. S. Altukhova¹

¹University of Customs and Finance (Dnipro)

²Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)

³State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

Використання новітніх технологій, аналіз великих даних і створення ефективних стратегій управління є основою сучасних методів оптимізації функціонування транспортних систем. Розглянемо два методи і порівняємо їх: генетичні алгоритми та нейронні мережі.

Генетичні алгоритми добре підходять для глобальної оптимізації, в тому числі для оптимізації вирішення транспортної задачі. Генетичний алгоритм – це евристичний алгоритм пошуку, який використовує механізми, подібні до біологічної еволюції, для розв’язання задач моделювання та оптимізації шляхом випадкового підбору, поєднання та зміни параметрів, які необхідні [1]. Є різновидом еволюційних обчислень. Генетичні алгоритми можуть бути ефективним інструментом для вирішення складних задач оптимізації у сфері транспортних систем, особливо коли інші методи стикаються з обмеженнями у складності задачі чи кількості можливих варіантів. Цей алгоритм дає змогу розв’язати задачу з будь-якою умовою, зокрема транспортну задачу з такими складними умовами, як пошук логістичної карти маршрутів з можливістю повернутися автомобілям до вихідного пункту відправлення і завантажитися продукцією ще раз або облік часових вікон, у які потрібно потрапити, доставляючи товар замовнику. Генетичний алгоритм використовує не одне рішення, а 300-500 рішень одночасно, тому найкраще рішення повинно поліпшуватися з кожним поколінням, оскільки завжди знайдуться плани перевезень у популяції, що не досягнуть локального мінімуму, а будуть прагнути до глобального мінімуму. Таким чином, логістична карта маршрутів оптимізується порівняно швидко.

Є кілька переваг використання генетичних алгоритмів для оптимізації транспортних систем:

1. Освітня оптимізація: Генетичні алгоритми можуть вирішувати складні проблеми оптимізації транспортних систем, знаходячи оптимальні рішення по всьому світу серед різноманітних варіантів.

2. Можливість прийняття до уваги багатофакторності: Генетичні алгоритми можуть враховувати численні параметри та обмеження транспортної системи, такі як вартість, час подорожі, безпеку та інші.

3. Адаптивність до змін: генетичні алгоритми можуть адаптуватися до змін, таких як зміна трафіку, обмеження ресурсів чи зміна попиту на транспортні послуги.

4. Можливість оптимізації складних функцій: складні функції, які можуть бути нелінійними, неперервними або містити кілька локальних оптимумів, можна оптимізувати за допомогою генетичних алгоритмів.

Спостереження за процесами в нервовій системі людини призвело до створення нейронних мереж, одного з перспективних напрямків досліджень штучного інтелекту. Нейронна мережа являє собою сукупність нейронів, з'єднаних один з одним певним чином. Нейрон являє собою елемент, який обчислює вихідний сигнал (за певним правилом) із сукупності вхідних сигналів. Тобто основна послідовність дій одного нейрона така: 1). приймання сигналів від попередніх елементів мережі; 2). комбінування вхідних сигналів; 3). обчислення вихідного сигналу; 4). передача вихідного сигналу наступним елементам нейронної мережі.

Генетичні алгоритми також були "винайдені", але вони формувалися на процесі еволюції живих організмів, а не за спостереженням за нервовою системою людини. Класифікація, передбачення і розпізнавання – це завдання, які вирішує типова нейромережа. Нейромережі можуть використовувати свій досвід для самоосвіти та розвитку. [2]

Нейронні мережі можуть бути застосовані до різних транспортних задач для оптимізації функціонування транспортних систем та покращення їх ефективності, особливо в тих випадках, коли є складні залежності між вхідними та вихідними даними, і традиційні методи можуть бути менш ефективними. Перелічимо для яких само вони використовуються найкраще. Нейронні мережі можуть бути використані для аналізу масиву даних та прогнозування трафіку на конкретних ділянках доріг в різний час. Це допомагає водіям та системам управління трафіком вибирати оптимальні маршрути для уникнення заторів. Також для прогнозування пасажиропотоків у різні часи доби та на різних маршрутах, що може впливати на планування маршрутів та розкладів. Ще вони аналізують дані з GPS та сенсорів транспортних засобів для вдосконалення маршрутів, розподілу засобів та відслідковування їх стану. А також прогнозування споживання енергії різними типами транспортних засобів та оптимізації енергоефективності та аналіз соціальних та економічних даних для прогнозування попиту на громадський транспорт та інші транспортні послуги у різних районах та в різний час.

[1] Музикін М. І. Доцільність визначення раціональних схем обігу локомотивів на основі генетичного алгоритму з цілочисельним кодуванням. Тези доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції

Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті : Тези доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції. Д. : ДНУЗТ, 2017. С. 128.

[2] Музикін М. І., Нестеренко Г. І., Стещенко М. Використання генетичних алгоритмів в інтелектуальних транспортних системах. Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті: Тези доповідей XV Міжнародної науково-практичної конференції. Д.: ДНУЗТ, 2021. С. 98-99.

УДК 004.896

ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

INTRODUCTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RAILWAY TRANSPORT

*А.А. Панченко, факультет Інфраструктури та рухомого складу залізниць,
група 4-АКІТР*

Державний Університет Інфраструктури та Технологій (м. Київ)

*Panchenko A.A., Faculty of Infrastructure and Rolling Stock of Railways, group 4-
ACITR*

The State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

Анотація: Впровадження штучного інтелекту (ШІ) на залізничному транспорті стало ключовим фактором у модернізації та підвищенні ефективності, безпеки та загальної роботи залізничних систем. У цьому документі розглядається інтеграція технологій штучного інтелекту на залізничному транспорті, підкреслюється її значення, розглядаються існуючі проблеми та досліджується трансформаційний потенціал, який вона несе в собі для революційних змін у цьому секторі.

Постановка проблеми. Залізничний транспорт стикається з численними проблемами, включаючи оптимізацію розкладу, забезпечення безпеки, управління технічним обслуговуванням і підвищення загальної операційної ефективності. Традиційні підходи часто не дозволяють ефективно вирішувати ці складні завдання. Людські помилки, інфраструктурні обмеження та зростаючі потреби пасажирів додають до цих викликів ще більше складнощів. Вирішення цих проблем вимагає інноваційних рішень, здатних оптимізувати роботу, забезпечити безпеку та покращити загальний досвід користувачів.

Основні матеріали дослідження.

1. Підвищення безпеки та захисту:

Алгоритми штучного інтелекту та моделі машинного навчання можуть аналізувати величезні обсяги даних у режимі реального часу, уможливаючи превентивне технічне обслуговування для запобігання потенційним несправностям або відмовам. Датчики зі штучним інтелектом можуть виявляти аномалії в колії, сигнальних системах і рухомому складі, попереджаючи проблеми з безпекою. Крім того, відеоаналітика на основі штучного інтелекту

може посилити заходи безпеки, виявляючи потенційні загрози або незвичайну активність на станціях або вздовж колій. [1][2]

2. Оптимізація операцій та ефективності:

ШІ допомагає оптимізувати розклад руху поїздів, прогнозувати пасажирський попит і керувати транспортними потоками. Предиктивна аналітика допомагає динамічно коригувати розклад, мінімізувати затримки та підвищувати загальну ефективність. Алгоритми машинного навчання аналізують історичні дані для прогнозування попиту, дозволяючи операторам ефективно розподіляти ресурси та забезпечувати оптимальне надання послуг. [1][2]

3. Обслуговування та досвід клієнтів:

Чат-боти та віртуальні асистенти, керовані штучним інтелектом, надають пасажиром інформацію про розклад, затримки та альтернативні маршрути в режимі реального часу, покращуючи їхній загальний досвід. Персоналізовані рекомендації, засновані на вподобаннях користувачів та історичних даних, можуть підвищити задоволеність і лояльність клієнтів. [1][2]

4. Вплив на довкілля та сталий розвиток:

ШІ сприяє зменшенню вуглецевого сліду залізниць, оптимізуючи споживання енергії, покращуючи логістику та просуваючи екологічні практики. Алгоритми ШІ оптимізують використання енергії, регулюючи швидкість руху поїздів і керуючи енергоспоживанням, тим самим сприяючи екологічній стійкості. [3]

Висновки. Інтеграція штучного інтелекту в залізничний транспорт пропонує трансформаційний потенціал для подолання існуючих викликів і революційних змін у галузі. Посилюючи заходи безпеки, оптимізуючи операції, покращуючи клієнтський досвід і сприяючи сталому розвитку, технології штучного інтелекту прокладають шлях до більш ефективної, безпечної та екологічної залізничної транспортної системи. Однак успішне впровадження ШІ на залізницях вимагає врахування технічних, регуляторних та етичних міркувань для забезпечення його широкого впровадження та отримання максимальних переваг. Отже, роль штучного інтелекту в залізничному транспорті є багатообіцяючим напрямком для інновацій, пропонуючи рішення для різних проблем і одночасно просуваючи галузь до більш ефективного і сталого майбутнього.

[1] Research and Innovation Keeps AI on the Right Track [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://rail-research.europa.eu/news/research-and-innovation-keeps-ai-on-the-right-track/>. Дата звернення: 11.18.2023.

[2] Transforming railways with AI-powered predictive analytics and maintenance [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://appinventiv.com/blog/ai-in-railways/>. Дата звернення: 11.18.2023.

[3] The Role of AI in Sustainable Railway Engineering and Design [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://ts2.space/en/the-role-of-ai-in-sustainable-railway-engineering-and-design/#gsc.tab=0>. Дата звернення: 11.18.2023.

РОЗУМНІ ТЕЛЕМАТИЧНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

SMART TELEMATIC TRANSPORT SYSTEMS BASED ON CLOUD TECHNOLOGIES

О.М. Харламова

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

O.M. Kharlamova

Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)

Сучасні транспортні засоби поступово отримують значну кількість датчиків, виконавчих механізмів та пристроїв зв'язку, таких як мобільні пристрої, пристрої GPS та вбудовані комп'ютери. В явному вигляді ці транспортні засоби володіють потужними можливостями в області датчиків, мереж, зв'язку та обробки даних, що дозволяє їм взаємодіяти з іншими транспортними засобами або обмінюватися даними з навколишнім середовищем через різні протоколи, такі як TCP/IP, SMTP, WAP і телематичний протокол наступного покоління (NGTP)[1].

Це призвело до розробки інноваційних телематичних служб, таких як дистанційне вимкнення двигуна та дистанційна ідентифікація, з метою підвищення безпеки, зручності та задоволення водіїв. З використанням хмарних обчислень і Інтернету речей (IoT) відкриваються перспективи вирішення різних транспортних проблем, таких як трафік, затори та безпека транспортних засобів.

Науковці протягом останніх років розробили численні моделі, які використовують хмарні обчислення для впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS). Наприклад, був розроблений альтернативний дизайн транспортної хмари під назвою ITS-Cloud, спрямований на поліпшення зв'язку між транспортними засобами та безпекою дорожнього руху [2].

Для оптимізації управління дорожнім рухом заплановано реалізацію хмарної системи управління містом. Оскільки Інтернет речей (IoT) набуває популярності завдяки стрімкому розвитку бездротових телекомунікацій, ця технологія привертає значну увагу і очікується, що вона призведе до покращень в різних сферах, включаючи охорону здоров'я, виробництво та транспорт. Пропонується унікальна багаторівнева хмарна платформа для передачі даних, яка інтегрує існуючі технології хмарних обчислень та Інтернету речей. Дві моделі обробки даних, які включають наївну модель Байєса та регресійну модель, демонструють високий рівень ефективності для обробки даних у хмарних сервісах передачі даних.

Протягом останніх десятиліть розвиток бездротових технологій призвів до створення транспортних мереж. Початкова концепція полягала в тому, що

інфраструктура, яка маргінальна за природою, може використовуватися транспортними засобами, обладнаними радіочастотними пристроями, для встановлення бездротових мереж, що спрощує такі операції, як маршрутизація. В результаті дослідження була розроблена динамічна міжтранспортна мережа, відома як транспортна мережа (VANET).

VANET спрямовані, насамперед, на забезпечення зв'язку між різними транспортними засобами (V2V). Вони мають гібридну структуру, що поєднує спонтанні мережі, бездротові комп'ютерні мережі та стільникові технології для інтелектуальних транспортних систем (ІТС). Призначення застосувань VANET включає підвищення безпеки водіїв, надаючи можливості спостереження за дорожнім рухом, обміну оновленнями, оповіщення про надзвичайні ситуації та надання допомоги на дорозі.

Планується, що хмарні обчислення вплинуть на транспортні пакети та послуги у сфері автоматизації. Оскільки багато автомобілів мають пристрої для доступу до мережі, розглядається інтеграція транспортних мереж, датчиків, бортових пристроїв та хмарних обчислень для створення транспортних хмар. Платформу транспортних хмарних сервісів можна розділити на різноманітні практичні послуги та підсистеми, такі як адміністрування трафіку, маршрутизація послуг, інтелектуальна власність, аналіз стану транспортних засобів тощо. Хмарні обчислення включають платформу як послугу (PaaS), інфраструктуру як послугу (IaaS) і пакет як послугу (SaaS). Гібридна хмара може бути використана для створення транспортних хмарних платформ, де критичні сервіси розміщуються на персональних хмарах, а дані користувачів - на публічних [3].

Таксономія для хмар, пов'язаних з VANET, включає хмари віктимізації транспортних засобів, транспортні хмари та гібридні хмари. Ці хмари об'єднують пристрої, такі як датчики, виконавчі механізми та технології мереж (бездротова сенсорна мережа, стільникова мережа, супутникова мережа) для забезпечення зв'язку V2V та V2I.

Метою платформи є надання тимчасових, економічних та безпечних послуг через хмари, разом із традиційною, тимчасовою та короткоживучою хмарами. Традиційна хмара містить віртуалізовані комп'ютери для SaaS, PaaS і IaaS. Тимчасова хмара створюється на вимогу і включає недостатньо використовувані обчислення, мережі та сховища для розширення можливостей традиційної хмари. Взаємодія між традиційними та тимчасовими хмарами дозволяє обмінюватися інформацією та послугами. Інтегровані пристрої IoT, мережі та хмарні сервіси взаємодіють для обміну даними, спільного використання ресурсів та спільної роботи в хмарах.

[1] A. Iwai and M. Aoyama (2011), Automotive cloud service systems based on service-oriented architecture and its evaluation, in Proc. IEEE Int. Conf. Cloud Comput., Washington, DC, USA, 2011, pp. 638–645.

[2] S. Bitam and A. Mellouk (2012), ITS-cloud: Cloud computing for intelligent transportation system, in Proc. IEEE Global Commun. Conf., Anaheim, CA, USA, 2012, pp. 2054–2059.

[3] C. Speed and D. Shingleton (2012), An internet of cars: Connecting the flow of things to people, artefacts, environments and businesses, in Proc. 6th ACM Workshop Next Gener. Mobile Comput. Dynam. Personalised Travel Plann. ACM, Ambleside, U.K., 2012, pp. 11–12.

УДОСКОНАЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ПРИЙМАННЯ ПОЇЗДУ НА ЗАЛІЗНИЧНУ СТАНЦІЮ

IMPROVEMENT OF THE INTELLIGENT AUTOMATED PROCESS OF RECEIVING A TRAIN AT THE RAILWAY STATION

***В.А. Кобзенко, О.М. Космін, док. тех. наук, професор О.В. Лаврухін**
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***V. Kobzenko, O. Kosmin, Doctor of Engineering, Professor O.V. Lavrukhin**
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Враховуючи те, що військовий стан в Україні продовжується залізничний транспорт все ж таки як і раніше лишається одним з основних важелів в потужній підтримці економіки країни в секторі вантажних і пасажирських перевезень. В цей суворий час доволі гостро постають питання підвищення прибутковості від перевезень залізничним транспортом. Це можливо як за рахунок отримання прямих грошових надходжень так и за рахунок збереження існуючого устаткування, яке може базуватися на підсиленні технологічної основи організації перевізного процесу. До цього слід зауважити, що головною метою при перевезенні вантажів та пасажирів на залізничному транспорті є забезпечення високого рівня безпеки під час перевізного процесу. Дані, що були опубліковані до виникнення бойових дій на всій території нашої країни [1] свідчать про певну стабільність і неухильне зростання обсягів перевезення по окремим регіональним філіям залізниць.

Разом із позитивними тенденціями в роки, до виникнення військового конфлікту, спостерігалася негативна тенденція виконання основних якісних показників. Основним комплексним показником є обіг вантажного вагона. Тенденція зміни обігу вагона у відсотках до попереднього року яскраво описує складність ситуації, яка виникла в секторі використання мобільних транспортних засобів на залізничному транспорті.

Цілком природньо припустити, що за часів озброєного конфлікту ситуація суттєво загострилася. В існуючих умовах постає невідкладне науково-прикладне завдання продовження стрімкого вдосконалення підходів ефективного використання транспортних ресурсів для зміцнення обороноздатності країни шляхом безперервного прямування поїздопотоків зі всіма категоріями вантажів.

Одним з основних напрямків такого подходу використання автоматизованих засобів управління перевізним процесом. В науковій статті [2] досліджуються питання формування автоматизованої системи активного моніторингу просування рухомих одиниць (АМПРО) в основу якої покладено абстрактне моделювання оперативних процесів (АМОП). Досліджений підхід

дозволив оперативному диспетчерському апарату ефективно регулювати рух поїздів. Такий підхід підтвердив свою ефективність при його апробації, тому має сенс подальші інтелектуальні модулі автоматизованої системи перевезень удосконалювати саме в такий спосіб.

З метою швидкого реагування на зміну подій в даній роботі, як зазначалося раніше, буде застосовано модифікацію мови поїзних ситуацій (ЯПС) у вигляді абстрактного моделювання оперативних процесів (АМОП). Саме цей підхід дозволить забезпечити максимально швидку реалізацію алгоритмів прийняття рішень оперативним персоналом при потужній підтримці автоматизованого комплексу диспетчерського управління.

В подальшому τ_{np} буде описаний у термінах АМОП. Відповідно до цього τ_{np} доцільно представити у вигляді предикату колізії неодночасного прибуття подібним предикату колізії нагону ЯПС. На відміну від останнього він буде надавати безумовний пріоритет одному поїзду перед іншим щодо першочергового приймання або про слідування через розмежувальний пункт при зустрічному русі. Таким чином предикат колізії неодночасного прибуття β_{np} можливо виразити аналогічним чином як у [3]:

$$\beta_{np}(p_i^{\dot{)}, p_j^{\ddot{)}, t_n), \quad (1)$$

де $p_i^{\dot{)}$ - умовне позначення поїзда, що рухається в бік розмежувального пункту з непарного напрямку;

$p_j^{\ddot{)}$ - умовне позначення поїзда, що рухається в бік розмежувального пункту з парного напрямку;

t_n - час виконання події (прибуття поїзда на станцію), год.

У загальному вигляді абстрактна модель оперативного процесу прибуття поїздів протилежних напрямків на розмежувальний пункт може бути представлена наступним чином:

$$\beta_{np}(p_i^{\dot{)}, p_j^{\ddot{)}, t_n) \Rightarrow (p_i^{\dot{)} \chi_{\epsilon} s) \tau_{(\bullet)}(t_n) \& (p_j^{\ddot{)} \chi_{\epsilon} s) \tau_{(\bullet)}(t_n), \quad (2)$$

де χ_{ϵ} - відносна, яка характеризує подію знаходження певного об'єкту на визначеній інфраструктурній складовій (станція, колія, перегін);

s - позначення фізичної складової моделі, яка інфраструктурної складової залізничного підрозділу (залізнична станція);

$\tau_{(\bullet)}(t_n)$ - часова відносна, яка характеризує здійснення події в момент часу t_n .

Як і у випадку наведеному в роботі [3] передбачається, що подальша модифікація даного виразу дозволять в реальному режимі часу адекватно відтворювати та корегувати поїзний стан на дільниці. При цьому в даному випадку на відміну від [3] основну увагу приділено розмежувальним пунктам, що надасть розширених потужностей до міттевих рішень, які будуть

генеруватися на робочому місці поїзного диспетчера або чергового по станції. Такий підхід дозволить мінімізувати час на прийняття раціонального рішення, що в свою чергу може стати основою присорення обігу вантажного вагону та отримання максимальної ефективності від залізничних перевезень.

[1] Довідник основних показників роботи регіональних філій АТ «Українська залізниця» (2005-2020рр.). - К.: 2021р. - 41с.

[2] Lavrukhin O., Kovalov A., Schevchenko V., Kyman A., Kulova D. Creating a complex criterion for accident consequence assessment in connection with the carriage of dangerous goods by rail // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 2, Issue 3 (98). P. 25-31.

[3] Лаврухін О.В. Баша Д.М., Миронець С.Р. Удосконалення процедури управління поїздопотоками на основі абстрактного моделювання оперативних процесів // Тези Міжнародної науково-прикладної конференції «Інформаційні транспортні технології» (ІТТ- листопад 2022р.) - Х.: 2022р.- С. 100-101.

UDC 004.8

TECHNOLOGY OF INPUT DATA PROCESSING WHEN SOLVING THE PROBLEM OF EFFECTIVE CONTROL UNDER UNCERTAINTY

N.M. Lazarijeva¹, O.O. Lazarijeva²

¹*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

²*V.N. Karazin Kharkiv National University (Kharkiv)*

***Abstract.** The information technology of data fusion for complex multifactorial systems based on the neuro-fuzzy approach is considered. The use of soft sensors allows to reduce the uncertainty or ambiguity of the data and improves the resolution when defining situations.*

The task of control is related to the need to define a complete set of variables to describe the state and take into account the properties of the object. An essential feature of real-time systems is the complexity of quantitative assessment of object parameters, value variations in different situations and conditions. The parameters depend on many factors, which significantly complicate the model, increase the dimensionality, and the refinement of the model turns out to be impossible due to insufficient accuracy or immeasurable parameters. At the same time, unaccounted for effects can significantly affect the dynamics of the object, and the included inaccurate data can worsen the quality of control.

An unambiguously defined list of influencing indicators usually does not exist due to the lack of clear knowledge about their number, evaluative ability and reliability of these indicators. There are also no criteria by which the optimal set of values should be selected.

The state of a dynamic object at any moment is a point in the n -dimensional space of possible combinations of factors, the number of which is unlimited. The size of the system state space is determined by the number of possible configurations, and with a large number of factors it becomes infinite. The current state, which is the result of multifactorial interaction, cannot be described and recognized with absolute precision. At a moment, the state of the object can be specified by a n -dimensional

vector $\vec{q}_t = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ in the infinite space of possible states that is at the input of the control system.

In conditions of incomplete certainty, situational awareness is formed from many independent sources. State assessment is based on data fuzziness. Some properties that are unmeasured can be replaced by proxy variables that correlate with exposure through other data based on the effects they exert. Achieving the aim of control requires knowledge of the relationships between influencing factors. For a more accurate definition, the properties of data complementarity and integration between parameters should be taken into account. This interaction requires a change in the processing of input data.

Neuro-fuzzy modeling is a data processing method using intelligent technologies for modeling human thinking and decision-making. It is a modern approach based on approximations and flexibility. It is created with the help of two elements – adaptability and knowledge. Fuzzy logic describes the mechanism of logical inference under incomplete certainty, and the neural network provides training and adaptation of the model. The state of the object to predict the dynamics is determined programmatically by combining measurements of the object parameters, environment and linguistic description using special algorithms, creating so-called soft sensors. Technically, this is not a special method of combining sensors; intelligent methods based on neural networks allow combining and processing information from many sources.

Non-interacting factors a_1, a_2, \dots, a_n , the limits of which are the intervals determined by the selected membership functions to a separate area $\mu_{A_i}(a_i)$, for a 3-dimensional composite input variable are graphically presented in Figure 1.

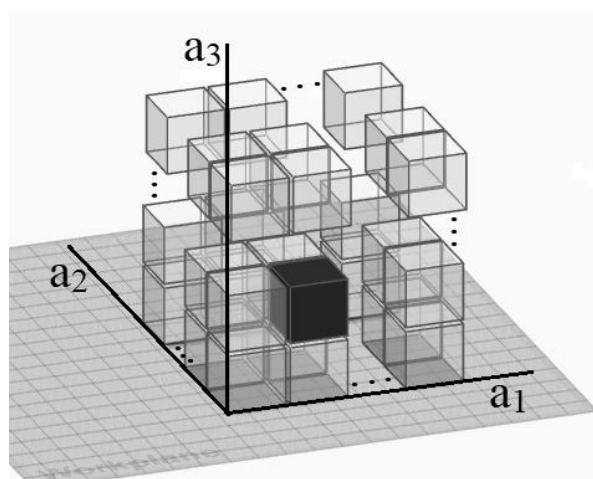


Fig. 1 – Granule of information on a certain property of the object

The current state of the control object is evaluated using fuzzy rules of the knowledge base, which form a fuzzy decision area. Situations can be modeled using various merge operators. By applying the algebraic or logical product operator

$$A(a_1, a_2, \dots, a_n) = A_{1i}(a_1) \times A_{2i}(a_2) \times \dots \times A_{ni}(a_n)$$

the configuration area of the possible values of the integral parameter is the best description of the current state. Separation of emerging situations occurs according to a fuzzy algorithm, the task of which is to classify objects given by feature vectors in an infinite space to determine the strength of the controlling influence.

Conclusion. Data fusion reduces the uncertainty or ambiguity of data and improves resolution when defining situations. At the same time, the dimensionality of the input data vector of the neural network decreases. Information technologies using a set of modern means and methods of data collection, storage and processing provide an opportunity to manage, ensuring high quality.

УДК 656.222.3:658.5

ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ НА ТРАНСПОРТІ

APPLICATION OF COMBINED METHODS FOR TRANSPORT RISK ASSESSMENT

д. філос. Д.О. Кульова, Д.С. Чанцев

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

D.O. Kulova, PhD (Tech.), Chantsev D.S.

Ukrainian State University of railway transport (Kharkiv)

Відповідно до стандарту [1] IES ISO 31010: 2009 Risk management – Risk assessment techniques, а саме його національного відповідника ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 (ІЕС/ISO 31010:2009, IDT. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику) загальне оцінювання ризику – це спільний процес ідентифікування ризику, аналізування ризику та оцінювання ризику. Загальне оцінювання ризику можна провадити на рівні організації, на рівні підрозділів, стосовно проектів, окремих видів діяльності або конкретних ризиків. Різним оточенням можуть відповідати різні засоби та методики.

Загальне оцінювання ризику дає змогу тим, хто приймає рішення, а також відповідальним сторонам краще розуміти ризики, які можуть впливати на досягнення цілей, адекватність та результативність запроваджених засобів контролювання. Це забезпечує основу для прийняття рішень щодо найбільш відповідного підходу до обробляння ризиків. Вихідні дані загального оцінювання ризику – це вхідні дані для процесів прийняття рішень в організації. Даний концептуальний підхід можна застосовувати на транспорті, зокрема і залізничному, з точки зору оцінювання ризику, а саме настання негативних наслідків в результаті його реалізації.

В стандарті описано 31 метод оцінювання ризику, в даному випадку мається на увазі вже не загальне оцінювання, а його вимірювання з метою ефективного керування та, відповідно – мінімізації.

Всі методи оцінювання ризику умовно поділяються на кількісні та якісні [2]. Якісні методи оцінки ризику дозволяють перевести в кількісні на основі бальних експертних оцінок і виміряти величину ризику. Також їх ще називають псевдокількісними методами або неформальними методами. Одним з найвідоміших якісних методів – є Метод експертних оцінок, або ще його називають Метод Делфі. Якісні методи засновані на практичному досвіді, накопичених знаннях, а часто і на інтуїції експертів у відповідних галузях. Таким чином, отримані оцінки є суб'єктивними. Однак, аналіз за оцінкою досвідчених спеціалістів дозволяє враховувати різні аспекти проблеми, виявити найважливіші фактори та можливі рішення, підготовку інформації для подальшої формалізації і побудови математичної моделі.

Кількісні методи оцінювання або імовірнісні базуються на обробці статистичних даних та на основі обрахунку імовірності подій. Дані методи застосовуються, коли шляхом спостережень накопичено достатні обсяги статистичних даних і стає можливим кількісна оцінка ризику.

В умовах реальної ситуації часто застосовується комбінація якісних і кількісних методів і це має декілька причин:

- комплексний підхід: Комбінування якісних і кількісних методів дозволяє отримати більш повне і об'єктивне розуміння ризику. Якісні методи можуть виявити можливі загрози та неочевидні аспекти, тоді як кількісні методи дозволяють чисельно оцінити ймовірність і вплив ризиків;

- додаткова достовірність: Використання обох типів методів дозволяє зменшити можливість викривлення результатів. Якісні методи можуть бути корисні для ідентифікації нових ризиків, які можуть бути пропущені застосуванням лише кількісних методів;

- адаптація до обмежень даних: У випадках, коли обмежена доступність кількісних даних, якісні методи можуть бути використані для проведення оцінки ризиків. З іншого боку, кількісні методи можуть допомогти у точнішому вимірюванні ризиків там, де є відповідна кількісна інформація;

- краще розуміння контексту: Комбінування обох типів методів дозволяє отримати більше контекстуального розуміння ризиків.

- легкість в узгодженні: Застосування комбінованих методів може бути легше узгодити між різними стейкхолдерами та експертами, оскільки вони можуть працювати в межах своєї експертної області застосування.

Застосування даного підходу дозволяє забезпечити більшу повноту та достовірність при аналізі ризиків у різних контекстах.

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

[2] Данько Н., Теличко К., Оцінка ризиків. Метод Файна і Кінні. Охорона праці і пожежна безпека. 2018. № 3 (87). С. 16-22.

ТЕХНОЛОГІЧНА ВІДМОВОСТІЙКІСТЬ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ TECHNOLOGICAL FAILURE RESISTANCE OF MARSHALLING YARD

*доктор техн. наук, професор, В.І. Мацюк¹, канд. пед. наук Ю.П. Дудник²,
аспірант Д.О. Заїка²*

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

²Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

Dr.Sc (Tech.), Professor V. I. Matsiuk¹, Ph.D. (Ped.) Yu. P. Dudnyk², D. O. Zaika²

¹ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

² State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

Технічні (зокрема сортувальні) станції як складні технологічні системи прийнято розглядати через множину функціонуючих технологічних ліній: обробки і пропуску пасажирських поїздів, транзитних вантажних поїздів, розформування та формування складів, переробки місцевих вагонів.

Кожна із зазначених ліній функціонує в умовних межах і, разом з тим, взаємодіє з іншими лініями. Процес є стохастичним, оскільки тривалість технологічних операцій з обробки поїздів та вагонів є імовірнісною. Крім того, на стаціонарність і надійність функціонування ліній і всієї технологічної системи суттєво впливає значна нерівномірність вхідних потоків, які у більшості підпорядковані експоненційному (або гамма) розподілу з варіацією близько 100%.

Такий складний процес у комплексі важко, а в окремих випадках неможливо, досліджувати аналітичними моделями, оскільки більшість функцій є неаналітичними, а множина всіх станів системи перевищуватиме десятки тисяч. Одним з небагатьох інструментів дослідження у таких ситуаціях можна вважати імітаційне моделювання. Початком розробки будь-якої моделі є встановлення її цілей, набору вихідних параметрів та обмежень. Для імітаційних моделей, крім того, важливим є обґрунтування принципу (порядку) імітації та збору і подальшого аналізу результатів моделювання [1]–[3].

Наприклад, для технологічної лінії з обробки транзитних поїздів (із зміною локомотива та без зміни маси й довжини складу) весь процес обслуговування однієї заявки (обробки транзитного поїзда) можна умовно поділити на такі елементи:

- 1) прибуття поїзда із зайняттям вхідної горловини транзитного парку;
- 2) операції з огороження складу, відчеплення поїзного локомотива, передачі перевізних документів;
- 3) технічний та комерційний огляд;
- 4) причеплення поїзного локомотива;
- 5) відправлення за найближчою вільною ниткою графіка.

Всі із зазначених операцій виконуються послідовно поступовим переходом заявки між фазами (елементами) відповідного технологічного процесу. На практиці кожна операція, як правило, починається не відразу, а тільки після готовності відповідних служб або технічних пристроїв. Тому суттєвою частиною будь-якої обробки заявки у залізничній СМО є сукупний простій в очікуванні виконання операцій [4]–[6].

Процес імітації, відповідно до технологічного процесу обробки поїздів, буде являти собою поступовий перехід заявки через програмні блоки одного з вільних каналів. Кожний з блоків відповідає певній технологічній операції. Час перебування у кожному з блоків відповідатиме часу (встановленому або розрахованому) тривалості відповідної технологічної операції. Межа фазового переходу між технологічними операціями відповідатиме моменту переходу заявки із одного блока в інший (рис. 1).

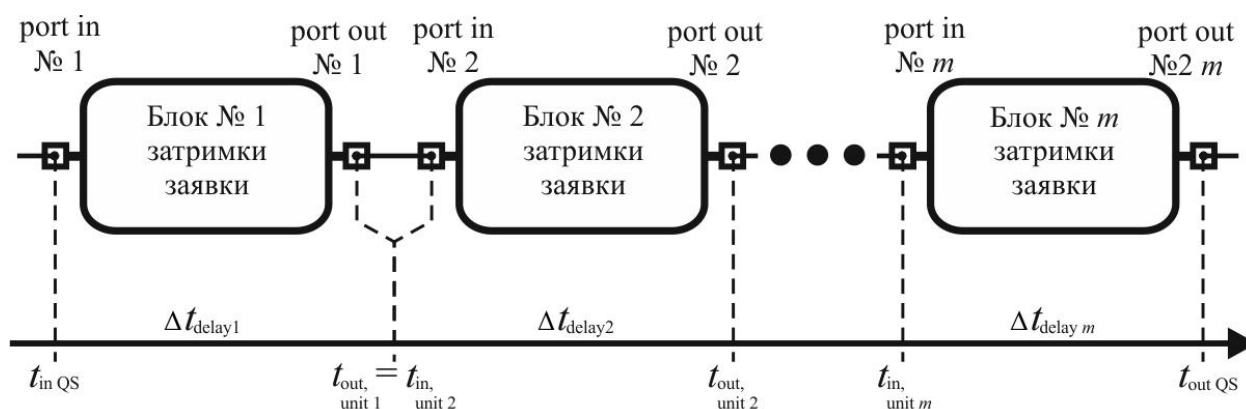


Рис. 1 – Дискретно-подієвий перехід вимоги через елементи технологічного процесу

Такий принцип дозволяє програмно фіксувати момент входу заявки у блок програми, що відповідатиме початку відповідної технологічної операції, і момент виходу заявки з блока, що відповідатиме завершенню технологічної операції. По суті, збір результатів і полягає у фіксуванні моментів переходу заявок між певними блоками (між фазами обробки складів поїздів), що у подальшому дозволить обробити дані, визначити імовірність відмови та безперервність функціонування залізничних транспортних систем. Тривалість знаходження заявки у певному блоці визначається як різниця моментів входження у наступний блок та моменту входження заявки у розрахунковий блок

$$\Delta t_{\text{delay } z} = t_{\text{in,unit } z+1} - t_{\text{in,unit } z}, \text{ при } z = 1, 2, \dots, m, \quad (1)$$

де $t_{\text{in,unit } z}$ – момент входження заявки у блок z ; $t_{\text{in,unit } z+1}$ – момент входження заявки у блок $z+1$. Даний момент часу співпадає із моментом виходу заявки із блока z .

Одним з небагатьох методів комплексної оцінки складних стохастичних технологічних процесів у залізничних транспортних системах є імітаційне моделювання. Для дослідження надійності функціонування технологічних ліній

сортувальних станцій найбільш зручним та ефективним є дискретно-подієвий спосіб, при якому процес імітації обробки поїздів буде являти поступовий перехід заявки через відповідні програмні блоки. Затримання заявок у блоках здійснюється на час, що відповідає тривалості технологічних операцій. Такий принцип дозволяє програмно фіксувати момент входу заявки у блок програми, що відповідатиме початку виконання технологічної операції, і момент виходу заявки з блока, що є завершенням технологічної операції.

[1] V. Matsiuk *et al.*, “Improvement of efficiency in the organization of transfer trains at developed railway nodes by implementing a ‘flexible model,’” *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019, doi: 10.15587/1729-4061.2019.162143.

[2] V. Matsiuk, “A study of the technological reliability of railway stations by an example of transit trains processing,” *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 1, no. 3–85, pp. 18–24, 2017, doi: 10.15587/1729-4061.2017.91074.

[3] A. Prokhorchenko, L. Parkhomenko, A. Kyman, V. Matsiuk, and J. Stepanova, “Improvement of the technology of accelerated passage of low-capacity car traffic on the basis of scheduling of grouped trains of operational purpose,” in *Procedia Computer Science*, 2019, pp. 86–94. doi: 10.1016/j.procs.2019.01.111.

[4] V. Matsiuk, O. Galan, A. Prokhorchenko, and V. Tverdome, “An Agent-Based Simulation for Optimizing the Parameters of a Railway Transport System,” in *ICTERI-2021, : Main Conference, PhD Symposium, Posters and Demonstrations*, 2021. [Online]. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-3013/20210121.pdf>

[5] V. I. Matsiuk, V. K. Myronenko, and Y. P. Petinov, “CONCEPT OF REGULATIONS FOR ACCESS OF PRIVATE LOCOMOTIVES TO PUBLIC RAILWAY INFRASTRUCTURE,” *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, vol. 0, no. 3(87), pp. 62–70, Jul. 2020, doi: 10.15802/STP2020/208198.

[6] S. Panchenko, A. Prokhorchenko, O. Dekarchuk, D. Gurin, D. Mkrytchian, and V. Matsiuk, “Development of a method for studying the impact of the time reserve value on the reliability of the train schedule based on the epidemiological SIR model,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1002, no. 1, p. 012016, Dec. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/1002/1/012016.

УДК 656.2

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПІДСИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ГОТОВНІСТЮ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ УБЕЗПЕЧЕННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ У ГОСПОДАРСТВІ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗВ’ЯЗКУ

AN INTELLIGENT SUBSYSTEM FOR READINESS MANAGEMENT OF TECHNICAL MEANS OF ENSURING TRAFFIC SAFETY OF TRAINS IN THE SIGNALING AND COMMUNICATION DEPARTMENT

*Док. техн. наук В.М. Самсонкін, О.С. Соловійова
Держаний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

*Doctor of Sciences (Tech.) V.M. Samsonkin, O.S. Soloviova
State University of infrastructure and technologies (Kyiv)*

Безпека транспортування є центральним системо утворюючим фактором діяльності залізничного та інших видів транспорту. Серед дев’яти господарств залізничного транспорту України (далі – ЗТ), які забезпечують рух поїздів, є одне, для якого це - мета його функціонування. Мова йде про господарство

сигналізації та зв'язку магістрального ЗТ. Теоретичною базою даної роботи стали Метод виявлення прихованих статистичних закономірностей (МСЗ) та положення теорії ризиків, згідно з проведеними дослідженнями в [1]. МСЗ використовує спосіб управління на основі поняття норми поведінки системи. На рис. 1 показана функціональна схема МСЗ для управління процесом забезпечення руху поїздів. Розглянемо коротко зміст блоків та їх входів/виходів, що комплексно формують інтелектуальну підсистему підтримки прийняття управлінських рішень, або іншими словами - інтелектуальне автоматизоване робоче місце для управління станом роботоспроможності приладів безпеки в умовах служби сигналізації залізниці.

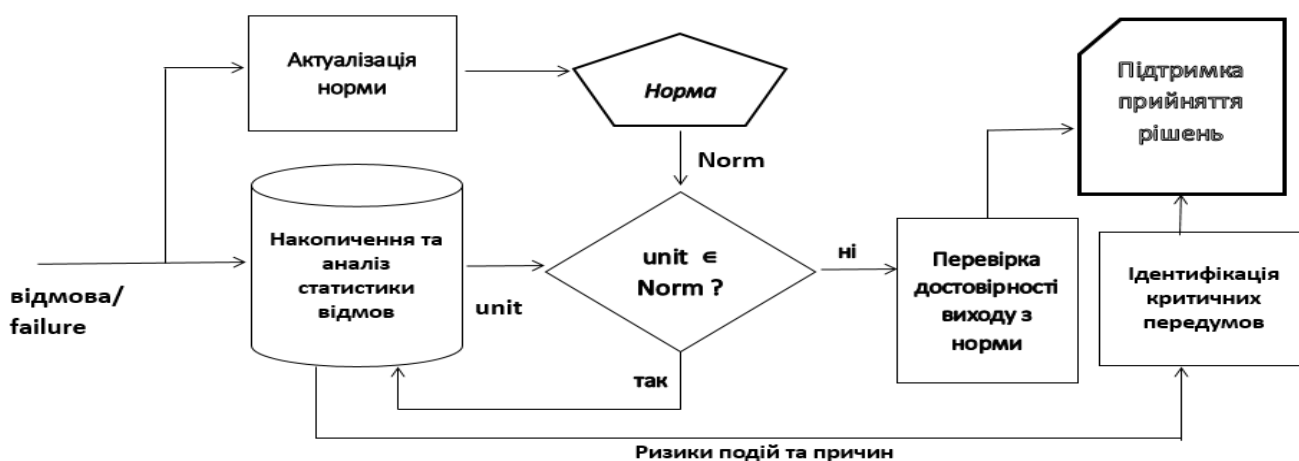


Рис. 1. Схема МСЗ в управлінні на основі норми поведінки системи

Вхідний сигнал «Відмова» - наявність та фіксація збоїв/порушень в роботі технічних засобів, в даному випадку в умовах роботи служби сигналізації.

Блок «*Накопичення та аналіз статистики відмов*» виконує функції формування бази даних відмов, їх накопичення та зберігання. Потім проводить дев'ятипараметричну систематизацію кожної відмови шляхом відповіді на дев'ять питань (параметрів), які повністю характеризують відмову. І після цього проводиться аналіз систематизованої бази даних на виявлення вузьких (проблемних) місць по одному/двом/трьом параметрам з дев'яти [1].

Блок «*Актуалізація норми*» - пов'язаний з тим, що поведінка системи постійно змінюється у зв'язку зі зміною ресурсної складової та середовища. В даній роботі норма розуміється як функціональний оптимум, тобто набір дій, які є найбільш раціональними з точки зору витрат енергії та ресурсу.

Блок «*Норма*» - встановлена норма поведінки системи, що визначає характеристику параметру кінцевого результату на основі статистики цього параметру. В даній праці під параметром кінцевого результату розглядається статистика відмов технічних засобів, які впливають на безпеку руху поїздів – центральний системоутворюючий фактор діяльності залізниць взагалі.

Блок «*unit ∈ Norm?*» – визначення чи статистика відмов за визначений період часу (*вихід unit*) знаходиться в межах встановленої норми (*Norm*). В результаті відповідності/невідповідності наявного стану системи до норми реалізуються наступні блоки. *Вихід «так»* – кількість подій відмов за одиницю часу

відповідає визначеній нормі. Тоді, нічого не треба міняти у системі і управління передається на блок «Накопичення та аналіз статистики відмов». Але, оскільки вирішення питання підвищення безпеки функціонування ЗТ вимагає знання його поточного стану та рівня надійності кожного з компонентів, розробка методики контролю та оцінки безпеки вимагає впровадження поняття ризику виникнення подій та причин [2]. Якщо прояви одних подій явно більші за прояви інших, то встановлюються причини, які є визначальними у виникненні даного виду подій. Тобто, аналіз випадків порушення безпеки руху має вигляд: «причина → подія → наслідки». Вихід «ні» означає, що стан системи не відповідає визначеній нормі поведінки системи. Але, оскільки вихід за межі норми може носити недостовірний характер треба перевірити достовірність того, що система знаходиться не в нормі. Для цього передбачається блок «Перевірка достовірності виходу з норми», де за допомогою контрольних карт Шухарта знаходяться неприродні зміни в даних для процесів, які повторюються, і надаються критерії для виявлення недоліку статистичного керування [3].

Блок «Ідентифікація критичних передумов» передбачає визначення передумов збоїв. Критичними названі передумови, які відповідають принципу «вузького місця» [1]. І тепер формула причинно-наслідкових зв'язків матиме новий вигляд: «передумова → причина → подія → наслідки».

Входами блоку «Підтримка прийняття рішень» є перелік критичних з погляду неблагополучної динаміки або чисельного значення поточних порушень. Суть цього блоку в тому, що служба зосереджується у своїй діяльності на реалізацію об'єктивно проблемних або вузьких місць за рахунок розробки заходів щодо профілактики причин та передумов порушень безпеки руху.

[1] V. Samsonkin, V. Sotnyk, O. Yurchenko, S. Zmii, V. Myronenko, O. Soloviova. Devising a methodology to manage the performance of technical tools of rail transport signaling systems based on the risks of their functioning. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. № 6/3 (120), 2022. pp. 32-43. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268715

[2] Положення про систему управління безпекою руху на залізничному транспорті / Наказ Міністерства інфраструктури України від 24 грудня 2020 року № 842. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0351-21#Text>

[3] Статистичний контроль. Карти контрольні Шухарта (ISO 8258:1991, IDT): ДСТУ ISO 8258-2001. [Чинний від 2003–07–01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 38 с. (Національні стандарти України).

РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОМЕРЕЖЕВОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ РУХУ НА ПІДПРИЄМСТВІ СФЕРИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

DEVELOPMENT OF A GENERAL NETWORK SYSTEM OF AUTOMATED KNOWLEDGE CHECK FOR TRAFFIC SAFETY MANAGEMENT IN A RAILWAY TRANSPORT ENTERPRISE

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

Dr.Sci. (Tech.) V.M. Samsonkin, O.V. Pohoriliy
State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

В ході дослідження питання наявності та використання будь-яких систем перевірки знань для управління безпекою руху на підприємствах сфери залізничного транспорту було встановлено, що станом на третій квартал 2023 року у підприємств сфери залізничного транспорту України не існує єдиного підходу в питанні автоматизації процесу перевірки навичок та знань.

Головною метою цієї роботи є обґрунтування необхідності використання систем автоматизованої перевірки знань при побудові системи управління безпекою руху на підприємствах сфери залізничного транспорту.

Відповідно до статті 1 розділу IX [1]: керівники підприємств забезпечують навчання та періодичну підготовку персоналу підприємства у сфері безпеки руху, а відповідно до статті 4 [1] навчання персоналу підприємства у сфері безпеки руху складається з таких елементів:

- первинна перевірка рівня знань;
- оцінювання поточної ефективності підготовки персоналу;
- ознайомчий курс та базова підготовка, які включають основні відомості про безпеку руху, у тому числі вплив людського та організаційних факторів;
- перевірка рівня знань після проходження курсу підготовки.

Одночасно відповідно до п.3 Наказу Міністерства транспорту та зв'язку від 14 червня 2007 року № 499 [2] начальникам залізниць України (нині – регіональних філій АТ «Українська залізниця»):

- виходячи з місцевих умов роботи, організувати порядок вивчення і перевірку знань, а також визначити перелік посад та вимоги до обсягів знань інших нормативних актів і посадових інструкцій, якими повинні володіти працівники за посадами і професіями, що не передбачені у [2];

- забезпечити вивчення нормативних актів з безпеки руху поїздів та маневрової роботи в необхідному обсязі та їх чітке виконання усіма працівниками.

Слід зазначити, що «Положення про порядок вивчення та перевірку знань нормативних актів з безпеки руху поїздів та маневрової роботи працівниками залізничного транспорту України» не втратило своєї актуальності, проте потребує значного перегляду. Тому слід визначити актуальним та важливим розробку автоматизованої системи перевірки знань (далі – АСПЗ).

В ході аналізу та напрацювання технічного завдання на розробку АСПЗ було запропоновано модель перевірки знань [3]. При проектуванні та розробленні АСПЗ було визначено перші сім професій які потребували періодичної оцінки знань: складач поїздів, монтер колії, диспетчер поїзний/маневровий, машиніст/помічник машиніста тепловоза, черговий стрілочного поста.

Для кожної професії було розроблено тестові питання з щонайменше трьома варіантами відповідей. При формуванні банку тестових питань було використано: Правила технічної експлуатації залізниць України (ПТЕ); Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України (ІРП); Інструкція з сигналізації на залізницях України (ІСи), а також практичні питання роботи.

Кожне тестове завдання для кожної із професій складається з тридцяти питань з яких п'ятнадцять питань професійних та по п'ять питань на знання ПТЕ, ІРП і ІСи. Для кожного тестування генерується свій унікальний набір питань з доступного банку питань.

Для зручності експлуатації АСПЗ було створено чотири основні ролі користувачів: «Залік», «Навчання», «Керівник», «Звітність». Кожна роль має певний обмежений набір можливостей експлуатації системи. Наприклад роль «Керівник» дозволяє користувачеві створювати нових користувачів системи, змінювати раніше визначену роль. Система надає можливість користувачам з роллю «Залік» скласти тестове завдання лише один раз за поточну сесію, а для користувачів з роллю «Навчання» - обмежень не встановлено. При складанні залікового тестування система автоматично генерує звіт у тому числі для друку, який у подальшому може бути роздрукований та доданий до особової справи працівника.

Система має гнучкий інтерфейс для додавання нових завдань. Маркетингова назва системи - ІІ ТЕСТ. Наразі АСПЗ ТЕСТ введено в промислову експлуатацію на ПРАТ «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКЦЕМЕНТ».

Можна стверджувати, що створення АСПЗ ТЕСТ надало змогу автоматизувати процес перевірки знань на підприємствах залізничного транспорту України. Дослідити вплив впровадження АСПЗ ТЕСТ на показники безпеки руху на підприємствах залізничного транспорту України.

[1] Положення про систему управління безпекою руху на залізничному транспорті / Затверджено наказом МІУ від 24 грудня 2020 року № 842.

[2] Положення про порядок вивчення та перевірку знань нормативних актів з безпеки руху поїздів та маневрової роботи працівниками залізничного транспорту України / Затверджено наказом Міністерства транспорту та зв'язку від 14 червня 2007 року № 499.

[3] Самсонкін В.М., Погорілий О.В. Підвищення рівня знань нормативних документів з безпеки руху на залізничному транспорті шляхом використання інформаційних систем // Зб. наук. праць за матеріалами Всеукраїнської наукової конференції «Логістика і транспортна безпека: проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів, загроз» (28 жовтня 2022 року) м. Дніпро. – С.52-55.

**ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА ЯК ОБ'ЄКТ КРИТИЧНОЇ
ІНФРАСТРУКТУРИ В РЕАЛІЯХ ТЕХНОСФЕРИ
ВИСОКОУРБАНІЗОВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ**

**TRANSPORT SYSTEM AS A CRITICAL INFRASTRUCTURE OBJECT IN
THE REALITIES OF THE TECHNOSPHERE OF A HIGHLY URBANIZED
TERRITORY**

*канд. фіз.-мат. наук Ю.С. Тарасенко
Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

*Cand. of Phys. and Math. Sc. Y.S. Tarasenko
University of Customs and Finance (Dnipro)*

Тенденція сучасного суспільства полягає в об'єднанні і проживанні у високо урбанізованих районах, про що свідчать дані ООН, що викликано значним зростанням міського населення по відношенню до сільського. Зокрема, згідно з рейтингом країн за рівнем урбанізації (Urbanization Index), Україна посідає 73 місце (з 195 країн) у світі за останніми результатами дослідження щодо частки міського населення, представленого по відношенню до загального населення країни (станом на 04.10.2023 рік) 69,5 % населення міста [1]. Як правило, техносфера таких територій, до якої входять різні інженерні споруди, в тому числі транспортна система, що поєднує в собі громадський транспорт, промисловий залізничний транспорт, відомчий транспорт, трубопровідний транспорт і громадський зв'язок (дороги, мости, дамби, водосховища і т.д.) [2], за своїм значенням в національній безпеці держави відноситься до сфери кібербезпеки, тоді як озвучені транспортні об'єкти є критичною інфраструктурою (ОКІ) [3,4].

На жаль, все більших оборотів набуває тенденція несумлінного протиборства новітніх технологій (в тому числі геоінформаційних систем - ГІС), які навіть доходять до кібершпигунства, кіберзлочинності та кібертероризму з використанням не тільки інформаційної зброї, які спрямовані на злом існуючих ОКІ. При цьому сенс їх безпеки полягає в неможливості нанесення шкоди штатному функціонуванню та властивостей цих об'єктів або їх структурним складовим [5]. На державному (і не тільки) рівні вимушені створювати системи безпеки и кібербезпеки ОКІ. Цілеспрямовані дії останніх пов'язані з кіберзахистом - сукупністю «організаційних, правових, інженерно-технічних заходів, а також заходів криптографічного та технічного захисту інформації, спрямованих на запобігання кіберінцидентам, виявлення та захист від кібератак, ліквідацію їх наслідків, відновлення сталості і надійності функціонування комунікаційних, технологічних систем» [6]. Безсумнівно, спектр безпеки інформаційних аспектів у вигляді доступності, цілісності і

конфіденційності інформації повністю залежить від прогресу використовуваних систем і технологій (зокрема й геоінформаційних), їх соціальної складової та ймовірного характеру можливих впливів (охоплюючи й фізичні прояви різноманітних ризиків) на об'єкт дослідження [7].

Згідно [8], сучасні геоінформаційні технології (Geographic Information Technologies, ГІТ) – це сукупність методів і прийомів збору та обробки географічної (просторової) інформації у сучасній цифровій формі з виділенням трьох складових – *технології ГІС (Geographic Information Technologies)*, що реалізує технологія введення, інтеграції, зберігання, обробки, аналізу, моделювання та візуалізації географічної інформації; - технології дистанційного зондування Землі (Remote Sensing - RS) з метою отримання інформації про поверхню Землі та об'єктів реального світу (середовища) за допомогою авіаційного та космічного моніторингу; - технології позиціонування (*Global Positioning System, GPS*), що реалізує технології визначення місця розташування об'єктів на Землі різними засобами глобальних навігаційних систем та сучасних оптоелектронних геодезичних вимірів.

Особливий інтерес представляє розвиток інтелектуальних транспортних систем (ІТС). Необхідною (але не достатньою) умовою успішного і безумовно довгострокової реалізації ІТС є розробка не тільки методів штучного інтелекту та їх практичної реалізації, а й надійних (безвідмовних) платформ щодо розташування руху, взаємного положення та стану рухомих об'єктів. На даний момент стало цілком зрозуміло, що без космічного моніторингу Землі, сучасних комп'ютерних засобів та їх програмного забезпечення (сервісу) неможливо розробити методи штучного інтелекту, як в транспортній системі, так і ГІС. Не виключено, що саме через швидке розширення використання ГІТ відстає єдина (насамперед європейська) стандартизація за умов представлення цифрової картографії в ГІС, сфері використання яких постійно розширюється [9].

З існуючих вітчизняних та міжнародних стандартів слід відзначити ГОСТ 28441-99 «Цифрова картографія. Терміни та визначення» з датою введення 2000-07-01 [10], яка повинна використовуватися спільно з ГОСТ 15971, ГОСТ 21667 ГОСТ 26387. Крім того, (мабуть, перш за все, через гриф «засекречено») обмежена (щодо використання) схемотехнічна реалізація первинних джерел геоінформації, наприклад від об'єктів критичної інфраструктури, здійснюється у вигляді оптико-радіолокаційних систем або пристроїв. Таким чином ГІС – це не тільки сучасні комп'ютерні технології для картографування й аналізу об'єктів реального світу, подій і явищ, що відбуваються та будуть відбуватись у прогнозованому періоді. ГІС - це інформаційна система, яка забезпечує збір, збереження, обробку, доступ, відображення та поширення геопросторових даних, першоджерела яких – це дані, які отримане кіберфізичними та радіотехнічними системами.

Саме останнім (передусім радіолокаційним) належать, добре схемотехнічно та законодавчо (з позицій єдиних стандартів), реалізовані достовірні методи та способи отримання так званої радіолокаційної інформації у вигляді здійснення етапів виявлення, дозволу, вимірювання та розпізнавання [11,12]. За аналогією з такими прототипами отримання інформації багатомільйонна індустрія ГІТ, що

використовується практично у всіх сферах людської діяльності, здатна також бути реалізованою у вигляді технологічного ланцюжка сукупності оптико-радіолокаційних методів та програмно-апаратних засобів, що забезпечують отримання, обробку, розповсюдження та архівування просторової інформації. З метою її безпеки, підвищення надійності та оперативності слід до геоінформаційних об'єктів, у тому числі і з техносфери високоурбанізованих територій, відноситись як до об'єктів критичної інфраструктури. У такому ракурсі, з одного боку, доцільно використовувати методологію побудови пізнавальної моделі безпеки ОКІ [13], включаючи як підвищення їхнього рівня безпеки [14], так і зниження супутніх ризиків [7]. З іншого боку, нескладно експериментально оцінити рівень достовірності технології та похибок (невизначеності) проведених (супутніх) вимірювань [15-17], виходячи з парадигми їх істинності відповідно до сучасних рекомендацій ISO/IEC Guide 98-1:2009, реалізуючи методики вимірювань ефективної поверхні простих, але каліброваних об'єктів, наприклад у вигляді сфери або сукупності кутових відбивачів [11].

- [1] Рейтинг стран мира по уровню урбанизации /Гуманитарный портал: Исследования [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий, 2006–2023 (последняя редакция: 04.10.2023). URL: <https://gtmarket.ru/ratings/urbanization-index>.
- [2] Крячко К.В., Кулешов В.В., Берестова Т.Т. Взаимодействие видов транспорта Конспект лекций. – Харьков: УкрДАЗТ, 2010. – Ч. 1. – 100 с.
- [3] Указ Президента України «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 14 травня 2021 року "Про Стратегію кібербезпеки України"».
- [4] Закона Украины Про критичну інфраструктуру № 1882-IX від 16.11.2021р. *Голос України*. 2021. 14 груд. (№ 236).
- [5] Тарасенко Ю.С., Солянников В.Г., Бруй І.І. Кібербезпека: інформаційні аспекти захисту від технологій впливу. Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні рішення в економіці, бізнесі, суспільних комунікаціях та міжнародних відносинах» Секц. «Спрямування розвитку сучасних інноваційних технологій у сфері комп'ютерних наук та кібербезпеки» Дніпро 16 квітня 2021 р. С. 424-426.].
- [6] Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України». Документ 2163-VIII (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 45, ст.403), чинний, редакція від 15.12.2021.
- [7] Тарасенко Ю. С., Савченко Ю.В. Ризик-орієнтовані процеси забезпечення безпеки об'єктів критичної інфраструктури. Системи та технології, 65 (1). С. 66-76.
- [8] В.І.Зацерковний, В.Г.Бурачек, О.О.Железняк, А.О.Терещенко Геоінформаційні системи і бази даних: монографія. – Ніжин: НДУ ім. М.Гоголя, 2014. – 492 с.
- [9] В.П.Савиных. Геоинформатика в системе наук. - Образовательные ресурсы и технологии. •2016'3 (15) с.106-113.
- [10] Межгосударственный стандарт Digital cartography. Terms and definitions ГОСТ 28441-99 «Картография цифровая. Термины и определения». МКС 01.040.35. ОКСТУ 0090. Дата введения 2000-07-01.
- [11] Тарасенко. Ю.С. Фізичні основи радіолокації [Текст]: навч. Посіб. Т 19. – Д.: «Пороги», 2011. – 487с.
- [12] Теоретические и физические основы радиолокации и специального мониторинга : учебник / А. Н. Фомин, В. Н. Тяпкин, Д. Д. Дмитриев [и др.] ; под общ. ред. И. Н. Ищука. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2016. – 292 с.
- [13] В.Ю.Клим. Ю.С.Тарасенко, The methodology of building the cognitive model of critical infrastructure's security. Pp. 38-51. Prospektive globale wissenschaftliche trends. Monographic series «European Science». Book 11. Part 1. Published by: *ScientificWorld-NetAkhatAV*. Karlsruhe, Germany 2022.
- [14] Safety of critical infrastructure objects from the positions of risk effectiveness reduction Yu.S. Tarasenko, V.Iu. Klym. Vol. 4 No. 141 (2022): System technologies, Published: 2023-03-04, p.158-168.
- [15] ISO/IEC Guide 98-1:2009, Uncertainty of measurement - Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement, IDT. Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения. Стандартиформ. 2017.
- [16] ISO/IEC 98-3, Uncertainty of measurement — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) Руководство ISO/МЭК 98-3 Неопределенность измерений — Часть 3: Руководство по выражению неопределенности измерений (GUM:1995).

[17] Ю.С.Тарасенко, Прокопович-Ткаченко Д.І., Савченко Ю.В., В.О. Воскобойник. Парадигма радіоелектронних вимірів: від погрішності до невизначеності. Системи та технології. – 2020. – № 2(60). С. 102-119.

УДК 656.078

**ДОСВІД ЯПОНСЬКИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ВЗАЄМОДІЇ ДОРОЖНЬОГО ТРАНСПОРТУ ПІД ЧАС АВТОНОМНОГО
ВОДІННЯ НА ШВИДКІСНИХ МАГІСТРАЛЯХ**

**EXPERIENCE OF JAPANESE INTELLIGENT ROAD TRANSPORT
INTERACTION TECHNOLOGIES DURING AUTONOMOUS DRIVING ON
EXPRESSWAYS**

канд. тех. наук А.І. Кузьменко

Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)

A.I. Kuzmenko, PhD (Tech.)

University of Customs and Finance (Dnipro)

З метою підвищення безпеки дорожнього руху, ефективності і комфорту перевезень, а також для збереження навколишнього середовища в Японії активно використовуються ITS – інтелектуальні транспортні системи. ITS використовують передову електронну технологію для побудови інтегрованої системи між людьми, дорогами та транспортними засобами, тим самим покращуючи складність навігаційних систем і автоматично сплачуючи проїзд платними автошляхами. Мета японських ITS полягає в тому, щоб створити платіжну систему, підтримувати безпеку керування автомобілем, підвищити зручність громадського транспорту та вдосконалити логістичні підприємства тощо, а також надавати користувачам інформацію, необхідну для безпечної, комфортної та ефективної подорожі, швидко, точно та у зрозумілій формі [1].

Електронні технології, які реалізують ІТС в Японії, включають в себе [1]:

1) ASV (транспортний засіб підвищеної безпеки), що швидко виявляє навколишні умови, такі як дорожньо-транспортні пригоди, і підтримує безпечне водіння, надаючи інформацію, попередження, оперативну підтримку і т.д.;

2) VICS (інформаційно-комунікаційна система дорожнього руху) – система, яка відображає інформацію про дорожній рух у режимі реального часу, наприклад затори та правила дорожнього руху, на бортових пристроях, таких як автомобільні навігаційні системи, у вигляді тексту та графіки;

3) ETC (система автоматичної оплати проїзду) – система, яка автоматично сплачує мита шляхом обміну інформацією про дорожній рух транспортних засобів і плату за проїзд за допомогою бездротового зв'язку між бортовим пристроєм, встановленим у транспортному засобі, та придорожнім пристроєм бездротового зв'язку, встановленим на пункті збору.

Крім того, в Японії існують системи, які підтримують безпечну та ефективну роботу за допомогою GPS (супутникова система позиціонування) і цифрових тахографів, а також системи, які підтримують складне керування багажем за допомогою ідентифікаційних бирок багажу, що використовують мікросхеми IC. Електронні номерні знаки привертають увагу як інфраструктура (фундаментальна технологія) для індивідуальної інформації про транспортний засіб, що є важливим для просування ІТС та для сприяння управлінню дорожнім рухом, де є потреба в ідентифікації транспортного засобу [1].

Заслугує уваги проект під назвою: «Демонстраційний експеримент взаємодії дорожнього транспорту для ери автономного водіння на швидкісних магістралях», що виконувався компаніями Mitsubishi Heavy Industries Group, MHI-MS і Spectee Inc., які займаються візуалізацією ризиків за допомогою новітніх технологій, включаючи штучний інтелект, спільно із компанією NEXCO Central Japan, яка приймає проект. Виконані демонстраційні експерименти спрямовані на реалізацію системи автономного водіння на дослідній ділянці протяжністю приблизно 4 км у префектурі Сідзуока від Шін-Хадано ІС [2]. Зокрема, були використані V2I для доставки «прогнозованої інформації», яку не можуть виявити бортові датчики безпілотного транспортного засобу, для «надання інформації про перешкоди на дорозі транспортним засобам, що йдуть за ним», і «оптимізації відповідно до дорожні умови та умови водіння» (див. рис. 1).

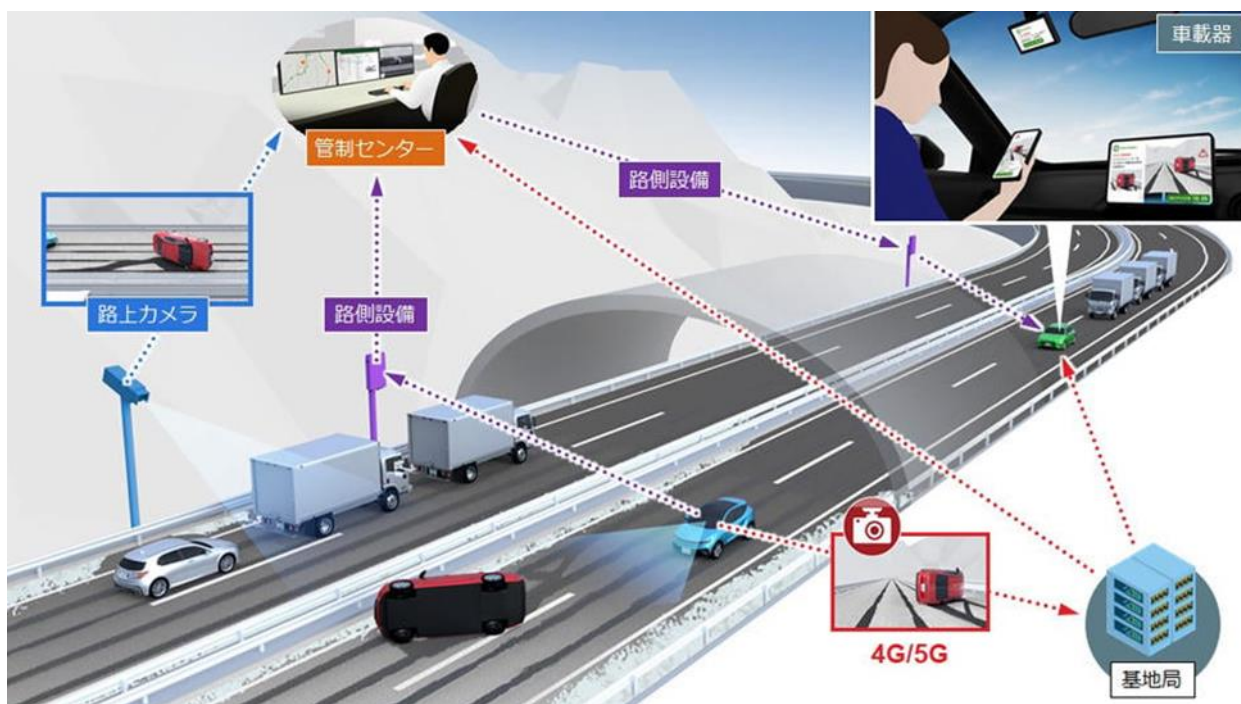


Рис.1. Оперативна схема зображення V2I, що передає на безпілотний автомобіль прогнозовану інформацію, яку не можуть виявити бортові датчики безпілотного транспортного засобу [2]

V2I — це аббревіатура від «транспортний засіб до інфраструктури» і означає бездротовий зв'язок між підключеними транспортними засобами та інфраструктурним обладнанням, яке має функції зв'язку ІКТ [2].

Розповсюджуючи «передбачувану інформацію» транспортним засобам, які прямують, своєчасно визначаючи небезпеку, можна вжити заходів щодо ухилення з достатньою кількістю часу, сприяючи зменшенню дорожньо-транспортних пригод. Крім того, підтримка відповідності V2I збільшує доступність «слідування», що зменшує опір повітря та економить енергію, керуючи наступним автомобілем близько до головного автомобіля. Ці технології дозволяють використовувати інформацію про роботу автомобіля, отриману через V2I, як інформацію про дорожній рух у режимі реального часу, навіть якщо рівень проникнення безпілотних автомобілів і підключених автомобілів, які функціонують як ІКТ-термінали, є низьким, а частка транспортних засобів у русі є низькою. Оскільки його можна використовувати для отримання інформації про безпеку, очікується, що він зменшить кількість дорожньо-транспортних пригод і покращить управління дорогами, що піде на користь усім транспортним засобам, що проїжджають повз автомобіль [2].

При цьому положення центру мас підресореної маси транспортного засобу можна описати двома параметрами – вертикальним переміщенням z_0 та кутом нахилу α [3]:

$$z_0 = \frac{z_2 a + z_1 b}{a + b}; \quad \alpha = \frac{z_1 - z_2}{a + b}. \quad (1)$$

де z_0 - вертикальне переміщення центру мас підресореної маси;

z_1, z_2 – вертикальні переміщення підресорених мас переднього та заднього мостів;

a, b – відстані між центром мас підресореної маси транспортного засобу та вертикальними площинами передньої та задньої безпружинних мас;

α – кутове переміщення підресореної маси (кузова транспортного засобу) навколо її центру мас.

Представлена в [3] модель коливань транспортного засобу (типового легкового автомобіля) при його екстремому гальмуванні може бути практично використана для виконання автотехнічних експертиз, дослідження динаміки транспортного засобу та процесу гальмування.

Таким чином, в автомобільній галузі Японії, яка зазнає серйозних змін завдяки CASE, майбутнє бачення «підвищення безпеки та ефективності» та «зменшення впливу на навколишнє середовище» залишається незмінним і узгоджується з баченням Mitsubishi Heavy Industries Group [2].

CASE – акронім, створений з ініціалів Connected, Autonomous, Shared, and Electric: автомобільна промисловість прагне створити безпечні та зручні мобільні послуги наступного покоління. Це стосується технологічних тенденцій у світі. Mitsubishi Heavy Industries Group працює над розвитком бізнесу рішень шляхом «розумної соціальної інфраструктури». Завдяки його участі в демонстраційному експерименті було продемонстровано всі сильні сторони інтелектуальних транспортних систем, які в Японії вже розвиваються протягом багатьох років. Подальший розвиток інфраструктури у сфері транспорту націлений на реалізацію системи автономного водіння за допомогою штучного інтелекту та цифровізації.

- [1] 人・道路・車両を一体のシステムとして... URL: <https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01its/about.html>
- [2] 高速道路での自動運転支援を目的とした路車間通信 (V2I) の実証実験に参画
自動運転社会の実現に向け、三菱重工グループの多様な技術を活用. URL:
<https://www.mhi.com/jp/news/22100502.html>
- [3] Prentkovskis, Olegas & Pečeliūnas, Robertas. (2004). Динамика транспортного средства в момент экстренного торможения. Proceedings of International Conference RelStat'04 Рига, Латвия. Part 3. URL: <https://www.researchgate.net/publication/274699671>

УДК 656.078

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ МІЖНАРОДНИМИ ЛОГІСТИЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MANAGEMENT OF INTERNATIONAL LOGISTICS PROCESSES

I.A. Бережняк, В.О. Дорошчук

Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне)

I.A. Berezniak, V.O. Doroshchuk

National university of water and environmental engineering (Rivne)

Логістика та міжнародні перевезення стають дедалі складнішими та потребують ефективності в сучасному світі. Штучний інтелект допомагає автоматизувати процеси, оптимізувати маршрутизацію, зменшити витрати.

Прикладом успішного впровадження штучного інтелекту в логістичні процеси є його використання в плануванні. У логістичному плануванні використання штучного інтелекту може виявитися навіть ефективнішим, ніж людський потенціал. Під час планування логістичних операцій, поєднання досвіду, відповідальності, особливостей обслуговування клієнтів, гнучкості та розуміння ситуації разом з автоматизацією повторюваних процесів призводить до більш сильного злагодженого ефекту.

Системи управління замовленнями, що базуються на штучному інтелекті, використовують складні алгоритми для здійснення контролю термінів доставки замовлень, їх автоматичного відстеження та виявлення можливих проблем, внаслідок яких можуть виникнути затримки. Шляхом надання даних та аналітики в режимі реального часу, ці системи дають можливість компаніям прогнозувати імовірні затримки та вживати необхідні заходи щодо забезпечення вчасної, повної та якісної доставки вантажів замовникам.

У перспективі, система штучного інтелекту зможе ефективно управляти автономними вантажівками та обробляти дані з інших транспортних засобів та інфраструктури. На сьогоднішній день вже відбувається оснащення вантажівок пристроями, які відслідковують стан та знос вузлів автомобіля. Це не лише дозволяє зменшити ризики несправностей, але й надає можливість

прогнозувати терміни технічного обслуговування на основі реального стану машини.

Лабораторія S2PWeb розробила програму GedVerifier, яка автоматично аналізує основні документи транспортних компаній та перевіряє їх. Ця інноваційна технологія дозволяє автоматизувати обробку до 14 тис. документів на місяць і значно скорочує час процесу, звільняючи співробітників від рутинних завдань. [1].

Big Data ("великі дані") – група технологій та методів, за допомогою яких аналізують та обробляють величезну кількість даних, як структурованих, так і неструктурованих, для отримання якісно нових знань. [2]. Загалом, це дані, які через свій значний обсяг не можна ефективно обробити за допомогою звичайних методів.

Аналіз Big Data розглядає дані як цінні активи і використовує їх для того, щоб допомогти компаніям досягати суттєвих конкурентних переваг. Значний економічний ріст відчутно змінив стратегічні підходи як у виробництві, так і в розподілі товарів (рис.1.).



Рис. 1. Big Data в логістиці та вантажних перевезеннях

Отже, застосування штучного інтелекту в управлінні міжнародними логістичними процесами призводить до покращення ефективності та точності управлінських рішень. Автоматизовані системи, здатні аналізувати великі обсяги даних в реальному часі, допомагають відстежувати замовлення, контролювати терміни доставки і передбачати можливі затримки. Штучний інтелект сприяє оптимізації логістичних ланцюгів, зменшенню витрат та підвищенню задоволеності клієнтів шляхом забезпечення своєчасних та ефективних поставок. Усе це робить використання штучного інтелекту ключовим фактором в сучасному управлінні міжнародною логістикою.

[1]<https://cargofy.ua/uk/blog/vikoristannya-shtuchnogo-intelektu-v-upravlinni-transportnimi-potokami-ta-logistichnimi-reakciyami>.

[2] <https://qagroup.com.ua/publications/shcho-take-big-data-i-iaak-tce-pratciuiie/>.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

INFORMATION TECHNOLOGIES IN TRANSPORT

*Канд. техн. наук О.С. Дубицький, канд. техн. наук П.В. Мазилюк
Луцький національний технічний університет (м. Луцьк)*

*O. Dubytskyi, PhD (Tech.), P. Mazyliuk PhD (Tech.)
Lutsk National Technical University (Lutsk)*

Комп'ютеризація та інформаційні технології значно полегшують виробничий процес і виконання складних та небезпечних трудових завдань. Сучасні технології знаходять широке застосування у сферах послуг, промислового виробництва, соціальних процесів та управління. Також інформаційні технології застосовуються для того, щоб задовольняти невиробничі потреби суспільства.

Автоматизований збір, передача та обробка інформації різко скорочують і навіть повністю ліквідують традиційне листування. Змінюється вся система формування та підготовки ділової документації: довідкові, нормативні, звітні, розрахункові матеріали та дані зберігаються у базах даних. Інформація на запит видається як візуально на дисплей, так і у вигляді документів (звітів).

У будь-якій системі для ефективного управління необхідно швидко та своєчасно отримувати достовірну інформацію про об'єкти управління. Наприклад, при обробці вантажів на складах та у процесі їх транспортування важливу роль відіграє чітка та швидка ідентифікація вантажу. Склад має отримувати продукцію, відвантажувати її, ефективно вести облік. При неправильному сортуванні товару виникають помилки в обліку товару та його відвантаженні, що підвищує вартість відвантаження, накладні витрати та викликає конфлікти з клієнтами. Дослідження показали, що використовуючи інформаційні технології та обчислювальний пристрій, ми можемо суттєво підвищити ефективність роботи транспортної системи.

Інформаційні технології використовуючи сучасні досягнення в галузі комп'ютерної техніки, новітніх засобів комунікації, програмного забезпечення, вирішують завдання ефективно організації інформаційного процесу для зниження витрат часу, праці, енергії та матеріальних ресурсів.

Інформаційні технології знаходяться в постійній модернізації та розвитку, в принципі як і всі технології. Цьому сприяють поява нових обчислювальних пристроїв, розробка нових методів організації даних, зберігання, їх передачі та обробки інформації, а також взаємодії користувачів з технічними та іншими компонентами інформаційно-обчислювальних систем.

Розширення сфери застосування систем зберігання та обробки даних, а також технологій штучного інтелекту, визначає новий етап у вдосконаленні інформаційних технологій.

**КРИТЕРІЙ ОПТИМАЛЬНОСТІ ДЛЯ ВИБОРУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ
ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ**

**OPTIMALITY CRITERION FOR SELECTION AND OPTIMIZATION OF
PARAMETERS OF IMAGE PROCESSING SYSTEM**

канд. техн. наук О.А. Герцій

Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

O.A. Gertsy, PhD (Tech.)

State University of Infrastructure and Technology (Kyiv)

The concept of quality efficiency and optimality occupies an important place in theories about information systems in general and image processing systems, as well as for evaluating of information processing methods used in these systems.

The efficiency of the system can be considered as the benefit received as a result of its use, attributed to the costs of its development and operation [1].

Criteria are used to evaluate efficiency. A criterion is an indicator or a measure of the effectiveness of the quality and optimality of the system. Criteria can be private or general [2].

We have to deal with the justification and selection of performance evaluation and optimization criteria at all stages of system modeling. The difficulty of this task lies in the fact that for complex systems it is not possible to choose a single criterion for evaluating efficiency and optimality [3]. Therefore, it is necessary to solve the problem of multi-criteria ranking or optimization, the main thing in this is the choice and justification of the compromise principle, that is, the generalized scalar criterion.

A lot of attention was paid to the construction and development of a system of quantitative measures of the accuracy of monochrome images restoration. It is indicated in [4] that adequate accuracy measures should be consistent with the results of subjective evaluations for a wide class of images, without requiring super complicated calculations. In addition, it is desirable for these measures to have a simple analytical form – then they could be applied as optimality criteria in the optimization or selection of image processing system parameters. The specified requirements are fully consistent with the general requirements for the criteria formulated earlier. Quantitative measures of accuracy of monochrome images restoration can be divided into two groups: single and paired. A single measure is a number that is compared to an image based on an analysis of its structure. A paired measure is a numerical result of a mutual comparison of two images, for example, a reference and a real one [5].

As a criterion of efficiency and optimality of the method we can take the root mean square error of correction.

Let's say $U = \{F(i, j)\}$ - ideal picture, and $i = 1, \dots, M$, $j = 1, \dots, N$ - coordinates of image elements, M and N - the number of line elements and lines in the frame. The

image we observe $V = \{\tilde{F}(x, y)\}$, which was formed as a result of system processing according to a given algorithm of some initial image. The quality of the algorithm will be better in accordance with the match of ideal and resulting image, therefore it is necessary to determine the "closeness of the images".

It is convenient to start with the quadratic measure of closeness - the Euclidean distance. The square of the Euclidean distance between the images is the square of their difference:

$$\|\Delta\|^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \Delta^2(x, y), \quad (1)$$

where the difference image is

$$\Delta(x, y) = V(x, y) - U(x, y). \quad (2)$$

To obtain a measure of the corrective transformation quality for some set of initial images as a whole, which would not depend on the implementation of the disturbance, it is convenient to take the mathematical expectation of the value $\|\Delta\|^2$ (1). By averaging it both over the set of initial images and over different realizations of the obstacle, we obtain the following value:

$$\varepsilon^2 = \langle \|\Delta\|^2 \rangle = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \varepsilon^2(x, y), \quad (3)$$

where $\varepsilon^2(x, y) = \langle (V(x, y) - U(x, y))^2 \rangle$, is called root mean square correction error (RMSE).

It can be used as a criterion for the optimality of the correction. The best image is considered to be the one for which the RMSE is minimal. However, such a criterion does not meet the requirement of variability within defined limits, as there are difficulties in establishing its upper limit.

One of the reliability criteria is the normalized root mean square error (NRMSE).

$$NRMSE = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [\nu\{F(i, j)\} - \nu\{\tilde{F}(i, j)\}]^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [\nu\{F(i, j)\}]^2}, \quad (4)$$

where $\nu\{\cdot\}$ - a certain (possibly non-linear) operator, $F(i, j)$ - ideal discrete image, $\tilde{F}(i, j)$ - the image under study.

[1] Основи теорії інформації та кодування: Навчальний посібник / [І. В. Кузьмін, І. В. Троцишин, А. І. Кузьмін, В. О. Кедрус, В. Р. Лубчик] за ред. І. В. Кузьміна. – Хмельницький, Хмельницький національний університет, 2009. – 373 с.

[2] Kulivnuk, V., Kuzmin, I., Hladkyi, O., Gertsy, A., Tkachenko, T., Shparaga, T. (2023). Theoretical Fundamentals of Criteria for Evaluation of Efficiency, Quality and Optimization of Complex Informatology Systems. In: Proceedings of Eighth International Congress on Information and Communication Technology. ICICT 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 694, 329-337. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3091-3_26

[3] Kuzmin, I.V., Rudyk, S.L, Gertsy, A.A. & Seleznova, R.V. (2017). Principles of construction of applied cybernetic systems. 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T-2017). IEEE, 237–240. <https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2017.8246387>

[4] Gonzalez, R.C., & Woods, R.E.. (2017). Digital Image Processing. *Pearson, New York, 4 editions.* 1192.

[5] Gertsy, O. (2023). Models of criterion evaluation of the image processing systems effectiveness. Collection of scientific works of the State University of Infrastructure and Technologies series "Transport Systems and Technologies", (41), 143-154. <https://doi.org/10.32703/2617-9059-2023-41-12>

**ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОБЛЕМ ЯК
ОДИН З НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ
ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

**SOLVING ENVIRONMENTAL AND ENERGY PROBLEMS AS ONE OF
THE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF INTELLIGENT TRANSPORT
SYSTEMS**

***В.В. Гільов, канд. техн. наук, Желько Алаваня**
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (м. Дніпро)*

***V.V. Hilov, PhD (Tech.), Zhelko Alavania**
Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture (Dnipro).*

Сучасна якість життєдіяльності населення урбанізованих територій залежить від великої кількості різноманітних факторів, одним з напрямків, які забезпечують комфорт пересування населення та вантажів є швидкість та ефективність роботи транспорту. Але, з іншого боку, використання транспорту призводить до того, що людина все частіше зустрічається з більшим стресом, погіршенням рівня життя через інгредієнтне та параметричне забруднення транспортом довкілля. Сьогодні, у світовій практиці, сфера просування інтелектуальних транспортних систем охоплює питання від вирішення проблем підвищення безпеки дорожнього руху, підвищення продуктивності роботи транспортної системи до питань які пов'язані з екологічними та енергетичними проблемами. Транспортні потоки в умовах урбоекосистем є особливо небезпечними, оскільки безпосередньо наближені до житлової забудови. Шум негативно впливає на стан здоров'я населення, знижує працездатність та продуктивність праці [1]. Тому обов'язково потрібен захист та моніторинг території урбоекосистем, де людина веде активну життєдіяльність від негативного впливу транспорту. Найважливіший на сьогоднішній день принцип, що лежить в основі генеральної схеми шумозахисту це поліпшення або хоча б збереження навколишнього середовища урбоекосистем шляхом розробки такої системи регулювання її акустичного стану, яка б дозволила звести до мінімуму збитки від шумового забруднення. При цьому повинні повністю задовольнятися соціальні потреби населення у створенні найбільш сприятливих умов для праці, побуту та відпочинку людей.

Одним з засобів вирішення екологічної проблеми яка пов'язана з шумовим забрудненням є використання шумозахисних екранів, які розташовуються на шляху розповсюдження шуму. Такий метод є ефективним для малоповерхової забудови, розташованої як в містах, так й в невеликих населених пунктах. В житловій забудові висота шумозахисного екрану може складати від 2 до 8 метрів. Тому пропонуємо використовувати екрани з світлопрозорими вставками, такий екран зазвичай не викликає стомлення та неприємних

відчуттів у мешканців населених пунктів. Таким чином вирішується екологічна проблема, а розташовуючи в елементах шумозахисного екрану різноманітних датчиків ми зможемо отримувати інформацію про зміни рівнів параметричного та інгредієнтного забруднень, тобто здійснювати подальший моніторинг за цими параметрами.

Але й самі екрани ми можемо використовувати як альтернативні джерела отримання енергії, розташовуючи на них фотоелектричні панелі. Сонячна енергія, сьогодні, викликає великий інтерес до використання в якості поновлюваних джерел енергії. Один з недоліків використання фотоелектричних панелей є відчуження і затемнення значних земельних територій (часто сільськогосподарського призначення). Частково цю проблему можна вирішити за рахунок інтегрування сонячних панелей в шумозахисні екрани [2]. Енергія, яка отримується та накопичується протягом дня, можна використовувати для роботи системи моніторингу параметрів навколишнього середовища, а також для освітлення шляхів сполучення та території населеного пункту, або можна перепродавати електроенергію згідно з встановленими тарифами.

На прикладі м. Підгородне Дніпропетровської області розглянемо можливість використання шумозахисного екрану з інтегрованими в нього фотоелектричними панелями в якості шумозахисних елементів. Через м. Підгородне проходять автомобільна та залізнична дороги, які є одними з основних транспортних коридорів на території України. Рівні шуму від цих лінійних джерел складають 80-82 дБА. На рівні житлової забудови перевищення над нормативним рівнем шуму складає 18 дБА. За розрахунками висота шумозахисного екрану становить 6 м, що забезпечить зниження рівня звуку на рівні житлової забудови до нормативних значень. З економічної точки зору такі заходи не завжди окупаються, тому виникає необхідність, для підвищення економічної ефективності, в шумозахисних екранах використовувати фотоелектричні панелі. Враховуючи вартість повного комплексу робіт по спорудженню екрану та мережевих станцій з фотомодулями Longi Solar було визначено, що позитивна річна економічна ефективність цих заходів буде лише, якщо використовувати комбінований з світлопрозорими вставками шумозахисний екран з 2 рядами фотомодулів.

Таким чином, використання шумозахисних екранів дозволить покращити комфортні умови існування населення, використання фотоелектричних панелей як конструктивних елементів екрану – покращити показник економічної ефективності екрану, а розміщення датчиків моніторингу отримувати інформацію про зміну стану навколишнього середовища.

[1] Дослідження рівня шумового забруднення від автотранспорту на автомобільних дорогах Дніпропетровської області / Гільов В.В., Саньков П.М., Полторацька В.М., Ткач Н.О. // Екологічні науки – К. : Видавничий дім «Гельветика», 2022. – No 2(41). – С. 52-55.

[2] Преимущества и недостатки солнечных батарей и возможность их использования на объектах железнодорожного транспорта / В.В. Гильов, В.Н. Полторацкая, А.А. Бойко // Проблемы та перспективи розвитку залізничного транспорту: 78 Міжнародна науково-практична конференція, 17-18 травня 2018 р. – Дніпро, 2018. – С. 243.

**УДОСКОНАЛЕННЯ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ
ПРИ ІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ ДО МЕРЕЖІ TEN-T**

**IMPROVEMENT OF INTERNATIONAL FREIGHT TRANSPORT IN
THE INTEGRATION OF UKRAINE INTO THE TEN-T NETWORK**

магістр Є.С. Бондаренко¹,

лектори А.М. Кисельова², Ю.С. Мінейкіс², Т.І. Руденко²

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Бахмутський фаховий коледж транспортної інфраструктури (м. Бахмут/ м.Дніпро)

masters Y. S. Bondarenko¹,

Lectors A. M. Kyselova², Y. S. Mineyakis², T. I. Rudenko²

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Bakhmut Applied College of Transport Infrastructure (Bakhmut/Dnipro)

Через широкомасштабне російське військове вторгнення в Україну відбулося блокування частини маршрутів міжнародних перевезень через морські порти України. В таких умовах пошук нових шляхів експорту-імпорту продукції є важливим напрямом економічної стабільності України. Залізничний транспорт є найбільш дешевим видом перевезення вантажів на великі відстані. Одним із перспективних напрямів економічної взаємодії України є Сполучене Королівство з яким можливе налагодження залізничних маршрутів руху вантажів. Україні потрібна транспортна взаємодія з її партнерами, від якої залежить експорт власної продукції, постачання критично важливих споживчих товарів на внутрішній ринок, своєчасне надходження міжнародної гуманітарної допомоги та вантажів оборонного призначення [1].

Для вирішення поставленої задачі в роботі на першому етапі запропоновано провести порівняльний аналіз залізничних систем двох країн – України і Великої Британії. Досліджено роботу і процедури надання маршрутів руху на транс'європейській мережі TEN-T, в яку входить Великобританія, транзитні країни ЄС та в яку інтегрується Україна. До 24 лютого 2022 року на українську залізницю припадало 60-75% всього вантажообігу України, тоді як у Сполученому Королівстві [3]. На залізничний транспорт припадає близько 20% внутрішніх перевезень. Велика Британія поступається лише Німеччині за густотою мережі залізниць — 70 км колій на 1000 км² території. Довжина залізниць - 16,5 тис.км, з них третина електрифікована. Для вивчення можливостей залізничних перевезень було проаналізовано роботу інтермодального міжнародного залізничного терміналу Mossend International Railfreight Park [4]. В Україні розглянута можливість взаємодії з мультимодальним логістичним центром

MOST Logistic Terminal на кордоні з Польщею (станція Мостиська-ІІ, регіональна філія Львівська залізниця). [5]. Формалізовано процедуру пошуку кращого маршруту руху вантажного поїзда на далекі відстані між двома країнами – Сполученим Королівством та Україною. Це дозволяє вибрати найбільш конкурентоспроможний варіант слідування вантажного поїзда між двома країнами для організації більш надійних і стабільних перевезень.

Для практичної реалізації запропоновано вимоги до системи підтримки прийняття рішень логіста компаній вантажовідправників, які будуть користуватися послугами для організації міжнародних маршрутів і перевезення вантажів між Великою Британією і Україною.

- [1] Роль наземного транспорту у стійкості міжнародних перевезень вантажів в умовах війни з РФ Офіційний сайт Національний інститут стратегічних досліджень. URL: <https://niss.gov.ua/17-11-2023/>.
- [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/>

УДК 656.02:004 (477)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ В УКРАЇНІ

INTELLIGENT TECHNOLOGIES IN OPTIMIZING TRANSPORT PROCESSES IN UKRAINE

А.О. Телененко, Є.О. Рябоконт

Національний авіаційний університет (м. Київ)

A.O. Telepenko, Ye.O. Riabokon

National Aviation University (Kyiv)

It is impossible to imagine the modern world without the influence of various technological aspects in all areas of human life. The era of technological development has reached its peak and the time has come to combine technology with information. Information technologies are a key factor in the development of transport. The main task of intelligent transport technologies is to improve safety of transportation, to optimize transport processes, to increase the efficiency and to provide stability and ecofriendliness of the transport industry as a whole. In recent years, many countries have begun active in-depth development of this niche.

Intelligent transport technologies include:

- possibility of fast online exchange of information about transport infrastructure;
- creation of environmental friendliness and sustainable transport, as well as, self-driving vehicles;
- smart traffic lights and smart parking solutions;
- transportation apps and data bases (such as Google maps, taxi programs, etc.).

Considering the last point, with the growth of the global transport market, and especially its flourishing after the end of the pandemic, the need for mobile applications is also increasing. The vast majority of the world's population already uses smartphones, almost any transportation problem can be solved or simplified with the help of various programs. So, there are already many resources that help people build routes, avoid traffic jams, and show schedules of a certain type of transport in real time. And more often than not, these programs are extremely popular because they are free and significantly save the user's time and energy.

Certain goals can be defined in all transportation programs such as directions and maps, public transport schedule tracking, tracking vehicle, planning the city trip, booking tickets from mobile or even making payments.

In Ukraine, there is also a wide range of programs and databases for the optimization of logistics and transport routes. On the market of programs for delivery in Ukraine, there are several dozen different applications, "ANT-Logistics" is in the top 10. This is a Ukrainian logistics optimization system that is designed to organize the work of transport services and various sales representatives.

This system includes 4 different modules, each responsible for a specific logistics development. The "Planning" module calculates economical delivery routes taking into account vehicle capacity, time windows, road conditions and a number of other characteristics. Using the "Control" module, GPS monitoring of vehicles is carried out and its current location is displayed. The "Analytics" module generates plan-actual reports, a report on visiting points, a report on tasks and other reports, including custom ones. The "Mobile Commerce" module is aimed at distributors and is designed to organize the work of sales agents.

The platform helps solve two main problems:

- reducing the cost of organizing deliveries by optimizing routes;
- improving customer service by accurately planning arrivals at address points.

The service is suitable for most businesses related to transport deliveries (distributors, retailers, freight forwarders, online stores, etc.). ANT-Logistics allows you to significantly reduce logistics costs due to the elimination of the human factor, the use of the optimal number of vehicles, the reduction of mileage, the maximum load and the increase of the vehicle resource. The service provides control over drivers and sales agents, facilitates product delivery without delays or time constraints.

The future of transportation applications in the field of intelligent transportation technologies accumulates a huge potential for innovation and their improvement of mobility. But it is important to say that the logistics market of Ukraine works for global transportation and every program should be modified for wide use. In the future, may appear such programs and services, like:

1. Smart parking, an app that will use real-time data to help users find available parking spaces, reserve spots, and make parking payments. The program will be able to be deployed on powerful transport hubs and cargo loading bases, optimizing large volumes of work.

2. Personalized Journey Assistant, an app that will learn a user's preferences, enabling the employer to view all driver profiles and intelligently choose the most suitable one. It will also allow the driver to choose the desired mode of transport, cargo, and so on.

In conclusion, the integration of technology and information has become indispensable in the modern world, with transport being a key beneficiary of this technological evolution. Intelligent transport technologies play a vital role in enhancing safety, optimizing infrastructure, and increasing efficiency in the industry. The development of this field has gained momentum globally, with many countries, including Ukraine, actively exploring various aspects of intelligent transport technologies.

[1] Настанова з проектування залізобетонних балок. Розрахунок на вогнестійкість: ДСТУ-Н Б В.2.6-196:2014 – [Чинні 2015-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 47с. – (Національний стандарт України)

[2] Настанова з проектування залізобетонних колон. Розрахунок на вогнестійкість: ДСТУ-Н Б В.2.6-197:2014 – [Чинні 2015-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 40с. – (Національний стандарт України)

[3] Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний 2011-06-01]. – К.:Мінрегіонбуд України, 2011. – 73с. – (Державні будівельні норми України).

[4] Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону ДСТУ Б В.2.6-156: 2010 – [Чинні 2011-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118с. – (Національний стандарт України)

[5] Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6-98:2009 у порівнянні з розрахунками за СНиП 2.03.01-84* і EN 1992-1-1 (Eurocode 2) [Текст] : навчальний посібник / В.М. Бабаєв , А.М. Бамбура, О.М. Пустовойтова та ін.; за заг. Ред.. В.С. Шмуклера. — , Харків: Золоті сторінки, 2015 — 208с.

УДК 656:004

СЕРВІС V2X В ПЛАНУВАННІ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

SERVICE V2X IN TRANSPORT FLOWS PLANNING

О.Р. Єрошенко, В.В. Клименко, Н.І. Новальська
Національний авіаційний університет (м. Київ)

O.R. Yeroshenko, V.V. Klymenko, N.I. Novalska
National Aviation University (Kyiv)

Спрогнозувати часовий режим руху транспортних засобів в мегаполісах досить складно, оскільки якщо транспорт негабаритний, то дана задача значно ускладнюється. У великих містах часто виникають транспортні колізії (далі – ТК), коли негабаритні транспортні засоби не можуть роз'їхатися на вузькій дорозі. Самі по собі транспортні колізії не становлять небезпеки, однак при

хаотичному їх накопиченні вони все ж таки можуть привести до певних проблем.

Найкраще визначення колізії дано в юриспруденції. По суті, це зіткнення норм права, що регулюють одні й ті самі відносини. Щодо транспорту, то прояв колізії можна проілюструвати, коли два або більше негабаритних вантажних автомобілі не можуть роз'їхатися на вузьких шляхах під'їзду до вантажних терміналів. Внаслідок цього транспортним засобам доводиться робити складні маневри, які у свою чергу пов'язані з наявністю у кожного водія своїх завдань. Цим транспортним колізіям можна було б запобігти шляхом надання різних часових коридорів для транспортних засобів. Таким чином, актуалізується необхідність створення певної інформаційної системи, до завдань якої буде входити управління транспортними потоками. Основним критерієм управління транспортними потоками в таких умовах стає функція часу. В автомобільному транспорті, на відміну від залізничного транспорту, керування часом є максимально нелінійним. Іншими словами, дорожня обстановка, особливо у великих містах, є максимально непередбачуваною, що особливо яскраво проявляється з настанням зимового періоду.

Слід зазначити, що закордонні транспортні компанії ще з 70-х років минулого століття активно займалися вирішенням проблеми керування транспортними потоками у мегаполісах. Найбільш ефективно показала себе програмна концепція V2X [1, 2]. У цивільному використанні ця система називається Car-to-X-Communication, і вже кілька років використовується компаніями Daimler AG, Volkswagen, Mercedes-Benz [3, 4], Porsche [5]. Її алгоритм роботи можна викласти так:

1. Інформація про небезпеку автоматично розпізнається автомобілем у фоновому режимі або повідомляється водієм. Далі ця інформація передається службою Car-to-X-Communication автомобілям, що знаходяться поблизу;

2. За наявності приймається актуальна інформація про небезпечні місця в районі поточного розташування автомобіля.

В результаті водії в процесі керування автомобілем отримують візуальні інструкції та можуть своєчасно адаптувати стиль водіння до умов дорожнього руху.

У бізнес-середовищі вже багато років використовується система V2X [1,2]. Ця система є багатосекторною, і поділяється на такі підсистеми:

- V2I (транспортний засіб - інфраструктура);
- V2N (транспортний засіб - мережа);
- V2V (транспортний засіб - транспортний засіб);
- V2P (транспортний засіб - пішохід);
- V2D (від транспортного засобу до пристрою).

Якщо розглядати управління вантажними потоками, то особливу увагу слід приділити підсистемам V2I, V2N, V2V. Основним завданням цих підсистем є усунення транспортних колізій. Технічні питання, пов'язані з обміном даними між водіями, програмним комплексом та оператором системи, на сьогоднішній день вже вирішені завдяки мережевій топології, що працює за стандартом 802.11p. Сам стандарт 802.11p – це технологія, що розроблена для бездротової

передачі інформації між високошвидкісними транспортними засобами та об'єктами транспортної інфраструктури з метою створення інтелектуальної транспортної системи.

Розглянемо алгоритм побудови взаємодії об'єктів у структурі V2X. Функція транспортних колізій може бути представлена чотирма станами:

«0» – рух закрито;

«1» – рух відкрито;

«2» – рух можливий з малою ймовірністю виникнення транспортних колізій;

«3» – рух можливий з великою ймовірністю виникнення транспортних колізій.

Також є необхідність у веденні математичної функції очікування ймовірності настання подій, описаних вище. Ця функція має враховувати такі фактори, як: час доби, пора року, погодні умови, дорожня обстановка, наявність інших екзогенних чинників. Також необхідно враховувати вплив людського фактору.

[1] V2X Communication for Real Time Information Exchange. – URL: <https://www.continental-automotive.com/en/solutions/cooperative-and-connected/v2x-communication.html>

[2] V2X Communication: Benefits and Limits. – URL: <https://www.eetimes.eu/v2x-communication-benefits-and-limits/>

[3] How Mercedes Benz is Keeping Drivers Safe Using ‘Car-to-X’ Communication Technology. – URL: <http://www.futurecar.com/3948/How-Mercedes-Benz-is-Keeping-Drivers-Safe-Using-Car-to-X-Communication-Technology>

[4] Car-to-X communication goes into series production. – URL: <https://group.mercedes-benz.com/innovation/case/connectivity/car-to-x-2.html>

[5] Vehicle-to-X communication: Connected. Efficient. Safe. – URL: <https://newsroom.porsche.com/en/2023/innovation/porsche-engineering-vehicle-to-x-communication-connected-efficient-safe-31892.html>

УДК 519.6: 533,6: 629.3

ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ З ВИЗНАЧЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРСТИК ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ТИПУ MAGLEV

COMPUTATIONAL EXPERIMENT TO DETERMINE THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF A MAGLEV VEHICLE

доктор техн. наук А.В. Сохацький^{1,2}, М.С. Арсенюк¹

¹*Інститут транспортних систем та технологій НАН України (м. Дніпро)*

²*Університет митної справи та фінансів(м. Дніпро)*

Doctor of Technical Sciences A.V. Sokhatskyi^{1,2}, M.S. Arseniuk¹

¹*Institute of transport systems and technologies of National academy of sciences of Ukraine (Dnipro)*

²*University of customs and finances (Dnipro)*

Реальні течії навколо транспортного засобу є виключно турбулентними. Їх математичне моделювання і на сьогодні залишається складною проблемою обчислювальної аеродинаміки. Метою роботи є побудова математичної моделі,

числового методу, алгоритму розв'язування задачі та створення програмного забезпечення для дослідження аеродинамічних процесів турбулентних течій навколо високошвидкісного наземного транспортного засобу (ВШНТЗ) типу Maglev.

Для розв'язування задачі з визначення аеродинамічних характеристик транспортного засобу типу Maglev обрано модель течії в'язкого стисливого газу, що описується осередненими за Рейнольдсом рівняннями Нав'є-Стокса. Розрахункова область навколо транспортного апарата є складною, тому використовувався багатоблоковий підхід та криволінійна система координат. Система осереднених за Рейнольдсом рівнянь Нав'є-Стокса запишеться:

$$\frac{\partial \hat{Q}}{\partial t} + \frac{\partial(\hat{E} - \hat{E}_v)}{\partial \xi} + \frac{\partial(\hat{F} - \hat{F}_v)}{\partial \eta} + \frac{\partial(\hat{G} - \hat{G}_v)}{\partial \zeta} = \hat{H}, \quad (1)$$

де \hat{Q} – вектор невідомих змінних; $\hat{E}, \hat{F}, \hat{G}$ – вектори нев'язких потоків;

$\hat{E}_v = \xi_x E_v + \xi_y F_v + \xi_z G_v, \hat{F}_v = \eta_x E_v + \eta_y F_v + \eta_z G_v, \hat{G}_v = \zeta_x E_v + \zeta_y F_v + \zeta_z G_v$ – вектори в'язких потоків; $\hat{H} = 1/jH$ – вектор джерельних членів.

Для замикання системи рівнянь (1) використано модель турбулентності SST (Shear Stress Transport) Ментера [2]. Розроблено методику, алгоритм та програмне забезпечення, яке тестувалося на ряді стандартних задач. Дослідження аеродинамічних характеристик проводилося в безкриловій компоновці. Геометричні розміри моделі ВШНТЗ складала: довжина -1400 мм, висота - 110 мм, ширина 150 мм [1]. Відстань від днища корпусу ВШНТЗ в крайній задній точці до шляхової структури складала 0,013 висоти корпусу.

Розрахункова сітка розбита на ряд блоків, де центральний блок О-типа розміщується навколо корпусу транспортного засобу. Уся сітка складається з 23 блоків. Із них шість блоків навколо тіла (О-сітка), шість спереду, шість з задю і п'ять з боків центрального О-блока. Це дозволяє вільно змінювати відстань до зовнішньої межі розрахункової області і кількість вузлів у блоках без впливу на геометрію внутрішніх блоків біля корпусу транспортного засобу.

Розрахунки проводилися для числа Рейнольдса $Re=3,8 \cdot 10^6$ та числа Маха $M=0,15$. Числове моделювання проводилися на гексаедральній багатоблочній сітці, що складалася з 3,3 млн. вузлів.



Рис. 1. Фото моделі високошвидкісного наземного транспортного апарату в крилевій компоновці з від'ємною V-подібністю крила [1]

На рис.2 представлені залежності аеродинамічних коефіцієнтів C_x , C_y , m_z від кута встановлення транспортного засобу відносно шляхової структури.

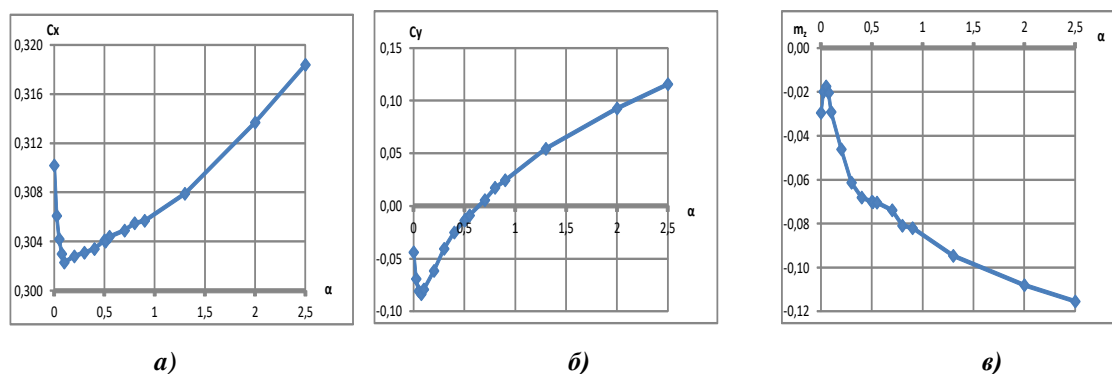


Рис. 2. Вплив кута встановлення на аеродинамічні коефіцієнти C_x , C_y , m_z

Проведені дослідження показали, що величина куту встановлення транспортного засобу відносно шляхової структури істотно змінює його аеродинамічні характеристики. Аналіз проведених числових досліджень показує, що аеродинамічні характеристики будуть мати значний вплив на динаміку руху високошвидкісного транспортного засобу типу Maglev.

[1] Sohatskiy A. V. Teoretichni osnovi stvorennya aerodinamichnih komponovan perspektivnih shvidkisnih transportnih aparativ: dis. doktora tehnicnih nauk: 05.07.01. Dnipropetrovsk. 2010. 364 s.

[2] Menter F.R. Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. *AIAA Journal*. 1994. v. 32, N 8. P. 1598-1605.

ВИКОРИСТАННЯ ТРОЛЕЙБУСІВ З АВТОНОМНИМ ХОДОМ У МІСТІ ДНІПРО

USING TROLLEY BUSES WITH AUTONOMOUS OPERATION IN THE DNIPRO CITY

*канд. фіз.-мат. наук О.Д. Фірсов, канд.техн.наук С.А. Разгонов
Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

*Alexander Phirsov PhD (Tech.), Seghii Razghonov PhD (Tech.)
University of Customs and Finance (Dnipro)*

Підвищення ефективності роботи міського електротранспорту у місті Дніпро з використанням троллейбусів з автономним ходом це актуальна тенденція сьогодення.

У роботі наголошено про розробку транспортно-логістичної схеми перевезення пасажирів в місті Дніпро троллейбусними маршрутам з використання троллейбусів з автономним ходом. В роботі проводиться аналіз троллейбусів з автономним ходом, оцінка їх властивостей, особливості використання та порівняння з іншими видами троллейбусів. Також порівнюється діючі троллейбусні маршрути з можливими маршрутами, де використовуються троллейбуси з автономним ходом. Розраховуються техніко-експлуатаційні та техніко-економічні показники роботи транспорту, визначаються витрати на організацію перевезення пасажирів. У результаті виконання проводиться розрахунок виручки від перевезення пасажирів троллейбусами з автономним ходом по маршрутам міста Дніпро.

Ефективність пасажирського транспорту не використовується на максимально можливу потужність у наш час. За допомогою підвищення цієї самої ефективності населення великих міст зможе вирішити багату купу проблем з якими люди зустрічаються кожен день при переміщенні по місту. Прикладом можуть бути: постійні затори, брак паркувальних місць, відсутність місць для переміщення велосипедистів та пішоходів, збільшення порушення ПДР, тощо [1].

Для розрахунку техніко-експлуатаційних та техніко-економічних показників роботи троллейбусного транспорту, між існуючою системою троллейбусних маршрутів з використанням існуючого складу депо, та можливої систем маршрутів з використання троллейбусного парку лише з троллейбусів з автономним ходом («Дніпро Т203») на прикладі маршруту №1. Будемо користуватися існуючим розкладом та планом троллейбусних маршрутів міста Дніпра (див. рис.1), а також використовувати схему перспективного розвитку троллейбусних маршрутів з офіційного міського сайту [1] та створену власноруч.

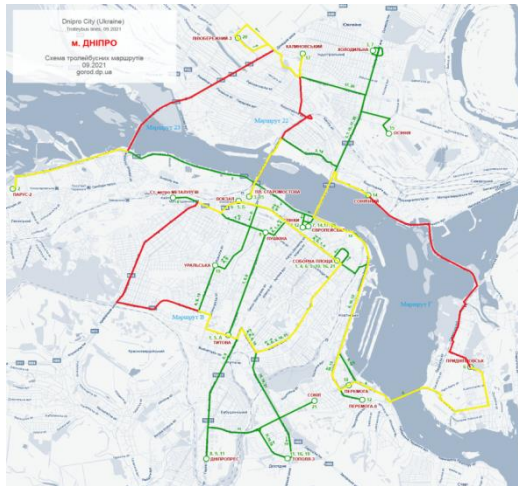


Рисунок 1 – Схема перспективного розвитку тролейбусних маршрутів м.Дніпро.

Позначення:



зеленим, існуючі маршрути.

жовтим, частина нового маршруту з використанням контактної мережі.

червоним, частина маршруту без використання контактної мережі, використовується система автономного ходу.

У результаті відмічається, що схема маршрутів не розвинена на максимальну потужність та не використовує увесь свій потенціал. Для вирішення даних питань потрібно розробити нову схему маршрутів або створити додаткові маршрути для існуючої схеми, а також замінити більшу частину існуючого рухомого складу на тролейбуси з системою автономного ходу для підвищення ефективності роботи взагалі. Крім того використання тролейбусів з системою автономного ходу має важливі переваги для покращення схеми маршрутів, а саме:

- не потребує створення контактної мережі на протязі всього маршруту;
- має можливість долати значні відстані на автономному русі;
- використання тролейбусів з підзарядкою в русі не створює додаткового навантаження на міську мережу;
- може працювати під час надзвичайної ситуації, зникнення електроживлення тощо.

[1] Міський сайт Дніпра URL: <https://gorod.dp.ua/>

ОПТИМАЛЬНЕ РОЗМІЩЕННЯ БАЗИ ДРОНІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗАДАНОГО РАЙОНУ

DRONE BASE OPTIMAL PLACEMENT TO CONTROL A GIVEN AREA

канд. фіз.-мат. наук О.Д. Фірсов, канд.техн.наук С.А. Разгонов
Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)

Alexander Phirsov PhD (Tech.), Seghii Razghonov PhD (Tech.)
University of Customs and Finance (Dnipro)

In the theory of continuous problems of optimal partitioning of sets, there is a developed toolkit for solving problems in known formulations. The report discusses the basic formulation of the problem.

Let Ω be a bounded Lebesgue-dimensional set in the n -dimensional Euclidean space E_n . Let us denote $P_N(\Omega)$ by the class all possible sets Ω to be divided into subsets N :

$$\hat{P}_N(\Omega) = \{ \bar{\omega} = (\Omega_1, \dots, \Omega_N) : \Omega_i \subseteq \Omega, i = \overline{1, N}; \bigcup_{i=1}^N \Omega_i = \Omega; \Omega_i \cap \Omega_j = \emptyset, \\ i \neq j; i, j = \overline{1, N} \}. \quad (1)$$

It is necessary to determine the partition $\bar{\omega} \in \hat{P}_N(\Omega)$ and the set of "centers" of subsets $\tau^* = (\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N) \in \Omega^N$ that deliver the minimum value of the functional

$$F(\bar{\omega}, \tau) = \sum_{i=1}^N \int_{\Omega_i} (c(x, \tau_i) + a_i) \rho(x) dx. \quad (2)$$

Here $c(x, \tau_i)$ are real, bounded, defined on $\Omega \times \Omega$, measurable in x for any fixed $\tau_i \in \Omega$ ($\forall i = \overline{1, \dots, N}$) function; $\rho(x)$ is a bounded, non-negative function measurable by Ω ; a_i ($\forall i = \overline{1, \dots, N}$) are given non-negative values.

The variety of initial data, including information about the properties of the set, restrictions on certain problem parameters and quality criteria, determines a wide range of applied partitioning problems. Modern transport processes are characterized by high speeds, new vehicles are involved in them. Accordingly, there is a need to analyze the trajectories of movement and the properties of this trajectory.

The paper investigates the problem of optimal placement, which is a special case of the continuous problem of optimal partitioning of sets with placement of centers of subsets. The cost function is interpreted as the flight path of the drone under the conditions of bypassing existing obstacles. The possibility of taking into account the influence of curvature and torsion on the cost of movement is taken into account. In fact, a new metric is introduced for this class of problems.

The general summary of the research carried out in this work can be formulated as taking into account during movement not only the length of the trajectory, but also the cost of maneuvering along this trajectory within the framework of the problem of optimal partitioning of sets with the placement of centers. Taking geometric characteristics into account translates the described problems of optimal partitioning of sets into the application area related to drone control. In this case, it is the geometry of trajectories; the next step is the physics of the process, interaction with the road or airspace.

Let's consider the formulation of the problem of optimal placement of the base.

A Kwitka task. Let Ω , T_i ($i=1, \dots, N$), X_j ($j=1, \dots, M$), Z_k ($k=1, \dots, L$) be a bounded Lebesgue-measurable sets in the n -dimensional Euclidean space E_n . We denote by $T_N(\Omega)$ the class of all possible sets T_i on Ω :

$$\hat{T}_N(\Omega) = \left\{ \bar{\omega} = (T_1, \dots, T_N) : T_i \subseteq \Omega, i = \overline{1, N}; \quad \bigcup_{i=1}^N T_i \leq \Omega; \quad \Omega_i \cap \Omega_j \neq \emptyset, i \neq j; \quad i, j = \overline{1, N} \right\}. \quad (3)$$

It is necessary to determine the partition $\bar{\omega} \in \hat{T}_N(\Omega)$ and the set of "centers" of subsets $\tau^* = (\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N) \in \Omega^N$, that deliver the minimum value of the functional

$$F(\bar{\omega}, \tau) = \sum_{i=1}^N T_i(X_j, Z_k), \quad (4)$$

де X_j ($j=1, \dots, M$): $X_j \cap T_i \neq \emptyset$, $Z_k \cap T_i = \emptyset$ ($\forall k, i$).

Schematically, the idea of the task for placing one center can be presented as follows in Fig. 1.

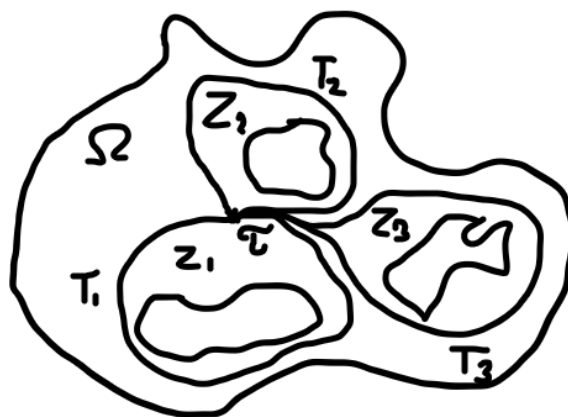


Figure 1. Sets and location center

The given statement of the problem is specified by limitations related to the characteristics of the drones themselves; this is both the radius of action, and limitations on maneuver and speed.

**РОЗРОБКА ПРОЦЕДУРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОТЕНЦІЙНИХ ГРУП
ВАГОНІВ З ЗЕРНОВИМИ ВАНТАЖАМИ ДЛЯ УТВОРЕННЯ ПОЇЗДІВ
СТУПЕНЕВИХ МАРШРУТІВ**

**DEVELOPMENT OF A PROCEDURE FOR IDENTIFYING POTENTIAL
GROUPS OF GRAIN WAGONS TO FORM STEP ROUTES TRAINS**

аспірант Артем Панченко¹, аспірант Дмитро Харченко²,
¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (м. Харків)
²Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*postgraduate student Artem Panchenko¹, postgraduate student Dmytro
Kharchenko²,*
¹V. N. Karazin Kharkiv National University (Kharkiv)
²Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

В умовах активного розвитку експорту зернових культур важливо ретельно розглядати всі аспекти логістики, зокрема ефективного використання рухомого складу для перевезення. Згідно даних АТ «Укрзалізниця» за 2019 рік, частка вагонних відправок відповідає 33,6% від загальних обсягів навантаження зернових на мережі, що свідчить про те, що вагонні відправки займають суттєву частину загального обсягу перевезень зернових вантажів. У таких умовах постає питання у збільшенні ефективності перевезень невеликих груп вантажів залізничним транспортом. Одним з рішень цієї проблеми є використання моделі перевезення на основі об'єднання вагонних та групових відправок з однаковою точкою призначення у один ступеневий поїзд, який формується на основі спільного користування рухомого складу (англ. «Ridesharing Logistics») [1, 2]. Використання такої моделі дозволяє уникнути переформування вантажного поїзду на сортувальних станціях та зменшити загальний час на перевезення. Для реалізації технологій перевезень на основі райдшерінгових сервісів вимагає розробки дієвих процедур ідентифікації в системі планування потенційних груп вагонів з зерновими вантажами для утворення поїздів ступеневих маршрутів.

В роботі запропоновано процедуру ідентифікації алгоритм якої передбачає використання кластерного аналізу. Даний алгоритм за допомогою ідентифікації коду станції згідно єдиної мережевої розмітки, виявляє найближчі одна до одної станції з невеликою кількістю вагонів із зерновими вантажами готових до перевезення у однакову точку призначення за заданим часовим періодом. Виявлені станції та вагони об'єднуються у кластери для ідентифікації потенційно можливих формувань ступеневих маршрутів. Застосування такої процедури дозволить швидко ідентифікувати на залізничній мережі можливі утворення ступеневих маршрутів та планувати перевезення з узгодженням навантаження.

- [1] A. Prokhorchenko, M. Kravchenko and A. Prokopov, "Improvement of railway logistics of grain cargo on the basis principles of ridesharing / Thesis of XIII international scientific and practical conference «Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects»,(Vlora may 21-26, 2021). Thesis. – Vlora. 2021. P. 63.
- [2] N. D. Chan, S. A. Shaheen, "Ridesharing in North America, Past, Present, and Future," in Transport Reviews, Jg. 32, Nr. 1, S. 93–112, 2012.

УДК 629.083:629.341

ВИЗНАЧАЛЬНІ АСПЕКТИ В УДОСКОНАЛЕННІ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

DETERMINING ASPECTS IN THE IMPROVEMENT OF PASSENGER TRANSPORT PROCESSES

М.Ф. Кравченко, канд. техн. наук С.І. Бондарєв

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

M.F. Kravchenko, S.I. Bondariev, PhD (Tech.)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

Сучасний технологічний світ пропонує цілу низку рішень для оптимізації бізнесу транспортних послуг. Однак вони зазвичай є коштовні і тому неприйнятні для більшості малих і середніх транспортних організацій, які і складають більшість серед низки підприємств, що надають пасажирські автотранспортні послуги [1].

Враховуючи вимоги сьогодення щодо допуску на ринок транспортних послуг ПГЗК, вимоги замовника послуг стають бiль жорсткими. Основна частина переміщень громадян пов'язана з професійно-діловою діяльністю [2]. В залежності від зайнятості населення на певних територіальних утвореннях (міста, передмістя, селища, громади тощо) частка професійно-ділової транспортної активності може відрізнитись суттєво (рис. 1) [1].

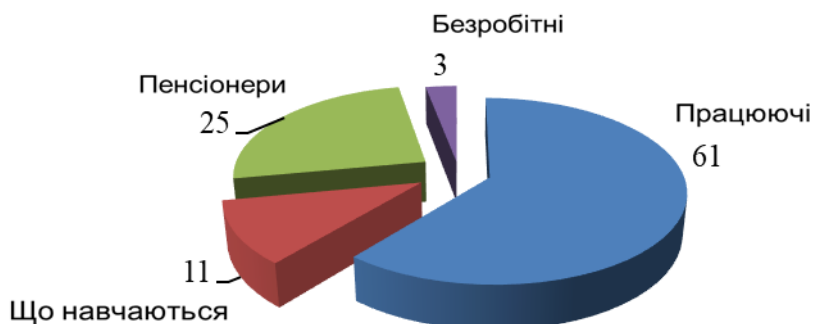


Рис. 1. Соціальна структура транспортної рухливості громадським автотранспортом в містах і передмістях (соціологічне опитування)

Найбільш важливими з якісних показників виявились точний графік руху і оптимальне наповнення салону, що і було передбачуване, але показник «тариф» виявився на останньому місці. А це свідчить про те, що пасажери свідомо готові платити за якісні послуги. Чисельні дослідження свідчать, що є мотиваційна необхідність для перевізників пасажирів підвищувати якість послуг, яка в результаті забезпечуватиме додаткову виручку в межах 16-18%.

Замовники пасажирських автоперевезень загального користування (органи самоврядування) часто встановлюють інтервали руху транспортних засобів (ТЗ) на маршрутах в незначному діапазоні часу (переважно 5-10 хв на міських, 15-20 на приміських). Такий підхід не є раціональним чи обґрунтованим. Тому, підприємцям перевізникам треба переконувати Замовників на фактах (статистичних даних) в прийнятті раціональних інтервалів руху в залежності від часу доби, робочих чи вихідних днів, сезонів року тощо.

На даний час така технічна можливість існує, але однозначної моделі для транспортних мереж різних територіальних утворень не існує і маємо розробляти індивідуальні проекти для конкретних мереж, напрямків руху, маршрутів, що потребує залучення спеціалістів ззовні. Автором пропонується методичний підхід до вирішення даної задачі [2, 3].

Узагальнений проект полягає у тому, що рухомий склад має бути обладнаний точною системою для підрахунку пасажиропотоку в режимі онлайн та GPS трекерами. Обробка інформації про зміну пасажиропотоку має відбуватись на власному сервері. Змодельована система під конкретні умови – комплексна система управління РС. Останнім елементом має бути операційний відділ з контролю якості – відповідність кількісного РС й інтервалів руху до пасажиропотоку, моніторинг відгуків споживачів, звітування Замовнику транспортних послуг.

Впровадження запропонованого методу дозволить не лише покращити якість надання послуг і збільшити прибутки автоперевізників, але з часом налагодити чіткий виробничий бізнес-процес, а саме: оптимізувати кількісний склад кваліфікованого персоналу; зменшити загальні витрати на надання послуги; удосконалити графік роботи водійських бригад згідно вимог законодавства; оновити рухомий склад; забезпечити екологічність проекту; зменшення завантаження трас маршрутів та інтенсивності руху на них [3].

[1] Бондарев, С. І. Якість менеджменту управління трудовими ресурсами на автопідприємствах [Текст] / С. І. Бондарев // Автомобільний транспорт та інфраструктура : III Міжнародна наук.-практ. конф., 23-25 квіт. 2020 р.. – К., 2020. – С. 29-32.

[2] Бондарев, С. І. Управління якістю автомобільних перевезень [Текст] : навчальний посібник / С. І. Бондарев. , К.: Компрінт, 2019 512 с.

[3] Маруніч, В.С. Організація та управління пасажирськими перевезеннями перевезень [Текст] : підручник/ за ред. доц. В.С. Маруніч, проф. Л.Г. Шморгуна – К.: Міленіум, 2017. – 528 с.

[4] Бондарев, С. І. Актуальні проблеми на пасажирському транспорті та взаємовідносин з державою [Текст] : Збірник тез доповідей. VI Міжнародна науково-практична конференція «Автомобільний транспорт та інфраструктура» // С. І. Бондарев. 2023. – С. 14-16.

[5] Шевченко, І.Ю. Місце автомобільного транспорту в транспортному комплексі України. Проблеми і перспективи розвитку підприємництва [Текст] : збірник матеріалів IX Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 85- річчю ХНАДУ, 27 листопада 2015 р. - Х.: ФОП Крамаренко Ю.М., 2015. С. 105–106.

ОПЕРАТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТОМ ПРИ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

OPERATIONAL TRANSPORT MANAGEMENT IN INTERNATIONAL TRANSPORTATION

В.О. Могильний, канд. техн. наук С.І. Бондарєв

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

V.O. Mohylnyi, S.I. Bondariev, PhD (Tech.)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

Ряд проблем, які виникають у багатьох організаціях, що використовують різні види транспорту і застосування найманих транспортних засобів при виконанні міжнародних автомобільних перевезень (МАП) в напрямку Україна – ЄС є значні транспортні витрати, необґрунтовані і наднормативні простої на митних пропускних пунктах, не відповідає сьогоднішнім ринковим вимогам рівень організації та контролю управління перевезеннями, недостатня якість послуг, що надаються.

До вирішення вищевказаних проблем, на нашу думку, можна віднести наступні шляхи: розробка рекомендацій з організації ефективного оперативного управління процесу МАП, прийняття управлінських рішень в режимі реального часу; створення конкурентоспроможних передумов участі в перевізному процесі вітчизняними перевізниками; використання методів і засобів інтелектуальних транспортних систем по всьому спектру оперативного управління МАП.

Оперативне управління на МАП передбачає вирішення всіх поточних питань, пов'язаних з діяльністю перевезень вантажів. Метою є забезпечення безперебійної, ритмічної і узгодженої роботи на всіх ланках ланцюга доставки вантажів. У даній роботі запропонований і впроваджений в структуру оперативного управління одне з новітніх технологічних інформаційних рішень, а саме запровадження системи «FMS» на рухомому складі, яка дозволила отримувати детальну інформацію про споживання палива рухомим складом, фіксувати час і обсяги заправок палива тощо.

Особливу увагу в роботі віднесено до економічної сторони проблеми вибору РС для МАП, яка тісно пов'язана з витратами на їх придбання. Ціна на старий рухомий склад мало залежить від марки і визначається в основному терміном служби (рис. 1).

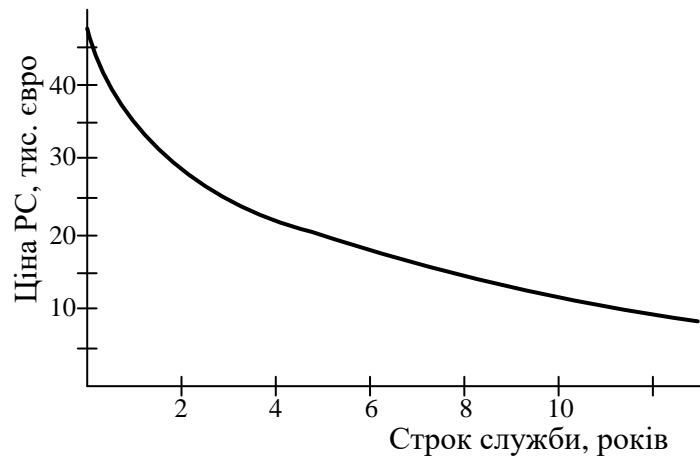


Рис. 1. Залежність ціни вантажних автомобілів від терміну їх служби (за середньостатистичними даними власних досліджень – MAN, DAF і Scania)

Відповідальність вибору через високі ціни на вантажівки досить велика. Один із шляхів вирішення цієї проблеми - розробка критерію ефективності вибору транспорту з метою виключення свідомо незадовільних варіантів і звуження області пошуку найкращих рішень. В якості критерію ефективності МАП використовуваних для їх здійснення РС можна використовувати прибуток. За інших рівних умов очевидно, що чим вище загальний пробіг, тим більший прибуток. Орієнтуючись на цю перспективу, матимемо обмеження до поставленої задачі. При виборі рухомого складу для МАП необхідно керуватися перш за все кількома критеріями, що дозволяє оптимально оцінити роботу транспорту при конкретних умовах експлуатації.

- [1] Zagurskiy, O.M. Food supply transport and logistics system organizations [Текст] : Machinery & Energetics // O.M. Zagurskiy & T. S. Zhurakovska. 2021, v. 12(4), - P. 53-59.
- [2] Бондарев, С. І. Управління якістю автомобільних перевезень [Текст] : навчальний посібник /С. І. Бондарев. - , К.: Компрінт, 2019 - 512 с.
- [3] Бондарев, С. І. Логістичні аспекти управління автотранспортом при міжнародних автоперевезеннях[Текст] : Збірник тез доповідей. ІІ Міжнародна науково-практична конференція «Автомобільний транспорт та інфраструктура» / С. І. Бондарев. 2019. – С. 63-66.
- [4] Міжнародні перевезення : теорія та практика [Текст] : навч. посібник : у 2 кн. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, / А. С. Галкін, В. П. Левада, Ю. А. Давідіч, Н. В. Давідіч, К. Є. Вакуленко. Кн. 1. – 2018. – 182 с.
- [5] Організація міжнародних автомобільних перевезень вантажів [Текст] : навч. посібник / Н.В. Пономарьова, Т.В. Волкова, Н.М. Пономарьова та ін.; під ред. Н.В. Пономарьова. – Х.:ХНАДУ, 2014. – 180 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ

MODELING AND MANAGEMENT OF TRANSPORT PROCESSES

М.О. Попок, канд. техн. наук С.І. Бондарєв

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

M.O. Popok, S.I. Bondariev, PhD (Tech.)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

Для замовника перевезення особливе значення не лише терміновість і якість доставки вантажів, але й оцінка вартості перевезень. Одним із способів вирішення цих проблем є моделювання процесу перевезення з урахуванням реальних маршрутних умов. Імітаційна модель *оперативного управління* (ОУ) процесом доставки вантажів в міжнародних автомобільних перевезеннях (МАП) повинна бути комплексною, що відбиває стан об'єктів управління і моделей, що забезпечують вибір оперативних рішень у процесі вантажоперевезень. Модель факторів, що впливають на ОУ процесу МАП, представимо таким чином (рис. 1).



Рис. 1. Структура факторів, що впливають на ефективне ОУ процесу МАП

Імітаційна модель забезпечує визначення потенційних і конкурентних можливостей за такими чинниками: соціальний, економічний, фінансовий, виробничий, ресурсний, інформаційний, що дозволяє визначити пріоритети в розвитку ключових напрямків функціональної орієнтації АТП. Крім того, створюються передумови пріоритетного розподілу наявних ресурсів, виходячи з умови досягнення максимального ефекту кожної окремо взятої транспортної операції.

Розглядаючи ряд моделей часу доставки вантажів на прикладі реальних маршрутних характеристик дозволяє оперативно реагувати на мінливі умови на

всьому ланцюгу МАП. Завдання визначення імовірнісних характеристик часу доставки вантажу вирішувалася моделюванням вхідних випадкових величин методом Монте-Карло. Нами розроблений алгоритм і технологія моделювання часу доставки вантажу в МАП реалізовані у вигляді МАТСТАТ - програми. Використання функції розподілу дозволяє оцінити надійність перевезень за часом з імовірністю 0.91 час рейсу. Реальність маршрутних умов в моделях МАП забезпечується поряд з детермінованими параметрами (протяжність маршруту, категорія дороги, обмеження за умовами руху на маршруті тощо) і ймовірно-статистичними показниками їх основних випадкових характеристик. Такими характеристиками є: середня швидкість руху транспорту на маршруті; час проходження маршруту; час для підготовки, перевірки й оформлення документів; час виконання вантажно-розвантажувальних операцій; час перерв, відпочинку і випадкових що не враховуються в документах зупинок на трасі відповідно до вимог ЄУТР; час дорожнього інспекційного контролю на трасі та час очікування на прикордонних переходах.

Найбільш тривалою ланкою руху є проходження митного КПП ЄС-Україна. Проблему становлять на прикордонних переходах черги автомобілів. У зв'язку з цим, оптимальне управління повинно включати процедуру вибору проміжних КПП, а прикордонні переходи - як систему масового обслуговування (СМО), яка характеризується набором таких параметрів: кількість постів перевірки, довжина авточерги, інтенсивність транспортного потоку на митному КПП, середній час перевірки АТЗ.

Критерієм оптимізації є час проходження КПП з очікуванням обслуговування в черзі. В рамках класифікації СМО, КПП слід розглядати, як багатоканальну систему з очікуванням без відмов.

З огляду на необхідність оперативного прийняття рішень, в якості першого наближення можна використовувати формули найпростішого вхідного потоку.

[1] Бондарев, С. І. Організація міжнародних автомобільних перевезень [Текст] : навч. посібник для студентів напрямку «Транспортні технології (автомобільний транспорт)» вищих навчальних закладів / С. І. Бондарев. - К.: Компрінт, 2016. – 410 с.

[2] Міжнародні перевезення : теорія та практика [Текст] : навч. посібник : у 2 кн. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, / А. С. Галкін, В. П. Левада, Ю. А. Давідіч, Н. В. Давідіч, К. Є. Вакуленко. Кн. 1. – 2018. – 182 с.

[3] Організація міжнародних автомобільних перевезень вантажів [Текст] : навч. посібник / Н.В. Пономарьова, Т.В. Волкова, Н.М. Пономарьова та ін.; під ред. Н.В. Пономарьова. – Х.:ХНАДУ, 2014. – 180 с.

[4] Бондарев, С. І. Логістичні аспекти управління автотранспортом при міжнародних автоперевезеннях[Текст] : Збірник тез доповідей. II Міжнародна науково-практична конференція «Автомобільний транспорт та інфраструктура» / С. І. Бондарев. 2019. – С. 63-66.

**РОЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ У
ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМ МІСЬКОЇ МОБІЛЬНОСТІ**

**THE ROLE OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN SOLVING
URBAN MOBILITY PROBLEMS**

д.т.н., професор Є.В. Нагорний, О.М. Орда

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Харків)

Ye.V. Nagorny, Dr.Sc.(Tech), O. M. Orda

Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)

Концепція управління міською мобільністю охоплює різноманітні послуги, організаційні та консультаційні заходи, які дозволяють користувачам змінювати свій вибір способу пересування.

Комплекс наявних проблем розвитку транспортних систем у великих містах України з позиції сталого розвитку можна поділити на групи, пов'язані з наступними аспектами: задоволення потреб населення у перевезеннях, конфігурація маршрутної мережі, якість послуг, вплив транспорту на навколишнє середовище, економічна ефективність, безпека руху, завантаженість транспортної інфраструктури, залежність населення від індивідуального транспорту.

Розвиток інтегрованих транспортних технологій та концепції розумного транспорту, як складової концепції «розумного міста» можливо забезпечити ефективним методом управління - інтелектуальні транспортні системи (ІТС). Призначення ІТС полягає у автоматизованому пошуку і підтримці у прийнятті ефективних рішень та реалізації сценаріїв з метою забезпечення мобільності населення міста, підвищення безпеки транспортного процесу, оптимізації показників використання вулично-дорожньої мережі та рівня якості учасників транспортного процесу [1]. Розподілена архітектура елементів, що утворюють єдиний інформаційний простір функціонування транспортної системи «розумного міста», забезпечує основний функціонал ІТС для вирішення проблем міської мобільності, а саме: збір та аналітика великих даних, розробка прогнозних управлінських рішень із використанням технологічних інструментів та алгоритмів штучного інтелекту, автоматизація процесів управління вулично-дорожньою мережею та транспортною системою міста.

Зростання потреб у вирішенні комплексу проблем міської мобільності обумовлює необхідність у розробці інструментів підтримки оптимізаційних рішень організації міських пасажирських перевезень на основі інтеграційної взаємодії елементів системи з позиції інтелектуалізації транспорту.

[1] Чередніченко О., Валацкене А. Інтелектуальні транспортні системи як інструменти управління транспортними потоками (на прикладі м. Києва). Містобудування та територіальне планування. 2022, Вип. 80, С.416–450. Режим доступу: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.80.416-450>.

Секція
ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ЛОГІСТИКА

УДК 656.13:656.212

**РОЗВИТОК МЕТОДОЛОГІЧНИХ ОСНОВ ОРГАНІЗАЦІЇ І
УПРАВЛІННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ ЗА
УЧАСТЮ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**DEVELOPMENT OF THE METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF THE
ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF MULTIMODAL
TRANSPORTATION WITH THE PARTICIPATION OF RAILWAY
TRANSPORT**

канд. техн. наук Г. О. Примаченко

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

H.O. Prymachenko, PhD (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

У сучасних умовах розвиток мультимодальних перевезень вантажів є необхідною умовою для оптимізації роботи транспортної галузі, організації на сучасному технологічному рівні переміщення матеріальних потоків. А дослідження методології організації системи мультимодальних перевезень дозволяє здійснити наукове пізнання проблем у системі мультимодальних перевезень і оптимізувати їх. Проаналізовано апарат методології дослідження системи мультимодальних перевезень, обрано рівні методологічного аналізу системи мультимодальних перевезень, проведено порівняльний аналіз визначення поняття мультимодальні перевезення у різних джерелах [1]. Досліджено основні переваги мультимодальних перевезень, проведено аналіз основних схем мультимодальних перевезень, досліджено сприйняття українськими компаніями-перевізниками Закону України «Про мультимодальні перевезення» [1].

З метою дослідження актуальності мультимодальних перевезень [2] за участю залізничного транспорту України у сучасних умовах проведено аналіз наукових досліджень, присвячених системам та процесу доставки вантажів, аналіз законодавчої бази, аналіз статистичної інформації щодо обсягів вантажних перевезень [3].

Формування мультимодального маршруту є процесом вибору і розташування у хронологічній послідовності елементів транспортних систем та відповідних суб'єктів ринка транспортних послуг [4]. Складність мультимодальної системи переміщення матеріальних потоків залежить від кількості включених до неї елементів транспортних систем та кількості задіяних суб'єктів ринка транспортних послуг. Функціонування

технікоінфраструктурної підсистеми мультимодальної системи переміщення матеріальних потоків забезпечується суб'єктами ринка транспортних послуг – інформаційно-забезпечуючою підсистемою, а кількість таких суб'єктів визначається складністю сформованої системи.

З метою оцінки необхідності та актуальності дослідження системи мультимодальних перевезень як перевезення транспортних одиниць контейнерів було проведено статистичний аналіз перевезених контейнерів за період останніх 14 років [5, 6]. Отримано тенденцію до збільшення перевезень контейнерів у прогнозі за період з 2009 по 2021 роки з точністю майже у 80%, 2022 рік в Україні показав різке зменшення контейнерних перевезень, що пов'язано із військовими діями і, відповідно, суттєвим впливом на транспортну галузь, але навіть при цьому є тенденція до прогнозного зростання контейнерних перевезень з ймовірністю у 64%.

Доведено, що процес реалізація мультимодального маршруту знаходиться в межах певного часового інтервалу, що відповідає умовам замовника послуги мультимодального перевезення, забезпечується неперервність мультимодального маршруту, відбір тільки тих варіантів мультимодальних маршрутів, що сполучають задані пункти транспортної мережі, які визначені замовниками послуги мультимодального перевезення у якості початкового і кінцевого пунктів переміщення вантажу, забезпечується вибір лише тих мультимодальних маршрутів, які забезпечують наявність достатньої кількості вільних вантажомісць для забезпечення можливості переміщення партії вантажу в повному обсязі по усьому мультимодальному маршруту [7, 8]. Таким чином, у такій постановці завдання вибору оптимального плану мультимодального перевезення є задачею багатоцільової або векторної оптимізації.

Розвиток мультимодальних перевезень є ключовим чинником підвищення ефективності транспортної галузі, удосконалення управління ланцюгами постачання послуг переміщення матеріальних потоків населенню, але потребує значних досліджень методології здійснення мультимодальних перевезень щодо оптимального використання логістичної інфраструктури різних видів транспорту [1].

[1] Примаченко Г. О. Апарат методології наукових досліджень системи мультимодальних перевезень / Г. О. Примаченко, О.В. Шкуренко, В.А. Будник, Є.І. Григорова // Науковий журнал «Розвиток транспорту» (TRANSPORT DEVELOPMENT). – Одеса: видавництво «Гельветика», 2023. – №3 (18) (2023). – С. 209-221.

[2] Закон України «Про мультимодальні перевезення» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text>

[3] Ломотько Д. В. Аналіз розвитку мультимодальних перевезень залізничним транспортом в Україні / Д. В. Ломотько, Г. О. Примаченко // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». – К.: НДКТІ, 2023. - №2/2023. – С. 15-30. DOI: 10.34029/2311-4061-2023-147-2-15-30

[4] Onyshenko S. P., Koskina Ju. O. 2019. The essence, specificity and formation of the cargo delivery system. Bulletin of Vinnytsia National Polytechnic University, № 3 (144), p. 86-95. doi.org/10.31649/1997-9266-2019-144-3-86-95. [5] Transportation of goods in containers for 2022 amounted to 257.2 thousand TEU [online cit.: 2023-05-05]. Available from: https://cfts.org.ua/news/2023/01/26/ukrzaliznitsya_oprilyudnila_obsyagi_vantazhnikh_perevezen_za

[6] Transport book 2021 [online cit.: 2023-05-05]. Available from: <https://cfts.org.ua/transport-book-2021>.

[7] Lomotko D.V., Prymachenko H.O., Kovalova O.V., Shkurenko O.V., Hryhorova Y.I. 2021 Use of modern logistics technologies in terms of saving resources, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1021(1), 012041.

[8] Lomotko D.V., Prymachenko H.O., Hryhorova Y.I. 2019. The role of Ukrainian railway transport in modern logistic processes, Scientific journal "Science and progress of transport. Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport", Dnipro: Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, №5 (83), p. 43-51. DOI: <https://doi.org/10.15802/tsp2019>.

УДК 656.073

ЕФЕКТИВНІСТЬ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ

EFFICIENCY OF MULTIMODAL CARGO TRANSPORTATION

***О.О. Шапатіна, канд. техн. наук, Д.О. Троян, аспірант,
С.С. Петренко, магістрант***

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

***O.O. Shapatina, PhD (Tech.), D.O. Troyan, postgraduate student,
S.S. Petrenko, master***

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Сьогодні неможливо уявити світ без транспортних перевезень, адже вони мають велике значення у нашому житті, транспорт відіграє важливу роль у покращенні якості життя людей і зростанні економіки країни.

Транспортна система України поєднує країни Європи та Сходу, оскільки знаходиться на перетині міжнародних транспортних коридорів та має розвинену транспортну мережу. Залізничний транспорт України забезпечує більше 80 % вантажних перевезень, що здійснюються всіма видами транспорту. Саме це визначає актуальність завдань щодо удосконалення систем транспортування, впровадження нових та удосконалення існуючих технологій перевезень вантажів, що сприятиме глобалізації економіки країни. За таких умов доцільним є запровадження в практику комбінованих, мультимодальних технологій перевезень вантажів, що набули широкого розвитку закордоном.

При виникненні контейнерної технології, яка була націлена на прискорення вантажних операцій, транспортні перевезення досягли нового рівня. Після цього в усьому світі почався підйом комбінованих, мультимодальних перевезень.

Мультимодальні перевезення – це вантажоперевезення, які здійснюються за допомогою декількох видів транспорту в межах одного договору. Таким видом транспортування найчастіше користуються у двох випадках, коли:

- доставити вантаж до місця призначення за допомогою одного виду транспорту неможливо;
- перевезення одним видом транспорту коштує занадто дорого або займає багато часу.

При здійсненні мультимодального перевезення основну увагу надають знаходженню оптимального маршруту з урахуванням побажань клієнта щодо вартості та швидкості доставлення, вибору транспорту та тари при перевезенні.

Вартість перевезення та швидкість доставлення вантажів багато в чому залежать від вибору маршруту перевезень. Разом з цим вибір транспортних засобів для перевезення є одним із головних інструментів з покращення якості доставлення вантажів. При здійсненні мультимодальних перевезень вантаж на всьому шляху прямування знаходиться в тій самій транспортній одиниці, що сприяє якості та схоронності доставлених вантажів у зв'язку із зменшенням вантажних операцій.

Так, мультимодальні технології дозволяють здійснити доставлення «від дверей до дверей», навіть під час транспортування вантажу з континенту на континент, передачу відповідальності за збереження вантажу на всьому шляху доставлення одному оператору, економію часу на складання договорів з перевізниками та контролі за перевезеннями.

Отже, здійснення мультимодальних перевезень сприятиме відновленню транспортної галузі, успішній євроінтеграції, підвищенню ефективності та конкурентоспроможності українських перевезень вантажів.

УДК 656.223: 629.463

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНОЇ РОБОТИ ІЗ КОНТЕЙНЕРАМИ

IMPROVING THE ORGANIZATION OF CARGO WORK WITH CONTAINERS

*Докт. техн. наук Д.В. Ломотько¹, Dr hab. inż., prof. UTH Rad
(PhD. Eng., Associate Professor) Tomasz Perzyński²,
аспірант О.Ф. Афанасова¹*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)
²Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom (Poland)

*D. Lomotko¹ D. Sc. (Tech.), Dr hab. inż., prof. UTH Rad
(PhD. Eng., Associate Professor) Tomasz Perzyński²,
O. Afanasova¹ postgraduate*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom (Poland)

В сучасний складний період для держави і для транспортної системи України залізниці зберігають найважливіше місце. Вони мають перспективи розвитку в умовах наявності конкуренції з боку інших видів транспорту. Одним з головних напрямків розвитку вітчизняних залізниць є удосконалення роботи з контейнерними вантажами.

Діяльність залізничних станцій та вузлів зі значними обсягами перевантаження технологічно пов'язано з роботою залізничного транспорту, проте інформаційні взаємодії під час цього процесу, як правило, перебувають

на невисокому рівні. Технологічний процес тісно пов'язаний із організацією спільної діяльності усіх видів транспорту та вантажовласників, що при обробці великого вантажопотоку стає істотно необхідним. Це пов'язано з організацією безперервного перевізного процесу, технологічне та інформаційне забезпечення якого повинно базуватись на логістичних принципах.

З огляду на становище, що складається в транспортній галузі, можна сказати, що переважна кількість контейнерних вантажів передається з автомобільного на залізничний транспорт, а «прямий» варіант перевантаження доходить до 50%. Регулювання контейнерного вантажопотоку є значним ринковим інструментом підвищення конкурентоспроможності залізничної галузі.

Обробка контейнерів переважно здійснюється центром транспортного сервісу (ЦТС). Технологія функціонування та взаємодії станції та центра транспортного сервісу, що до неї примикає повинна забезпечувати:

- своєчасний прийом вантажів, які надходять зі станцій України та інших країн;
- організацію навантаження та розвантаження вантажів на фронтах та під'їзних коліях підприємств в терміни, які не повинні перевищувати встановлені норми часу на вантажні операції;
- зменшення очікування вагонів в процесі розвантаження та скорочення їх простоїв під вантажними операціями;
- подальшому розвитку організації перевантаження вантажів по прямому варіанту;
- притягнення додаткових обсягів вантажів тощо.

Нажаль, технологія взаємодії станції у таких вузлах є малоефективною. У зв'язку з цим для вітчизняного залізничного транспорту особливо актуальним є питання нормування обігу вагонів на під'їзних коліях. Виходячи з наведеного вище актуальною стає задача удосконалення технологій роботи під'їзної колії та станцій магістрального транспорту на залізничних станціях. Ці заходи повинні поєднувати організаційні питання з питаннями раціонального технічного оснащення і кількості технічних засобів, що забезпечує зменшення часу знаходження вагонів і, як наслідок, скорочення обігу вантажного вагона та підвищення конкурентоспроможності та прибутковості залізниць у цілому.

Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування роботи із контейнерами залізничних перевантажувальних станцій та центрів транспортного сервісу за рахунок удосконалення технології роботи на базі логістичних принципів.

Багатоплановість, складність питань щодо впровадження ресурсозберігаючих технологій у діяльності станцій, адаптації їх до умов ринкового середовища, удосконалення територіально-функціональної структури, стратегії їх розвитку і функціонування на ринку транспортних послуг, недостатня кількість комплексних техніко-технологічних розробок щодо залізничних контейнерних перевезень обумовлюють доцільність впровадження логістичних методів у технологію роботи станцій із контейнерами.

Методологічною основою цих досліджень є фундаментальні положення сучасної теорії експлуатації залізниць та транспортної логістики, наукові праці вітчизняних і зарубіжних вчених з проблем розвитку та трансформації залізничної галузі, зокрема системи перевантаження на інші види транспорту, теоретичні та методичні розробки науково-дослідницьких установ, а також законодавчі та нормативні акти, які регулюють розвиток транспортного комплексу країни.

Прогнозування транспортних потоків принципово відрізняється від планування. Основне розходження впливає з його задачі - планування є процесом прийняття і практичного здійснення керуючих впливів, а прогнозування покликане обґрунтовувати і формувати наукові передумови прийняття керуючих рішень. Основні задачі прогнозування впливають з необхідності визначення і відокремлення головних показників майбутнього розвитку об'єкта дослідження. При цьому однією із самих важких задач прогнозування транспортних потоків є вибір методу, що відповідає прогнозованим тенденціям. Прогнозування і керування транспортними потоками спрямовано на попередження і мінімізацію можливих збитків, створення стану визначеності на транспортному ринку, забезпечення відповідності пропускних, провізних спроможностей і інших технічних параметрів.

Як свідчить аналіз тенденцій розвитку транспортного обслуговування і систем обробки інформації, інформаційний сервіс на транспорті повинен розвиватися в двох напрямках - він повинен надавати послуги як оперативним працівникам транспорту, так і його клієнтам.

Для вибору найбільш ефективного методу прогнозування необхідно користуватися наступними даними: класифікація і характеристика методів; перелік вимог до вхідних даних; класифікація об'єктів прогнозування. Кожний метод прогнозування можна інтерпретувати як алгоритм переробки інформації. Отже, найважливішою вимогою методу є вимоги до вихідних даних для його застосування, що чітко і ясно повинні бути сформульовані. З іншого боку, специфіка прогнозованих параметрів транспортного ринку полягає в їхній швидкій мінливості, тому метод прогнозування повинен мати характеристики, що самокорегуються.

1 Закон України «Про залізничний транспорт». Введено в дію Постановою Верховної Ради України 04.07.1996 р. за №273/96 (зі змінами та доповненнями). URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/273/96-%D0%B2%D1%80>.

2 Михалевич В.С., Трубин В.А., Шор Н.З. Оптимизационные задачи производственно-транспортного планирования. М. Наука, 1986. – 264 с.

3 Ломотько Д.В. Удосконалення сумісної роботи портів та залізничних вузлів на основі логістичних методів / Т.В. Буцько, Д.В. Ломотько, Т.В. Головка // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2007. - № 3/6 (27). – С. 10-16.

4 Ломотько Д.В. Удосконалення сумісної роботи портів та залізничних вузлів на основі логістичних методів / Т.В. Буцько, Д.В. Ломотько, Т.В. Головка // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2007. - № 3/6 (27). – С. 10-16

ОПТИМІЗАЦІЯ МІСЦЕВОЇ РОБОТИ ВИХОДЯЧИ ІЗ ЗАГАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ

I.I. Gavenda, I.V. Derkach, канд. техн. наук Д.В. Арсененко¹

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

OPTIMIZATION OF LOCAL WORK BASED ON THE GENERAL STRATEGY OF THE TRANSPORTATION PROCESS

I.I. Gavenda, I.V. Derkach, D.V. Arsenenko PhD (Tech.)¹

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Стратегія формування перевезень залізничним транспортом в процесі реформування галузі та загальної ситуації в економіці країни намітила певні контури які необхідно враховувати з огляду на подальше планування роботи. Загальне тяжіння до перевезення масових вантажів залізницею з урахування особливостей формування процесів навантаження та вивантаження на залізниці на сьогоднішній день сформувало основні групи вантажів наведені на рисунках 1 та 2.



Рис.1 Структура вантажів перевезених залізницею в 2021 році.



Рис.2 Структура експорту вантажів Залізницею у 2022 році.

Сумісний аналіз наведеної інфографіки формує простий на перший погляд принцип стратегічного розвитку галузі де до основних груп належать аграрний сектор та видобувний сектори із вантажами паралельного призначення. Беручи до уваги той факт що в 2021 році який прийнято сприймати як точку опри в загальних процесах аналітики, за різними оцінками більшу половину бюджету країни становить саме експорт вантажів цих двох категорій, питання формування контурів таких процесів є визначним.

Отже підсумовуючи вищенаведене ми уявляємо картину де формування аграрного сектору відбувається майже на всій території країни і має відносно рівномірний характер та видобувний сектор який має центри тяжіння вантажоутворення із природних причин. Обидва сектори не зважаючи на різний характер формування навантаження тяжіють до одноманітного вивантаження зважаючи на кінцевого покупця вантажів і такими напрямками є порти та західні кордони.

З точки зору відгуку на вирішення окремих в межах наведеної концепції перевезення вантажів питань створено філію «Оператор припортових станцій» акціонерного товариства «Українська залізниця». Концептуально таке новоутворення має на меті вирішення повного спектру питань яких потребує перевізний процес сьогодні:

- дослідження ринку транспортних послуг;
- взаємодія з філіями державного підприємства «Адміністрація морських портів України» у сфері надання послуг при організації перевезень (прибуття-відправлення) вантажів залізничним транспортом.
- співпраця з портами з питань підвищення ефективності взаємодії залізничного та водного транспорту;
- організація повного комплексу транспортно-експедиційних послуг.

З точки зору формування вимоги на підвищення якості надання транспортної послуги подібний досвід повинен буди запроваджений в місцях вантажоутворення аграрного сектору із залученням спеціалістів для забезпечення зазначених вище вимог.

[1] Ломотько Д.В. Формування залізничних логістичних ланцюгів постачання контейнерних вантажів на базі когнітивних технологій [Текст] / Ломотько Д.В., Сморгісь І.В., Д. В. Арсененко // Українська залізниця № 9 (63), 2018. – С.11-14.

[2] Арсененко, Д. В. Удосконалення організації перевезення зернових вантажів залізничними ступінчастими маршрутами [Текст] / Д. В. Арсененко // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. - 2019. - Вип. 184. - С. 92-101.

[3] ПРОЄКТ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ФІЛІЮ «ОПЕРАТОР ПРИПОРТОВИХ СТАНЦІЙ» АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «УКРАЇНСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ». [Телеграма СКЕДО] // Режим доступу: Із Києва СКЕДО НЗ-1, М, ДН регіональних філій АТ «Укрзалізниця» ЦМ, ЦРБ.

[4] Lomotko D.V., Kovalev A.O., Kovaleva O.V. Formation of the fuzzy support system for decision-making on the merchantability of rolling stock in its allocation [Electronic resource] / Eastern European Journal of Enterprise Technologies. - 2015 - Т. 6. - No. 3 (78). - P. 11-17. - Access mode: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.54496>.

[5] Ломотько, Д. В. Дослідження методів ефективності та ресурсозбереження в логістиці транспортних компаній [Текст] / Ломотько, Д. В., Примаченко, Г. О., Ковальова, О.В., Григорова, Є. І. // Енергоефективність на транспорті : тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції (18-20 листопада 2020 р.). - Харків : УкрДУЗТ, 2020. - С. 150-152.

СЕРВІС НА ТРАНСПОРТІ ЯК ОДНА ІЗ СКЛАДОВИХ СУЧАСНОГО ЛОГІСТИЧНОГО ПРОЦЕСУ

TRANSPORT SERVICE AS ONE OF THE COMPONENTS OF THE MODERN LOGISTICS PROCESS

*Т.О. Нестеренко, Л.І. Хлебопашнікова, канд. техн. наук Д.В. Арсененко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*T.O. Nesterenko, L.I. Khlebopashnikova, D.V. Arsenenko PhD (Tech.)¹
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Аналізуючи загальну тенденцію за останні роки можна виявити декілька основних ключових закономірностей які описують загальний процес вантажоутворення. Загальний обсяг вантажів що перевозяться на теренах нашої країни має неспинну динаміку до скорочення протягом останніх 10ти років, проте серед загальної характеристики такого процесу виділяється нерівномірність перерозподілення обсягів перевезення новоутворених умовах.



Рис.1 Порівняльна динаміка перевезень залізничним та автомобільним транспортом в період із 2016-2020 роки.

Звичайно можна виправдати таку ситуацію на залізничному транспорті певною низкою об'єктивних факторів як-то скорочення транзитного вагонопотоку зважаючи на зовнішньо політичну ситуацію, втрата одного із ключових навантажувальних регіонів з тих же причин, інфраструктурна

складова, проте ми хочемо наголосити увагу на виділення проблеми сервісу на залізничному транспорті на яку ми як галузь маємо і вплив і ресурси.

Розглянемо елементарний та нажаль типовий приклад на станції Харків сортувальний яка знаходиться безпосередньо в харківському залізничному вузлі тому їй причетні всі управлінські ознаки. В 2020му році аграрний сектор видавав досить пристойні показники у виробничому розумінні тому вимагав від нас адекватної реакції як від основного перевізника. Одним із пікових періодів в секторі є кінець лютого початок березня який характеризується не тільки масовим навантаженням а і вивантаженням мінеральних добрив і ПММ і вивантаження саме азотної групи мінеральних добрив потребує якісної транспортної послуги тому що саме в цей період їх треба вносити в озиму пшеницю.

Описана ситуація має сталий та щорічний характер проте через відсутність надання якісної сервісної складової ми отримуємо цілу низку причин які пояснюють інфографіку наведену на рисунку (1):

- Вантажоодержувач не зважаючи на місце розташування складу не має можливості прогнозувати час прибуття добрив що формує черги із автомобілів на підприємстві та в більшості випадків змушує виконувати зайві навантажувально-розвантажувальні операції на складі;

- Аграрій як кінцевий споживач повинен чекати інформацію від нашого вантажоодержувача від якої в значній мірі залежить кінцевий результат, адже термін внесення добрива має свої рамки;

- Залізничники не мають змоги формувати забезпечення вагонами інших клієнтів в межах своєї компетенції і це в умовах дефіциту вагонного парку.

Підсумовуючи вищенаведене учасники цього перевізного циклу як вантажоодержувач так і кінцевий споживач вклали досить пристойні кошти а на виході мають не мають можливості формувати подальшу роботу в той самий час звичайний застосунок такси Bolt за умовні 100грн надають сервіс на дві голови вище.

[1] Кібернетика та управління. Джерела праць Р. Вінера . [Електронний ресурс] // . Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Інформація#cite_note-1

[2] Курс дисципліни логістика. Визначення . [Електронний ресурс] // . Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9647940/page:11/> [3] ПРОЄКТ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ФІЛІЮ «ОПЕРАТОР ПРИПОРТОВИХ СТАНЦІЙ» АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «УКРАЇНСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ». [Телеграма СКЕДО] // . Режим доступу: Із Києва СКЕДО НЗ-1, М, ДН регіональних філій АТ «Укрзалізниця» ЦМ, ЦРБ.

[4] Lomotko D.V., Kovalev A.O., Kovaleva O.V. Formation of the fuzzy support system for decision-making on the merchantability of rolling stock in its allocation [Electronic resource] / Eastern European Journal of Enterprise Technologies. - 2015 - Т. 6. - No. 3 (78). - P. 11-17. - Access mode: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.54496>.

[5] Ван Хорн Дж. Основы управления финансами. – М.: Финансы и статистика, 1996.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ГРАФІКУ РУХУ ДЛЯ
ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ДОСТАВКИ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ**

**IMPROVEMENT OF THE RAILWAY SCHEDULE FOR GRAIN DELIVERY
LOGISTICS CHAINS**

*Dr hab. inż., prof. UTH Rad (PhD. Eng., Associate Professor) J. Wojciechowski¹,
магістри О.І. Кравчук², Р.О. Стремецький², Д.О. Ярін²*

¹*Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom (Poland)*

²*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr hab. inż., prof. UTH Rad (PhD. Eng., Associate Professor) J. Wojciechowski¹,
masters O.I. Kravchuk², R.O. Stremetskyi², D.O. Yarin²*

¹*Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom (Poland)*

²*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У структурі експорту України друге місце (після чорних металів) займають зернові. У березні 2022 року в чорноморському регіоні спостерігалась небезпечність судноплавства, що призвело до блокування 94 комерційних суден з екіпажами у портах. Це спричинило практично повну зупинку вантажних перевезень морським транспортом, який мав важливе значення для перевезення зернових культур і їхньої переробки. До цього часу основні обсяги зернових перевезень здійснювалися залізницею до морських портів [1], [2].

Всі ці сучасні умови призвели до того, що експортери намагаються вивозити продукцію за кордон через сухопутні залізничні переходи. Однак їхніх пропускної спроможності наразі недостатньо, в першу чергу внаслідок низького рівня інтеперабельності залізничної мережі України та ЄС: це різниця у ширині колії між залізницями України (1520 мм) та Європи (1435 мм), різні технічні вимоги до залізничного рухомого складу та його габаритів, різні вагові норми поїздів тощо.

Як наслідок, АТ Укрзалізниця суттєво зменшила обсяги перевезень. Загалом, включно з експортно-імпортними перевезеннями. Наприклад, державний залізничний перевізник АТ Укрзалізниця за березень 2022 року отримав показник у обсягах перевезень на рівні 30% від аналогічного періоду 2021 року, а в 2023-му – ще 20 % нижче.

З метою запобігання загостренню проблеми постачання продукції Україною було укладено "Ініціатива щодо безпечного транспортування зерна та продуктів харчування з українських портів". Ця ініціатива передбачає спеціальну процедуру введення суден у порти Великої Одеси (Одеський морський порт, морські порти Чорноморськ та Південний) з метою безпечного вивезення українського зерна, продуктів харчування, добрив та аміаку через спеціальні "зернові коридори". Робота з "зерновими коридорами" значно покращила роботу логістичних ланцюгів поставок вантажів та збільшила обсяги експорту

зернових культур з України. У серпні-грудні 2022 року середньомісячні обсяги експорту зернових становили близько 4,5 млн. т., але все ще нижчі, ніж у попередньому році. У період з березня до грудня 2022 року було експортовано 25,3 млн. т зернових культур за допомогою різних видів транспорту. З цього обсягу 44,1% становили вивезення через морські "зернові коридори" в серпні-вересні 2022 року.

Нажаль, через блокування морських портів застосування запропонованої логістичної технології для просування вантажопотоків по сухопутних прикордонних переходах передбачає проектування моделі транспортного процесу з використанням «жорсткого» часового графіка руху для просування потужних пріоритетних вантажів, наприклад, зернових. Такий підхід дає змогу підвищити рівень управління транспортом і не втрачати гнучкості та стійкості транспортної системи країни в управлінні вагонопотоками, що виникають внаслідок нерівномірного завантаження частин залізничної мережі. За умов впровадження запланованої логістичної технології можливе отримання додаткового прибутку для клієнтів за рахунок продажу «жорстких» ниток графіку руху в межах «зернових коридорів».

[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

[2] Логістика в умовах бойових дій: зміна ланцюгів постачання. URL: <https://buduysvoe.com/publications/logistyka-v-umovah-boyovyh-diy-zmina-lancyugiv-postachannya>

[3] Науково-технічні дослідження у галузі транспорту: колективна монографія / за заг. ред. Д.В. Ломотька. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г.М. – 2022. Т1. – 216 с.

УДК 656.222.3

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ТА ФАКТОРІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МАНЕВРОВОЇ РОБОТИ НА СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

ANALYSIS OF PROBLEMS AND FACTORS ENERGY EFFICIENCY OF MANEUVERING WORK AT A SHUTTING STATION

Асп. О. Іщука¹, д.т.н., професор, Д.В. Ломотько², асп. М.Д. Ломотько²

¹*Інститут Ризького Технічного Університету (м. Рига, Латвія)*

²*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

Postgraduate Oksana Ishchuka¹, Professor, Denis Lomotko², Postgraduate Mykola Lomotko²

¹*Institute of Riga Technical University (Riga, Latvia)*

²*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В даний час, в умовах зростання цін на енергоносії та підвищення якості виконання маневрової роботи, зниження експлуатаційних витрат за рахунок зменшення витрат палива є одним із актуальних питань з управління

технологічними процесами на сортувальній станції. Ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів та впровадження сучасних енергоефективних технологій є одним із найважливіших завдань щодо підвищення енергетичної безпеки Європейських країн.

Основною причиною високого зростання споживання енергоресурсів під час виробництва маневрової роботи на сортувальних станціях є збільшення обсягу роботи, пов'язаної з повторним сортуванням вагонів, зайвим пробігом та непродуктивним простоем маневрових локомотивів. Одне з найважливіших завдань в умовах сучасності є підвищення енергоефективності за рахунок удосконалення існуючої технології переробки вантажів, раціонального вибору розстановки маневрових локомотивів, зменшення кількості виконуваних маневрових операцій на сортувальній станції, а також використання та ресурсозберігаючих технологій. Актуальним рішенням підвищення енергетичної та ресурсної ефективності транспортно-логістичного комплексу при переробці вагонопотоку є раціональна переробка вантажопотоку у логістичній системі. Метою досліджень є вирішення проблеми на сортувальній станції та визначення факторів, що впливають на енергоефективність маневрової роботи.

Енергоефективність залежить від багатьох специфічних чинників, властивих маневровій роботі. До таких факторів відносяться: зміст у відмінному технічному стані шляху та стрілочних перекладів [1], вид виконуваної маневрової роботи, швидкість пересування, маса маневрового складу, позиція контролера маневрового локомотива, радіуси кривих шляху та стрілок, кількість стрілочних перекладів у маршруті, модернізація маневрових тепловозів [2] та ряд інших факторів, що впливають безпосередньо на режими навантаження маневрового тепловоза та паливну економічність у процесі маневрової роботи. До того ж бездоганний технічний стан як пасажирських вагонів [3, 4], так і вантажних [5], і є запорукою безпеки залізниць. Однак не тільки енергоефективність залежить від технічних та експлуатаційних характеристик маневрового тепловоза та стану залізничної колії, а й від логістичної інформації про вантаж, що отримується від вантажовласника та зі станції навантаження.

Схема формування багатогрупного вантажного поїзда, до складу якого входять як завантажені, і порожні вагони, істотно впливає на енергоефективність маневрової роботи, що відбувається на сортувальній станції і станції призначення. Логістичні фактори, від яких впливають на схему формування багатогрупного вантажного поїзда: довжина вантажного фронту (максимальна кількість вагонів, час роботи вантажоодержувача або відправника вантажу, географічне розташування станцій на ділянці, оформлення митних формальностей для вантажу, часу повідомлення вантажоодержувача або вантажовідправника про прибуття вагона вантажу, місце навантаження та вивантаження вагона. Якщо врахувати ці фактори, то можна раціонально сформувати багатогрупний поїзд, а також значно знизити додаткові пробіги маневрового тепловоза.

В даний час існує проблема в тому, що маневровий диспетчер не має достатньої логістичної інформації для вибору раціональної схеми формування багатогрупного вантажного поїзда та ймовірності оцінити, як необхідно виконати маневрові операції за мінімального споживання палива маневровим тепловозом. Враховуючи вищенаведені фактори, раціонально було б розформувувати поїзди, що прибули відразу на декількох сортувальних коліях, а потім сформувати багатогрупний поїзд відповідно до логістичної інформації про вантаж.

Маючи програмне забезпечення оптимального вибору маневрової роботи, маневровому диспетчеру дозволило б швидко приймати рішення і реагувати на поточну ситуацію. В результаті можна було б досягти скорочення непродуктивних пробігів маневрового тепловоза.

Однак існує й інша проблема на сортувальній станції. В даний час на Латвійській залізниці переробка вагонопотоку в порівнянні з 2018 роком у разі зменшилася, в результаті необхідність одночасного використання двох локомотивів (гіркового маневрового тепловоза та маневрового тепловоза, що працює на витяжних коліях) у деяких випадках не доцільно, тому можна було б ефективно використовувати лише один гірковий маневровий тепловоз. В результаті, така організація забезпечить також економію палива.

В результаті дослідження було розглянуто безліч різних факторів, що впливають на енергоефективність маневрової роботи на сортувальній станції. Це такі як технічні та експлуатаційні характеристики маневрового тепловоза, стан залізничної колії та логістична інформація про вантаж, що прибуває на станцію. На даний момент маневровому диспетчеру не вистачає логістичної інформації та програмного забезпечення для того, щоб раціонально сформувати багатогрупний поїзд та забезпечити мінімальну витрату палива. Досягти ресурсозберігаючого ефекту можна шляхом створення для оперативного персоналу систем підтримки прийняття рішень з їх інтеграцією до єдиного інформаційного простору «станція - залізниця – вантажовласник».

[1] Sergejevs, D.; Tipainis, A.; Gavrilovs, P, 2014, The restoration of worn surfaces of railway turnout elements by a flux cored arc welding (FCAW), *Transport Means - Proceedings of the International Conference*: 24-26.

[2] Rudkovskiy, O.V., 2016, Mathematical model of fuel consumption by the modernized shunting locomotive, *Informatics and Mathematical Methods in Simulation*, Vol. 6, No. 2, 155-163

[3] Gavrilovs, P.; Dmitrijevs, A, 2016, Research in passenger car bogie central suspension roller and rod base metal and welded metal structure, *Engineering for Rural Development* (15): 618-623.

[4] Zaripov, R.; Gavrilovs, P, 2021, Mechanical connection of metal structures in wagon buildings, *Engineering for Rural Development* (20): 596-604.

[5] Ischuka, O.; Lomotko, D.; Gavrilovs, P.; Freimane, J, 2019, Improvement of technology of operation for Daugavpils marshalling station by building the new receiving yard, *Transport Means - Proceedings of the International Conference*: 841-846.

ЧОРНОМОРСЬКА ІНІЦІАТИВА ТА ЗМІНИ НА СВІТОВОМУ РИНКУ ТОРГІВЛІ ЗЕРНОМ

BLACK SEA INITIATIVE AND CHANGES IN THE WORLD GRAIN TRADE MARKET

*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)*

Україна та РФ є глобальними гравцями на ринках зерна та агропродовольчої продукції і до війни, яка розпочалась 2022 р., були значними постачальниками пшениці, кукурудзи, ячменю, ріпаку, соняшникової олії та насіння для багатьох країн, що розвиваються, та є цілком залежними від імпорту продовольства. Зокрема, 2018-2022 рр. 32% загального обсягу імпорту африканської пшениці припадало на російську федерацію, поставки з України склали 12% [1].

Війна в Україні призвела до перебоїв у судноплаванні та перевалки вантажів портах Чорного моря; розрив в обсягах зерна, відвантаженого з українських портів, сприяв скороченню глобального обсягу торгівлі зерном на 2,6 % у 2022 р. [2].

Для стабілізації зростання світових цін на продовольство та погіршення продовольчої безпеки на тлі вже високих цін на зерно завдяки пандемії COVID-19 Організація Об'єднаних Націй виступила з Чорноморською ініціативою (BSI), що була спрямована на забезпечення безпечного експорту зерна з українських портів Чорного моря. Відповідні документи були підписані 22 липня 2022 р., а реалізація цієї ініціативи відбувалась до 17 липня 2023 р. – до моменту виходу РФ з угоди. Чорноморська ініціатива включала Російську Федерацію, Туреччину та Україну та забезпечувала можливості експорту зерна та добрів з портів Великої Одеси. Вантажні судна прямували Чорним морем, уникаючи заміновані райони, а потім безпечно продовжували рух узгодженим коридором через Чорне море. Судна інспектувались групою представників російської федерації, Туреччини, України та ООН.

Протягом року функціонування Чорноморської ініціативи було експортовано майже 33 млн. т різних продовольчих товарів, включаючи кукурудзу, пшеницю, соняшникову продукцію, ячмінь, сою та ріпаку та 725 тис. т гуманітарної продовольчої допомоги – до регіонів, які стикаються з гострою продовольчою безпекою; майже 60% поставок припало на країни, що розвиваються [2].

Припинення потоків торгівлі зерном коридором, визначеним Чорноморською ініціативою, у певному сенсі зменшило попит на судноплавання у регіоні та впливало на ефективність доставки вантажів.

Наразі альтернативні маршрути включають транзит через Чорне море територіальними водами в Румунії та через порт Констанца, відправлення річкою Дунай і залізничним сполученням через Республіку Молдова. Ці альтернативні варіанти вочевидь призвели до зростання транспортних витрат та сприяють продовженню змін у моделях торгівлі зерном.

Такі зміни добре ілюструється прикладом африканських країн. Імпорт зерна з України має вирішальне значення для продовольчої безпеки багатьох країн регіону. Зниження імпорту майже на 15% з України у 2022 р. змусило ці економіки адаптувати свої моделі імпортих поставок до вимог ситуації, що склалась. Єгипет, наприклад, впорався з падінням пшениці на 81% імпорту з України протягом перших восьми місяців війни шляхом заміни джерела імпорту на Сполучені Штати та Європейський Союз; Ефіопія замінила втрату поставок пшениці з Російської Федерації та України з поставками з США та Аргентини [2].

[1] Коскіна Ю.О. Сучасний стан транспортного забезпечення морського експорту України. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології», 2019. Вип. 33. Т.2. С. 145-155.

[2] Review of Maritime Transport 2023. Towards the green and just transition. United Nations publication issued by the United Nations Conference on Trade and Development. Geneva. 126 p.

УДК 656.225

IMPROVEMENT OF THE ORGANIZATION OF RAILWAY TRANSPORTATION OF GRAIN CARGO

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

***H. Baulina, PhD (Tech.), master's students P. Sulyk, B. Orlov**
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

***канд. техн. наук Г.С. Бауліна, магістранти П.М. Сулик, Б.А. Орлов**
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

The development of the Ukrainian economy depends on the ability of enterprises to compete on the international market. One of the key products offered by the economy of Ukraine today is grain cargo. The grain industry is the basis and source of sustainable development of the country's agricultural sector and agricultural exports. At the moment, rail transport is considered the most popular option for grain transportation, the use of which allows you to optimize costs per ton of transported cargo. It is obvious that the transportation of grain cargoes is one of the promising and profitable transportations for JSC "Ukrzaliznytsia". In this context, an important task is the development of the railway transport system in order to ensure the necessary capacity for the transportation of grain cargoes with the minimization of costs.

Studies of the dynamics of the volume of transportation of grain cargoes over the last 10 years before the start of the war showed that there is a tendency for this indicator to increase. Therefore, the conditions of modern development require carriers to create an optimal environment for transportation with the achievement of the best quality indicators. The most important thing for improving the organization of transportation of grain cargoes is the effective and rational use of technical and transport means at cargo stations in connection with producers. Car turnover for this type of cargo is one of the key quality indicators of work in modern conditions. Since waiting for the formation of a route or a wagon shipment at the elevator has the greatest influence on the circulation of grain wagons, this issue requires a comprehensive, rational solution.

JSC "Ukrzaliznytsia" most often uses routes for the delivery of grain cargoes. Route delivery of grain means that the entire volume of a grain batch is immediately fed to one elevator, loaded into wagons and delivered to a specific destination without any obstacles, avoiding unnecessary stops on the way to reform the composition. This method makes it possible to reduce the turnover of wagons in motion both in the loaded and in the empty state. In general, routing significantly increases the volume of transportation of grain crops. However, not all existing elevators are able to use the route system and load full trains during the day. For such elevators, it is necessary to apply another technology, which involves their ability to form stepped routes with different enterprises [1]. This process involves the formation of routes that connect several elevators and railway stations and are directed to one specific destination. The creation of such staggered routes helps to optimize rail transportation of grain and reduce the risk of receiving losses due to late delivery of cargo.

In modern conditions, the formation of a model is relevant, which will allow to optimize the process of formation and following of a stepped route with grain to the destination. The objective function of the model can be stated as the sum of the reduced costs associated with the processes of feeding and cleaning wagons, loading wagons, forming a step route, moving wagons to the formation station and to the port or border with other countries, as well as storing grain cargoes while waiting unloading at the port or transshipment operation at the border station. To ensure the efficiency of the transportation process, it is necessary to take into account certain factors that affect this process and can complicate it [2]. Therefore, it is proposed to include in the model the costs associated with the probability of various complications in the transport process and failures of technical means during the formation and movement of the route train. In the future, this will allow senders, carriers and receivers to effectively manage all information and schedule the shipment and delivery of grain cargoes, taking into account certain limitations, technical capabilities of stations and elevators. The use of the proposed technology will contribute to the optimization of rail transportation of grain cargoes, taking into account certain obstacles at various stages of the transportation process, reducing non-productive stoppages of wagons and reducing their circulation.

- [1] Бауліна Г.С., Богомазова Г.Є, Мішков В.С. Розробка моделі формування ступінчастих маршрутів із зерновими вантажами на залізницях України. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2019. Вип. 187. С. 42-52. URL: <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/1799>
- [2] Baulina H., Bohomazova H., Prodashchuk S. 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. 14 (39), P. 400-414. <http://dx.doi.org/10.46925/rdluz.39.22>

УДК 656.073.7

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE BORDER STATION BASED ON THE USE OF THE LOGISTICS INFRASTRUCTURE FACILITY

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРИКОРДОННОЇ СТАНЦІЇ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ОБ'ЄКТУ ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

*H. Baulina, PhD (Tech.), I. Kernytskyi, postgraduate,
A. Porkhun, master
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

*канд. техн. наук Г.С. Бауліна, аспірант І.В. Керницький,
магістрант А.В. Порхун
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

In the conditions of the war and existing difficulties with international transportation, the railway remains the most stable, reliable and affordable mode of transport today. After the blocking of the ports, export-import transportation of goods takes place to a large extent through the European countries with which Ukraine borders, where border stations play a key role. Export transportation in this direction amounted to about 34 million tons in 2022, which is 10 million tons more than in 2021. For example, the capacity of railway border crossings between Ukraine and Poland is from 150 (Mostyska-2 – Medyka stations) up to 600 wagons per day (Izov – Hrubeshuv stations). Today, the issues of increasing the volume of transportation through border stations are being actively worked out, which should ensure the unhindered passage of railcar traffic thanks to the availability of rational technology for processing export-import railcar traffic, the transfer of goods from one country to another.

Against the background of limited throughput and processing capabilities of the border stations of Ukraine and neighboring countries, difficulties in processing growing cargo flows were revealed. Currently, there are queues of wagons for transfer to foreign carriers and restrictions on cargo transportation. In different periods, the queue for them can reach 8-16 days. That is, there are unproductive downtimes of wagons, which lead to an increase in their circulation, failure to meet the deadline for the delivery of goods and an increase in operating costs. Also, cargo transportation in international traffic is carried out unevenly. As a result of the non-agreed delivery of loaded wagons to the border stations on the 1520 mm track, the

wagons, due to the lack of empty ones, are forced to stand still waiting for the transshipment operation to the rolling stock on the 1435 mm track [1]. It is possible to prevent loaded wagons from stopping if they are unloaded into the warehouse and, after empty wagons are delivered to the warehouse along a 1435 mm track, loaded from the warehouse. The problem of limited capacities can be solved by forming a dry port on the basis of a border transshipment station, which will have the necessary devices for carrying out cargo operations and temporary storage of goods unloaded from 1520 mm gauge wagons [2].

The expediency of creating a dry port and its attractiveness for customers is due to the possibility of speeding up the delivery of goods to the destination station. The task of creating such an association can be implemented on the basis of container terminals of large border transshipment stations that can work with 20- and 40-foot international-class containers. The dry port will act as a regulator of cargo flows arriving and departing from the stations, in cooperation with the shunting dispatcher, who is entrusted with the functions of coordinating actions related to the selection, feeding and cleaning of rolling stock for the performance of relevant cargo operations. In addition, it is necessary to form a reliable system of information and logistics support for container transportation along the entire "door-to-door" route. It is very important for all large terminals to have container repair and exchange points, security services, 24-hour video surveillance and other forms of logistics service at the request of cargo owners.

The dry port will allow the reception, accumulation, sorting, consolidation of cargoes, the formation of transport batches of containers, their reloading, storage and processing of containers in a temporary storage warehouse, as well as the implementation of customs and other types of control, ensuring the fulfillment of logistical principles: delivery "just in time" , "in complete safety" and "from door to door". The temporary accumulation of cargo in such centers will allow to overcome the temporal, quantitative and qualitative discrepancies between the availability of empty fitting platforms and the need for them.

To determine the efficiency of the use of the dry port, technical and economic calculations were performed, which determine the operating costs when using the existing technology and when using the proposed logistics infrastructure object. During the calculations, it is taken into account that the optimal batch of large-tonnage containers for departure from the station is formed in the dry port. At the same time, the reduction of non-productive stoppages of wagons while waiting for technological operations and time spent on shunting work is taken into account. The economic efficiency of the implementation of the dry port in the conditions of the border station is confirmed by calculations of the economic effect for the estimated period of implementation of the proposed solutions.

[1] Бауліна Г.С., Дідух П.О., Карпаш А.М., Федорняк І.І. Удосконалення технології функціонування перевантажувального комплексу прикордонної перевантажувальної станції. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2016. Вип. 162. С. 182-189. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.162.2016.78448>

[2] Бауліна Г.С. Формування логістичної технології “прикордонний сухий порт” в умовах прикордонної перевантажувальної станції. Восточно-європейський журнал передових технологій. Харьков, 2010. Вып. 3/6 (45). С. 60 – 63.

OPTIMIZING THE OPERATION OF STATIONS OF DEPARTURE AND DESTINATION OF GOODS

*H. Bohomazova, PhD (Tech.),
master's students S. Zheliezniakova, O. Boiko
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

For the last decade, the volume of freight has reduced by 35% with an average annual freight transportation decrease of 4.5%. In the midst of such indicators, there is the infrastructure overload on certain directions, especially wagon traffic to the ports and Western borders of Ukraine. This leads to delays in freight delivery.

The main difficulties arising during freight transportation organization are caused by the shortage of technically fully operational wagons as well as tractive rolling stock in due time. This leads to the “first mile” effect. The analysis of the elements of wagon operation has shown that the majority of time is spent when the rolling stock is at the unloading station. The experimental studies have proven that in almost 70% of cases there is an excess of the normative time of stay at the destination station, that is, there is the “last mile” effect.

The analysis of scientific works and research of the planned and actual performance data of rail transport has proven the existence of a significant discrepancy between these indicators.

For this purpose, in the paper, the technological process of wagon traffic on directions has been formalized with regard to the effect of the “first and last mile”, where the cost of transportation dramatically changes, that is, fines imposed on the railway in connection with non-compliance with the delivery terms. This has been done in the form of an optimization mathematical model with the possibility to determine the financial risks. The target function of the model represents the total operating costs and is based on the use of the Lebesgue-Stieltjes integral with the variable upper boundary of the time when wagons stay on the “first and last mile”, which reflects the nature of uncertainty at these stages of the transportation process. That is, time is a variable that can be controlled. Thus, a stochastic programming model has been obtained.

The formed model is universal and with the feedback provided it enable to control the transportation process with the least operating costs of the railway. In addition, the model takes into account the costs associated with freight transportation risks, which can amount to several dozens of percent of the full value of the cost.

The determined approach to the search for the optimal solution for the organization of wagons operation is the basis to form the automated wagon traffic control technology.

The practical value of the work consists in developing the technology of automated wagon traffic control on the main transportation directions, which enables to take informed reasonable decisions concerning the rational use of railway transport objects with minimal operating costs and eliminating delays in the transportation

process. The suggested procedure for optimal transportation parameters management takes into account the effect of the “first and last mile”, as well as the probability of financial risks in the wagons traffic in case of non-compliance with the terms of freights delivery. Due to the efficient organization of transportation processes at the corresponding divisions of wagon traffic, the freight cost of the railway is reduced by approximately 10% compared to the current methodology of determining the actual cost of freight.

UDC 656.07

CHANGES IN THE LOGISTICS OF THE EXPORT OF UKRAINIAN GRAIN

*H. Bohomazova, PhD (Tech.), master's students A. Musiienko, H. Chyrko
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

The Ukrainian economy is largely dependent on international trade. In 2018, exports of goods and services accounted for 40.7% of the country's GDP, and imports, respectively, for 41.9% of GDP (Minfin, 2021). These indicators are much higher than the world average. Ukraine, being one of the key players in the global agricultural market, provides export deliveries of significant volumes of food. For example, the average annual total export for the last pre-war 3 seasons of only four key commodities – corn, wheat, sunflower oil and sunflower meal – is estimated at 58.1 million tons, which is more than 14% of the total world export of these goods. Moreover, for corn and wheat, the average annual share of Ukrainian exports in total world trade is estimated at 15% and 10%, respectively (in 2022). Over the past few years, Ukraine has been demonstrating a consistently high increase in the volume of gross grain harvest and is strengthening its importance both in the Black Sea region and in the global market. At the same time, seaports of Ukraine are an extremely important transport road for Ukraine to world markets. More than 60% of Ukrainian exports took place through seaports. Ukrainian seaports were able to handle 250 million tons of cargo annually.

In 2022, at the beginning of the war, grain transportation almost stopped. This raised fears of a food crisis around the world and led to a sharp rise in prices. Meanwhile, the Ukrainian authorities find a solution and set out to change the logistics of cargo flows towards the European Union. Most of Ukrainian exports have been transported by rail towards European ports across borders with neighboring countries such as Poland, Romania, Moldova, Slovakia and Hungary. The volume of rail traffic through the western border crossings in 2022 increased significantly.

However, not only Ukraine had to face a number of problems when changing logistics routes towards the western borders and blockade of seaports. Such changes affected the international market, our state, maritime transport and, of course, railway. There was a shortage of agricultural products on the international market in at least 10 countries, the growth of world prices for agricultural products began, food

inflation appeared and access to food was reduced in countries dependent on imports, duplication of control procedures was created in Ukraine and European countries, and everything else, the protests of European farmers were added. Our state had sanctions from neighboring countries on the import and transit of Ukrainian grain, cargo owners suffered huge losses, there was no profit from the sale of grain and, as a result, the fall of the Ukrainian gross domestic product.

In sea transportation, additional costs appeared due to vessel downtime and the cost of storing goods before transshipment at sea terminals increased. Ukrainian grain had to face the limited capacity of European ports, in connection with which, there were queues of wagons on the approaches to European ports. In turn, the workload of Ukrainian ports was less than 50%. In the Bosphorus Strait, a line of ships artificially created by Russia has appeared, the waiting for the inspection of which is from 2 to 5 weeks.

At the same time, it quickly became clear that neither the Ukrainian nor the European railway infrastructure was ready to receive and handle the available volume of cargo from Ukraine. On the railway, additional costs arose due to idle wagons queuing at the border of Ukraine with the European Union and the inability of transit railway stations to process the increased wagon traffic. In addition, small railway terminals on the territory of the European Union, different widths of railway lines in Ukraine and Europe, the initial lack of integration between the railway structures of Ukraine and neighboring countries, as well as the lack of wagons from European railway carriers have led to a number of problems.

УДК 656.1

МОДЕЛІ ПРИСКОРЕННЯ АВТОМОБІЛЯ ПРИ РОЗРАХУНКАХ ЧАСУ ЗСУВУ ПОЧАТКІВ ЦИКЛІВ У ПЛАНАХ КООРДИНАЦІЇ

MODELS OF VEHICLE ACCELERATION IN CALCULATING THE SHIFT PARAMETER OF CYCLES IN COORDINATION PLANS

*д.т.н. П.Ф. Горбачов, аспірант І.В. Литвиненко
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

*Dr.Sc. (Tech) P. Horbachov, postgraduate I. Lytvynenko
Kharkiv National Automobile and Highway University*

Прагнення до точного моделювання розгону автомобіля в різних умовах руху має важливе значення в галузі транспортного планування та дорожньої безпеки. У цьому напрямку в різноманітних спеціальних дослідженнях отримано певний емпіричний матеріал, обробка якого привела до появи моделей постійного та лінійно убиваючого прискорення [1, 2].

Модель постійного прискорення є найпростішим варіантом моделювання, так як у ній припускається, що прискорення автомобіля не змінюється з часом і

що використовується для наочного опису розгону автомобіля. Простота та легкість у використанні роблять цю модель привабливою для початкових розрахунків. Вона дозволяє швидко оцінити середнє прискорення, яке є єдиним її параметром, на основі емпіричних даних. Але ця модель є надто спрощеною і не враховує реальних факторів, таких як прискорений вплив сили тертя та аеродинамічного опору зі зростанням швидкості, що обмежує її використання для моделювання руху швидкісних транспортних засобів, якими є більшість автомобілів.

Модель лінійного убиваючого прискорення дозволяє наблизити залежність до реальних параметрів розгону, так як враховує зменшення прискорення зі зростанням швидкості. У ній передбачається, що прискорення зменшується від початкового значення, яке є першим її параметром, до нуля при досягненні максимальної швидкості, з постійним темпом (другий параметр моделі). Ця модель більш реалістична, ніж модель постійного прискорення, але вона все одно дещо обмежена в здатності врахувати складні умови руху та динаміку розгону. Основний її недолік полягає в тому, що в рамках цієї моделі максимальна швидкість руху, яка визначається її параметрами, ніколи не може бути досягнута за обмежений час. Це суттєво ускладнює оцінку її параметрів на основі реальних даних про час розгону з місця та подальшого сталого руху на певну відстань і призводить до того, що параметри моделі можливо оцінити лише опосередковано – через залежність пройденого за певний час шляху, хоча шуканою в даному випадку є зворотна залежність, часу від шляху.

Попри описані недоліки, моделі постійного і лінійного убиваючого прискорення залишаються придатними для подальших розрахунків часу зсуву початків циклів у планах координації, якщо враховувати виявлені особливості цих моделей при розрахунках та оцінці їх результатів. Але дуже перспективним виглядає також пошук альтернативних залежностей між прискоренням і швидкістю руху. Наявність декількох альтернативних моделей розгону поширить можливості проектувальників у налаштуванні планів координації відповідно до місцевих особливостей. Проте важливо, щоб властивості цих альтернативних моделей враховували закономірність убивання прискорення при підвищенні швидкості руху транспортного засобу.

Однією з очевидних альтернатив лінійної моделі є гіперболічна модель убиваючого прискорення, яка враховує зменшення прискорення зі збільшенням швидкості завдяки її розташуванню в знаменнику моделі. Використання гіперболічної функції швидкості для математичного опису цього процесу забезпечує більш гнучкий і, можливо, більш точний підхід до моделювання розгону. По-перше, вона не має жорсткого обмеження на максимальну швидкість руху, яка зростає протягом всього процесу розгону до будь-якої швидкості, по-друге вона надає можливість безпосереднього визначення параметрів на основі залежності часу подолання транспортним засобом певної відстані. Все це загалом підвищує точність налаштування моделі і розширює можливості проектувальників у пошуку найкращої залежності при формуванні планів координації. Однак важливо пам'ятати, що при описі реального процесу

розгону транспортних засобів, слід також уважно ставитися до використання гіперболічної моделі, незважаючи на її потенційні можливості.

Наступною альтернативою серед моделей розгону може бути показникова функція, в якій швидкість руху відіграє роль показника ступеню при постійному параметрі функції, тоді як у гіперболічній функції ролі розподілені навпаки, тобто швидкість є основою статичної функції з постійним параметром – показником ступеню. Показникова модель забезпечує інші темпи убивання прискорення при розгоні ніж гіперболічна, що також поширює можливості проектувальників у пошуку найкращої залежності при формуванні планів координації для врахування зміни прискорення відносно часу та швидкості. Однак параметри показникової моделі, також як і лінійної моделі убиваючого прискорення, можливо оцінити лише опосередковано – через залежність пройденого за певний час шляху, що дещо погіршує точність їх оцінки. Але її також можна використовувати в практичних цілях для моделювання часу зсуву початку циклів у планах координації.

Для всіх цих моделей за допомогою метода найменших квадратів необхідно створити відповідний математичний апарат оцінки параметрів кожної моделі на основі спостережень за часом подолання реальних ділянок різними транспортними засобами. Це дозволить обґрунтовано обирати часу зсуву для планів координації серед різноманітних оцінок, отриманих з наведених моделей, з врахуванням особливостей кожної ділянки мережі.

[1] Long, G., 2000. Acceleration Characteristics of Starting Vehicles. Transportation Research Record 1737(1), 58-70. DOI: <https://doi.org/10.3141/1737-08>.

[2] Горбачов П.Ф., Абрамова Л.С., Литвиненко І.В. Моделювання параметрів прискореного руху легкових автомобілів під час координованого руху // Вісник ХНАДУ. Збірник наук. праць, Вип. 101, Том 1, Харків 2023, с. 168 – 176.

УДК 656.621:656.613.1

КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЯ ТА ДИВЕРСИФІКАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ЛОГІСТИКИ ПРИ ЕКСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

CONTAINERIZATION AND DIVERSIFICATION OF RAILWAY LOGISTICS FOR EXPORT TRANSPORTATION OF GRAIN CARGO

*канд. техн. наук В.М. Запара,
аспірант Ю-Н.І. Боровець, аспірант Р.І. Боровець
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V. Zapara, PhD (Tech.),
Yu-N. Borovets (post graduate), R. Borovets (post graduate)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасний розвиток вантажних перевезень у світі характеризується тенденцією до їх контейнеризації. Розширення та будівництво контейнерних терміналів активно відбувається і в сусідніх з Україною державах – насамперед Угорщині та Польщі.

Незважаючи на певний позитивний ефект, який матиме транспортний сектор України від розбудови транспортно-логістичних потужностей з обслуговування контейнерних перевезень сусідніми країнами, основним пріоритетом державної політики у цій сфері має стати розвиток контейнерної інфраструктури на території України, для чого слід реалізувати певні заходи [1].

Через широкомасштабну війну, розв'язану РФ, недовиробництво зерна в Україні становило уже десятки мільйонів тонн. Наразі світові ціни на зерно знижуються, тож вартість логістики може стати непід'ємною для виробників сільгосппродукції. Провідні зернотрейдери не бачать альтернативи «зерновому коридору» за обсягами та ціною перевезень. Проте намагаються бути гнучкими та розвивають також річкову й залізничну логістику. Щодо останньої, то велика увага повинна приділятися контейнеризації.

Українські порти мають ключове значення для виконання контрактів щодо постачання зерна до КНР, одного з основних споживачів продукції, що транспортується «зерновим коридором». Однак, зокрема, румунські порти «не сертифіковані торгувати українським зерном до Китаю».

Урожай 2023 року оцінено Українською зерновою асоціацією у приблизно 68 млн т, з яких майже 44 млн т буде відправлено на експорт. Зернотрейдери, через зниження цін на світовому ринку, головним транспортом для перевезень вважають морський та річковий (подальший розвиток перевезень Дунаєм). Щодо залізничного транспорту, то його роль суттєва у перевезеннях. Йдеться не лише про зерно, а й про більш вартісні вантажі, зокрема соняшникову олію (успішним є реалізований проєкт із перевезень олії до ЄС у танк-контейнерах).

Наразі для зернотрейдерів ключове завдання – диверсифікація логістики. Вони бачать частково західні переходи як альтернативу морським портам.

Щодо перевезення зерна в вагонах у 2023 році, то позитивних прогнозів небагато. Зернотрейдери працюють власним парком. Немає нестачі вагонів. Для залізниці 2022 рік був один із кращих років, якщо дивитись на цей бізнес. Автоперевізникам теж була висока маржа (30% і більше). Зараз вагони коштують дуже дешево.

У 2022 році перевезення зерна в контейнерах було поширеним явищем. Насамперед на хвилі паніки. Нині не спостерігаємо високої частки обсягів перевезень зернових у контейнерах, тобто це нішева історія (наразі в контейнері транспортують ячмінь, шрот, олію (у флексах) [2].

Велика вітчизняна компанія – Syngenta – активно розвиває перевезення зерна залізницею в контейнерах. Вона планує зробити проєкт із перевалки зерна в Ізмаїлі, де складів недостатньо фізично, і там постійні затримки, пов'язані з очікуванням залізничних вагонів, що вивантажуються прямим варіантом. А контейнер – це одночасно склад, де можна зберігати зерно в

очікуванні баржі. Компанія придбала контейнери у ДМЗ «Карпати». Вони нестандартні. Мають об'єм 43 м³, де вміщується приблизно 28 т кукурудзи. Нині компанія має успішний досвід організації перевезень зерна у контейнерах до Польщі та Литви і має намір інвестувати у платформи для перевезення контейнерів.

Розвиваються і термінали на кордоні України з Євросоюзом. На контейнерному терміналі «Мостиська» почали працювати з невеликими трейдерами яким потрібно перевантажити 200, 500 т. Тому додалися на терміналі різноманітні способи завантаження. Разом з контейнерами компанія намагається розвивати і контрейлерні перевезення, а також планує надалі будувати склади для збереження зерна. Збільшує потужності переробки MOST Logistic Terminal. Деякі напрямки транспортування суходолом є конкурентоспроможними відносно «зернового коридору». Тут також активно розвивають контейнерні перевезення. Щодо АТ «Укрзалізниця», то вона планує «піти в експедиторські послуги». Тобто для аграріїв запропонується комплексна послуга: з точки «А» перевезти вантаж за фіксованою ціною в узгоджені терміни.

[1] Щодо реалізації потенціалу транспортної системи України на світовому ринку контейнерних перевезень. - URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/mizhnarodni-vidnosini/schodo-realizacii-potencialu-transportnoi-sistemi-ukraini-na> (дата вернення: 30.10.2023).

[2] Спеціалізований контейнер для зерна виявився тимчасовим інструментом. - URL: <https://www.railinsider.com.ua/oleksandr-tkachuk-pro-konteynerni-terminaly/> (Дата вернення: 30.10.2023).

УДК 656.073

ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ

USE OF THE LATEST TECHNOLOGIES IN CARGO TRANSPORTATION

***О.О. Шапатіна, канд. техн. наук, Д.Д. Дмитренко,
Я.Ю. Винокуров, магістранти***
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

***O.O. Shapatina, PhD (Tech.), D.D. Dmytrenko, master,
Y.Y. Vynokurov, master***
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

На сьогодні спостерігається падіння обсягів перевезення залізничним транспортом, що пов'язане з воєнним станом в нашій країні, а також зменшенням обсягів промислового виробництва, зниженням обсягів внутрішнього попиту внаслідок зниження купівельної спроможності. Навіть за таких умов залізничний транспорт виконує свої функції з перевезення вантажів та пасажирів, як у внутрішньодержавному сполученні, так і у міжнародному.

Україна продовжує процес входження до європейського економічного простору, що вимагає від залізниці нових підходів до організації доставлення вантажів від відправників до одержувачів. Як показує світовий досвід, для підвищення ефективності вантажних перевезень необхідне використання новітніх логістичних технологій таких, як: управління ланцюгом постачання в режимі реального часу, використання сучасних транспортних засобів, роботизація складських операцій.

Так, використання технології управління ланцюгом постачання в режимі реального часу дозволить отримувати актуальні дані про переміщення вантажу, стан шляхів або під'їзних колій, що сприятиме обранню оптимального маршруту доставлення вантажів, зменшенню витрат часу, дасть можливість передбачити можливі форс-мажорні ситуації.

Також перспективним напрямом розвитку транспортної галузі є використання сучасних транспортних засобів. У Китаї та країнах Європи контейнерні перевезення протягом довгого часу доказують свою ефективність, адже здатні забезпечувати доставлення вантажів від «дверей до дверей», схоронність перевезення вантажів, можуть бути залучені до комбінованих перевезень. Практика деяких країн свідчить про здатність перевезення контейнерів у два яруси, що дає можливість зменшити витрати на транспортування.

Підвищити ефективність транспортної галузі можливо за рахунок здійснення перевезень на базі автономних транспортних засобів, що забезпечує вантажоперевезення без водія, тим самим знижуючи вплив «людського» фактору та зменшуючи транспортні витрати.

Актуальним напрямом також є доставлення вантажів за допомогою літальних засобів. Так, квадрокоптер великої вантажопідйомності здійснюватиме доставлення товарів широкого вжитку, а в перспективі і перевезення людей, переміщуючи їх над існуючими шляхами та іншими елементами інфраструктури.

Заключним етапом розвитку логістичної складової транспорту є впровадження роботизації складських операцій, при цьому забезпечується доступ до важкодоступних місць, маючи розширену зону огляду. Даний захід дає можливість підвищити швидкість складських процесів, забезпечуючи розвиток сервісу на сучасному рівні.

Таким чином, використання новітніх технологій при перевезенні вантажів дозволить покращити роботу транспорту в цілому, забезпечити ресурсозбереження та зменшити витрати на транспортування.

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ
ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ ДАЛЕКОГО ПРЯМУВАННЯ**

**METHODOLOGY FOR CALCULATING THE ROUTE NETWORK OF
LONG-DISTANCE PASSENGER TRAINS**

*докт. техн. наук Н.Б. Чернецька-Білецька, канд. техн. наук С.І. Сорока,
канд. техн. наук М.В. Мірошникова
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Київ)*

*N.B. Chernetska-Biletska, Doc. (Tech.), S.I. Soroka, PhD (Tech.),
M.V. Miroshnykova, PhD (Tech.)
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University (Kyiv)*

Залізничний транспорт є однією з найбільших базових галузей господарства, найважливішою складовою виробничої та соціальної інфраструктури. Він пов'язує всі регіони країни та є необхідною умовою забезпечення територіальної цілісності та єдності економічного простору [1].

З метою підвищення комфортабельності пасажирів ведеться робота зі збору пропозицій про зміну розкладу руху пасажирських поїздів щодо встановлення більш зручного для пасажирів часу відправлення і прибуття на станції. Опитування пасажирів дозволяють визначити рівень задоволеності якістю послуг та реалізувати заходи, спрямовані на підвищення комфортабельності пасажирів та залучення додаткового пасажиропотоку з інших видів транспорту. Метою підвищення рівня задоволеності пасажирів передбачено оновлення рухомого складу та покращення сервісу перевезень пасажирів. Усі перелічені заходи, безперечно, впливають на формування маршрутної мережі пасажирських поїздів і потребують подальшого вдосконалення [2].

Початковий етап розрахунку маршрутної мережі пасажирських поїздів далекого прямування полягає в опрацюванні даних, що надходять, щодо пасажиропотоків. Встановлення потрібної кількості поїздів на ділянці залізниці має визначатися не тільки з урахуванням освоєння розрахункового пасажиропотоку, а й з урахуванням уподобань пасажирів щодо вибору поїздів. Однак, у цьому випадку, потрібне опрацювання безлічі даних, частина з яких може містити розмитість і неточність формулювань від пасажирів. У зв'язку з цим у цьому науковому дослідженні розглянуто застосування математичного апарату теорії нечітких множин і нечіткої логіки [3, 4]. Математична теорія нечітких множин і нечітка логіка є узагальненням класичної теорії множин і формальної логіки, поняття яких запропонував Лотфі Заде 1965 року [5].

Існує проблема обліку інформації, що надходить від пасажирів, що характеризується недостатньою точністю, для підвищення ефективності пасажирських перевезень у дальньому сполученні. Клієнтоорієнтованість перевізних компаній змушує розробляти нові підходи на основі математичних

моделей розрахунку маршрутної мережі пасажирських поїздів далекого прямування, створення яких на основі застосування перспективних кореспонденцій пасажиропотоків, що включають дані про переваги пасажирів в умовах багатофакторності при виборі поїздів, дозволить [6, 7]:

- усунути неясність освоєння пасажиропотоків поїздами;
- використовувати освоєння однієї кореспонденції поїздами різних маршрутів.

Введення умови забезпечення виконання безпересадкових сполучень для основного потоку пасажирів сприяє підвищенню якості та комфортабельності пасажирських перевезень і, таким чином, підвищується конкурентоспроможність залізничного транспорту на ринку транспортних послуг.

З метою підвищення якості та комфортабельності пасажирських перевезень виникає необхідність реалізації різних заходів щодо формування пропозицій пасажирів, пов'язаних із зміною розкладу руху пасажирських поїздів у частині встановлення зручнішого для пасажирів часу прибуття на станції призначення та часу відправлення.

[1] Залізничі світу // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zdmira.com/news/predstavlena-strategiya-razvitiya-zheleznodorozhnogotransporta-dlya-budapeshtskoy-aglomeratsii> (дата звернення 23.04.2021).

[2] Замишляев, А. М. Інформаційне управління в транспортній сфері / А. М. Замишляев // Наука та технології залізниць. – 2017. – Т. 1. – № 4(4). – С. 11–24.

[3] Баранов І.О., Мірошникова М.В., Сущенко Л. І., Сущенко О.О. Підвищення ефективності функціонування системи транспортного обслуговування міського населення. Збірник наукових праць науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених “Логістичне управління та безпека руху на транспорті” 14-16 листопада 2019 року м. Лиман (Донецька обл.), С. 127–128.

[4] Чернецька-Білецька Н.Б., Баранов І.О., Солдаткін Д.О. Аналіз варіантів управління перевізним процесом на залізничному транспорті в умовах нерівномірності. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. №1 (218) 2015, С. 107–109.

[5] Вакуленко, С.П. Особливості моделювання пасажиропотоку об'єктів транспортної інфраструктури / С.П. Вакуленко, Н.Ю. Євреснова, О.І. Коровкіна, К.В. Алексєєва. – Економіка залізниць. – 2021. – № 7. – С. 41–47.

[6] Kliuiev S. Intelligentsystemsoftrafficorganizationinsettlementsandonhighways / S. Kliuiev, A. Mukhanov // Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених., 14-16 листопада 2019 р., м. Лиман – Міністерство освіти та науки України, СНУ ім. В. Даля. – Сєверодонецьк. – 2019. – С. 75–78.

[7] Ключев С.О. Математичні методи при вирішенні завдань організації перевезень та руху при використанні навігаційної інформації / С.О. Ключев, О.Ю. Лопата // Науково-технічний прогрес на транспорті : Тези доповідей Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, магістрантів та студентів. Секція "Механіка" 26–30 березня 2018 р. м. Дніпро – Міністерство освіти та науки України, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Дніпро. – 2018. – С. 97–98.

**ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ НА ОСНОВІ
МОДЕЛЕЙ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**THE FUNCTIONING OF CARGO DELIVERY CHAINS BASED ON
MULTIMODAL TRANSPORTATION MODELS.**

*канд. техн. наук Ю.В. Шульдінер, С.В. Петрик, Є.А. Златова
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*J.V. Shuldiner, PhD (Tech.), S.V. Petryk, O.V. E.A. Zlatova
Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)*

Логістика та транспортування відіграють невід'ємну роль у сучасній глобальній економіці. У світі, що швидко змінюється, ефективність та сталість ланцюгів доставки вантажів стають все важливішими завданнями. Один із ключових способів вирішення цих завдань - використання моделей мультимодальних перевезень.

Мультимодальні перевезення передбачають використання різних видів транспорту, таких як автомобілі, залізниця, авіація та морські перевезення, з метою оптимізації переміщення товарів. Основна ідея полягає в об'єднанні різних видів транспорту в єдину систему, яка забезпечує найефективніший та найшвидший спосіб доставки товарів від виробника до споживача.

Глобалізаційні та інтеграційні процеси у світовій економіці передбачають тісний взаємозв'язок національних економік, посилений обмін ресурсами і товарами, що робить мультимодальні перевезення основою функціонування економіки не тільки окремих країн та економічних систем, а й світу загалом [1, с. 74].

Більшість європейських мультимодальних перевезень при комбінованому транспортуванні вантажів відбувається в трейлерах та зйомних кузовах. У 2020 р. європейський автомобільно залізничний комбінований транспорт, незважаючи на пандемію, забезпечив зростання обсягів відправлень на 1,02% порівняно з показником 2019 р., а отже, і зростання продуктивності на 6,77%, досягнувши рівня 89,6 млрд т/км та 9,12 млн TEU, що стало історичним максимумом європейських мультимодальних перевезень протягом останнього десятиріччя [2].

Щодо вітчизняна транспортна система перевозить до 4,5 млн т вантажів. Обсяги ж транзитних вантажопотоків за останнє десятиріччя за видами транспорту характеризуються даними, поданими в таблиці 1, які переконливо свідчать, що використання різних видів транспорту є актуальним, а тому поєднання їх в одну мультимодальну систему має великий потенціал до розвитку.

Таблиця 1. Обсяги транзитних вантажопотоків за видами транспорту протягом 2012—2020 рр., т/км [4]

Вид транспорту	Роки								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Залізничний	858024	835557	820920	711448	644296	635538	616839	589981	312900
Автомобільний	1252390	1259698	1260768	1131313	1020604	1085663	1121674	1205531	105000
Водний	4145	3457	3428	2805	3291	3032	2253	1892	6100
Авіаційний	92	122	99	78	69	74	82	99	100

Серед різних видів транспорту перевага все більше надається автотранспорту, який, на жаль, має найбільший викид вуглецевих речовин у довкілля, який спричиняє надмірне завантаження автомобільних трас та є чинником руйнування автодоріг, що спричиняє необхідність додаткових інвестицій у їх відновлення, а відповідно надмірне витрачання державою коштів на їх реконструкцію. [2, с. 57].

Моделі мультимодальних перевезень є важливими інструментами для удосконалення функціонування логістичних ланцюгів доставки вантажів. Вони дозволяють зменшити витрати, знизити екологічний вплив та підвищують конкурентоспроможність. Використання сучасних технологій забезпечує ще більшу ефективність та сталість у логістиці та транспортуванні. Моделі мультимодальних перевезень будуть відігравати ключову роль у майбутньому розвитку глобальних ланцюгів доставки вантажів та сприятимуть сталому господарству.

[1] Рикованова І.С. Контейнерні перевезення: європейський досвід та проблеми і перспективи розвитку в Україні. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2020. № 32. С. 74—80.

[2] Вернигора Р.В., Журавель І.Л., Єльнікова Л.О. Дослідження ефективності застосування контейнерної технології перевезення вантажів в Україні. Збірник наукових праць ДНУЗТ. 2021. Вип. 22. С. 56—66

[3] Петренко І. Транспорт України. Статистичний збірник Державна служба статистики України. 2020. 116 с

УДК 624.012.4:699.812

ВПРОВАДЖЕННЯ СППР ЯК ПРОМІЖНОЇ ЛАНКИ МІЖ СУЧАСНИМИ РЕАЛІЯМИ ТА НЕОБХІДНІСТЮ ВІДПОВІДАТИ СУЧАСНИМ ТRENДАМ В ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

IMPLEMENTATION OF SPPR AS AN INTERMEDIATE LINK BETWEEN MODERN REALITIES AND THE NEED TO MEET MODERN TRENDS IN THE TRANSPORT INDUSTRY

*Н. Ю. Шер, О.М. Шер, канд. техн. наук Д.В. Арсененко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*N.Y. Sher, O.M. Sher, D.V. Arsenenko PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Аналізуючи поетапний розвиток логістики як новоутворення не тільки в транспортних, а й в загальнопромислових процесах прослідковується певний ряд закономірностей. Не зважаючи на обставини які за бажанням можна вважати

ключовими чинниками, кожен такий етап має певні споріднені ознаки якими не можливо нехтувати. До таких факторів можна віднести скорочення штату на фоні зростання виробничих показників, скорочення собівартості без втрати в якості та найголовніше скорочення гравців на ринку які не змогли пристосуватись до нових обставин.

Сьогодні як за консервативними джерелами які акуратно підводять суспільство до необхідності планового переходу до наробіток штучного інтелекту так і будь якого роду конспіралогічні джерела які мають більш радикальні прогнози загальне розуміння неминучості таких процесів є процесом сталим.

Розуміючи вищенаведені докази та аналізуючи реальний справ на залізничному транспорті постає просте питання, як ці речі можливо зв'язати в одну транспортну задачу. Серед загального переліку проблематики залізничного транспорту спробуємо виділити основні на нашу думку, що в подальшому дозволить сформуванню елементарну та що найголовніше реальну транспортну задачу яка потребує подібного роду рішень.

На сьогоднішній день на нашу думку існує три основних проблеми на залізничному транспорті які формують загальну повістку :

- Скорочення обсягів перевезення на 4й в світі мережі залізничної інфраструктури що в більшості випадків спонукає шукати новітні формати вирішення оперативних завдань коли класичний варіант формування як місцевої так і стратегічної роботи не має арифметичного відгуку;

- Реальний стан як вагонного так і локомотивного господарства як відображення реальної системи обмежень будь якого оперативного або стратегічного впровадження;

- Ієрархічна складова як носій застарілого формату бюрократичних перепон для впровадження перш за все необхідних саме сьогодні рішень.

Пропонуємо за для наочності запропонованих ідей розглянути елементарну транспортну задачу формування оперативної задачі забезпечення навантаження та вивантаження на дільниці що примикає до транспортного вузла, яка в більшості випадків є класичною. В зазначених вище умовах залізничного транспорту така задача не може бути вирішена без можливості слабкоформалізуємих та нечітких критеріїв вибору технологічних альтернатив, їх параметрів та обмежень які і формують сучасний стан залізничного транспорту.

Узагальнення наведених принципів полягає в створенні єдиного інформаційного поля де створення СППР (система підтримки прийняття рішень) в основних аспектах формування потребує в урахуванні всіх реальних вихідних даних і єдиними можливими носіями такого роду інформації можуть бути лише досвідчені залізничники які спроможні надавати експертну оцінку в межах своєї компетенції.

Оцінка експертної інформації на основі формалізації у формі нечітких наборів — це метод, який використовує принципи нечіткої логіки для моделювання та оцінки невизначеної або неточної інформації, наданої експертами. Нечітка логіка дозволяє представляти невизначені або

розпливчасті поняття шляхом присвоєння ступенів приналежності до різних категорій або класів, а не покладатися на суворі бінарні відмінності.

Поставимо групі експертів завдання спрогнозувати можливість забезпечення навантажувальних та вивантажувальних зобов'язань оператора інфраструктури на дільниці що примикає до вузла. Умовимось що надання оцінки до вагонного та локомотивного господарства зважаючи на технічний стан та приналежність парку є слабоформалізованою задачею.

$$E = \{\alpha_i\}, i \in [1, n]$$

де - α_i – представляє собою одиночну функцію Хевісайда $\alpha_j \in [0, 1]$, яка показує участь експерта в групі ($\alpha_j = 1$) або неможливість участі ($\alpha_j = 0$).

Таким чином, формалізацію процесу відбору експертів для формування бази знань СППР при виборі технологічного рішення у ланцюгу доставки вантажів залізницями буде зведено до знаходження вектору E, який максимізує бінарне відношення думок експертів

$$H = \sum_{i \in n} \sum_{j \in n} \alpha_i \alpha_j \mu_{ij} \rightarrow \max;$$

$$\begin{cases} \forall \alpha_i \in E; \forall \alpha_j \in E; \\ \mu_{ij} \in [-1; 1]; i \neq j; \\ \sum_{i \in n} \sum_{j \in n} \alpha_i \alpha_j \geq 2. \end{cases}$$

Статистичні методи перевірки погодженості часто залежать від математичної природи відповідей експертів, якщо відповіді - результати незалежних парних порівнянь. Пошук «середньої» думки експертної групи стосовно технологічних процесів транспортування контейнерів, можливо знайти, наприклад, за допомогою відомого метода із застосуванням медіани Кемені. Саме ця «середня думка» зважаючи на визначену вище систему обмежень і буде найбільш раціональною відповіддю на поставлене завдання. Лише практичне застосування в реальних умовах дозволить сформувати відносно робочу СППР яке зможе давати результат в наведених умовах.

[1] Кібернетика та управління. Джерела праць Р. Вінера . [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Інформація#cite_note-1

[2] Арсененко, Д. В. Розробка моделі функціонування пункту концентрації комерційної роботи в умовах реструктуризації залізничного транспорту [Текст] / Д. В. Арсененко, Ломотько Д.В. // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. - Харків, 2013. - Випуск 142. - С.19-23.

[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\(14\)60070-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60070-4).

- [4] Lomotko D.V., Kovalev A.O., Kovaleva O.V. Formation of the fuzzy support system for decision-making on the merchantability of rolling stock in its allocation [Electronic resource] / Eastern European Journal of Enterprise Technologies. - 2015 - Т. 6. - No. 3 (78). - P. 11-17. - Access mode: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.54496>.
- [5] Міністерство цифрової трансформації України. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://thedigital.gov.ua/news/shvidkiy-peretin-kordonu-dlya-vantazhivok-echerga-bude-diyati-na-16-propusknikh-punktakh>

УДК 656.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ З КОНТЕЙНЕРАМИ В УМОВАХ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF WORKING WITH CONTAINERS IN THE CONDITIONS OF INFORMATIZATION

*Канд. техн. наук А.О. Ковальов, магістрант О.М. Камішін
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*A. Kovalov PhD (Tech.), O. Kamyshin
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В умовах розвитку контейнерних перевезень постає питання удосконалення процесу переміщення контейнерних потоків на всьому шляху його слідування з метою скорочення транспортних витрат, терміну доставки, більш ефективного використання ресурсу транспортних засобів та навантажувально-розвантажувальних пристроїв.

У дослідженнях умов функціонування контейнерних пунктів найбільш невизначеною величиною є дальність переміщень перевантажувальних засобів, від якої в першу чергу залежить їх число та експлуатаційні витрати. Тому однією з основних задач оптимального управління перевантажувальними процесами є вибір раціональної стратегії управління цими засобами у межах виконання робочого циклу, коли дальність їх переміщення при розрахункових швидкостях і прискореннях руху є визначальною з урахуванням обмежень, що накладаються на параметри управління, які визначаються конструктивними та експлуатаційними умовами [1].

Для вирішення задачі формалізовано роботу контейнерної площадки у вигляді моделі, що містить оптимізаційне комбінаторне завдання пошуку найкоротшого маршруту на графі множини пересувань перевантажувального засобу. Критеріями обрано витрати електричної енергії на пересування перевантажувального засобу по контейнерній площадці, а також тривалість простою рухомого складу та контейнерів на коліях [2].

Визначена оптимізаційна задача відноситься до NP-повних задач. Отже, її вирішення неможливе класичним жадібним алгоритмом за умови одержання раціонального рішення. Таким чином, запропоновано методом вирішення вважати модифікацію жадібного алгоритму на основі методу Монте-Карло (алгоритм імітації відпалу). Різниця алгоритму імітації відпалу і жадібного

алгоритму складається в визначеній поведінці алгоритму, коли обрано наступну вершину для переходу. Жадібний алгоритм виключає неоптимальний перехід безумовно, а алгоритм імітації відпалу може допустити додавання такого переходу в певну послідовність.

Прийнята технологія роботи перевантажувального засобу базується на обранні найближчого контейнера і перестановку його на місце, що відповідає контейнеру за типом. Це дозволить скоротити час на пересування перевантажувального засобу, витрати електричної енергії та покращити основні показники роботи контейнерної площадки без значного залучення коштів.

Розроблену оптимізаційну модель реалізовано за допомогою електронного пакету прикладних програм Matlab. Таке програмне середовище обране по причині існування вбудованої Java-подібної мови програмування, що призначена для роботи з матрицями. Запропоновану оптимізаційну модель можливо інтегрувати до автоматизованого робочого місця відповідного працівника контейнерної площадки.

[1] Ковальов А.О., Іванюк О.І. Удосконалення технології обробки контейнерних потоків на вантажних станціях. 78-ма студентська науково-технічна конференція : тези доп. студ. наук.-техн. конф. (Харків, 9 – 11 листопада 2016 р.). Харків :УкрДУЗТ, 2016. С. 2.

[2] Альошинський Є.С., Ковальов А. О., Іванюк О. І. Удосконалення технології роботи контейнерної площадки на основі теорії графів. Зб. наук. пр. УкрДУЗТ. 2016. Вип. 162. С. 60-65.

УДК 656.2

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ СТАНЦІЙ І ПІДПРИЄМСТВ

DETERMINATION OF RATIONAL TECHNICAL EQUIPMENT OF STATIONS AND ENTERPRISES

*Канд. техн. наук О.В. Ковальова, магістранти І.О. Антоненко, Л.С. Бикова
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***O. Kovalova PhD (Tech.), I. Antonenko, L. Bykova magistrate**
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Технологія роботи залізничного транспорту повинна повністю забезпечувати інтереси вантажовласників, у тому числі – за рахунок покращення наскрізного транспортного обслуговування на місцях загального і незагального користування при безумовному виконанні принципів раціонального використання вагонів і контейнерів, скорочення термінів доставки та підвищення рівня збереження вантажів [1]. Однією з основних складових обігу вантажного вагона є тривалість його знаходження на станціях і під'їзних коліях відправлення та призначення.

Для скорочення часу знаходження вагонів на підприємствах запропоновано метод удосконалення технології роботи під'їзних колій і станцій примикання на основі моделі математичного програмування з цільовою функцією

$$E_{нк} = B_{\varepsilon} + B_{пз} + B_{пт} + B_{лт} + B_{\varepsilonрм} + B_{ск} + B_{нк} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $E_{нк}$ – сукупні витрати;

B_{ε} – вартість очікування вагонами обслуговування (приймально-здавальних операцій, слідування на під'їзну колію, формування-розформування, подавання і забирання, вантажної операції), грн;

$B_{пз}$ – вартість простою бригад прийомоздавальників, грн;

$B_{пт}$ – вартість простою поїзних локомотивів, грн;

$B_{лт}$ – вартість простою маневрових локомотивів на розформуванні і формуванні составів, подачі і прибиранні вагонів, грн;

$B_{\varepsilonрм}$ – вартість простою вантажно-розвантажувальної машини, грн;

$B_{ск}$ – вартість простою складів, грн;

$B_{нк}$ – вартість знаходження вагонів на під'їзній колії під обслуговуванням, грн [2].

Деякі складові цільової функції залежать від часу знаходження, очікування вагонів та їх кількості під технологічними операціями, які носять імовірнісний характер і визначаються згідно законів розподілення, тому дана модель відноситься до моделей стохастичного програмування. Також основні складові функції залежать від кількості вагонів, що знаходяться під певними операціями та в їх очікуванні.

Середні чисельності вагонів під кожною технологічною операцією та в їх очікуванні можливо визначити за допомогою методу динаміки середніх. Для цього необхідно побудувати математичні моделі (графи станів і диференціальні рівняння), що відтворюють технологію роботи під'їзних колій різних типів і станцій примикання.

[1] Ковальов А.О., Котенко А.М. Логістична модель доставки вантажу від відправника до одержувача. Зб. наук. праць УкрДАЗТ. 2003. №53. С.25-29.

[2] Котенко А.М., Ковальов А.О. Оптимізація технічного оснащення під'їзної колії / Зб. наук. праць УкрДАЗТ. Харків. 2002. № 49. С. 117-121.

**ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПРИМІСЬКИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ**

**APPROACHES TO PROVIDING EFFICIENT SUBURBAN TRANSPORT IN
THE CONDITIONS OF POST-WAR RECONSTRUCTION**

*К.т.н. О.М. Красноштан, аспірант Б.О. Новицький
Національний Транспортний Університет (м. Київ)*

*PhD O. Krasnoshtan, postgraduate student B. Novytskyi
National Transport University (Kyiv)*

Внаслідок бойових дій регіони на сході, півдні та півночі України зазнали значних втрат. Значна кількість населення змушена була виїхати до західних областей України або за кордон. Так, за даними за даними Інституту демографії та соціальних досліджень ім. М. Птухи НАН України [1] з 24 лютого 2022 р. по 20 лютого 2023 р. кількість громадян України, що перебувають за кордоном, збільшилася на 1 млн 830 тис. осіб. Зазнали руйнувань і населені пункти, зокрема житлові будинки, об'єкти промисловості та цивільної інфраструктури.

Вільне переміщення країною є одним із базових прав громадян, що закріплені Конституцією України. Одним з основних видів перевезень пасажирів для економіки відповідних регіонів є маятникові міграції. Маятиковою міграцією називають щоденні або щотижневі поїздки від місць проживання до місць роботи (і назад), що розмішені в різних населених пунктах [2].

Можливість здійснювати маятникові міграції дозволяє громадянам гнучко обирати місце роботи (навчання) та місце проживання. Також слід враховувати, що складна економічна ситуація в країні змушує значну кількість людей обирати для проживання більш доступне за ціною політикою житло у передмісті. Це призводить до значного зростання агломерації великих міст.

Разом з тим основні точки прикладання праці (іншими словами — концентрація робочих місць) знаходяться якраз у мегаполісі. З поступовим відновленням об'єктів промисловості та зростанням обсягів промислового виробництва і, відповідно, кількості працівників, які необхідні для підтримки такого зростання, виникне потреба у забезпеченні масових трудових міграцій

Використання громадського автомобільного транспорту для їх забезпечення має як свої переваги, так і недоліки. До переваг відносять:

1. Мобільність. Можливість гнучко змінювати маршрут прямування із використанням широко розвиненої вулично-дорожньої мережі.
2. Гнучкість. Місткість автобуса середнього класу відносно невелика як для забезпечення повноцінної трудової міграції невеликого міста, що вимагає використовувати значну кількість одиниць рухомого складу. Це дозволяє гнучко реагувати на зміни попиту, керуючи випуском одиниць на лінію.

До недоліків відносять:

1. Неекологічність. Автобуси використовують двигуни внутрішнього згоряння, які викидають значну кількість шкідливих речовин в атмосферу.
2. Низька пасажиромісткість (у порівнянні з залізничним транспортом).
3. Низька надійність. Залежність від погодних умов, заторів, тощо.
4. Складність дотримання чіткого графіку руху. Причини (п. 3) не дозволяють громадянам здійснювати чітке планування поїздок у часі.
5. Відносно низький рівень локалізації. Більшість автобусів, які задіяні у наш час у приміському сполученні, є імпортними. Більше ніж 4/5 обсягів вуглеводневих палив також закуповується з-за кордону [3, 4].

Все це свідчить про необхідність розгляду альтернативних видів транспорту для забезпечення маятникових міграцій відновлюваних регіонів. Одним з таких є транспорт залізничний. Східні та південні регіони мають значний розмір залізничної мережі, що історично сформувалась через їх промислову спеціалізацію. У східних регіонах значна частина колій є електрифікованою, що є вигідним підґрунтям для розвитку там приміських пасажирських перевезень за допомогою електропоїздів.

Переваги:

1. Місткість одного вагона електропоїзда становить 100 сидячих пасажирів, в той час як у типового приміського автобуса 18...33. Електропоїди дозволяють формувати склади довжиною від 4 до 12 вагонів.
2. Незалежність від погодних умов та трафіку.
3. Рух за чітким графіком.
4. Локалізація. Для руху використовується вітчизняна електроенергія, ремонт та виробництво запчастин повністю забезпечується місцевими засобами.
5. Екологічність.

Недоліки:

1. Порівняно менша частота руху, ніж в автомобільного транспорту.
2. Значно нижча мобільність. Залежність від електрифікованих колій.
3. Менші можливості щодо гнучного реагування на зміни попиту.

Враховуючи дані особливості обох видів транспорту доцільним є поєднання їх найкращих якостей задля побудови якісної та ефективною транспортної системи у постраждалих регіонах. Практично це можливо за рахунок використання автомобільного транспорту для підвозу жителів малих міст до залізничних платформ; а електропоїзди — для перевезення великої кількості пасажирів на більші відстані.

[1] Інтерв'ю з Еллою. Лібановою. *Суспільне Новини*: веб-сайт. URL: <https://suspilne.media/396044-pidtvverzennacosinki-pro-8-miljoniv-bizenciv-z-ukraini-nemaє-direktorka-institutu-demografii/>

[2] Ровенчак О. Визначення та класифікації міграцій: наближення до операційних понять. *Політичний менеджмент*. №2. 2006. С. 130.

[3] Як змінювалися обсяги видобутку нафти в Україні. *Слово і Діло*: веб-сайт. URL: <https://www.slovovidilo.ua/2021/10/11/infografika/ekonomika/yak-zminyuvavysya-obsyahy-vydobutku-nafty-ukrayini>

[4] Україна витратила на імпорт нафтопродуктів з початку року \$3,3 мільярда. *Бізнес Цензор*: веб-сайт. URL: https://biz.censor.net/n3354413https://biz.censor.net/news/3354413/ukrayina_vytratyla_na_import_naftoproduktiv_z_pochatku_roku_33_milyarda_mytnytsya

УДК 656.025.4:658.7888

МУЛЬТИМОДАЛЬНІ ТА ІНТЕРМОДАЛЬНІ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕННЯ

MULTIMODAL AND INTERMODAL CARGO TRANSPORTATION

*канд. техн. наук. О.М. Костенніков, аспірант В.С. Буклей
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O. Kostiennikov, PhD (Tech.), V. Buklei, postgraduate
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Мультимодальні перевезення – це транспортування вантажів за одним договором, яке виконується більше ніж двома видами транспорту з одним транспортним документом (коносаментом, транспортною накладною). Організація мультимодальних перевезень, відносини між учасниками мультимодального перевезення, а також їх права, обов'язки і відповідальність визначаються договором мультимодального перевезення та іншими договорами.

До мультимодального перевезення можна віднести будь-яку з доставку вантажу, яка виходить за рамки використання автомобільного транспорту.

Переваги використання мультимодальних перевезень в тому, що це єдиний спосіб доставки вантажів між материками, також логіст може компонувати любий вид транспорту, в залежності від його ресурсів, термінів доставки та її вартості.

Мультимодальні перевезення є одним з важливих факторів зовнішньої торгівлі, протягом останніх 40 років було прийнято 3 конвенції ООН.

Класифікація:

- Внутрішні мультимодальні перевезення – мультимодальне перевезення без перетину державного кордону.
- Міжнародні мультимодальні перевезення – мультимодальне перевезення з перетином державного кордону

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інтермодальне перевезення є різновидом мультимодального й означає послідовне перевезення вантажів двома або більше видами транспорту в одній і тій самій вантажній одиниці без перевантаження вантажу під час зміни транспорту.

Аналізуючи мультимодальні перевезення, автори дають власні визначення досліджуваного поняття. В Україні, серед усіх видів транспорту залізничний транспорт займає провідне місце.

Однією із перспективних технологій транспортування вантажів залізницею є спосіб з використанням контейнерів у складі інтермодальних перевезень. [1]

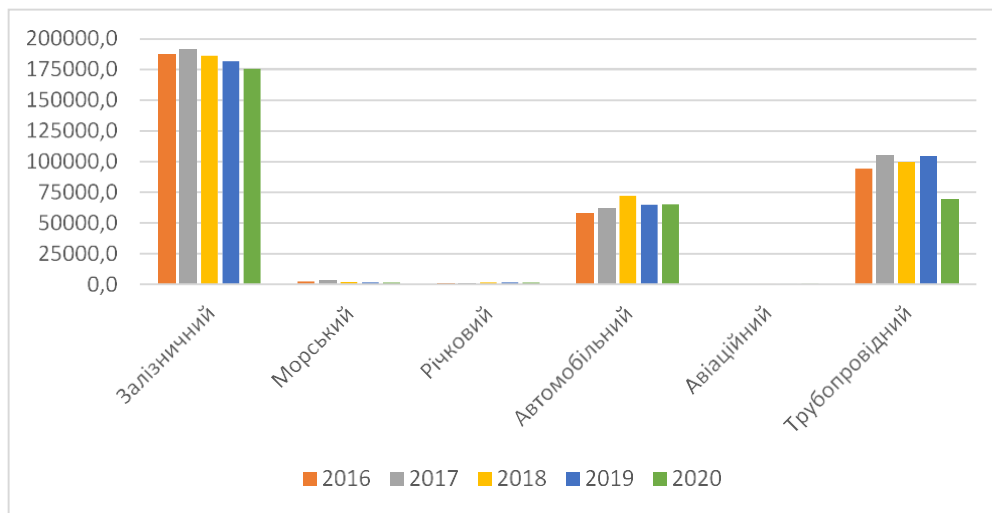


Рис.1 - Діаграма розподілу вантажообігу різними видами транспорту з 2016 - 2020 роки територією України

С.М. Димарчук зазначає, що «комплексні логістичні інтермодальні технології є найдосконалішою формою організації перевезень, оскільки вони дають змогу інтегровано використовувати переваги кожного виду транспорту і надають користувачу високий рівень сервісу перевезень» [2]

О.І. Петренко, мультимодальні перевезення є одними із найскладніших різновидів логістичного процесу. Він визначає їх як «внутрішньодержавні та міжнародні перевезення вантажу змішаним транспортом за умови доставки вантажу до пункту призначення двома або більше видами транспорту на підставі єдиного договору» [3].

Відмінність інтермодальних та мультимодальних перевезень полягає в тому, що:

- У мультимодальних перевезеннях в процесі транспортування бере участь одна компанія.
- У інтермодальних перевезеннях замовник працює з декількома компаніями.
- У інтермодальних перевезеннях всі учасники мають свою частку відповідальності, що ускладнює визначення винуватця у випадку пошкодження товару.
- У мультимодальних перевезеннях оформляється один пакет документів для всього вантажу,
- У інтермодальних перевезеннях є необхідність мати кілька пакетів документів для різних учасників перевезення вантажу.

За моїми спостереженнями мультимодальні перевезення мають такі переваги:

- Зниження витрат
- Укладання договору з однією компанією
- Скорочення часу доставки (доставкою вантажу займається підрядник)

- Компанія-перевізник працює зі своїми підрядниками
- Безпечна доставка вантажів (виконавець несе повну відповідальність)
- Один пакет документів для вантажу

На мою думку, всі ці фактори впливають на лояльність клієнта, та сприяють гарним умовам співпраці. В свою чергу компанія перевізник працює зі своїми постійними, надійними підрядниками, що в свою чергу мінімізує ризик виникнення форс-мажорних ситуацій, подовження терміну доставки вантажу, пошкоджень та ще безліч яких непередбачених обставин.

[1] Огар М.О. Перспективи розвитку інтермодальних перевезень в Україні (<http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/11075/1/Ogar.pdf>)

[2] Димарчук С.М. Особливості організації транспортно-логістичних систем інтермодальних вантажоперевезень. Вісник ДУ «Львівська політехніка». 2000. № 390. С. 20–22.

[3] Петренко О.І. Проблеми розвитку мультимодальних перевезень в Україні та шляхи їх розв'язання. № 5. С. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5582> [3]

УДК 656.2

ПРОПОЗИЦІЇ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

PROPOSALS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONTAINER TRANSPORTATION

канд. техн. наук. О.М. Костєнніков¹, канд. техн. наук. О.О. Ярыта²

¹*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

²*Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)*

O. Kostiennikov O., PhD (Tech.)¹, O. Yaryta PhD (Tech.)²

¹*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

²*Kharkiv National automobile and highway university (Kharkiv)*

Контейнерні термінали із середніми обсягами роботи в основному розташовуються на вантажних станціях загального користування. При їх проектуванні обсяги роботи були значно більшими, ніж зараз, тому ємність контейнерних площадок на сьогодні перевищує потрібну [1]. Частину площадок було законсервовано, але це викликає додаткові щорічні витрати на їх утримання, тому окремі керівники уклали угоди з підприємствами, які постійно виконують роботу з контейнерами, на оренду окремих контейнерних площадок або на окремі частини їх площ. На жаль сучасний стан контейнерного господарства на залізничній мережі України незадовільний.

Інноваційні технології пов'язані з новими формами організації перевезень. Це особливо актуально для центру транспортного сервісу, у власності якого знаходяться контейнери та платформи. Одним із найбільш ефективних способів зниження витрат компанії є організація прямих контейнерних поїздів між

терміналами, які є у власності компанії. Організація контейнерних поїздів користується попитом провідних логістичних компаній, які зацікавлені в прискореній доставці до одержувача значної кількості вантажу. Але на сьогодні значна частина перевезень вантажів в контейнерах виконується одиночними вагонами в складі вантажних поїздів. Виходячи із світового досвіду розвитку контейнерних перевезень актуальним є створення контейнерних терміналів, які будуть мати можливість систематизувати та укрупнити розосереджені контейнерні потоки, а також розподіляти їх на термінали призначення шляхом організації прямих контейнерних поїздів, тобто будуть контейнерними накопичувально-розподільчими центрами (КНРЦ) [2].

Виявлено, що в значній частині проаналізованих робіт термінали виконують тільки одну функцію – переробки контейнерів. Але в умовах сучасного ринку контейнерних перевезень до термінальних комплексів висуваються нові вимоги [3]. На основі аналізу досвіду функціонування контейнерних терміналів на території Європи, США та Канади можливо зробити висновок про наступні загальносвітові тенденції в розвитку термінально-логістичної інфраструктури контейнерних перевезень залізничним транспортом.:

- створення в технічному оснащенні накопичувально-розподільчих центрів, які виступають в ролі концентратів і розподільників контейнерних потоків являється загальносвітовою тенденцією;

- організація переміщення контейнерних потоків між накопичувально-розподільчими центрами в США та Канаді виконується контейнерними поїздами. Схожі тенденції мають місце і в Європі.

Виходячи із аналізу ринку контейнерних перевезень України, в яких значну частину складають одиночні відправлення вагонами в складі вантажних поїздів, а також сучасними загальносвітових тенденцій розвитку даної галузі, можливо поставити питання про економічну доцільність ефективності створення накопичувально-розподільчих центрів на мережі залізниць України, які пов'язані між собою рухом контейнерних поїздів.

Контейнерний накопичувально – розподільний центр для терміналу центру транспортного сервісу, здатним працювати в якості накопичувального і розподільного центру контейнерних потоків. КНРЦ відрізняється від стандартного контейнерного терміналу тим, що не тільки переробляє, а ще й об'єднує та розподіляє контейнерні потоки. Контейнерні накопичувально – розподільні центри планується утворювати на базі діючих контейнерних терміналів операторських компаній. Подібні центри повинні бути пов'язані між собою прямими контейнерними поїздами, тому другою відмінною особливістю КНРЦ є можливість приймати і формувати контейнерні поїзди на своїй території.

[1] Альошинський Є.С., Мкртчян Д. І., Шелехань Г. І. Пропозиції по удосконаленню технології контейнерних перевезень України. *Зб. наук. праць*. Харків: УкрДАЗТ, 2007. Вип. 80. С. 70-75

[2] Carlo H. J., Vis I. F., K. J. Roodbergen Storage yard operations in container terminals: Literature overview, trends, and research directions, *European journal of operational research*. 2014, Jun. Vol. 235, № 2. P. 412-430.

[3] Курмыныш Н. Логистика в восточной Европе: справочник по управлению системами логистики в восточной Европе или что необходимо знать, чтобы система была на 30% эффективнее. Рига, 2007. 191 с.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF TRANSPORTATION OF GRAIN LOADS

*канд. техн. наук С.М. Продащук, канд. техн. наук О.О. Шапатіна,
О.О. Троцька*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*S. Prodashchuk, PhD (Tech.), O.O. Shapatina, PhD (Tech.), O. Trotska
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Україна відіграє значну роль у світовій переробці зернових культур. Країна є одним з найбільших виробників та експортерів високоякісних зернових, таких як пшениця, кукурудза, ячмінь та інші. Експорт зернових є важливим джерелом прибутків для України. Завдяки своєму географічному положенню Україна має доступ до ключових ринків у Європі, Азії та інших регіонах світу. Зернові вантажі з України експортуються у понад 100 країн. Також Україна розвиває і внутрішній ринок стосовно зернових культур.

До війни Україна на рік екпортувала 60-65 млн. тон зернових культур це приблизно 5-7 млн. тон зерна в місяць, основна частина 65% (майже 4 млн. тон) перевозилася залізницею до портів. Решта зерна доставлялася або автотранспортом, або річковим транспортом [1].

Взагалі з 24 лютого 2022 р. через вторгнення РФ в Україну показники роботи залізничного транспорту дуже зменшилися – обсяг перевезень вантажів у 2022 р. зменшився на 52,1 %, або на 163,7 млн т [2].

Укрзалізниця в 2022 році перевезла 150,582 млн. тонн вантажів. Це на 52,1% менше показника 2021 року. Найменше впало перевезення зернових. Укрзалізницею перевезено більше 28,871 млн. т зернових, що на 14,2% менше перевезеного в 2021 році. Одна з причин – це удари країни-агресора по енергетичній інфраструктурі. У той же час, у грудні 2022 року зросли перевезення зерна, добрив, хімікатів, нафтопродуктів, солі, а також продукції машинобудування. Перевезення зерна з листопада підвищились на 0,5 млн. тонн (на 18,8%) [3].

Україна є ключовим постачальником кукурудзи до країн ЄС. Обсяги експорту зросли з 8 млн. тонн у 2021 році до 11,32 млн. тонн у 2022 році. Соняшникової олії у 2021 році експортовано до країн ЄС 1,96 млн. тонн, у 2022 році – 2,05 млн. т. Соевої олії: у 2021 році – 183 тис. тонн, у 2022 році 214 тис. тонн. Соняшникового шроту: у 2022 році – 1,4 млн. тонн. Експорт горіхів скоротився з 20 тис. т. у 2021 році до 13 тис. тонн у 2022 році [4].

Загалом Укрзалізниця в умовах активних бойових дій та руйнувань залізничної інфраструктури в 2022 році перевезла 28,9 млн. тонн зерна, на експорт – 22,55 млн. тонн [5]

Перевезення зернових на експорт у лютому 2023 року склали 2,5 млн. т, або 47% від загального обсягу перевезень зернових [6].

Відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року [7], одним із основних напрямків підвищення ефективності роботи залізничного транспорту при переробці зернових вантажів є удосконалення існуючих та створення нових технологій роботи з раціональним технічним оснащенням та використанням сучасних методів та моделей. Тому в сучасних умовах необхідні інноваційні технології роботи, нові рішення по переробці зернових вантажів.

Для підвищення ефективності переробки зернових однією з сучасних технологій є перевезення зерна в контейнерах. Розробка спеціалізованих контейнерів для перевезення зерна значно скорочує витрати та підвищує збереження вантажу. Контейнери повинні забезпечувати достатню вентиляцію, захист від вологи та можливість завантаження та розвантаження за допомогою спеціальних пристроїв, таких як перекидачі контейнерів. Регулювання вмісту кисню та рівня вологості у вагонах або контейнерах може сприяти збільшенню терміну зберігання зерна під час перевезення. Застосування сучасних технологій моніторингу, таких як датчики температури, вологості та тиску, може допомогти у відстеженні умов перевезення зерна. Це дозволяє оперативно реагувати на будь-які відхилення та запобігати можливим пошкодженням вантажу.

Запровадження інноваційних технологій у сферу перевезень зерна, розробка автоматизованих систем завантаження та розвантаження може збільшити ефективність та швидкість обробки зернових вантажів. Це також може допомогти зменшити ризик пошкодження зерна в процесі перевезення. Завдяки автоматизації та використанню систем штучного інтелекту, процес логістики став швидким, точним та прозорим. Кожна партія зерна тепер може бути відстежена від поля до порту, що забезпечує надійність та контроль якості продукції. Однією з ключових інновацій стало запровадження дронів у сільське господарство. Безпілотники акуратно сканують поля, визначають ступінь зрілості врожаю та допомагають оптимізувати збирання та транспортування зерна.

Вже розроблені безпілотні колісні навантажувачі [8] та автонавантажувачі, що вже працюють на складах по всьому світу без операторів у кабіні. Керувати ними можливо дистанційно з дому [9] або з безпечного місця. До того ж, робочі місця операторів автонавантажувачів можна заповнити до цього незатребуваними у цій професії соціальними групами: наприклад, жінками, адже 80% операторів автокарів сьогодні становлять чоловіки, або географічно ізольованими людьми, що дуже актуально в умовах воєнного стану.

[1] Воєнна логістика: проблеми українського експорту залишаються невирішеними. URL: <https://gmk.center/ua/posts/voennaya-logistika-problemy-ukrainskogo-eksporta-ostajutsya-nereshennymi-2/> – (Дата звернення 30.10.2023)

[2] Залізниця України у 2022 році перевезла понад 150 млн т вантажів. Ukrainian Shipping Magazine. 2023. 05 січ. URL: <https://usm.media/zalizniczya-ukra%20d1%97ni-u-2022-roczni-perevezla-ponad...> – (Дата звернення 30.10.2023)

- [3] Залізничні перевезення зерна в Україні в 2022 році скоротилися найменше. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/zaliznicni-perevezenna-zerna-v-ukraini-v-2022-roci-skorotilisa-najmense> – (Дата звернення 30.10.2023)
- [4] Експорт зерна з України: переваги співпраці з аграріями | Економічна правда. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/04/27/699529/>
- [5] Зернові вантажі займають найбільшу частку експортних перевезень Укрзалізниці — 38% — SuperAgronom.com. URL: <https://superagronom.com/news/16639-u-2022-rotsi-ukrzaliznitsya-perevezla-289-mln-t-zerna-na-eksport--2255-mln-t> – (Дата звернення 30.10.2023)
- [6] Укрзалізниця в березні 2023 року збільшила перевезення руди на 30 відсотків — Інфраструктурні новини. URL: <https://gmk.center/ua/news/ukrzaliznitsya-v-berezni-zbilshila-eksportni-perevezennya-rudi-na-30-m-m/> – (Дата звернення 30.10.2023)
- [7] 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>. – (Дата звернення 30.10.2023)
- [8] Игрушку Lego Technic превратили в реальный колесный погрузчик – Автоцентр.ua. URL: <https://www.autocentre.ua/ua/news/sobytie/igrushku-lego-technic-prevratili-v-realnyj-kolesnyj-pogruzchik-1380276.html>
- [9] Как автопогрузчиками научились управлять из дома (видео) – Автоцентр.ua. URL: <https://www.autocentre.ua/ua/opyt/tehnologii/kak-avtopogruzchikami-nauchilis-upravlyat-iz-doma-video-1359200.html>

УДК 656.223

ФОРМУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАВОК ВАНТАЖІВ ЗА УЧАСТЮ АВТОМОБІЛЬНОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

FORMATION OF CARGO SUPPLY CHAINS INVOLVING ROAD AND RAIL TRANSPORT IN MODERN CONDITIONS

О.О. Нестеренко

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

О.О. Nesterenko

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Вантажні перевезення в Україні задовольняють виробничі і невиробничі потреби господарств і населення країни. Вони можуть забезпечити обмін товарами між окремими регіонами, та є необхідною умовою функціонування господарства країни. Транспортна система повинна відповідати вимогам суспільного виробництва та національної безпеки, мати розгалужену інфраструктуру для надання всього комплексу транспортних та супутніх послуг, забезпечувати зовнішньоекономічні зв'язки України.

В умовах воєнного стану транспортний комплекс України виконує багато надзвичайно важливих та додаткових місій. Їх виконання передбачає доставку військової техніки, обладнання та озброєння, вантажів гуманітарного характеру, тощо по всій території України.

Структура вантажних перевезень в Україні в 2021 році, а саме частка видів транспорту в загальному обсязі перевезених вантажів **Рис. 1**, розподіляється так: залізниця – 51%, автомобільний – 32%, водний – 1%, трубопровідний – 16%, авіаційний – 0,10% [1].

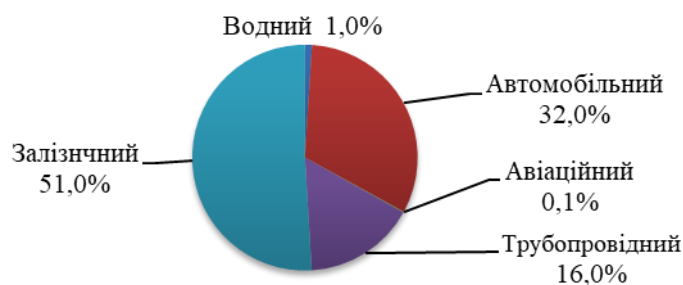


Рис. 1 Частка видів транспорту в загальному обсязі перевезених вантажів

В теперішній час, пропускна потужність та провізна спроможність недостатньо використовується, а відправники вантажів та постачальники логістичних послуг все ще мають справу з достатньо нерозвинутою інфраструктурою та послугами, що відображається у високих витратах на логістику.

Це підтверджує 80-е місце України з 160 країн в рейтингу за індексом ефективності логістики LPI, укладеному Світовим банком у 2016 році [2].

Інтенсифікація перевезень за участю залізниць в Україні здійснюється відповідно до напрямків [3] та орієнтується на збільшенні частки залізничного транспорту в перевезеннях. Однією з задач в організації транспортно-експедиційної роботи на залізницях є оптимізація ланцюга поставок вантажів шляхом перерозподілу транспортного потоку, забезпечення швидкісної доставки вантажів, а також скорочення затримок на прикордонних передавальних станціях. Виконувати подібні перевезення з економічно доцільним результатом можливо у випадку забезпечення тісної взаємодії видів транспорту.

Після 24 лютого 2022 року через окупацію чорноморських шляхів, навіть коли деякі європейські країни, такі як Румунія, Польща та країни Балтії, погодилися надати власні порти для подальшого перевезення, зернових культур морем, основними ланцюгами поставок стають сухопутні коридори з країнами ЄС. Суть майбутнього ефекту полягає у інтегруванні в транспортну систему засоби автомобільного та залізничного транспорту. Змішані, мультимодальні, інтермодальні і комбіновані перевезення з'єднують у єдиний транспортний процес два домінуючі види наземного транспорту – автомобільний і залізничний.

Основною задачею таких перевезень є незмінність транспортної одиниці із вантажем, тобто у процесі яких вантаж до місця призначення прибуває в тому самому знімному модулі – вантажній одиниці (контейнери, знімні кузови, напівпричепа, автотранспортні засоби тощо). Це надасть можливість для істотного збільшення транспортних потоків та доступність нових транспортних напрямків до найвіддаленіших районів, особливо у сучасних умовах.

Прийшов час коли необхідно вдосконалювати логістичну інфраструктуру (впровадження комп'ютерних технологій, оснащення спец обладнанням для виконання вантажно-розвантажувальних робіт, логістичних та інформаційних методів управління, інтегрування із зовнішніми елементами логістичного

ланцюга). Слід провести роботу з перегляду деяких нормативних правил, що пов'язані із порядком перетину кордону [4].

Це сприятиме розвитку ринку логістичних послуг, позитивному впливу на обсяги перевезень, показники роботи залізничної галузі, фінансовий результат АТ «Укрзалізниця» та промислових підприємств, що дасть загальносистемний ефект для економіки України.

[1] “Європейський зелений курс” та залізниця: як зробити ринок вантажних перевезень України більш “зеленим” – Офіс ефективного регулювання. *Офіс ефективного регулювання*. URL: <https://brdo.com.ua/analytics/21368/> (дата звернення: 29.10.2023).

[2] World Bank (2015). *Shifting into Higher Gear: Recommendations for Improved Grain Logistics in Ukraine*.

[3] Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. веб-сайт. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80>. (дата звернення 01.11.2023)

[4] Науково-технічні дослідження у галузі транспорту: колективна монографія / за заг. ред. Д.В. Ломотька. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г.М. – 2022. Т1. – 216 с.

УДК 629.4.078

ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНЗІТНИХ ВАГОНІВ НА ТЕХНІЧНІЙ СТАНЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

JUSTIFICATION OF THE RATIONAL OPTION OF MAINTENANCE OF TRANSIT WAGONS AT THE MAINTENANCE STATION USING THE MASS MAINTENANCE SYSTEM

*Є.О. Сірук, Д.В. Черкашин, канд. техн. наук К.В. Крячко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*E. Siruk, D. Cherkashin, K. Kryachko PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Для визначення тривалості обслуговування транзитних поїздів без переробки у роботі застосована система масового обслуговування (СМО), що дає можливість встановити співвідношення між інтенсивністю прибуття, обслуговування і відправлення цих составів.

З цією метою були проведені статистичні та хронометражні спостереження, на основі яких були виявлені такі характеристики як: інтенсивність обслуговування, тривалість очікування основних технологічних операцій, потрібна кількість бригад ПТО, кількість груп в них, середній інтервал надходження транзитних поїздів (заявок) в систему та кількість колій для їх обслуговування [1].

СМО називається будь-яка система, яка призначена для обслуговування заявок [2], що прибувають до неї у випадкові моменти часу відповідними каналами обслуговування приклади СМО: ремонтне депо, білетна каса, телефонна станція, а у нашому випадку ця система буде – приймально-відправний парк на станції.

Задамо величину інтервалу часу (T) між моментами прибуття двох послідовних заяв. Ця величина співпадає з часом між двома послідовними надходженнями в процесі Пуассона. В такому випадку, якщо потік цих заявок буде найпростішим з інтенсивністю λ , тоді середній проміжок часу між появами двох послідовних заявок буде дорівнювати

$$M(T) = \frac{1}{\lambda}, \quad (1)$$

де λ – інтенсивність потоку заяв, що поступає в систему.

Для того, щоб задати систему масового обслуговування потрібно окрім режиму роботи СМО та вхідного потоку заяв надати імовірнісні характеристики тривалості часу, які потрібні для обслуговування мінімум однієї заявки.

Припустимо, що S - випадкова величина і у найпростішому варіанті вона буде розподілена за показниковим законом, за таким параметром як μ , тоді її середнє значення буде розраховуватись

$$M(S) = \frac{1}{\mu}, \quad (2)$$

де μ – це інтенсивність обслуговування заяв

З формули (2) видно, що середня кількість заяв, які надходять за одиницю часу, буде дорівнювати μ . Цей параметр можна описати як інтенсивність закінчення обслуговування заяв. В такому випадку можна сказати, що тривалість обслуговування в системі масового обслуговування [3] буде підкорятись показниковому закону розподілу.

У нашому випадку приймально-відправний парк можна охарактеризувати у вигляді одноканальної системи з необмеженою чергою. Для розрахунку необхідної кількості колій в парку, скористаємося одним з методів, що викладений у [4]. Тобто одноканальність системи масового обслуговування буде обумовлюватися наявністю у приймально-відправному парку сортувальної станції однієї бригади ПТО, яка виконує обслуговування вантажного транзитного поїзду по прибуттю та по відправленню, а також технічний огляд.

[1] Голоскоков О.Є. Основи теорії експоненціальних систем масового обслуговування / О.Є. Голоскоков, А.О. Голоскокова, Є.О. Мошко // Под ред. О.Є. Голоскокова. – Х.: НТУ ХП, 2017. – 312 с.

[2] Дьоміна В.М. Оптимізаційні методи та моделі. Моделювання систем масового обслуговування: конспект лекцій. ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, 2015. 44 с.

[3] Бронза С.Д., Гончарова О.О., Юрчак Н.С., Овчів М.Ж. Очікування обслуговування та коефіцієнт використання в системі масового обслуговування марківського типу. Восточно-Європейський журнал передових технологій 3 (4 (69)), 2014. с. 10-15.

[4] Ходаківський О.М., Огар О.М., Константинов Д.В., Антошка В.В., Рудич Б.Г. Дослідження особливостей функціонування елементів сортувальної станції на основі теорії масового обслуговування. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 2009. с. 43-46.

СУЧАСНИЙ СТАН РИНКУ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКИХ ПОСЛУГ

CURRENT STATE OF THE TRANSPORT AND FORWARDING SERVICES MARKET

*канд. техн. наук Н.О. Лужанська, І.О. Дрига, Д.К. Тарасенко
Національний транспортний університет (м. Київ)*

*N. O. Luzhanska, PhD (Tech.), I.O. Dryha, D.K. Tarasenko
National Transport University (Kyiv)*

Діяльність транспортно-експедиторських підприємств спрямована на розробку заходів з пошуків оптимальних рішень для здійснення доставки товару у міжнародному сполученні. Процес обслуговування замовників транспортно-експедиторських послуг здійснюється за їх індивідуальними потребами, що пов'язані з наступними чинниками: вибір вид транспорту, яким можливе виконання доставки; митний режим, що буде застосовуватися до товару; тип товару та його фізико-хімічні властивості; розмір партії товару, який планується до транспортування; орієнтовні терміни готовності товару до передачі перевізнику та його доставки до вантажоодержувача; перелік видів робіт, які замовник планує виконувати самостійно, а до яких необхідно залучення ресурсів транспортно-експедиторського підприємства та інших суб'єктів ринку транспортних послуг [1]. На підставі обробки запиту замовника на організацію бізнес-процесів менеджером транспортно-експедиторського підприємства формується алгоритм надання послуг та вибір посередницьких організацій для забезпечення їх виконання. Як наслідок проведення таких організаційних заходів формується логістичний ланцюг доставки товару [2].

Транспортно-експедиторські підприємства відіграють важливу роль на сучасному ринку послуг, адже приблизно 80% всього вантажообігу організовується експедиторами. Експедиторське обслуговування є складовою руху товару від виробника до споживача. Транспортно-експедиторські підприємства можуть виступати свого роду посередниками між організаціями та підприємствами, допомагаючи здійснювати багатонаціональним компаніям або компаніям, які оперують на декількох ринках, ефективну доставку та реалізацію їх продукції. Якість транспортно-експедиторських послуг відображається не тільки на компанії, але й на національному ринку праці. На сьогоднішній день Україна розвиває свої ринкові відносини з багатьма країнами світу. Дивлячись на це можемо сказати, що розвивається також транспортна інфраструктура країни. В зв'язку з тим, що Україна прямує до світового ринку праці, транспортні послуги теж розвиваються з кожним днем все більше.

В Україні існує значна кількість підприємств, які надають транспортно-експедиторські послуги. Деякі організації здійснюють комплексне обслуговування зовнішньоторговельних операцій, а деякі спеціалізуються лише на одному виді. Це дозволяє замовникам вільно обирати потрібний нам сервіс.

Переваги діяльності транспортно-експедиторських підприємств: можливість здійснювати різні види транспортних послуг; можливість виконувати як внутрішні, так і міжнародні перевезення; можливість виконувати митні оформлення; велика клієнтська база; можливість розвиватися; можливість здійснювати всі види послуг в межах одного підприємства. Серед недоліків при наданні транспортно-експедиторських послуг слід зазначити: неякісне або несвоєчасне виконання посадових обов'язків експедиторами при обслуговуванні замовників; відмінності переліку доступних послуг у різних підприємств; конфлікти з замовниками; затримки в оплаті за надані послуги.

Інтеграція України на міжнародний ринок вимагає адаптації бізнес-процесів національних підприємств до міжнародних стандартів. Розвиток в цьому виді послуг є необхідним. Транспортні послуги постійно розвиваються, адже транспорт є складовою постійного кругообігу товарів як в Україні, так і у всьому світі. Для розвитку транспортно-експедиторських підприємств необхідно збільшувати спектр послуг, що користуються найбільшим попитом серед замовників. Проте, ряд перешкод, що виникли у діяльності транспортно-експедиторських підприємств під час війни є досить важливими і потребують застосування управлінських та організаційних рішень для стабілізації усіх бізнес-процесів як на внутрішньому рівні, так і зовнішньому.

Транспортно-експедиторські підприємства під час війни грають ключову роль у постачанні товарів різних сфер використання. З початком війни, коли деякі підприємства зупинили роботу через бойові дії, а частина взагалі опинилась в окупації, виникла проблема з наповненням полиць і деякі міста залишились без найнеобхідніших товарів для існування (продуктів харчування, засобів гігієни, медикаментів, тощо). Великі торговельні мережі переорієнтували частину асортименту на імпорт. Транспортно-експедиторські компанії проявили гнучкість: перебудували логістичні маршрути та успішно виконали задачу по доставці вантажів з-за кордону. Велику роль відіграють ці підприємства і в перевезенні гуманітарних вантажів до тих регіонів, де їх найбільше потребують. Не можна забувати про найважливіші під час війни перевезення: перевезення вантажів воєнного призначення, що підсилюють обороноспроможність держави. Транспортно-експедиторські підприємства і у цьому також надійні партнери. За час війни відбувся значний перерозподіл долі кожного виду транспорту в перевезеннях вантажів. Транспортно-експедиторські підприємства, що займаються автомобільними перевезеннями, забрали на себе додаткові об'єми, що раніше потребували перевезень морським або авіаційним транспортом.

[1] Литвиненко С.Л. та ін. Транспортно-експедиторська діяльність: Навчальний посібник 2-е видання. – К.:Кондор, 2016. – 184с.

[2] Нагорний Є.В. Транспортно-експедиторська діяльність / Є.В. Нагорний, Д.В. Ломотько, Н.Ю. Шраменко та ін. : підручник. – Х. : ХНАДУ, 2012. – 352 с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКИХ
ПІДПРИЄМСТВ ПРИ ВИКОНАННІ ДОСТАВКИ ТОВАРІВ
У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ ПІД ЧАС ВІЙНИ**

**RESEARCHING THE TRANSPORT AND FORWARDING COMPANIES
ACTIVITIES WHEN THE DELIVERY OF GOODS IN INTERNATIONAL
TRAFFIC DURING THE WAR**

*канд. техн. наук І.Г. Лебідь, канд. техн. наук Є.М. Лебідь, І.О. Мельниченко
Національний транспортний університет (м. Київ)*

*I.H. Lebid, PhD (Tech.), Ie.M. Lebid, PhD (Tech.), I.O. Melnychenko
National Transport University (Kyiv)*

Сучасний стан ринку транспортно-експедиторських послуг свідчить про попит на послуги підприємств, що надають суто експедиторські послуги або ж володіють власним автопарком. Більшість підприємств поєднує ці види діяльності для того, щоб мати можливість надавати якомога більший спектр послуг та отримувати конкурентні переваги серед інших організації. Для надання більш високого рівня обслуговування та залучення клієнтів транспортно-експедиторські підприємства розширяють коло пропозицій супутніми послугами, такими як складські та митно-брокерські послуги, тощо.

Більшість транспортно-експедиторських організацій надають послуги одразу по перевезенню всіх типів вантажів, що розширює можливості пошуку клієнтів, і тільки окремі власники автопарку спеціалізованих автомобілів можуть зосереджуватись на окремому типі вантажу, наприклад, негабаритних вантажах, забезпечуючи клієнтів професійністю в певній вузькій сфері та якістю наданих послуг. Серед недоліків діяльності транспортно-експедиторських підприємств у сучасних обставинах слід додати небезпеку роботи в воєнних умовах та ризик втрати транспорту та вантажу через форс-мажорні обставини. Негативно впливають на їх роботу черги на кордонах, які сприяють несвоєчасності доставки вантажів. Обмеження пересування під час комендантської години містами, повітряні тривоги також додають свою частину до загального часу доставки вантажів. Нестача кваліфікованих водіїв для міжнародних перевезень, через обмеження виїзду чоловіків за кордон, а також мобілізацію, підвищення цін на паливе теж мають негативний вплив на цю галузь. Перевагами більшості підприємств є швидка адаптація до існуючих умов та знаходження нових маршрутів і можливостей для вантажоперевезень [1]. Для замовників внутрішніх транспортно-експедиторських послуг є певні обмеження на доставку вантажів до територій, де проходять бойові дії. Ринок транспортно-експедиторських послуг залежить від багатьох складових:

- для України перспективою розвитку галузі є відновлення після війни та покращення до європейського рівня транспортної інфраструктури;
- війна та бойові дії є прямою загрозою для будь-якої галузі;

– розвиток різних сфер економіки країни, збільшення виробництва товарів, будівництва (перевезення сировини), тощо та кількості підприємств можуть збільшити потребу у вантажоперевезеннях та сприяти росту долі транспортно-експедиторських послуг на ринку. Навпаки, занепад економіки призведе до скорочення потреб у вантажоперевезеннях і стане загрозою для розвитку галузі;

– зовнішньоекономічна діяльність держави прямо впливає на міжнародні транспортно-експедиторські послуги. Збільшення/зменшення експорту/імпорту товарів одразу має прояв у збільшенні/зменшенні міжнародних вантажоперевезень;

– взаємовідносини між державами можуть бути як перспективою для розвитку галузі, надаючи додаткові переваги в проходженні кордонів, митних процедур та оформленні документів, так і загрозою у випадку загострення відносин між державами, що призведе до додаткових перевірок/процедур/затримок або й повної заборони в'їзду/транзиту;

– підвищення цін на паливе може відкрити перспективи для розробки нових більш дешевих видів палива, можливо, екологічно безпечних, які можна було б використовувати в великих масштабах;

– через велику конкуренцію на ринку є ризик банкрутства малих підприємств, у яких невеликий обсяг клієнтів. Перспективою для них можуть стати транспортні біржі з великою кількістю зареєстрованих вантажовідправників;

– Україна за площею є однією з найбільших країн Європи, має вигідне географічне положення між Європою та Азією, має вихід до Чорного моря. За рахунок цього географія доставки вантажів, варіанти маршрутів досить різноманітні. Це також дає можливість використання для виконання послуг всіх видів транспорту: автомобільного, морського, авіаційного, залізничного, тощо. Всі ці фактори надають додаткові можливості для успішного функціонування транспортно-експедиторських послуг та їх подальшого розвитку у сфері міжнародних вантажоперевезень, як логістичного центру для доставки вантажів між Європою та Азією;

– зміни в законодавстві також можуть стати як перспективою для розвитку, так і додатковою перепоною на його шляху;

– перспективним для розвитку транспортно-експедиторських послуг є використання штучного інтелекту. Він може аналізувати великі об'єми даних та прогнозувати попит на транспортні послуги, враховуючи стан на дорогах, кордонах та низку інших факторів, будувати оптимальні маршрути, відстежувати місцезнаходження вантажу в реальному часі. Використання чат-ботів та голосових асистентів для роботи з клієнтами також може бути корисним;

– перспективою розвитку галузі може бути використання робототехніки для керування автомобілями. Роботи можуть швидше реагувати на зміну ситуації на дорозі, уникати аварій, а також керувати автомобілем без відпочинку.

[1] Як логістика адаптувалася до війни // Економічна Правда. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/07/24/702529>

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

OPTIMIZATION OF TRANSPORT LOGISTICS FOR RAIL FREIGHT TRANSPORTATION

к.е.н., доцент Н.В. Гриценко, к.т.н., доцент Д.С. Козодой
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

N.V.Hrytsenko PhD (Ekon.), D.S. Kozodoi PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Розвиток транспортної логістики на залізничному транспорті, є запорукою ефективності економічної складової всієї галузі. Сучасною тенденцією в логістиці залізничних вантажних перевезень є оптимізація транспортування вантажів. Однак зношеність рухомого складу та застаріла колійна інфраструктура стримують розвиток логістики залізничних вантажних перевезень. Як наслідок, вантажний залізничний транспорт залізниці не повною мірою відповідає зростаючим сучасним вимогам щодо економії палива та енергії, а також витрат на технічну експлуатацію. Парк вантажних вагонів зношений на 73,2%, а локомотивів - на 71,1%, це перешкоджає зниженню собівартості перевезень [1,2].

Однією з проблем логістики українських залізниць є низька швидкість руху. У багатьох європейських країнах вантажним поїздам дозволено рухатися з максимальною швидкістю 120 км/год. У Україні технічне обмеження швидкості для вантажних поїздів становить 80-90 км/год, однак вони можуть розвивати таку швидкість лише на прямих, модернізованих і добре укріплених коліях. Обробка контейнерних вантажів також є важливим фактором у логістиці вантажних залізничних перевезень. Відсутність у нашої країні сучасних контейнерних терміналів класу "А" обмежує реалізацію принципу універсальності в транспортній логістиці, який дозволяє завантажувати вагони будь-яким вантажем, у будь-який час і в будь-якому місці [3].

Не менш важливим фактором у підвищенні ефективності організації залізничних вантажоперевезень є скорочення часу простою вагонного парку під час вантажно-розвантажувальних робіт, а також забезпечення зворотного завантаження вагонів. Деякі маршрути контейнерних перевезень не передбачають зворотного завантаження вагонів, що призводить до повернення порожніх вагонів [4]. Для вирішення цієї проблеми необхідне залучення додаткових вантажопотоків і посилення маркетингових зусиль для забезпечення зворотного завантаження. Крім того, залізничні вагони часто залишаються невикористаними на коліях, що належать підприємствам, під час завантаження та розвантаження, а також на прикордонних переходах через

неналежну інфраструктуру терміналів. Для вирішення цієї проблеми оптимізація використання вагонного парку сприятиме кращому регулюванню процедур ціноутворення та дозволить краще задовольняти потреби клієнтів завдяки покращенню диспетчеризації та кількісних і якісних показників роботи рухомого складу.

У розвитку логістики вантажних залізничних перевезень виникають інституційні проблеми, пов'язані з відсутністю стандартизації тарифів, неузгодженістю митних процедур та неналежними умовами для транспортування вантажів територією України.

Для оптимізації організації логістичних перевезень вантажів залізничним транспортом в Україні необхідно оптимізувати наступні напрямки:

1) підвищення швидкості руху вантажних поїздів до 90 км/год шляхом закупівлі сучасних вантажних вагонів та потужних локомотивів (модернізація та зміцнення залізничного полотна, дворівневі розв'язки, оптимальні маршрути доставки вантажів).

2) оптимізація ефективності використання вагонного парку: скорочення порожнього пробігу вагонів шляхом забезпечення їх зворотного завантаження; запровадження електронного документообігу для скорочення часу митного оформлення; скорочення маршрутного часу.

3) підвищення рівня сервісу як для вантажовідправників, так і для вантажоодержувачів, через забезпечення збереження вантажу на всьому шляху перевезення, використання єдиного перевізного документа та надання можливості оперативного відстеження місцезнаходження вантажу під час транзиту.

4) зниження транспортних витрат (впровадження гнучкої тарифної політики та чітких графіків руху; оптимізація існуючих маршрутів вантажних поїздів для збільшення завантаження поїздів на основних маршрутах; впровадження нових систем управління як вантажними перевезеннями, так і вантажними поїздами).

Отже, ефективне перевезення вантажів залізницею має фундаментальне значення для логістичних систем України. Оптимізувати транспортні логістичні залізничні вантажні перевезення можна за допомогою різних підходів і стратегій, через комплексні міркування і стратегії, які включають в себе ефективне планування і розробку маршрутів, управління вантажопотоками, а також використання сучасних технологій та інновацій.

[1] Бойченко М.В. Проблеми транспортної логістики вантажних перевезень в Україні. Вісник економічної науки України. 2018. № 2 (35). С. 22-26.

[2] Жаворонкова Г.В., Божок А.Р. Управління інформаційною інфраструктурою логістики на залізничному транспорті. Економіка. Менеджмент. Бізнес. 2015. № 2. С. 140–142.

[3] Музикіна Г. І. Визначення заходів, необхідних для підвищення провізної спроможності залізниць України [Текст] / Г. І. Музикіна, Т. В. Болвановська, О. О. Мазуренко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. -2008. - Вип. 26. - Д. ДНУЗТ, 2008. - С. 23-27.

[4] Трушина Н. В. Трансформація транспортно-логістичної системи в Україні на засадах зеленої логістики. Економічний вісник Донбасу. 2019. № 2(56). С. 151-161. [Електронний ресурс] URL: <http://evd.luguniv.edu.ua/index.php/evd/article/view/48> (дата звернення 30.10.2023).

**УМОВИ РОЗВИТКУ МІЖНАРОДНИХ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ
КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ
УКРАЇНИ**

**CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF INTERNATIONAL
INTERMODAL CONTAINER TRANSPORTATION BY RAILWAY
TRANSPORT OF UKRAINE**

*канд. техн. наук Г.О. Примаченко, канд. техн. наук Ю.В. Шульдінер,
аспірант Г.С. Пащенко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*H.O. Prymachenko, PhD (Tech.), J.V. Shuldiner, PhD (Tech.), Postgraduate
student G.S. Pashchenko
Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)*

Вантажні перевезення для країни, на території якої проходять бойові дії, є одним з найбільш важливих чинників, що підтримують її економічний стан і, відповідно, гуманітарну та військову ситуацію. Перевозяться як гуманітарні вантажі, так і вантажі для військових потреб. Чимале значення має час, витрачений на перевезення та його вартість. Вчасно доставлені вантажі можуть запобігти як зайвим людським, так і територіальним втратам держави. Тому необхідно обирати оптимальні способи доставки вантажів, одним із яких є контейнерні перевезення.

Важливо зазначити, що схеми перевезення, які успішно використовувалися та розвивалися понад 20 років, за дуже короткий термін втратили свою актуальність, тому вантажоперевізникам довелося терміново розроблювати нові із використанням інших видів транспорту. Якщо до початку бойових дій переважна більшість контейнерних перевезень здійснювалася морським транспортом, а маршрути контейнерних поїздів були зав'язані на морські порти, то тепер така схема знаходиться у великій групі ризику. І хоча були спроби відновити морські перевезення за допомогою «зернового коридору» та річкового флоту по Дунаю, загроза виведення з ладу інфраструктури для обробки вантажів і контейнерів у портах залишається високою, а останнім часом порти частіше є цілями ударів із різного виду озброєння. Тому необхідно продовжувати пристосування сухопутних прикордонних переходів на заході країни під нові політико-географічні умови.

Враховуючи, що залізничні мережі України та Європи мають різну ширину колії, можливо передбачити створення додаткових перевантажувальних контейнерних терміналів поблизу кордонів для перевалки та проходження вантажами митного та інших видів контролю. На початку серпня 2023 року стало відомо, що АТ «Укрзалізниця» створює термінальний оператор для управління 21 терміналом [1]. Варто зазначити, що терміналом може вважатися

звичайний вантажний двір, що мінімально пристосований до оброблення контейнерів. Це значно обмежує обсяги обробки та збільшує загальний час перевезень. Тому на терміналі повинно знаходитись відповідне обладнання, для встановлення якого можливо залучити міжнародні інвестиції.

Станом на жовтень 2023 року, відсутні відомості про виділення окремих ниток графіку під контейнерні поїзди. Основним місцем перевалки вантажів став польський Гданськ. Менше, але теж важливе значення мають інші порти на півночі Польщі та Німеччини.

У АТ «Укрзалізниця» є досвід пропуску своєю мережею регулярних контейнерних поїздів. Тому можливо використати його для досягнення більшої ефективності у вантажних перевезеннях. За співпрацею із польським оператором РКР Cargo та з врахуванням часу обробки контейнерів на прикордонних терміналах доцільно узгодити нитки українських та польських графіків для можливості тактових контейнерних перевезень. Такт залежатиме від попиту, що може збільшуватися поступово. Наприклад, спочатку можна встановити у розмірі одної пари на тиждень із можливістю збільшення до одної пари на 3-4 дні. Кількість вагонів у схемі поїзда буде зафіксована, але можна передбачити можливість відправлення неповних контейнерних поїздів, особливо у випадках перевезення термінових вантажів. Додаткові чинники для відправлення неповних поїздів: відстань до терміналу, наявність вільної тяги (електровози, тепловози) та об'єми контейнерів. Також впливатимуть інші обставини конкретних транспортних операцій [2].

Слід також звернути увагу на законодавчі аспекти. Робота ведеться: у листопаді 2021 року був прийнятий Закон України «Про мультимодальні перевезення», який визначає їх правові засади та спрямований на створення умов для їх розвитку та вдосконалення [3]. Багато сповіщень про можливе впровадження приватної тяги на залізницях України, але, окрім деяких невеликих ділянок, Укрзалізниця не вклала договори про роботу приватних локомотивів [4]. При цьому, в країнах Євросоюзу робота приватних вантажоперевізників із своїми локомотивами та вагонами на національних залізничних мережах широко використовується, що доводить ефективність та конкурентоспроможність такої схеми відносно морських та автоперевезень.

[1] Олександр Ткачук: Спеціалізований контейнер для зерна виявився тимчасовим інструментом [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.railinsider.com.ua/oleksandr-tkachuk-pro-kontejnerni-terminaly/> (дата звернення 10.11.2023) – Назва з екрана.

[2] 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. 29-42.

[3] Верховна Рада підтримала розвиток мультимодальних перевезень в Україні, - Владислав Криклій [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/news/32665.html> (дата звернення 10.11.2023) – Назва з екрана.

[4] УЗ вперше допустить приватну тягу на залізницю [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/news/2020/12/16/669262/> (дата звернення 10.11.2023) – Назва з екрана.

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ РЕГІОНАЛЬНИХ ПОЇЗДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ АДАПТИВНОГО МЕТАЕВРЕСТИЧНОГО ПІДХОДУ

IMPROVING THE ORGANIZATION OF REGIONAL TRAIN TRAFFIC WITH THE HELP OF AN ADAPTIVE METAHEURISTIC APPROACH

*Канд. техн. наук Г.О. Примаченко, К.О. Тарасов, Р.Д. Родін
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Tech.) H.O. Prymachenko, K.O. Tarasov, R. D. Rodin
Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)*

Зростання пасажиропотоку та необхідність ефективного використання транспортних ресурсів вимагають пошуку нових підходів до організації руху регіональних поїздів. Недостатня оптимізація маршрутів та низька ефективність управління регіональними поїздами ускладнюють забезпечення якісного обслуговування пасажирів. Так, за даними АСК ПП УЗ, за останній рік у порівнянні з минулими роками, хоча і збільшилася кількість перевезених пасажирів та рівень населеності регіональних поїздів, проте, останній показник мав максимальне значення 62% (рис. 1), що є недостатнім за критерієм раціональності. Тому, задля покращення рівня регіональних перевезень, авторами запропоновано використання адаптивного метаевристичного підходу при організації руху поїздів даної категорії [1].

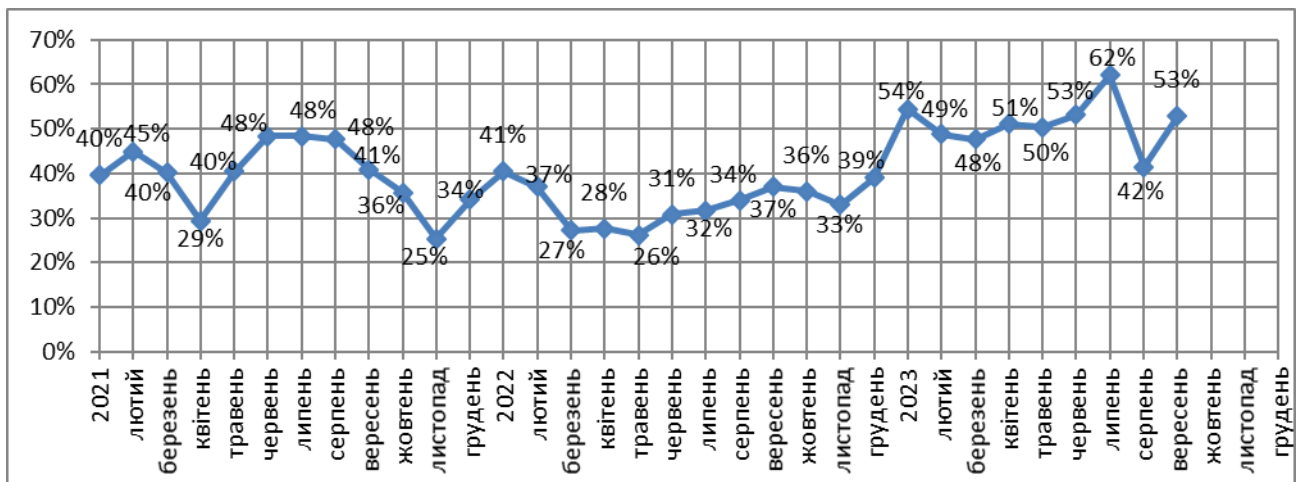


Рис. 1. Динаміка населеності регіональних поїздів за 2021-2023 роки

Такий підхід дозволить підлаштовувати рух регіональних поїздів під змінні умови, забезпечуючи максимальну ефективність. Оскільки метаевристичні методи дозволяють ефективно вирішувати задачі оптимізації та планування, враховуючи велику кількість факторів та обмежень.

Розробка моделі руху має проводитись на основі змінних параметрів, таких як пасажиропотік, технічний стан поїздів та стан інфраструктури. А критерії ефективності за такої моделі мають базуватися на якості обслуговування пасажирів та витратах на перевезення. Окрім цього, така модель має бути легко адаптована до існуючого графіку руху поїздів.

Таким чином, запровадження адаптивного метаевристичного підходу в організації руху регіональних поїздів є перспективним рішенням, що сприятиме інноваційному розвитку пасажирських залізничних перевезень та збільшить їх рівень конкурентоспроможності в Україні.

[1] D. Xinlei, et al. Integrated optimization of train stop planning and timetabling for commuter railways with an extended adaptive large neighborhood search metaheuristic approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2020, 117: 102681.

УДК 656.13(075)

ПРОГНОЗУВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКУ СТАЛІ НА ОСНОВІ ОДНОФАКТОРНОГО КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ

CARGO TRAFFIC FORECASTING BASED ON ONE-FACTOR CORRELATION AND REGRESSION ANALYSIS

***І.Ю. Леснікова, Н.В. Халіпова, С.А. Разгонов**
Університет митної справи та фінансів (м.Дніпро)*

***I.Y. Lesnikova, N.V. Khalipova, S.A. Razgonov**
University of Customs and Finance (Dnipro)*

Прогнозування вантажних перевезень – одна із важливих і складних проблем в теорії і практиці планування. Складність пояснюється тим, що на розмір перевезень впливає багато факторів: економічних, соціальних, політичних, а математична модель не може охопити усю складність процесу перевезень вантажів[1].

Використовуючи різні методики визначення митної вартості, держава може посилювати фіскальну спрямованість митних платежів, застосовуючи, наприклад, комбіновані ставки мита, може стимулювати товаропотік у певному напрямі або, навпаки, перешкоджати імпорту чи експорту товару у випадках формування митної вартості на адміністративно-фіксованій системі цін [2].

Вихідні дані вантажопотоку сталі наведено в табл. 1, де X – обсяг сталі в т, що імпортувався в Україну з 2016 по 2021 роки, Y – відповідна сума сплачених платежів за цей товар в тис грн.

Таблиця 1

Рік	2016	2017	2018	2019	2020	2021
X, т	55565,23	63606,47	25065,234	30544,746	29504,511	30101,7
Y, тис грн	73419,29	81284,33	52419,2867	42405,409	44833,801	53207

Рівняння нелінійної парної регресії можна представити у вигляді :

- гіперболічної функції : $\hat{y}_x = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \frac{1}{x} = 99760,15 - \frac{1446913313}{x}$
- степеневій функції : $\hat{y}_x = \hat{a}_0 x^{\hat{a}_1} = 91,78972 \cdot x^{0,610776}$
- показникової функції : $\hat{y}_x = \hat{a}_0 \hat{a}_1^x = 31517,1844 \cdot 1,0000148^x$ [7].

Для нелінійної регресії тісноту зв'язку факторної і результативної ознак оцінює **індекс кореляції** ρ_{yx} , який знаходиться за формулою:

$$1) \text{ для рівносторонньої гіперболи } \rho_{yx} = \sqrt{1 - \frac{262816903}{1250540695}} \approx 0,88873$$

$$2) \text{ для степеневій функції } \rho_{yx} = \sqrt{1 - \frac{161533890,8}{1250540695}} \approx 0,93318$$

$$3) \text{ для показникової функції, } \rho_{yx} = \sqrt{1 - \frac{130626007}{1250540695}} \approx 0,94633$$

Якість побудованої моделі можна оцінити через **індекс детермінації** ρ_{yx}^2 . Та з функцій, для якої ρ_{yx}^2 має найбільше значення, є більш оптимальною і краще описує залежність показників.

Для оцінки значущості індексу детермінації використовується **F-критерій Фішера**, фактичне значення якого знаходиться за формулою :

$$F_{\text{факт}1} = \frac{0,88873^2}{1 - 0,88873^2} \cdot (6 - 2) \approx 15,0329$$

$$F_{\text{факт}2} = \frac{0,93318^2}{1 - 0,93318^2} \cdot (6 - 2) \approx 26,9666$$

$$F_{\text{факт}3} = \frac{0,94633^2}{1 - 0,94633^2} \cdot (6 - 2) \approx 34,2938$$

Для всіх трьох побудованих рівнянь регресії перевіряємо нульову гіпотезу H_0 : про випадкову природу залежності пояснювальної змінної від пояснюючої. Це означає, що факторна дисперсія істотно більша за залишкову, а значить рівняння регресій у вигляді рівносторонньої гіперболи, степеневій та показникової функцій якісно описують зміну результативної ознаки Y при зміні факторної ознаки X .

Використовуючи знайдене рівняння нелінійної регресії для імпортованої сталі, заданої у вигляді степеневій функції, зробимо прогноз для індивідуальних значень y_{np} на 2022 рік при $x_{np} = 35000t$.

Зводимо нелінійну регресію до лінійного виду: $V = 4,5195 + 0,610776U$

Точкове значення прогнозу при $U_{np} = \ln(35000) = 10,4631033$:

$$V_{np} = b_0 + b_1 U_{np} = 4,5195 + 0,610776 \cdot 10,4631033 = 10,910116$$

Для лінійної моделі число параметрів $m = 2$, тому незміщена оцінка

$$\text{дисперсії залишків знаходиться: } \sigma_u^2 = \frac{0,0696261}{6-2} = 0,0174065$$
$$\sigma_u = 0,1319338$$

Дисперсія індивідуальних значень V_{np} при $U = U_{np}$:

$$\sigma_{V_{np(i)}}^2 = 0,0174065 \cdot \left(1 + \frac{1}{6} + \frac{(10,4631033 - 10,50777)^2}{0,740425162} \right) = 0,0203545 \sigma_{V_{np(i)}} = 0,142669$$
$$10,910116 - 1,1896 \cdot 0,142669 \leq V_{np} \leq 10,910116 + 1,1896 \cdot 0,142669$$

Використовуючи зворотні перетворення знаходимо, що надходження платежів (тис. грн.) на 2022 рік при обсязі імпортованої сталі 35000 т буде знаходитися в інтервалі : $49030,116 \leq y_{np} \leq 61083,6796$

Отже були отримані відносно вузькі межі інтервального прогнозу.

[1] Назаренко, О. М. Основи економетрики [Текст]: підручник / О. М. Назаренко. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 392 с

[2] Кучма, М. І. Математичне програмування : приклади і задачі [Текст]: навч. посібник / М. І. Кучма. – Л.: Новий світ-2000, 2006. – 344 с.

УДК 656.07

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВУЗЛА

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL WORK PARAMETERS RAILWAY JUNCTION

***А.О. Скрипка, О.В. Грейман, канд. техн. наук К.В. Крячко**
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

***A. Skripka, O. Greyman, K. Kryachko PhD (Tech.)**
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У зв'язку з складною економічною ситуацією в Україні викликаною воєнними діями, виникає потреба в застосуванні сучасних логістичних підходів в усіх ланках перевізного процесу, в тому числі й в роботі залізничних вузлів.

Було виявлено, що тривалість знаходження вантажного вагона у вузлах, в окремих випадках, перевищує нормативні значення по станціях [1], що, найчастіше, призводить до значного часу знаходження рухомого складу у залізничному вузлі в цілому. Отже, основну увагу потрібно спрямувати на мінімізацію затримок по маршруту прямування вантажного вагона по всіх технологічних ланцюгах системи. У разі відхилення від існуючої роботи елементів залізничного вузла з'являється потреба у використанні новітніх інформаційних технологій з метою ліквідації недоліків у даній технології роботи [2]. На сортувальних та вантажних станціях, що входять в состав залізничних вузлів, вхідними та вихідними потоками є

транзитні вагони без переробки, транзитні вагони з переробкою та місцеві вагони. Тривалість знаходження рухомого складу у вузлі формується з тривалості на виконання технологічних, вантажних операцій (для місцевих вагонів) та у їх очікуванні та тривалості на внутрішньовузлові переміщення [3].

Встановлено, що вантажний вагон у залізничному вузлі знаходиться на різних стадіях [4], по яких, за рахунок комплексного критерію, що оцінює роботу залізничного вузла та окремих її підсистем, можливо визначити на якому елементі системи з'являться максимальні затримки вагонів, щоб порівняти їх з нормативними.

Скорочення тривалості на окремих підсистемах (станах), не завжди призведе до його скорочення на інших підсистемах (стадіях). Згідно цього залізничний вузол запропоновано розглядати, як транспортний комплекс з певною системою обмежень.

Основний критерій по розрахунку оптимального рівня витрат, які відносяться до таких операцій як: знаходження рухомого складу на окремих підсистемах у залізничному вузлі рекомендується розглядати у адитивній формі з урахуванням можливості перебування кількості вагонів у залізничному вузлі, тривалості знаходження цих вагонів на залізничних станціях та їх внутрішньовузлові пересування [5]. Для розв'язання цієї задачі були опрацьовані вхідні та вихідні потоки, а також тривалість знаходження вагонів на всіх елементах системи, що характеризують роботу станцій крупного залізничного вузла і з цією метою були визначені показники роботи основних елементів системи, що можуть бути застосовані для формалізації роботи цього вузла.

Виявлено, що вагонопотоки є пуасонівськими і найчастіше підпорядковуються згідно з нормальним, експоненційним і законом Ерланга різних порядків. Для перевірки гіпотези про вид закону розподілу ймовірності випадкової величини знайшли широке застосування параметричні й непараметричні критерії узгодженості. До параметричних належить критерій χ^2 Пірсона, до непараметричних - критерій Колмогорова – Смирнова (рис. 1 та рис. 2).

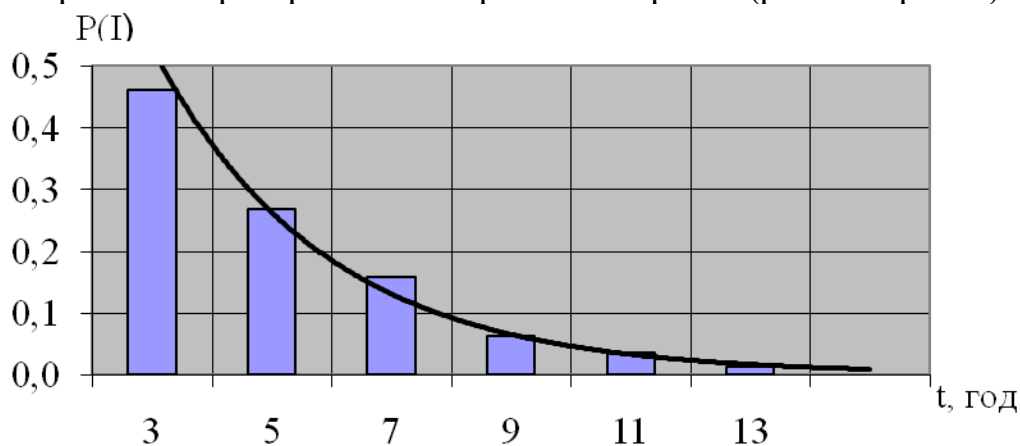
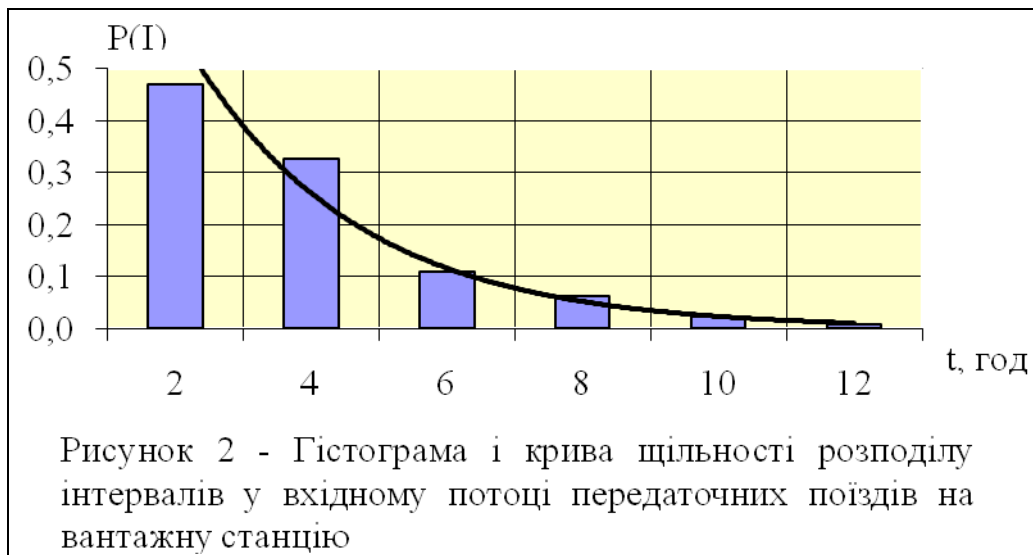


Рисунок 1 - Гістограма і крива щільності розподілу інтервалів у вхідному потоці передаточних поїздів на сортувальну станцію



- [1] Козаченко Д.М. Програмний комплекс для імітаційного моделювання роботи залізничних станцій на основі добового план-графіку / Д.М. Козаченко, Р.В. Вернигора, Р.Г. Коробйова // Залізничний транспорт України. – 2008. - №4. – С. 18-20.
- [2] Скалов К.Ю., Стефаненко М.Н., Попова Н.Ф. Транспортные узлы (Определение мощности устройств) – М.: Транспорт, 1985. – 200 с.
- [3] Акулиничев, В.М. Железнодорожные станции и узлы / В.М. Акулиничев, Н.В. Правдин, В.Я. Болотный, И.Е. Савченко // Под ред. В.М. Акулиничева. – М.: Транспорт, 1992. – 480 с.
- [4] Правдин, Н.В., Проектирование железнодорожных станций и узлов / Н.В. Правдин, Т.С. Банек, В.Я. Негрей // Учебник. Ч.2. – Минск.: "Высшая школа", 1984. – 200 с.
- [5] Ветухов, Е.А. Взаимное расположение устройств на станциях / Е.А. Ветухов – М.: Транспорт, 1978. – 172 с.

УДК 656.6

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ У ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНОЮ НАПРЯМКІВ РУХУ ТРАНЗИТНИХ ПОЇЗДОПОТОКІВ

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF THE STATION DUE TO CHANGES IN THE DIRECTION OF TRANSIT TRAIN TRAFFIC

*канд. техн. наук О.І. Харченко, магістрант Є.О. Дзюба
Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)*

*O. Kharchenko PhD (Tech.), Y.Dziuba
Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)*

У загальній системі шляхів сполучення України залізничний транспорт займає провідне місце. Він являє собою дуже великий та складний комплекс технологічно пов'язаних окремих його господарств. Успіх роботи цього комплексу вирішується точним та своєчасним виконанням кожної операції технологічного процесу структурних підрозділів. Успішне та безпечне виконання перевізного процесу неможливе без тісної взаємодії і взаємного зв'язку між працівниками служб перевезень, локомотивного та вагонного

господарств, колійниками, зв'язківцями, енергетиками та працівниками інших служб і спеціальностей. Найменша затримка у виконанні хоча б однієї операції, нечітка робота будь-якого підрозділу транспортного конвеєра можуть призвести до порушення графіка руху [1].

Зважаючи на те, що Указом Президента України від 24.02.2022 № 64/2022 [2] на всій території країни було введено воєнний стан, безперервне функціонування такої потужної галузі, як залізничний транспорт стає необхідністю. Саме залізниця відіграє особливу роль у період війни. За її допомогою доставляється зброя, гуманітарні вантажі, евакуюються мільйони людей.

Одразу після запровадження в Україні правого режиму воєнного стану експлуатаційна робота Укрзалізниці постійно відчуває вплив такого фактору, як нерівномірність. Це нерівномірність навантаження і вивантаження вагонів (особливо у прифронтових територіях), нерівномірність прибуття на станцію і нерівномірність відправлення зі станції поїздів, нерівномірність обслуговування на залізничних станціях поїздів тощо. Нерівномірність одна із найбільш істотних чинників, що мають негативний вплив на всі ланки транспортного процесу.

Наявність нерівномірності перевезень необхідно враховувати не тільки за умови оперативного планування роботи, але, в першу чергу, при визначенні потрібної пропускної та переробної спроможності технічних засобів залізничного транспорту [3].

В умовах воєнного стану питання пропускної спроможності залізничних станцій АТ УЗ є дуже актуальним, так як станції повинні забезпечувати:

- пропуск і обробку поїздів, кількість яких визначається Генеральним штабом ЗСУ;
- пропуск і обробку евакуаційних поїздів;
- пропуск і обробку санітарних поїздів;
- пропуск і обробку пасажирських поїздів, які продовжують курсувати країною в умовах воєнного стану і кількість яких визначається АТ УЗ в пасажиропотоком і обставинами, на які впливають бойові дії ворога і ЗСУ (за необхідністю оперативно змінюється маршрути руху пасажирських поїздів);
- пропуск і обробку приміських поїздів, курсування яких потрібно для підвезення населення до евакуаційних поїздів, вивезення населення із зони зараження, для підвезення працівників з місць поселення на промислові підприємства та навпаки;
- переміщення українських підприємств зі сходу країни на захід;
- пропуск і обробку вантажних поїздів з сировиною для забезпечення функціонування промислових та з продукцією їх виробництва;
- обробку і пропуск вантажних поїздів з продукцією аграрних підприємств до морських портів та на західний кордон країни (експорт аграрної продукції);
- пропуск та обробку поїздів, які перенаправляються у зв'язку з неможливістю використання інших шляхів сполучення (окупація територій, екстрені ремонти колій тощо).

Отже, був проведений аналіз зміни кількості поїздів у мирний час і під час воєнного стану для однієї з дільничних станцій. Результати зміни кількості поїздів, що проходять дану станцію під час воєнного стану у порівнянні з кількістю поїздів у мирний час показали:

- зменшення кількості пасажирських поїздів на 25%;
- появу евакуаційних та санітарних поїздів;
- зміни у кількості вантажних поїздів з навантажених вагонів: у непарному напрямку збільшення на 466,7%, у парному напрямку – на 10%;
- кількість вантажних поїздів з порожніх вагонів: у парному напрямку зменшення на 35,3%, у непарному напрямку збільшення на 500,0%.

Як бачимо, у період воєнного стану відбуваються значні зміни напрямків руху поїздопотоків, тому необхідно проводити заходи щодо підвищення пропускної та переробної спроможності станцій. Під час воєнного стану виконати будівельні роботи щодо удосконалення колійного розвитку станції є дуже складною задачею, тому були запропоновані технологічні заходи: згущене надходження поїздів з порожніх вагонів та пропуск поїздів з порожніх вагонів на тепловозній тязі без зупинки по головній колії.

[1] Методичний посібник з вивчення Правил технічної експлуатації залізниць України: ЦД-0082 / затв.: наказ Укрзалізниці 03.03.10 № 163-Ц / Укртранспроект. Київ, 2001. – 89 с.

[2] Закон України від 24 лютого 2022 року № 2102-ІХ «Про затвердження Указу Президента України «Про введення воєнного стану в Україні». – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2102-20#Text>

[3] Вернигора Р.В. Аналіз нерівномірності вантажних перевезень на магістральному та промисловому залізничному транспорті, Р.В. Вернигора М.І. Березовий Восточно-Европейский журнал передовых технологий – 2012 – № 2(3). – С.62-66

ПІДХІД ДО ВСТАНОВЛЕННЯ ТАРИФІВ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ У ВЛАСНОМУ РУХОМОМУ СКЛАДІ

APPROACH TO SETTING TARIFFS FOR TRANSPORTATION IN OWN CARRIAGES

*к.т.н І.Л. Журавель, к.т.н. О.І. Харченко, магістрант Є.В. Харченко
Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)*

*I. Zhuravel PhD (Tech.), O. Kharchenko PhD (Tech.), Y. Kharchenko
Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)*

Аналіз управління процесами перевезень вантажів гірничо-металургійного комплексу (далі ГМК) показав, що в існуючій тарифній системі не враховується найважливіший логістичний принцип – «корпоративна зацікавленість» – у ланцюзі «виробник – транспорт (АТ «Українська залізниця») – компанії оператори (власники вагонів) – споживач». Тарифна політика на залізничному транспорті побудована таким чином, що максимальна зацікавленість досягається тільки для однієї ланки логістичного ланцюга – АТ «Українська залізниця».

Такі умови тарифної системи змушують власників вагонів застосовувати пошук попутного завантаження для вагонів із метою забезпечення необхідного рівня рентабельності, виявляти більш рентабельні та зручні маршрути транспортування вантажів за межами України тощо [1]. Наслідком таких дій є дефіцит вагонів, викликаний нераціональним використанням існуючого парку вантажних вагонів для забезпечення безперебійного виробничого процесу ГМК, а особливо гостро це відчувається для вагонів спеціального призначення [2].

Одним з варіантів зменшення дефіциту вагонів є залучення компаній-операторів із власним парком вантажних вагонів, що доцільно із застосуванням економічних методів, зокрема за рахунок забезпечення необхідного мінімального рівня прибутку (рентабельності) від перевезень у своїх вагонах [3]. Тож, пропонується як можливий підхід до встановлення тарифів на перевезення вантажів власним рухомим складом із застосуванням наступних принципів:

1) рівень тарифів на перевезення вантажу для вантажовідправника, тобто у окремих випадках в умовах дефіциту вагонів вантажовідправник має відшкодувати вартість (частину вартості) повернення порожніх вагонів власника, яка перевищує вартість перевезення у вагонах загального парку;

2) адміністрація залізничних перевезень має застосовувати сучасні методи управління потоками вантажів, які перевозяться у власних вагонах, на основі економічного підходу. Тобто, власника вагонів необхідно зацікавити в отриманні прибутку від перевезення на маршрутах з наявним дефіцитом вагонів загального парку;

3) за рахунок відшкодування вартості порожнього пробігу має бути забезпечена рентабельність перевезень для власників вагонів на мінімальному рівні.

Запропонований підхід сприятиме залученню власників вагонів до перевезень на маршрутах підприємств ГМК, що дозволить зменшити дефіцит вагонів для них, одночасно створюючи рентабельні маршрути перевезень своїми вагонами для власника.

[1] Довідник основних показників роботи Регіональних філій АТ «Українська залізниця» / Акціонерне товариство «Українська залізниця», управління статистики. Київ, 2021. 141 с.

[2] Вантажні перевезення: як розв'язати тарифний вузол.
URL: https://biz.censor.net.ua/columns/3019606/vantajn_perevezennya_yak_rozvyazati_tarifniyi_vuzol.

[3] Волохов В. А. Використання логістичного підходу для оптимізації вантажних залізничних тарифів. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2013. № 41. С. 96-98.

УДК 339.13.017

ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ

FACTORS OF TRANSPORTATION SERVICES MARKET FORMATION

I.С. Моржов

Національний авіаційний університет (м. Київ)

I. Morzhov

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

Фактори впливу на формування ринку транспортних послуг можна поділити на внутрішні та зовнішні, природні (географічне розташування, рельєф, погодні умови регіону, тощо) та антропогенні, що є наслідком діяльності людини.

Всі ці фактори взаємопов'язані та так чи інакше впливають один на одного, що зображено на рисунку 1. Розвиненість місцевих технологій та виробничих можливостей чи можливість імпортувати їх ззовні дає можливість усунути природні перешкоди рельєфу чи додаткові витрати від погодних особливостей регіону. Реалізація інфраструктурних проєктів потребує капіталовкладень та технічного потенціалу, проте може змінити напрямки основних вантажопотоків та пасажиропотоків. Яскравими прикладами у макроекономічних масштабах можуть слугувати Панамський чи Суецький канали.

Кожний фактор може виявитися бар'єром чи стимулом. Як і фактори ці бар'єри чи стимули можуть мати природній чи антропогенний характер.

З боку законодавства держава для реалізації своєї політики може встановлювати бар'єри чи стимулювати будь-який інший фактор, як внутрішніх, так і зовнішніх, на законодавчому рівні. Закони можуть мати форму, норм і стандартів, враховуючи ті, що мають зовнішнє походження як результат прийнятих міжнародних договорів, економічних чи інших союзів.

На формування ринку також впливає участь країни у міжнародних транспортних проектах. До таких можна віднести, наприклад, Транс'європейську транспортну мережу [3] (Trans-European Transport Network, далі – TEN-T) – політика та програма Європейської комісії для розвитку транспортної інфраструктури єдиної Європи як об'єднаної мережі автомобільних доріг, залізничних шляхів, водної інфраструктури та аеропортів країн Європейського союзу.

Зокрема до проекти TEN-T входять десять Пан'європейських транспортних коридорів, що сполучають між собою країни європейського союзу та інші країни.

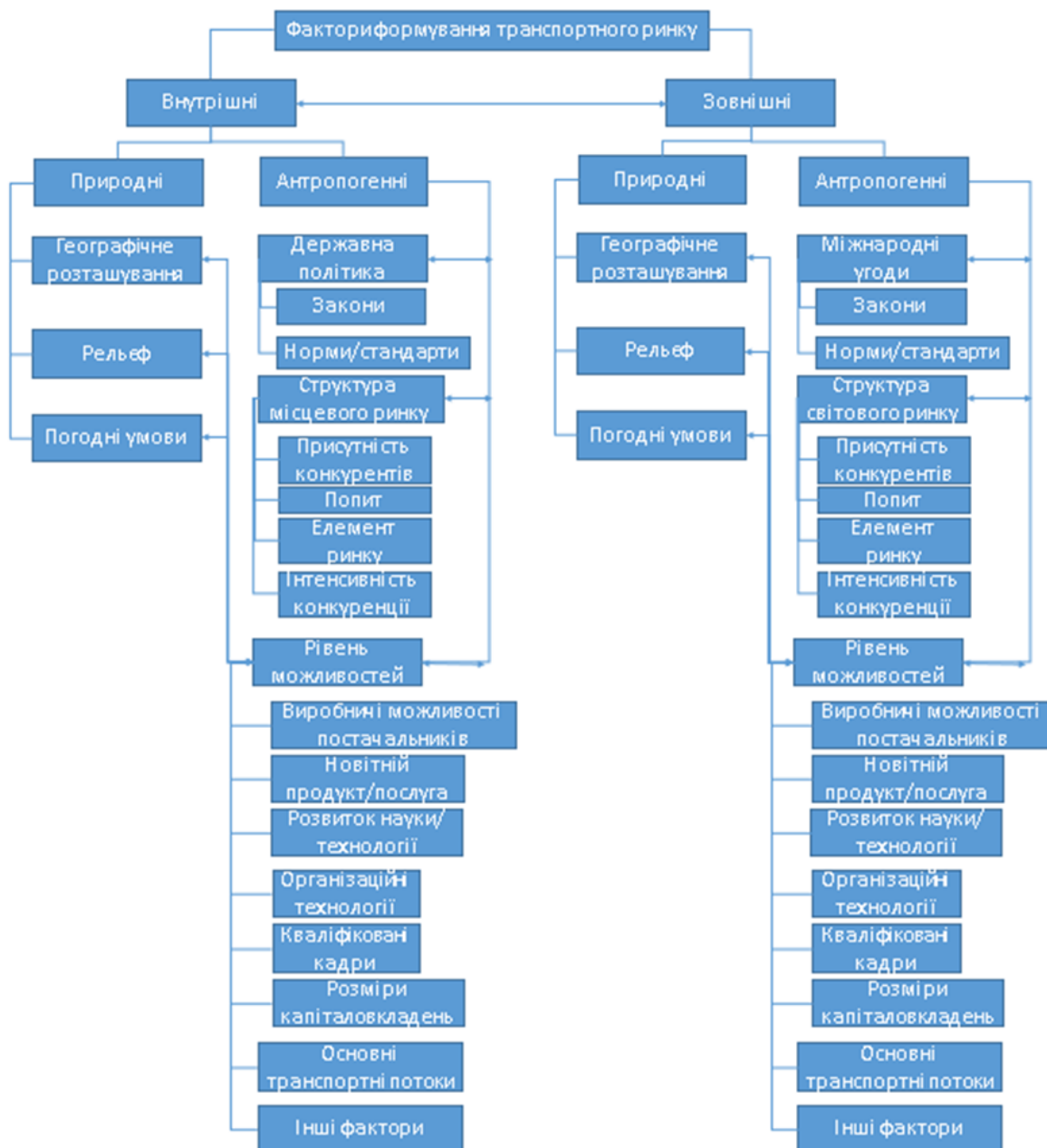


Рис.1 Фактори формування ринку транспортних послуг

Розроблено автором на підставі джерел:[1;2]

Бар'єри чи стимули, що встановлюються рівнем можливостей мають вирішальне значення для ринку та цього елементів. Технологічні, наукові та виробничі потужності, кваліфіковані кадри та можливість забезпечити їх самостійно чи імпортувати ззовні, власні фінансові можливості чи можливість залучити інвестиції, основні напрямки транспортних потоків та інші фактори, що визначають потенціал та конкурентоспроможність.

Бар'єром для країни є відсутність сучасних технологій у сфері транспорту, таких як системи моніторингу, глобальні системи позиціонування (GPS), чи автоматизовані системи управління логістикою, це може стати серйозним бар'єром для ефективного функціонування транспортного ринку.

Стимулом для ринку може бути впровадження інноваційних технологій та інфраструктурних проєктів. Наприклад, влада може сприяти розвитку електричних транспортних засобів, надаючи фінансові стимули для покупки електромобілів, будуючи інфраструктуру для зарядки, та встановлюючи нормативи, що сприяють використанню екологічно чистих транспортних засобів. Це може стати стимулом для розвитку нових технологій у сфері транспорту та покращення транспортної системи.

[1] Michael E. Porter. *The Competitive Advantage of Nations*. — New York, 1990. — ISBN 0-02-925361-6

[2] Robinson, Joan. *The Economics of Imperfect Competition*. — 1969. — ISBN 978-0-333-10289-3. Trans-European

[3] Transport Network (TEN-T). — URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t_en

УДК 664.8.037

ОРГАНІЗАЦІЯ ХОЛОДОВИХ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ

ORGANIZATION OF COLD CHAINS OF SUPPLY

О.М. Загурський, д.е.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

O. Zagurskiy D.Sc. (Economics)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

В останні роки в логістиці швидкопсувної продукції був створений спеціальний тип управління ланцюгами постачань, Cold Chain Management – управління холодним ланцюгом постачань. Cold Chain це температурна логістична система, яка об'єднує окремі логістичні операції зі швидкопсувними продуктами в наявних бізнес-процесах для створення споживчої цінності. При цьому холодильні установки використовуються не тільки на підприємствах, що виготовляють або зберігають продукцію, а і у процесах транспортування та під час навантаження/розвантаження товару тощо.

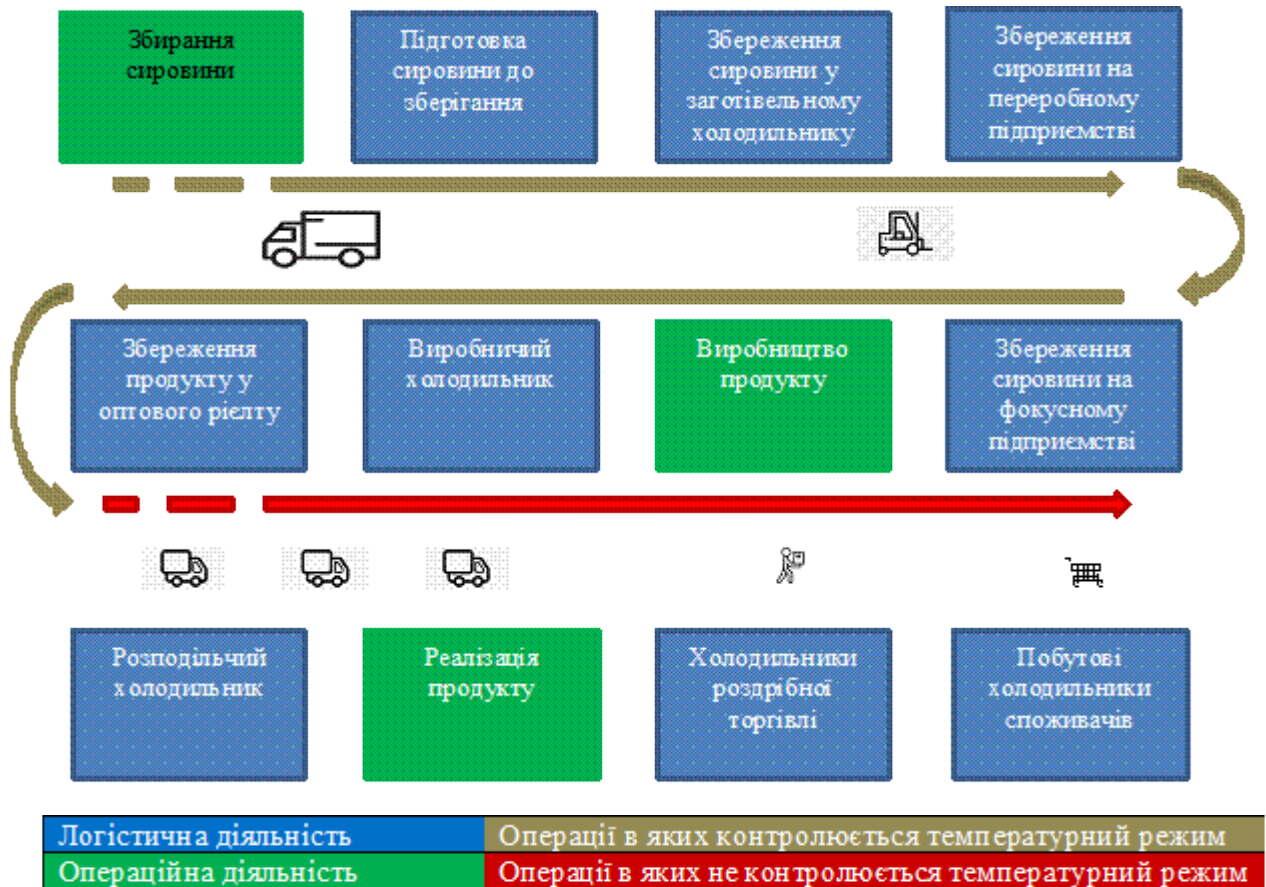


Рис 1 Схема холодового ланцюга постачань

Як видно з рис. 1 у складі холодового ланцюга постачань присутні усі основні виробничі та логістичні процеси при цьому останні більшою мірою впливають на збереження якості швидкопсувних харчових продуктів.

У холодового ланцюга постачань «будь-які зміни час – відстань або температура можуть привести до збільшення витрат і відповідно до скорочення доданої вартості по всьому ланцюгу постачань» [1].

Відповідно транспортно-логістична система такого ланцюга постачань має особливості та відмінні риси, які разюче різняться від загальної логістики перевезень [2]. Насамперед це особливості, що пов'язані з контролем і відстеженням температури або затримок часу в ланцюгу постачань.

Проектуючи холодові логістичні ланцюги необхідно зважувати на цілий набір факторів, таких, як розміщення та склад частин холодового логістичного ланцюга, відповідність обладнання яке використовується на кожному з етапів, формування ефективної транспортної взаємодії в процесі дистрибуції, інформаційне забезпечення, що використовується для контролю тощо.

Тому логістика холодового ланцюга включає наступні операції:

– забезпечення підтримки постійних температур за стаціонарного зберігання та транспортування у всіх учасників ланцюга постачань;

- постійний температурний режим в процесах перевантаження та маніпуляцій з товаром за допустимих (мінімальних) витрат;
- переміщення товарів з використанням мінімально необхідної кількості транспортних потужностей, з мінімальними тимчасовими витратами, але з постійним підтриманням стабільного температурного режиму;
- поділ та ізолюваність процесів отримання та збуту товарів, що сприяє раціональному використанню холодильних складських потужностей і підтримки стабільних температурних режимів;
- забезпечення рівномірного товарного потоку з підтримкою та супроводом стандартизованим інформаційним і виробничим потоками [3].

Отже обслуговування холодового ланцюга – це специфічний вид діяльності з безперервного функціонування системи заходів організаційного та практичного характеру, що забезпечують оптимальну температуру при зберіганні та транспортуванні швидкопсувних або заморожених вантажів, які потребують спеціальних температурних умов транспортування та зберігання та забезпечують безпеку якості вантажу в межах встановленого нормативного терміну придатності при його постачанні до споживача. Ефективне управління холодовим ланцюгом постачань має оптимізувати усі процеси в ньому, сприяти забезпеченню свіжості продуктів харчування та їх безпеці для споживача.

[1] Bogataj M., Bogataj L., & Vodopivec R. Stability of perishable goods in cold logistics chains. *International Journal of Production Economics*, 2005, 93/94 (8), 345-356.

[2] Федорова Т.Ф., Ширяєва А.М., Петренко К.А. Особливості функціонування логістичного ланцюга з доставки швидкопсувних вантажів автотранспортом. *Вісник Східноукраїнського Національного університету ім. В. Даля*, 2011. № 5(159) Частина 1, 203-207.

[3] Zagurskyi O., Pokusa T., Zagurska S., Ohiienko M., Titova L., Rogovskii I., Ohiienko A., Razumova K., Berezova L. Current trends in development of transport and logistics systems of delivery of fast perishable foodstuffs. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021, 238/

**АНАЛІЗ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПРАКТИКИ ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ НА ПРИКЛАДІ ВИРОБНИЧОЇ
ЛОГІСТИКИ КОМПАНІЇ *ALSTOM TRANSPORT***

**ANALYSIS OF THE EUROPEAN PRACTICE OF LOCOMOTIVE
MAINTENANCE USING THE PRODUCTION LOGISTICS OF THE
ALSTOM TRANSPORT COMPANY AS AN EXAMPLE**

д. техн. наук О.В. Устенко, к. філос. наук В.І. Павлов
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

O.V. Ustenko, D. of Engineering, V.I. Pavlov, PhD
Ukrainian State university of railway transport (Kharkiv)

У європейській практиці технічного обслуговування електричного рухомого складу на перше місце ставиться підвищення їх експлуатаційної надійності в рамках проведення сервісного обслуговування компаніями-виробниками локомотивів. Втім, якісне здійснення ремонту ЕРС з урахуванням його фактичного зносу можливе виключно у випадку поєднання умов оснащення ремонтних підприємств комплексними системами контролю технічного стану з прогнозованою логістикою поставки і заміни компонентів для ремонту.

В Національному товаристві залізниць Франції політику в галузі технічного обслуговування і ремонту рухомого складу реалізує централізована організація (SNCF). Вона визначає періодичність ремонтних робіт, забезпечує контроль технічного стану локомотивів протягом життєвого циклу і надає обґрунтовані пропозиції щодо закупівель нового ЕРС. Враховуючи те, що у Франції компанія *Alstom Transport* є майже єдиним глобальним виробником локомотивів, саме її експертні оцінки і рекомендації використовуються організацією SNCF для планування і своєчасного проведення оглядових та ремонтних робіт, що дозволяє досягти скорочення їх обсягу і забезпечити значну економію експлуатаційних витрат.

На даний час у Франції приписка ЕРС до певного депо не практикується. За експертною оцінкою SNCF, сучасна модель системи ремонту повинна забезпечити виконання робіт з міжрейсового технічного обслуговування з усуненням незначних дефектів в будь-якому депо полігону звернення конкретного локомотиву. Ці ж депо проводять їх щоденний технічний огляд і виконують в найкоротший час екіпіровку.

Втім, ремонт малого обсягу з плановою заміною окремих деталей і вузлів проводиться лише на небагатьох вузькоспеціалізованих підприємствах компанії *Alstom Transport*. З цією метою умови взаємодії всіх депо передбачають наявність єдиної бази даних з фактичного пробігу кожного локомотиву для визначення можливості виконання ремонту в найближчому ремонтному підприємстві.

Нарешті, компанією *Alstom Transport* для проведення капітальних ремонтів та ремонтів середнього обсягу (відновлювальних) безпосередньо на власному заводі в Бельфорі створено центр технічного обслуговування, який здатний приймати одночасно до чотирьох локомотивів.

Вдале поєднання співпраці організації SNCF з виробничим сектором *Alstom Transport* відтворює єдиний у Франції логістичний центр обслуговування рухомого складу залізниці, який не тільки охоплює всі області працездатності ЕРС, а саме управляє парком локомотивів, проводить їх модернізацію і технічне обслуговування, забезпечує поставку і заміну компонентів, але й організує подальшу переробку та утилізацією складових ремонту.

На даний час єдиний логістичний центр французької залізниці складають 38 основних підприємств-техноцентрів, що здійснюють ТО і ПР і 70 місцевих підприємств, які забезпечують міжрейсове технічне обслуговування парку дирекції з 1400 локомотивів.

Виробнича логістика центру контролюється Головним податковим управлінням і складається з двох рівнів («верхньої» та «нижньої» логістики), що враховують облік потреб, постачання, управління матеріальними потоками тощо, і дозволяють досягти найкращої пропозиції послуг.

«Верхня» логістика складається з Промислового центру логістики (ПЦЛ) і Платформи логістики (ПЛ), які забезпечують управління загальнодержавними матеріально-виробничими запасами споживаних деталей (управляють резервними засобами та гарнітурами для їх модифікації). Її головне призначення - забезпечити у наслідку неперервного виробництва продукції «буферний запас» матеріалів на складі для запобігання ймовірних ризиків та змін, пов'язаних з постійним використанням деталей підприємствами центру.

ПЦЛ здійснює безпосередній контроль за неперервним поповненням запасу деталей і агрегатів на ПЛ та керує матеріальними потоками їх подальшого розміщення на підприємствах «нижньої» логістики. ПЛ містить у своєму складі дистрибуторську мережу, що доставляє деталі до ПЛ або до обслуговуючих підприємств.

«Нижня» логістика, або логістика поруки, концентрується безпосередньо на обслуговуючих підприємствах. Її основне завдання – ведення обліку запасів окремого підприємства і обернена участь у прийнятті матеріальних потоків від ПЦЛ.

Вдале функціонування логістичного ланцюгу між «верхнім» та «нижнім» рівнями логістики забезпечує якісне планування потреб обслуговуючих підприємств та своєчасне їх поповнення запасами матеріалів для здійснення ремонтів. Причому «верхній» та «нижній» логістичні рівні розраховуються у залежності від потреб, що очікуються, з врахуванням загальних термінів поповнення запасів або ремонту.

ФОРМУВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ: СУЧАСНИЙ СТАН МЕТАЛУРГІЙНОГО СЕКТОРУ

FORMATION OF CARGO FLOWS OF MARITIME TRANSPORT: CURRENT STATE OF THE STEEL SECTOR

І.Ю. Лабунець

ДУ «Інститут ринку та економіко-екологічних досліджень Національної Академії Наук України» (м. Одеса)

I.Yu. Labunets

SO «Institute Of Market And Economic&Ecological Researches of the National Academy of Sciences of Ukraine» (Odesa)

Блокада морських портів України, починаючи з 22 лютого 2022 року, обірвала всі існуючі логістичні ланцюги, не залишивши для експорту та імпорту майже ніяких шансів на існування.

Такий потужний ринок, як металургійний сектор зазнав досить великої шкоди від військової агресії Росії (40% металургійних потужностей було захоплено або знищено в Маріуполі – меткомбінати ММК ім. Ілліча та «Азовсталь»)[1].

Майже весь експорт даного ринку було реалізовано через морський порт «Маріуполь», але нажаль, компанії ГМК повинні були шукати на перенаправляти вантаж за допомогою дунайських річних та європейських морських портів, а також збільшити автомобільні перевезення. Такі нові шляхи для експорту металургійного сектору стали дорожчими та довшими.

Вартість доставки української металургійної продукції до порту призначення збільшилась у 3-4 рази, а середня відстань до порту відправки для українських експортерів збільшилась у 5 разів. В окремих випадках логістичні витрати стали рівними або перевищують собівартість продукції.

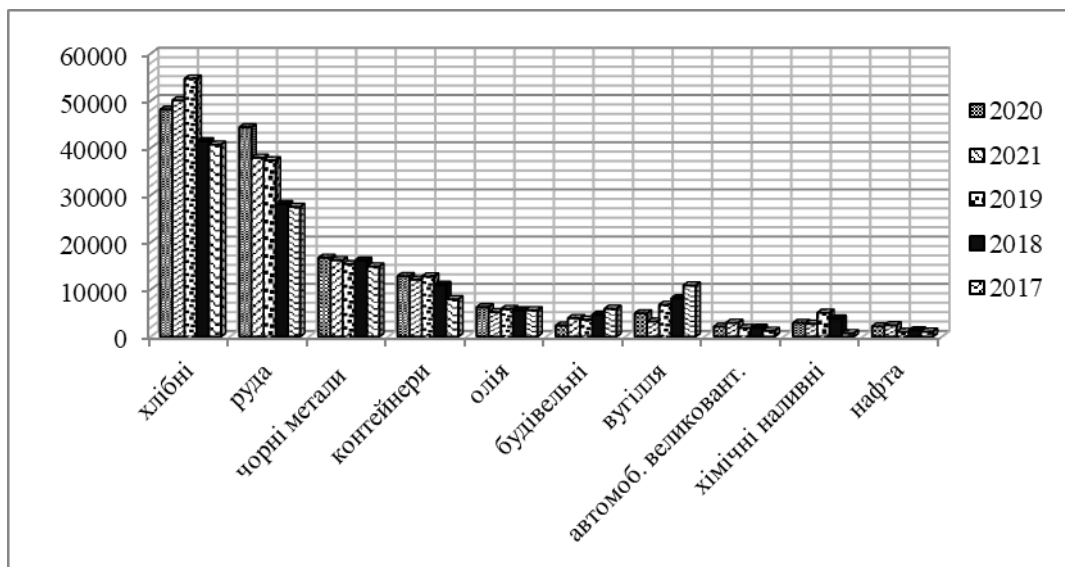
В таблиці 1 приведено формування вантажних потоків морських портів України (2017 – 2021 рр.), за найбільш експортованими групами металургійних вантажів: чорні метали; руда, шлаки та зола.

Таблиця 1 – Вантажообіг морських портів України згідно до номенклатури за 2017 – 2021 роки, тис. тонн

№ з/п	Вантажі	Роки				
		2017	2018	2019	2020	2021
1	Чорні метали	14816,09	16081,68	15321,48	16670,73	16163,56
2	Руда, шлаки та зола	27464,13	28061,30	37326,06	44334,63	37866,22

Джерело: сформовано автором на основі [2-6].

Якщо розглядати загальну частку металургійного сектору у формуванні вантажних потоків, то дана позиція займає одні з перших позицій, поступаючись лише зерновим культурам (група вантажу: хлібні), що і продемонстровано на рисунку 1.



Рисунком 1– Основні вантажі, що були перероблені в морських портах України з 2017 року по 2021 рік, тис. тонн

Джерело: сформовано автором на основі [2-6].

Бачимо, що за найактуальнішими даними, у 2021 році головними вантажами є зерно та руда, які забезпечили 60% усього вантажопотоку через українські порти. На чорні метали припадає 10,5 %, на контейнери – 7,9 %, на олію – 3,4 % загального обсягу вантажів. Загалом перша п'ятірка вантажів забезпечує близько 80% усього вантажопотоку через порти України.

З дослідження Гончарука О., Рябко О. та Оверковського Б. [7] бачимо, що основними країнами-експортерами чорних металів, руди, шлаків та золи (2020-2021 рр.) були: Китай -43,4%, Польща – 9,4%, Чехія – 8,8%, Австрія – 8,6%, Німеччина – 6,7%.

Так, як експорт металургійного сектору впав у 10 разів до Південно-Східної Азії та Океанії, у 6 разів скоротилися поставки до країн Африки на південь від Сахари, а до Латинської Америки – у 8,5 раз, вважаємо за доцільним налагодити саме ці ланцюжки поставок товару, при деблокаді морських портів України, або все ж таки пропрацювати інституційний апарат та скористатись тимчасовими морськими коридорами.

[1] Forbes Ukraine: Як війна змінила українську металургію, що давала основний приплив валюти. URL: <https://forbes.ua/ru/money/eksport-metaloproduktsii-vpav-utrichi-shcho-viyna-zminila-v-ukrainskikh-metalurgiv-yaki-davali-osnovnikh-pritok-valyuti-v-krainu-27062023-14446>

[2] Журнал «Порти України плюс». Одеса: Порти України, 1 (163), 2017. 76 с.

[3] Журнал «Порти України плюс». Одеса: Порти України, 1 (173), 2018. 68 с.

[4] Журнал «Порти України плюс». Одеса: Порти України, 1 (183), 2019. 71 с.

[5] Журнал «Порти України плюс». Одеса: Порти України, 1 (193), 2020. 60 с.

[6] Журнал «Порти України плюс». Одеса: Порти України, 1 (203), 2021. 64 с.

UDC 658.26

EFFICIENCY OF THE ENERGY AUDIT AT ENTERPRISES OF THE LOCOMOTIVE INDUSTRY

*V.P. Nerubatskyi, PhD (Tech.), D.A. Hordiienko, Postgraduate,
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

To ensure competitiveness in new conditions, the main task of the development of the railway industry is the gradual development of modern organizational and management technologies that are widely used in industrialized countries [1, 2].

The energy sector on railways is one of the most important and integral components of the economic complex of Ukraine. At the same time, energy security is one of the most vulnerable links of the state's national security. Increasing the energy efficiency of any enterprise, reducing the level of energy consumption while maintaining production volumes, reducing the negative impact on the environment requires making appropriate decisions regarding the strategy of using various resources. This is based on energy audit and energy management [3, 4].

From a scientific point of view, an energy audit (energy survey) is a technical inspection of energy consumption at a facility with the aim of determining possible energy savings and providing assistance in its implementation through the implementation of energy efficiency and energy management mechanisms [5].

The main purpose of the energy survey is:

- obtaining data on the amount of energy resources used;
- determination of energy efficiency indicators;
- determination of energy saving potential and improvement of energy efficiency;
- development of a list of typical, publicly available energy saving and energy efficiency improvement measures and their cost assessment.

In Fig. 1 shows the structure of the energy audit, which includes four main stages. At the first stage, familiarization with the object and its main technological processes takes place. At the second stage, a map (energy passport) of energy consumption at the facility is drawn up, that is, information on energy consumption by individual processes and equipment is collected, energy saving opportunities are determined, current data is compared with nominal data. At the third stage, an assessment of the economic benefits from the implementation of various possible energy-saving measures is carried out, the selection of an energy-saving program, and the preparation of technical and economic data. At the fourth stage, the implementation of the energy saving program and the launch of the energy management system are carried out.

For electric rolling stock, an energy audit means determining the efficiency of the use of fuel and energy resources and developing recommendations for their

improvement. The engineering and technical personnel servicing the traction rolling stock should be interested in conducting an energy audit, as this will reduce the consumption of energy resources. That is, the energy audit and its separate stages (conclusions) are an integral part of the energy saving process.

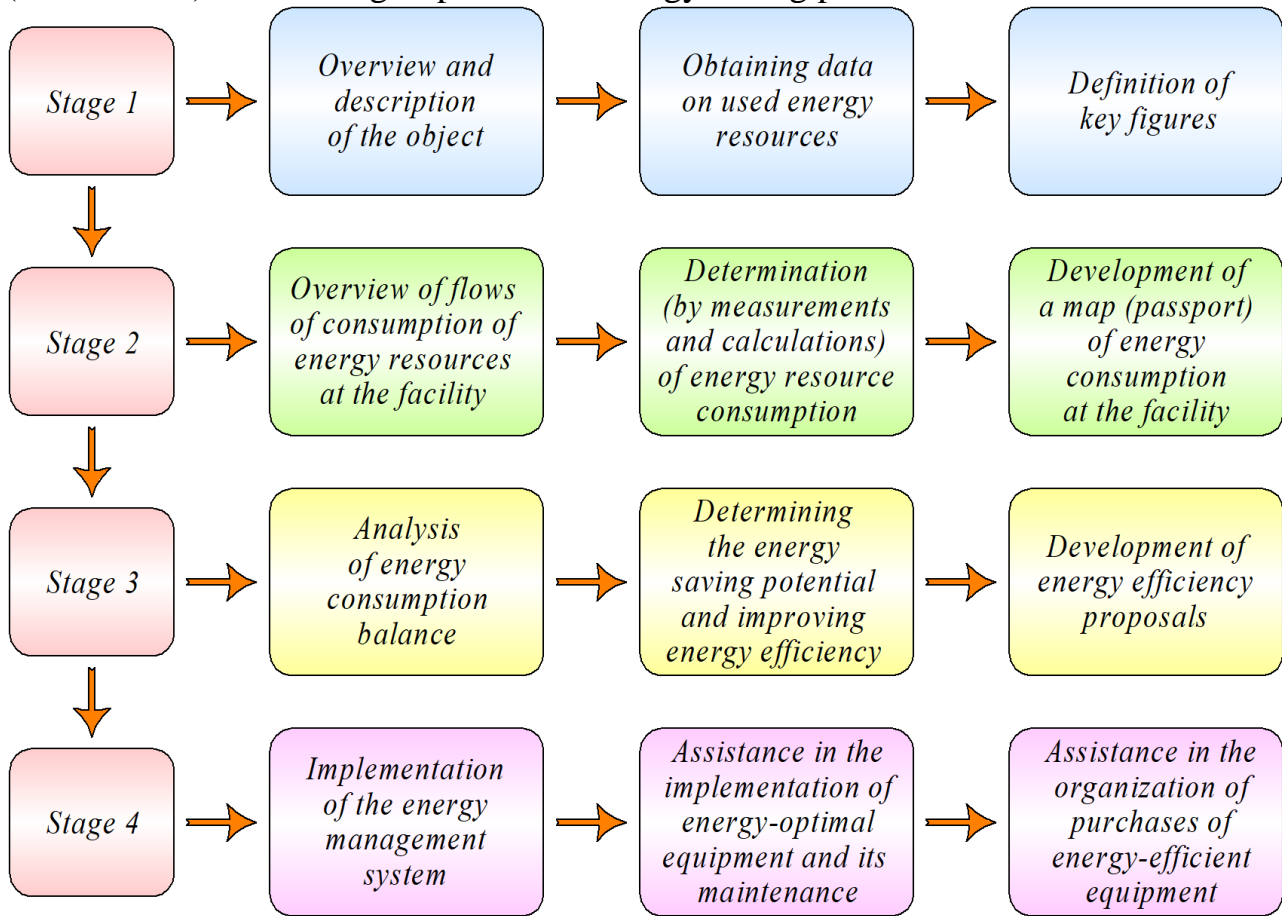


Fig. 1. The structure of the energy audit

Effective use of energy-saving technical means on traction rolling stock due to the use of innovative solutions and technologies will reduce costs and increase the traction and energy efficiency of the transportation process.

The current state of Ukraine's railways requires work on the modernization of electric rolling stock, optimization of freight and passenger train schedules, increasing the level of application of regenerative braking, and reducing unproductive specific energy consumption for train traction.

The further functioning of railway transport should be inextricably linked with a gradual reduction in energy intensity and an increase in labor productivity, which will, accordingly, lead to a decrease in operating costs related to the fuel and energy component, as well as a significant reduction in the impact of the transport industry on the environment.

[1] Li S., Lang M., Li S., Chen X., Yu X., Geng Y. Optimization of high-speed railway line planning with passenger and freight transport coordination. *IEEE Access*. 2022. Vol. 10. P. 110217–110247. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3210578.

[2] Plakhtii O., Nerubatskyi V., Hordiienko D. Research of operating modes and features of integration of renewable energy sources into the electric power system. *2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems*

(ESS). 2022. P. 133–138. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969337.

[3] Sathiyarayanan J., Simon S. P., Sundareswaran K. Energy audit in a railway traction substation (a real case study). *J. Inst. Eng. India Ser. B*. 2020. Vol. 101. P. 411–416. DOI: 10.1007/s40031-020-00460-x.

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

[5] Al-Ghaili A. M., Kasim H., Al-Hada N. M., Jorgensen B. N., Othman M., Wang J. Energy management systems and strategies in buildings sector: a scoping review. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 63790–63813. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3075485.

УДК 656.212

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ПРОМИСЛОВОМУ ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

DETERMINATION OF THE ROLLING STOCK PARK FOR TRANSPORTATION ON INDUSTRIAL RAIL TRANSPORT

д.т.н. Д.М. Козаченко, Д.В. Хилькевич, М.К. Шевченко
Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)

DSc(Eng) D. M. Kozachenko, D. V. Khylykevych, M. K. Shevchenko
Ukrainian State University of Science and Technologies

Розрахунок парку вагонів та локомотивів, необхідного для виконання заданого об'єму перевезень, є одним з основних видів розрахунків, що виконується проектувальниками та технологами залізничного транспорту.

Метод аналітичного розрахунку парку вагонів був запропонований в 1878 інженером Кульжинским. Цей метод ґрунтується на зв'язку між роботою U , оборотом вагона q та потрібним парком вагонів N

$$N = [U\theta], \quad (1)$$

де $[\]$ - операція здобуття більшого цілого числа.

Метод інженера Кульжинского в різних його інтерпретаціях широко використовується в роботі магістрального та промислового залізничного транспорту і до теперішнього часу. Перевагою застосування виразу (1) є його простота, а також простота отримання статистичних чи розрахункових даних для проведення обчислень. Недолік методу пов'язаний з тим, що він не враховує цілочисельний характер задачі. Особливо гостро ця проблема проявляється при розрахунку парку рухомого складу промислових підприємств. Об'єктивними умовами роботи залізничного транспорту на підприємствах є неможливість поділу комплексу операцій на частини; поділ доби на зміни, при цьому, при цьому зміни бригад повинні відбуватися лише в чітко встановлених місцях; необхідність виконання огляду, екіпірування та технічного обслуговування рухомого складу, при чому в багатьох випадках

лише у денну зміну і т.і. В умовах відносно невеликого парку вагонів та локомотивів промислових підприємств в роботі рухомого складу виникають резерви часу, які не можуть бути використані іншими одиницями рухомого складу. Тому в багатьох випадках формула (1) дає занижену оцінку парку. Для перевірки результатів розрахунку здійснюється графічне моделювання роботи залізничного транспорту шляхом побудови добових планів-графіків. Побудова планів графіків виконується ітеративно. В якості початкового розміру парку локомотивів і вагонів обираються розраховані за формулою (1) значення. У випадку можливості побудови добового плану-графіка робиться висновок про достатність парку рухомого складу для виконання плану перевезень. У випадку неможливості – здійснюється побудова добового плану графіка з іншим порядком виконання операцій, або зі збільшеним парком рухомого складу. Такий підхід вимагає значних витрат часу на виконання обчислень та моделювань. У зв'язку з цим для промислового залізничного транспорту актуальною є вирішення задачі розрахунку парку вагонів та локомотивів, необхідного для виконання заданого об'єму перевезень, у цілочисельній постановці.

В якості методу вирішення задачі обрано методи дослідження операцій. Задача визначення парку рухомого складу, необхідного для виконання заданого об'єму перевезень, може бути зведена до задачі розкрою матеріалів (задачі про мінімізацію відходів) в одномірній постановці. Будемо вважати, що заданий час роботи рухомого складу розбитий на зміни тривалістю $T_{zm,k}$ (тут k – номер зміни). Тривалості змін можуть відрізнятися у зв'язку з прийнятим на підприємствах регламентом, а також у зв'язку з необхідністю виконання технічного обслуговування рухомого складу протягом певних змін. В такому формулюванні зміна відповідає окремому шматку матеріалу в стандартній постановці задачі розкрою. Рухомий склад повинен виконувати m видів операцій тривалістю t_j , $j = \overline{1..m}$. Кількість операцій j -го виду складає q_j . Окрема операція відповідає окремому замовленню в стандартній постановці задачі розкрою. Протягом зміни можна виконати певну кількість повних операцій j -го виду так, що загальна тривалість операцій дорівнює чи є меншою тривалості зміни. Окрема комбінація операцій, що виконується протягом зміни, утворює карту розкрою. Характеристикою карти розкрою є невикористаний резерв часу c_i . Позначимо x_i – кількість разів, що використовувалась i карта розкрою, $i = \overline{1..n}$; a_{ij} – булева змінна, що показує факт входження j -ї операції в карту розкрою i ; n – кількість карт розкрою. Тоді задача визначення парку рухомого складу підприємства формулюється як

$$\sum_{i=1}^n x_i \rightarrow \min \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i = q_j, j = \overline{1..m} \quad (3)$$

$$x_i \geq 0$$

Враховуючи, що склад операцій у денну та нічну зміну відрізняється практичне вирішення задачі полягає не в пошуку мінімального значення за

виразом (2), а у перевірці можливості виконання обмежень (3) при заданому числі змін роботи рухомого складу. При цьому, неможливість виконання умов (3) вказує на необхідність додавання почергово денної та нічної зміни. Мінімальна кількість змін може бути визначена на підставі виразу (1). Враховуючи що, як правило, виконання обмежень (3) може бути досягнуто при різних комбінаціях x_i , то практичний інтерес також має отримання усіх можливих комбінацій x_i з можливістю сортування за величиною резервів часу c_i окремих одиниць рухомого складу.

Застосування запропонованого підходу не усуває потребу у побудові добових планів графіків, так як при розрахунках не враховується необхідність узгодження у часі окремих технічних засобів. В той же час пропонуємий метод дозволяє отримати більш точну оцінку потреби в рухомому складі у порівнянні з виразом (1) і скоротити обсяг роботи з побудови добових планів графіків.

Апробація запропонованого методу виконана при вирішенні задачі розрахунку парку рухомого складу для перспективних обсягів перевезення руди, скелі та глини Першотравневого гірничозбагачувального комбінату.

УДК 656.025.2

УЗАГАЛЬНЕНА ФУНКЦІЯ ВИТРАТ НА ПРОЇЗД В МІСЬКІЙ ПАСАЖИРСЬКІЙ ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ

GENERALIZED FUNCTION OF TRAVEL COSTS IN THE URBAN PASSENGER TRANSPORTATION SYSTEM

*канд. пед. наук Д.М. Копитков, канд. тех. наук Г.О. Самчук
Харківський національний університет міського господарства
ім. О.М. Бекетова*

*Cand. Sc. (Ped.) D. Kopytkov, Cand. Sc. (Tech.) G. Samchuk
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv*

Використання міським населенням масового пасажирського транспорту щільно пов'язане з витратами різних ресурсів – економічних (вартість проїзду), часових (час поїздки) та енергетичних (витрати енергії людини протягом переміщення). Дослідження свідчать, що пасажирів, орієнтуючись на відомі кількісні показники поїздки (час, комфорт, вартість проїзду, кількість пересадок) [1], також підсвідомо обирають маршрут, пересування яким найменш негативно позначиться на організмі з точки зору психофізіологічного стану, витрат енергії та ін. [2, 3]. Незважаючи на відчутне зростання кількості приватних автомобілів, більшість трудових поїздок все ще відбувається саме з використанням міського транспорту, що обумовлює питання вибору пасажиром шляхів пересування та залежностей для їх опису. Враховуючи комплексність прийняття рішень пасажиром щодо маршруту пересування та

різне походження ресурсів, узагальнена функція витрат на проїзд з i -го до j -го пункту мережі матиме вигляд:

$$F_{i-j} = \alpha \cdot k_C \cdot C_{i-j} + \beta \cdot k_T \cdot T_{i-j} + \gamma \cdot k_E \cdot E_{i-j}, \quad (1)$$

де α, β, γ – вагові коефіцієнти вартості поїздки, часу поїздки та енергетичних витрат пасажирів на здійснення поїздки з i -го до j -го пункту; k_C, k_T, k_E – вартість одиниці показника, що входить до узагальненої функції витрат на проїзд ($k_C=1$); $C_{i-j}, T_{i-j}, E_{i-j}$ – вартість поїздки, витрати часу та витрати енергії при здійсненні поїздки з i -го до j -го пункту, грн; год.; ккал.

Вартість поїздки фіксується безпосередньо за даними обстежень. Визначення витрат енергії на переміщення може бути здійснено за допомогою так званих смарт-годинників або фітнес-трекерів, які останнього часу набули широкого застосування серед населення, та перетворилися на постійне та надійне джерело отримання інформації як про стан здоров'я, так й деякі параметри пересування [4]. Можливе також використання спеціальних таблиць, які містять усереднені витрати енергії на здійснення певного виду активності, в тому числі на поїздку у міському транспорті, а також калькуляторів витрат щоденної енергії стосовно виду активності [5]. Вагові коефіцієнти для кожної складової можна визначити за допомогою методу Фішберна [6] на основі простого ранжування самими пасажирами значущості кожного параметра узагальненої функції. В той же час, залишаються суперечливими питання щодо відповідної економічної оцінки витрат часу та енергії пасажирів. Виходячи з того, що час, витрачений на поїздку, міг би бути використаний для суспільно-корисної праці на робочому місці, вартість години пасажирів (k_C) пропонується розраховувати як:

$$k_C = \frac{ВВП_{\partial}}{D_p \cdot T_p}, \quad (2)$$

де $ВВП_{\partial}$ – річний валовий внутрішній продукт на душу населення, грн; D_p – дні роботи на рік, дн.; T_p – тривалість роботи, год.

Складові залежності (2) можуть бути встановлені відповідно статистичній інформації, наведеної, наприклад, у [7]. Грошова вартість кілокалорії енергії пасажирів, що витрачається на переміщення:

$$k_E = \frac{B_x}{E_{\partial} \cdot D_p \cdot t_n}, \quad (3)$$

де B_x – річні витрати на харчування на душу населення, грн.; E_{∂} – добові потреби енергії на душу населення, ккал/доба.; t_n – час поїздки, год.

Відповідно до [8] середньомісячні витрати на харчування і в Україні складають 108 доларів США (приблизно 50000 грн/рік за існуючим курсом валют), добові витрати енергії для чоловіків – 2500...3000 ккал, для жінок – 2000...2500 [9], час поїздки фіксується безпосередньо за результатами натурних обстежень. Залежність (3) доцільно розраховувати окремо для чоловіків та жінок-пасажирів через різницю у добовій потребі у кілокалоріях.

Узагальнена функція вартості проїзду може використовуватися при визначенні ймовірності вибору пасажиром шляху прямування, розподілу кореспонденцій по транспортній мережі, розрахунку матриці кореспонденцій широко розповсюдженим гравітаційним методом, у якому узагальнені витрати можуть виступати комплексною «функцією опору» замість класичних одиничних показників – відстані, витрат часу або вартості проїзду між районами.

- [1] Horbachov, P. Makarichev, O. Svichynska, O. A New Route Choice Model for Urban Public Transit with Headway-based Service. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* 51 (1), 22–30 (2023).
- [2] Вибір пасажиром шляху пересування у містах: монографія / Д. П. Понкратов, Г. І. Фалецька. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 164 с.
- [3] Korytkov, D., Levchenko, O., Rossolov, A., Samchuk, G. Determination of the passenger transport fatigue in urban mass transportation. *Municipal Economy of Cities* 7 (146), 2–11 (2018).
- [4] Swee Sun Tang, M., Moore, K., McGavigan, A., Clark, R.A., Ganesan, A.N. Effectiveness of Wearable Trackers on Physical Activity in Healthy Adults: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *JMIR Mhealth Uhealth* 8 (7), e15576 (2020).
- [5] All About Caloric Expenditure Physical Activity, Expenditure Table. URL: <https://www.ericfavre.com/lifestyle/uk/home/sport-nutrition/nutrition-basics/all-about-calories/caloric-expenditure-table> (дата звернення 14.11.2022 р.)
- [6] Arsyah, U.L., Jalinus, N., Ambiyar, S. et al. Analysis of the Simple Additive Weighting Method in Educational Aid Decision Making. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, Vol.12 (14) (2021), p. 2389–2396.
- [7] Мінфін. Український портал про фінанси і інвестиції. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/> (дата звернення 14.11.2023 р.)
- [8] Скільки грошей витрачають на їжу в Україні та інших країнах світу? URL: <https://www.picodi.com/ua/mozhna-deshevshe/vytraty-na-yizhu-2023> (дата звернення 08.11.2022 р.)
- [9] Energy requirements and dietary energy recommendations. URL: <https://www.fao.org/3/y5686e/y5686e08.htm> (дата звернення 15.11.2022 р.)

УДК 656.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ТА ВАНТАЖОВЛАСНИКІВ ШЛЯХОМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СХОРОННОСТІ ВАНТАЖІВ

IMPROVING THE INTERACTION BETWEEN RAIL TRANSPORT AND CARGO OWNERS BY ENSURING CARGO SAFETY

Аспіранти Д.О. Грунський, О.Ю. Давиденко

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

D. Hrunskyi, O. Davydenko postgraduate

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Розвиток системи регулювання вагонного парку, який традиційно зведено до розробки та реалізації системи управління процесом раціонального переміщення вагонів із районів, де має місце їх надлишок, в райони з їх нестачею є важливою задачею в процесі реформування галузі. Разом з цим, питання, які пов'язані з раціональним забезпеченням виконання замовлень вантажовласників по формуванню составів поїздів за умови виконання

перевезень необхідної номенклатури вантажів, не вирішено в повному обсязі та залишаються актуальними на сьогоднішній день.

Разом з об'єктивними причинами незадовільного використання і тривалого знаходження вантажних вагонів на місцях незагального користування є суб'єктивні фактори затримки вагонів в зоні відповідальності підприємств. При цьому вагони використовуються нераціонально в умовах їх дефіциту.

Потрібно відмітити, що значну частину часу займають операції з виконання технічного та комерційного оглядів рухомого складу, які необхідні для подальшого надання транспортних засобів під навантаження та виконання замовлень вантажовласників. Виявлення вагонів у стані необхідної комерційної придатності під навантаження надає можливості забезпечення вантажовідправників рухомим складом необхідної придатності, збільшуючи обсяги перевезень та зменшуючи кількість відмов у наданні рухомого складу, таким чином поліпшуючи обслуговування клієнтів та підвищуючи конкурентоспроможність залізничного транспорту [1].

Поняття придатності рухомого складу для перевезення вантажу в комерційному відношенні конкретизовано у Роз'яснення президії Вищого господарського суду України та "означає таку технічну та комерційну справність рухомого складу, від якої залежить схоронність конкретного вантажу".

Для покращення ефективності регулювання рухомого складу в роботі пропонується проведення удосконалення методів управління перевізним процесом, а саме системи розподілу рухомого складу полігону залізниці за рахунок створення додаткових функцій або підсистеми у відповідній системі підтримки прийняття рішень, які нададуть можливість визначення наявності рухомого складу необхідного рівня придатності під навантаження того чи іншого вантажу [2], а також скоротити час знаходження вантажних вагонів на технічних станціях в очікуванні подавання під навантаження та на під'їзних коліях підприємств.

Це можливо за умови розробки критерію оцінювання придатності вагонів в комерційному відношенні під навантаження певного вантажу, що визначений інтенсивністю їх використання, який дозволить визначити рівень комерційної придатності рухомого складу, що необхідний для забезпечення якісного перевезення вантажу та задоволення потреб вантажовласників щодо надання рухомого складу необхідної категорії придатності [3].

[1] Ломотько Д.В., Ковальов А.О., Ковальова О.В. Аналіз та удосконалення існуючих підходів до раціонального розподілу транспортних ресурсів / Зб. наук. праць Укр. держ. університету залізнич. трансп. Харків: УкрДУЗТ. 2015. Вип. 156. С. 42-47.

[2] Ломотько Д.В., Ковальов А.О., Ковальова О.В. Формування нечіткої системи підтримки прийняття рішення щодо придатності у комерційному відношенні рухомого складу при його розподілі / Восточно-Европейський журнал передових технологій. 2015. Вип. 6/3 (78). С. 11-17.

[3] Ломотько Д.В., Бронза С.Д., Ковальова О.В. Науковий підхід до визначення оцінки якості транспортних ресурсів залізниць / Залізничний транспорт України. 2012. № 3/4. С. 31-33.

**ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ В
КОНТЕЙНЕРАХ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ**

**ORGANIZATION OF TRANSPORTATION OF GRAIN LOADS IN
CONTAINERS IN INTERNATIONAL COMMUNICATION**

*Магістранти Є.Б. Горященко, Ю.О. Живогляд, Ю.С. Копин
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*E. Horiashchenko, Y. Zhyvohliad, Y. Kopyn magistrate
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Останніми роками Україна розширює свої економічні зв'язки з різними країнами світу. Сектор агрологістики є однією з найприбутковіших галузей українського експорту. Україна увійшла в число провідних країн-експортерів зерна. Недосконалість існуючої транспортно-логістичної системи перевезень зерна знижує конкурентоздатність українських сільгоспвиробників, як на міжнародному, так і на внутрішньому ринках.

Виявлено, що існуюча транспортно-логістична система перевезень зерна не відповідає існуючим потребам в перевезеннях і не дає змоги повністю реалізувати поставлені задачі. Реалізація експортного зернового потенціалу передбачає зменшення обмежень по пропускній спроможності внутрішньої логістичної інфраструктури (автомобільний, залізничний, водний транспорт).

Виходячи з аналізу існуючої системи є доцільним змінити організацію роботи як системи транспортування, так і системи зберігання зернових. Ключову роль відіграє вузловий елеватор, на якому мають формуватися відправницькі маршрути. Також можливе перевезення зернових вантажів в контейнерах. Для цього необхідно розробити та дослідити моделі організації роботи з контейнерами, за допомогою яких можливо підвищити ефективність функціонування контейнерних пунктів. Метою дослідження таких моделей є скорочення часу знаходження вагонів на контейнерних площадках та експлуатаційних витрат на їх переробку. За допомогою одержаних результатів моделювання можна заздалегідь спланувати необхідні розміри навантаження і вивантаження, а також визначити необхідне для перевезення таких контейнерів число транспортних засобів [1].

Також треба враховувати організацію прикордонних станцій, що є найважливішими ланками, від чіткості роботи яких залежить рівномірність і ритмічність роботи міжнародних транспортних коридорів, терміни доставки вантажів, ступінь використання технічних засобів транспорту. Моделювання процесу обробки вантажного вагонопотоку на прикордонній станції, що базується на прогнозуванні поведінки складної системи, якою є прикордонна станція, необхідне для правильного прийняття управлінських рішень на різних рівнях керування просуванням вагонопотоку [2]. Впровадження

запропонованих підходів дозволить досліджувати перехідні режими в системі «Прикордонна станція», а також визначати середню чисельність вагонів у кожному стані, час ліквідування черг і виходу системи в стаціонарний режим роботи при заданому технічному оснащенні та обсязі вагонопотоків, що сприятиме скорочення простою транзитного вагона без переробки.

[1] Григоренко О.Ю. Удосконалення технології переробки контейнерів. Інтелектуальні транспортні технології: тези доповідей 3 міжнар. наук.-техн. конф. (Харків, 22-23 листопада 2022 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2022. С. 115-117.

[2] Ломотько Д.В., Бронза С.Д., Овчів М.Ж. Розподіл імовірності станів системи обороту вагонів на залізничному вузлі. Загальне рішення. Частина 1. / Залізничний транспорт України : науково-практичний журнал. 2012. № 6. С. 44-46.

УДК 629.4:621.387.8(045)

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

THE FEATURES OF THE USE OF ELECTRIC VEHICLES

*Канд. техн. наук, доц. О.Д. Почужевський, студентка, В.Ю. Федірко
Криворізький національний університет (м. Кривий Ріг)*

*Ph.D., associate professor O.D. Pochuzhevsky, student, V.Yu. Fedirko
Kryvyi Rih National University (Kryvyi Rih)*

Зростання кількості транспорту з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) створює на сьогоднішній час значні проблеми, які необхідно невідкладно вирішувати. Вирішити, в деякій мірі, ці проблеми може використання електромобілів. Це сучасні колісні транспортні засоби, які використовують у якості рушія електродвигун, що живиться від батареї.

Електромобілі, в переважній більшості, заряджаються вночі, біля житла власників. Як показує аналіз, широке використання електромобілів зумовлене не тільки стимулюванням купівлі з рекламних проспектів екологічно безпечних транспортних засобів, що насправді не є таким, але й нижчою вартістю їх експлуатації [1].

Використання електромобілів дає їх власникам ряд переваг. Це незначні витрати на експлуатацію та технічне обслуговування, оскільки відсутня коробка передач, немає необхідності в заміні масляного, повітряного, паливного фільтрів, масла в двигуні, ременів газорозподільчого механізму.

Електромобілі, що використовуються як таксі є у Луцьку, вони мають щоденний пробіг біля 180 кілометрів. Nissan Leaf 2015 року випуску, на повному заряді батареї проїжджає до 100 кілометрів. Тобто, однієї нічної зарядки батареї не вистачає. З метою вирішення цієї проблеми альтернативою є накопичення енергії в нічний час. Використання змінних АКБ вирішить проблему пікових навантажень на мережу, при цьому такий варіант розповсюджений у Китаї – там власник заїжджаючи на заправну станцію не заряджає свою батарею витрачаючи купу часу,

а просто замінює її на вже заряджену – метод схожий по аналогії з фондом оборотних агрегатів.

В Україні ще у 1952 році, було створено електросамоскид КрАЗ, вид вантажного транспорту. Працював як і звичайний тролейбус: він рухався за допомогою двох натягнутих тролей і пантографу — і таке нововведення дало значну економію дизельного палива. Також паралельно в 50х роках з'явилися тролейвози, які стали так би мовити першим поштовхом у розвитку електромобілів. І вже потім через роки внесли свій внесок у механізм створення Ілоном Маском знаменитої марки Tesla.

На сьогодні у сучасному світі, де сталість навколишнього середовища та раціональне використання ресурсів стають все важливішими завданнями, електромобілі займають особливе місце у транспортній індустрії [2].

Однією з найбільших переваг електромобілів у вантажоперевезеннях є їхня екологічність (без врахування етапу виготовлення та утилізації) та здатність знижувати викиди шкідливих речовин у повітря. Більш того, використання електромобілів у вантажоперевезеннях може забезпечити економію витрат на паливо.

Одним із викликів, з якими можуть стикнутися електромобілі у вантажоперевезеннях, є інфраструктура зарядних станцій. Розширення мережі зарядних станцій є важливим кроком для забезпечення покриття всіх міських районів. У підсумку, використання електромобілів у вантажоперевезеннях має великий потенціал для створення сталого та ефективного міського середовища.

Використання електромобілів дає змогу зменшити викиди CO₂ в атмосферу і, як наслідок, зменшити парниковий ефект викликаний транспортними засобами з двигунами внутрішнього згорання.

Електромобіль не забруднює повітря при експлуатації. Також важливим є правильне використання заряду батареї, тобто стиль водіння електромобіля. Правильне водіння призводить до раціонального використання заряду батареї, збільшує пробіг автомобіля на одному заряді до 20% [2].

Незважаючи на позитивні моменти, масове використання електромобілів може створювати деякі проблеми у електромережах [3]. Так, дослідниками встановлено, що збільшення кількості електромобілів на 30 % може викликати зміну напруги на 10,3%, особливо в період з 17:00 год. до 20:00 год.

Крім того, зарядка електромобілів збільшує пікове навантаження на енергосистему. Це призводить до зменшення строку служби трансформаторів та інших елементів енергосистеми [4].

Наступний етап розвитку електромобілів є створення безпілотних транспортних засобів, частково вони використовуються на складах громадському транспорті і мають одну з характерних рис транспорту майбутнього. Наприклад, у Nissan Ariya є система ProPilot – вдосконалена система допомоги під час водіння, яка не тільки дуже зручна у використанні, але й полегшує більшість функціональних можливостей безпілотного автотранспортного засобу.

Підсумком є наступне – поступово в цій сфері сприятиме подальша консолідація ринку безпілотників, де партнерство між ІТ-компаніями й промисловими підприємствами вже стає буденним явищем. Так, наприклад, Міністерство фінансів Великої Британії передбачає масштабні інвестиції у розвиток

безпілотних автомобілів, технологію зв'язку 5G та станцій підзарядки електромобілів.

[1] Маруніч В.С., Шморгуна Л.Г. Організація та управління пасажирськими перевезеннями: підручник . К.: Міленіум, 2017. 528 с.

[2] Бажинов О.В., Кравцов М.М. Небезпека транспортних засобів: монографія . Харків: ЧП Стариченко Л.А., 2022. С. 51-55.

[3] Горова К. О., Шевердіна А. В. Актуальність застосування електромобілів в Україні . Проблеми і перспективи розвитку підприємництва. 2015. № 3(1). С. 105-107. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/pirpr_2015_3%281%29__22 (дата звернення: 20.02.2023).

[4] Shafiee, S.; Fotuhi-Firuzabad, M. Rastegar, M. Investigating the impacts of plug-in hybrid electric vehicles on power distribution systems. IEEE Trans. Smart Grid . 2013. 4. P. 1351–1360.

УДК 628.926:621.38:502.131

НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ ПОЯВИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ЕКОЛОГІЮ НАШОЇ ПЛАНЕТИ

THE NEGATIVE IMPACT OF THE APPEARANCE OF ELECTRIC CARS ON THE ENVIRONMENT OF OUR PLANET

Д-р. техн. наук., проф. М.В. Радкевіч¹,

канд, техн. наук, доц. О.Д. Почужевський², А.Д. Гапіров³

¹*Національний дослідницький університет «Ташкентський інститут інженерів іригації та механізації сільського господарства», (м. Ташкент, Узбекистан),*

²*Криворізький національний університет (м. Кривий Ріг, Україна)*

³*Ташкентський державний транспортний університет (м. Ташкент, Узбекистан)*

Ph.D., associate professor, doctor of technical sciences, professor.

M.V. Radkevich¹, Ph.D., associate professor O.D. Pochuzhevsky², A.D. Gapirov³

¹*National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Mechanization of Agriculture Engineers" (Tashkent, Uzbekistan),*

²*Kryvyi Rih National University (Kryvyi Rih, Ukraine),*

³*Tashkent State Transport University (Tashkent, Uzbekistan)*

Сьогодні спостерігається стрімкий розвиток електромобільної промисловості, який обіцяє змінити наше співсусідство з автомобільним транспортом та зменшити вплив транспорту на навколишнє середовище. Електромобілі стали символом чистої та зеленої технології, проте їх поява також призвела до нових екологічних викликів і питань. Отже питання, пов'язані з негативним впливом появи електромобілів на екологію нашої планети є актуальними.

Однією з найважливіших складових електромобілів є їхні батареї. Вони забезпечують зберігання електроенергії та визначають дальність подорожей на електромобілях. Проте виробництво та обробка батарей мають значний негативний екологічний вплив, а саме:

- Видобуток рідкісних металів: Більшість сучасних літєвих батарей містять рідкісні метали, такі як кобальт, літій, нікель та інші. Видобуток цих ресурсів часто пов'язаний з деградацією природних екосистем та серйозним забрудненням навколишнього середовища. Наприклад, видобуток кобальту у Конго часто

супроводжується несанкціонованими шахтами, які ведуть до забруднення водних джерел токсичними речовинами та спричиняють екологічні катастрофи.

- **Енергоємність виробництва:** Виробництво батарей вимагає великої кількості енергії, яка отримується з вугільних або газових електростанцій. Це може призвести до викидів вуглецю та інших речовин, які впливають на атмосферу та клімат.

Крім накопичувачі енергії, негативний вплив здійснює й сам транспорт та інфраструктура. Електромобілі, хоч і не викидають викиди на рівні використання, все одно мають вплив на екологію через інфраструктуру та процеси виробництва:

- **Інфраструктура зарядних станцій:** Збільшення кількості електромобілів вимагає розвитку інфраструктури для зарядки. Це може призвести до розробки нових територій під інфраструктуру, що може вплинути на природні екосистеми та біорізноманіття. Наприклад, зведення зарядних станцій у прибережних районах може мати негативний вплив на місцеві морські екосистеми.

- **Виробництво транспортних засобів:** Виробництво електромобілів також потребує енергії та ресурсів. Великі заводи для виготовлення автомобілів можуть призводити до забруднення повітря та води, а також використання великої кількості води для охолодження та інших процесів.

І мабуть питання яке необхідно вирішувати сьогодні це використання та вторинна обробка батарей. Однією з головних переваг електромобілів є тривалий термін служби їхніх батарей, однак після закінчення терміну служби батарей, виникає питання вторинної обробки та видалення:

- **Вторинна обробка:** Питання вторинної обробки батарей стає важливим, оскільки вони містять матеріали, які можуть бути шкідливими для навколишнього середовища, якщо не оброблятимуться належним чином. Викиди зношених батарей можуть містити токсичні речовини, які можуть потрапити в ґрунт і водні джерела.

- **Видалення та утилізація:** Правильне видалення та утилізація старих батарей також є важливим завданням. Якщо це не виконується належним чином, вони можуть залишатися в середовищі як небезпечні відходи.

Незважаючи на наявність негативних аспектів впливу електромобілів на екологію, ці питання можуть бути вирішені шляхом розвитку більш сталої електромобільної індустрії, а саме:

- **Альтернативні матеріали:** Розвиток технологій для створення батарей без рідкісних металів або з меншим використанням цих матеріалів може зменшити негативний вплив видобутку.

- **Використання відновлюваної енергії:** Зменшення викидів виробництва батарей за рахунок використання відновлюваної енергії в процесах виробництва.

- **Ефективна вторинна обробка:** Вирішення проблем вторинної обробки важливо для зменшення негативного впливу електромобілів.

Отже поява та використання нових технологій допоможе не лише в момент експлуатації електромобілів, алей й під час створення та їх утилізації – отримати користь із відпрацьованих батарей та зменшити навантаження на природне середовище.

Таким чином поява електромобілів ‘ важливим кроком у зменшенні викидів парникових газів та забруднення повітря в містах. Проте важливо розглядати їхній вплив на екологію як комплексний процес, який включає виробництво батарей,

інфраструктуру, використання та вторинну обробку. Зростаюча популярність електромобілів ставить перед нами виклик знайти баланс між перевагами та негативними впливами, і розвивати більш сталу та екологічно прийнятну електромобільну індустрію. Нашою метою має бути створення автомобільного транспорту, який б допоміг забезпечити нашу мобільність, не посягаючи на природне середовище нашої планети.

[1] Life_Cycle_Assessment_of_Greenhouse_Gas_Emissions_from_Plug-in_Hybrid_Vehicles_Implications_for_Policy. Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/5139850>. – Назва з екрану

[2] IEA (2021), Global EV Outlook 2021, IEA, End-of-life management: Electric vehicle batteries. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>. – Назва з екрану

УДК 656 : 330.4

ОТРИМАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ З БІНАРНИМИ НЕЧІТКИМИ ВІДНОСИНАМИ

OBTAINING the OPTIMAL VALUE of the OVERLOAD PARAMETERS BASED on the BINARY FUZZY RELATIONSHIP MODEL

*канд. техн. наук С.А. Разгонов, канд. техн. наук І.Ю. Леснікова,
канд. техн. наук Н.В. Халіпова
Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

*Serghii Razghonov, PhD (Tech.), Irina Lesnikova, PhD (Tech.),
Natalia Khalipova, PhD (Tech.)
University of Customs and Finance (Dnipro)*

Використання сучасних інтелектуальних систем прийняття рішень швидко стає незамінним інструментом для проектування та управління мультимодальними мережевими структурами ланцюгів постачання. Так як більша частина факторів відноситься до категорії суб'єктивної, практичні результати можуть бути оброблені як інструментами на базі теорії систем масового обслуговування і методами імітаційного моделювання, так і методами з використанням апарату нечітких множин.

Методи нечіткої логіки мають широке застосування у багатьох областях і є одним із найкращих засобів для вирішення проблем невизначеності, виявлених у наборах даних [1–4].

В доповіді запропоновано модель розв'язання транспортної задачі при організації мультимодальних перевезень. Цільова функція задає такі параметри взаємодії автомобільного та залізничного транспорту, при яких можна було б якнайбільш скоротити час перебування іноземних вагонів на території країни та витрати коштів на реалізацію були б якомога меншою.

Процедура побудови нечіткої моделі на основі бінарних нечітких відносин A

та B полягає в наступному. Для побудови першого відношення використано два базисні множини X і Y . Для другого – Y і Z . Прийнято, що множиною X описано кінцеву множину властивостей параметрів: $X=\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$. Y – множина атрибутів якісних показників параметрів перевантаження (швидкість доставки, ціна, термін зберігання та ін), $Y=\{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6\}$. Z – множина показників, $Z=\{z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6\}$. Відношенням A описувалися властивості параметрів, а відношенням B – якісні показники параметрів перевантаження.

Ступінь відповідності властивостей відомих параметрів з боку якісних показників параметрів буде суттєво вищою (1,0...0,9...0,8) порівняно з варіантом параметра, що використовується не часто (мало відомі) (0,8...0,7). Якщо буде вибір між властивостями параметрів, то з більшою ймовірністю однакові властивості будуть віднесені до одного параметру. Дещо менший ступінь відповідності (0,6...0,4) буде до параметра, з яким немає прямої відповідності властивостей, але має високі якісні показники параметру. Відповідно, найменший ступінь відповідності (0,3...0) буде відповідати параметру, що використовується рідко. Тому замість суб'єктивних показників розглядалися у відповідності інші показники – якісні показники параметрів перевантаження. Припускалося, що значення функцій приналежності були отримані експертним шляхом та в результаті машинного моделювання. Далі складається композиція двох нечітких бінарних відношень $A \otimes B$ та визначається функція приладдя. Отримана матриця переводиться в табличну форму та здійснюється зворотна підстановка до кількісних показників перевантаження. Таким чином може бути отримана результуюча матриця на підставі нечіткої композиції відношень.

Запропонований підхід дозволяє скласти таблиці переваг різних об'єктів та їх атрибутів, на основі яких можуть прийматися рішення щодо сукупності показників. Алгоритм є відносно легким у програмуванні і дозволяє впроваджувати його в експертні системи для прийнятті рішень та дозволить запровадити властивості адаптивності логістичних потоків (насамперед матеріальних). При застосуванні на практиці можливі обмеження, пов'язані з експертної оцінкою ступеню відповідності властивостей параметрів з боку якісних показників параметрів для формування функції належності. Це пов'язано з використанням експертами рангової шкали. Друге обмеження пов'язано з припущенням відносно знаходження вагових експертних оцінок на базі середніх значень за Колмогоровим та/або Коші, а саме застосування середніх у конкретній шкалі з отриманням стійких результатів.

Як перспективи розвитку цього дослідження може бути розширення запропонованого підходу до моделювання на більш узагальнені мультимодальні мережі з великою кількістю станції стикування, перевантажувальних районів і перевантажувальних фронтів.

[1] Razghonov, S., Lesnikova, I., Kuznetsov, V., Kuzmenko, A., Khalipova, N., Chernikov, D., Zvonarova, O., Prokhorchenko, H., Horulia, M., & Bekh, P. (2023). Building models to optimize vehicle downtime in multimodal transportation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(3 (123)), 68–76. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.283172>

- [2] C. Kalpani Dissanayake (2015) FUZZY LOGIC APPLICATIONS IN SUPPLY CHAIN PERFORMANCE MEASUREMENT. // Conference: 36th International Annual Conference of the American Society of Engineering Managers 2015 At: Indianapolis, IN. <https://www.researchgate.net/publication/301956996>
- [3] Kayikci, Yasanur & Karakaya, Elif. (2017). An OPTIMAL ROUTE SELECTION MODEL USING FUZZY LOGIC in MULTIMODAL FREIGHT TRANSPORT NETWORK. // July 2017. Conference: The 22nd International Symposium on Logistics At: Ljubljana, Slovenia. https://www.researchgate.net/publication/320264673_An_Optimal_Route_Selection_Model_Using_Fuzzy_Logic_in_Multimodal_Freight_Transport_Network
- [4] Faiza, Mahi & Nait Sidi Moh, Ahmed & Fatima, Debbat & Khelfi, Mohamed-Faycal. (2013). MODELLING and CONTROL of a MULTIMODAL TRANSPORTATION SYSTEM USING HYBRID PETRI NETS WITH FUZZY LOGIC. Int. J. of Systems. 5. 255 - 275. 10.1504/IJSCC.2013.058179. https://www.researchgate.net/publication/264816440_Modelling_and_control_of_a_multimodal_transportation_system_using_hybrid_Petri_nets_with_fuzzy_logic

УДК 656

ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ УПРАВЛІННЯ ПОСТАЧАННЯМИ І ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В РОЗПОДІЛЬЧІЙ СИСТЕМІ

JUSTIFICATION OF EFFECTIVE PARAMETERS OF SUPPLY MANAGEMENT AND ROAD TRANSPORTATION TECHNOLOGY IN THE DISTRIBUTION SYSTEM

*канд. техн. наук Н.В. Халіпова, канд. техн. наук І.Ю. Леснікова,
канд. техн. наук С.А. Разгонов
Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

*Nataliia Khalipova, PhD (Tech.), Irina Lesnikova, PhD (Tech.),
Serghii Razghonov, PhD (Tech.)
University of Customs and Finance (Dnipro)*

Аналіз проблем та перспектив організації доставки вантажів в розподільчій системі постачань вказує на необхідність розробки науково обґрунтованих заходів щодо підвищення ефективності транспортно-логістичних процесів. За результатами аналізу літературних джерел встановлена необхідність забезпечення надійного транспортного процесу та визначення його характеристик. Результати дослідження стану транспортно-логістичного бізнесу в світі, визначення перспектив його розвитку в Україні, особливості функціонування автотранспорту в межах логістичних систем і логістичних ланцюгів, аналіз структурних схем доставки товарів та їх транспортного забезпечення, потреба у застосуванні сучасних методологій для дослідження й обґрунтування розвитку автотранспортної галузі, визначення оптимальних маршрутів доставки товарів розглядається в [1-4].

Доповідь присвячена аналізу основних проблем та перспектив ефективної організації доставки вантажів в розподільчій системі постачань. Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу постачання товарів шляхом

формування раціональної розподільчої системи та вибору параметрів управління постачаннями і технології автомобільних перевезень.

Порівняльний аналіз програмних пакетів імітаційного моделювання дозволив зупинитися на сучасному засобі імітаційного моделювання AnyLogic, що поєднав системну динаміку, моделі дискретних систем, дискретно-подійний підхід та агентне моделювання, а починаючи з версії 7.2 – можливість використовувати вбудовану базу даних, можливість інтегруватися з ERP і CRM системами та окремими їх модулями, а також з базами даних.

Моделювання передбачає поставки продукції парком власних автомобілів в Дніпропетровській області. Склади розташовані в м. Павлоград, Новомосковськ, Синельникове, Дніпро, та в СМТ Межова та Петропавлівка. У даній моделі використано 6 агентів, 14 параметрів, 10 змінних та 6 подій. Відповідно до вимог транспортної логістики дана модель описує поставки необхідного товару, для чого було введено перевірку на складах достатньої його кількості відповідно до замовлення. Вона відбувається на об'єкті **Delivery** у події **createOrder**. Ефективні характеристики транспортного засобу визначаються, по-перше тим, що вибирається відповідна вантажівка. По-друге, відбувається вибір найближчого складу з доступною кількістю товару, а після доставки замовлення, вантажівка повертається на найближчий склад. Тобто забезпечується рух оптимальним маршрутом. Крім того, товар буде доставлений саме в ту точку, звідки надійшло замовлення.

В процесі реалізації моделі було вирішено такі оптимізаційні завдання : максимізація прибутку при зміні кількості складів; максимізації прибутку при змінному розмірі автопарку; урахування зміни двох параметрів – кількості складів та кількості вантажівок.

При варіації двох параметрів – складів від 1 до 6 і вантажівок від 1 до 20, число можливих комбінацій дорівнює 120. У процесі експерименту було розглянуто всі можливі комбінації, при 48 годинах роботи підприємства. Максимум прибутку у 68139 грн. було досягнуто при 2 складах та 11 вантажівках. Порівнюючи результат третього із першим оптимізаційним експериментом, варто відзначити, що прибуток зріс практично на 50% за рахунок значного розширення автопарку. У порівнянні з другим оптимізаційним експериментом прибуток виріс незначно, оскільки можливість варіювати кількість вантажівок вже забезпечила значну зміну прибутку другому експерименту. Однак збільшення прибутку спостерігається. Досягається воно за рахунок скорочення числа складів, як наслідок витрат на їх утримання, і збільшення автопарку, що компенсує зменшення кількості складів.

Моделювання функціонування розподільчої системи на прикладі Дніпропетровської області дозволило встановити доцільність використання на розвізних маршрутах автомобілів середньої вантажопідйомності та визначити оптимальну кількість розподільчих складів [5]. Аналіз залежності витрат на транспортування вантажів від параметрів розподільчої системи свідчить, що існують такі значення загальної кількості складів, кількості розподільчих центрів, вантажопідйомності автомобілів задіяних у перевезеннях, за яких загальні сумарні витрати мають мінімум.

- [1] Рославцев, Д. М. (2007). *Ефективність функціонування логістичного ланцюга : транспорт, посередник, реалізатор* (дис. канд. техн. наук). Харківська національна академія міського господарства. Харків
- [2] Потаман, Н. В. (2010). *Вибір раціональної кількості складів в ланцюгу постачань торгівельних вантажів автомобільним транспортом в міжрегіональному сполученні* (автореф. Дис/ канд. техн. наук). Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. Харків, Україна
- [3] Мусатенко, О. В. (2017). Методика формування раціональної розподільчої системи доставки товарів. *LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей*. 328.
- [4] Шевчук, Я. В. (2011). Імітаційне моделювання автотранспортної інфраструктури. *Економика и управление*. (5). 68-73. Вилучено з : <http://simulation.su/uploads/files/default/2011-shevchuk-1.pdf>
- [5] Кушнір, Ю. Д., Уткін, Г. Д., Тесленко, В. І. & Халіпова, Н. В. (2021). Організація ефективного процесу доставки вантажів в розподільчій системі на основі імітаційного моделювання. *International scientific journal «Grail of Science»*. (11). 266-275. DOI 10.36074/grail-of-science.24.12.2021.044

УДК 656.135.2: 631.1

ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМНИХ АСПЕКТІВ В АГРОЛОГІСТИЦІ І ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ АПК

WAYS TO SOLVE PROBLEM ASPECTS IN AGROLOGICAL AND TRANSPORT AND LOGISTICS CAPACITIES OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

В.В. Заєць, канд. техн. наук С.І. Бондарєв

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

V.V. Zaiets, S.I. Bondariev, PhD (Tech.)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

В сучасних умовах розвитку аграрного бізнесу в Україні, яка належить до великих аграрних країн світу, логістика характеризується складними соціальними та економічними процесами щодо створення ефективної ринкової економіки. Вона потребує значних змін цілого ряду положень економічної політики. І це насамперед стосується аграрного виробництва, оскільки воно є основою для здійснення ринкових перетворень у всіх сферах економічної стабільності України.

В Україні аграрна логістика почала активно розвиватися недавно, але бізнес вже в повній мірі оцінив роль і високу ефективність логістики. За деякими даними втрати продукції АПК через недостатньо розвинену, нескоординовану, неінтегровану й слабо ефективну логістику складають до 1/3 річного обсягу продукції комплексу [1].

Нагальними являються інтегровані логістичні підходи стосовно продовольчого комплексу, де спостерігаються великі обсяги зберігання сільськогосподарської сировини та готової харчової продукції [2]. Отже величезні її запаси, які за невідповідних умов та тривалих термінах зберігання швидко псуються (на відміну від непродовольчих товарів, яким загрожує лише «моральне» старіння).

Завдання зменшення сукупних витрат на одиницю кінцевого продукту означає в логістичному сенсі, що в системі англологістики слід окремо виділяти, наприклад, систему логістики продовольчого комплексу, куди входять галузі сільського господарства і переробки, які поставляють населенню продукти харчування, а також підприємства, які постачають засоби виробництва для перших, займаються заготівлею та транспортуванням продовольчих товарів [1].

Отже, до завдань логістичної інфраструктури в АПК відносять наступні складові:

1. Звільнення сільськогосподарських підприємств від функцій виконання логістичних операцій з постачання, транспортування, зберігання продукції та ін.
2. Забезпечення умов для збільшення обсягів виробництва, поліпшення якості та збереження сільськогосподарської продукції.
3. Підвищення економічної ефективності агропромислового виробництва шляхом зменшення логістичних витрат.

Формування логістичної інфраструктури АПК залежить від багатьох чинників: ґрунтово-кліматичних, рельєфу, клімату, конфігурацій земельної території, місцезнаходження господарств, стану та густоти шляхів, особливостей технологій, розміщення виробничих об'єктів, рівня спеціалізації і концентрації тощо [3].

Основним показником економічної ефективності логістичної інфраструктури є окупність витрат на створення та функціонування відповідних об'єктів, служб і підрозділів. Основними шляхами підвищення ефективності використання автотранспорту в АПК є: а) підвищення коефіцієнтів технічної готовності та використання автомобілів, їх вантажопідйомності та пробігу; б) запровадження двозмінної роботи; в) використання причепів (автопоїздів); г) поліпшення стану доріг; д) механізація та скорочення термінів вантажно-розвантажувальних робіт; е) поліпшення конструктивних якостей автомобілів, зокрема підвищення надійності, вантажопідйомності тощо [4].

Необхідність відпрацювання чіткого взаємозв'язку в системі «людина-машина-рослина, тварина» визначається тією обставиною, що найдрібніший прорахунок у будь-якому її ланці може призвести до значних економічних втрат.

Тому, високий рівень транспортно-логістичної діяльності в АПК забезпечить зменшення транспортно-виробничих проблем зі сторони збільшення рівня насиченості сільського господарства технічними засобами за рахунок використання меншої кількості транспортних засобів, але при цьому обсяги перевезених вантажів залишаться незмінними.

[1] Бондарев, С.І. Організація транспортного забезпечення сільських територій: навчальний посібник [Текст] : навчальний посібник / Бондарев С.І. – К.: Компрінт, 2020. - 412 с.

[2] Ніценко, В. С. Методологія дослідження функціонування вертикально-інтегрованих структур агропродовольчої сфери [Текст] : Наукові праці Національного університету харчових технологій. В. С. Ніценко, І. А. Дворніков. - 2015. - Т. 21, № 4. - С. 60-70.

[3] Проблеми та напрямки підвищення конкурентоспроможності виробників зерна [Текст] : Збірник «Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління» // В. С. Ніценко, І. А. Дворніков // Том 14. Вип. 2 (30), 2015 - 22-31 с.

[4] Bondariev, S. I. Algorithm for optimization of production processes and passenger transportation operations [Текст] : Machinery & Energetics / S. I. Bondariev. - 2021. V 12(4), P. 95-101.

[5] Гривківська, О.В. і Акуленко, О.О.. Модель процесу функціонування механізму економічної безпеки аграрного підприємства [Текст] : зб. Праць «Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління» //, О.В. Гривківська, О.О. Акуленко. 2023. Т. 22, Ч. 1(53), - С. 54–62.

УДК 338.47: 656.029.4

СКЛАДОВІ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

COMPONENTS OF ECONOMIC EFFICIENCY IN TRANSPORTATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS

I.O. Kapustyn, канд. техн. наук С.І. Бондарєв

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

I.O. Kapustyn, S.I. Bondariev, PhD (Tech.)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

В процесах постачання, виробництва і розподілу товарної продукції вартість транспортної складової може складати третю частину ціни кінцевого продукту. Але в агропромисловому комплексі України транспортні витрати сягають 30% витрат на виробництво і реалізацію продукції. Одним з методів підвищення ефективності транспортного процесу агропродукції є розширення його операцій пакетуванням.

Зазначимо, що витрати на упаковку та пакетування продукції складають в межах 1-2 % вартості доставки вантажів. Зрозуміло, що від рівня якості цих операцій залежить не лише збереження самої продукції, але й витрати на транспортування. Раціональне пакетування дозволяє використовувати дешевшу тару, зменшити трудомісткість вантажних робіт, скоротити втрати в якості продукції, особливо насипних вантажів, істотно зменшити простої і підвищити продуктивність транспорту на вантажних роботах на одиницю площі складських приміщень, зберегти товарний вид продукції тощо. У сільському господарстві доцільно пакетувати продукцію рослинництва і тваринництва, добрива, пиломатеріали, будівельні матеріали, мастильні матеріали, запасні частини до машин і устаткування та іншу продукцію. Однією з причин, які гальмують широке впровадження у виробництво інноваційних технологій пакетування вантажів є відсутність порівняльної оцінки певних елементів ефективності різноманітних переваг пакетування. Отже, вирішення основних аспектів цієї проблеми є актуальні.

Під час використання технології пакетування продукції відповідні складові економічного ефекту постачальника визначають за допомогою наступних дій:

1. Перехід на дешевшу тару (наприклад, з дерев'яної тари на картонні ящики чи термоусадочну плівку);
2. Скорочення робочих, зайнятих на вантажних роботах, автоматизація процесів;
3. Скорочення втрат продукції, а саме насипних вантажів в мішках (цемент, мінеральні добрива, цукор, борошно тощо).
4. Скорочення потреби в складських площах в результаті підвищення продуктивності навантаження на одиницю площі при однаковій кількості продукції. Таким чином, ефективність можна збільшити за рахунок висоти штабелювання пакетованих вантажів;
5. Збереження товарного виду продукції;
6. Скорочення часу простоїв транспортних засобів при виконанні вантажних робіт;
7. Скорочення часу простоїв транспортних засобів в очікуванні виконання вантажних робіт;
8. Розробка заходів з підвищення цін на продукцію, яка поставляється у пакетах;
9. Реалізації пакетованої продукції за кордоном, обумовленої різницею між світовими і внутрішніми цінами.

Для масового запровадження на виробництві технологій пакетування необхідно розробити і реалізувати низку концептуальних заходів, які пов'язані з наступними витратами на: розробку проекту пакетування продукції; придбання піддонів для пакетування; придбання термоусадочної плівки для скріплення товарів, сформованих в одному піддоні; придбання засобів механізації навантажувально-розвантажувальних робіт і устаткування для формування і скріплення плівки; виконання монтажних і пускових налагоджувальних робіт; зарплату з нарахуваннями робітникам, які виконують скріплення вантажів на піддонах плівкою.

Таким чином, нами були обґрунтовані основні напрямки для застосування пакетування сільськогосподарських вантажів.

[1] Докуніхін, В. З. Теорія масового обслуговування [Текст] : навч. посібник / В.З.Докуніхін. - К.: НУБіП України, 2010, 89 с.

[2] Докуніхін, В.З. Підвищення ефективності транспортного процесу в АПК шляхом пакетування вантажів [Текст] : Вісник Національного технічного університету «ХП». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях / В.З. Докуніхін, С.І. Бондарев, В.В. Мельник. – Вип. 50. 2012- С. 50-54.

[3] Бондарев, С. І. Управління якістю автомобільних перевезень [Текст] : навч. посібник /С. І. Бондарев. - , К.: Компрінт, 2019 - 512 с.

[4] Zagurskiy, O., Methods of reliability management in supply chain [Текст] : 22nd International Scientific Conference Engineering for rural development Proceedings, May 24-26, 2023 / O. Zagurskiy, M. Pivtorak, S. Bondariev, O. Demin, I. Kolosok. - Jelgava, Volume 222023. – p. 78-84.

**КОМПОНЕНТИ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТОМ ПРИ
МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ**

**LOGISTICS TRANSPORT COMPONENTS MANAGEMENT IN
INTERNATIONAL TRANSPORTATION**

I.O. Кульбачний, канд. техн. наук С.І. Бондарєв

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

M.F. Kulbachnyi, S.I. Bondariev, PhD (Tech.)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

Підвищення ефективності функціонування транспортної системи полягає у створенні узагальненого показника, який визначає кількісно функції системи з багатьма факторами, які можна взяти за еталон та порівняти кожен окремих і комплексним параметром транспортної системи. При цьому кожен з цих параметрів має свій особливий зміст і відповідну розмірність.

Нами запропоновано методичний підхід для визначення нормативних оціночних значень системи за єдиним, кількісним і універсальним методом оцінки стану показника як абсолютного і відносного. Отже, оцінити якість стану транспортної системи в цілому можна лише за допомогою комплексного інтегрального показника – середньо-квадратичного відхилення з усіх відхилень окремих показників - шляхом зіставлення.

Результати дослідження щодо наукової концепції логістичної інформаційної системи управління транспортом для оптимізації його функціонування в міжнародному транспортному сполученні, дають можливість сформулювати такі основні рекомендації:

1. Процес функціонування транспортного комплексу в міжнародному сполученні характеризується великою складністю, виключно високим динамізмом як потреб, так і управлінських рішень. Розроблений методичний системно-ієрархічний підхід може дозволити визначити основні проблеми розвитку роботи системи транспорту.
2. Запропонований комплексний підхід може мати ефективне втілення в елементах системного аналізу й логістичної концепції. Пропонований в роботі метод керуючих моделей дозволить подолати труднощі, пов'язані зі значними обсягами обчислювальних робіт.
3. Спираючись на проведені дослідження, сформульовані окремі елементи організаційної єдності транспортної системи, надана оцінка рівня забезпеченості послугами вантажного транспорту та підведено підсумок про його зростаючу роль в умовах розвитку міжнародних економічних і науково-технічних зв'язків. Встановлено, що у взаємозв'язках різних видів транспорту є значні резерви для удосконалення методів оптимізації й управління,

4. У виконаній нами роботі сформульовані методичні принципи розв'язання практичних задач з оптимізації й управління функціонування транспорту на міжнародних лініях сполучення, на основі яких: запропоновані заходи щодо вдосконалення методів оптимізації функціонування автотранспорту; обґрунтовані критерії оцінки стану й оптимізації роботи рухомого складу при взаємодії різних видів транспорту при транспортування агропродукції; розроблено алгоритм комплексної оцінки оптимізації роботи транспорту при міжнародних перевезеннях;
5. Розглянуті в роботі об'єктивні передумови складають вихідний фундамент поширення логістичної концепції в сферах виробництва і обігу агропродукції.

Результати аналізу логістичних ланцюгів при перевезенні вантажів у міжнародному сполученні показують, що ситуація, пов'язана з використанням транспорту, об'єктивно вимагає створення і термінового впровадження принципово нової науково обґрунтованої системи стратегічного управління вантажопотоками, заснованої на логістичних принципах руху агропродукції.

[1] Омельченко, О. Д. Створення логістичної системи керування вантажопотоками на залізничному транспорті [Текст] : Зб. наук. пр. ДЕГУТ. Сер. Транспортні системи і технології. О. Д. Омельченко, С. О. Артем-чук // - 2007. - Вип. 12. - С. 141-145.

[2] Бондарев, С. І. Обґрунтування математичної моделі тривалості рейсу при міжнародних автоперевезеннях [Текст] : Восточно-Европейский журнал передовых технологий / С. І. Бондарев. 2013. – Т. 1, № 4 (61). – С. 52–55.

[3] Бондарев, С. І. Логістичні аспекти управління автотранспортом при міжнародних автоперевезеннях [Текст] : Збірник тез доповідей. II Міжнародна науково-практична конференція «Автомобільний транспорт та інфраструктура» / С. І. Бондарев. 2019. – С. 63-66.

[4] Zagurskiy, O.M. Food supply transport and logistics system organizations [Текст] : Machinery & Energetics // O.M. Zagurskiy & T. S. Zhurakovska. 2021, v. 12(4), - P. 53-59.

[5] S. I. Bondariev (2021). ALGORITHM FOR OPTIMIZATION OF PRODUCTION PROCESSES AND PASSENGER TRANSPORTATION OPERATIONS. Machinery & Energetics, 12(4), 95-101.

УДК 631.15:658.27

ОЦІНКА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ГРОМАДСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ

EVALUATION OF TRANSPORTATION QUALITY INDICATORS BY PUBLIC TRANSPORT

І.В. Рожошенко, канд. техн. наук С.І. Бондарев
Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

I.V. Rozhoshenko, S.I. Bondariev, PhD (Tech.)
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

Відомо, що варіативними поняттями у сучасній дослідницькій традиції є «транспортна поведінка» та «мобільність». У наших дослідженнях визначено концептуальні та методологічні відмінності між цими поняттями. Існує дві

інтерпретації: управлінський та теоретико-практичний потік. Управлінський - це мобільність, теоретико-практичний - рухливість. Саме поняття «транспортна поведінка» інтегрує результати кількісних та якісних методів дослідження як ланцюг взаємодіючих актів між пасажиром й транспортною інфраструктурою. Споживча цінність транспортних послуг є основним фактором використання транспорту і транспортної «поведінки». Оскільки цінність для пасажирів - це межа між очікуваннями та «жертвами» пасажирів. Тому виникає питання ціна – якість транспортної послуги. Мобільність пропорційна рівню життя населення, культурі побуту, розвитку продуктивних сил і, найголовніше, розвитку самої транспортної інфраструктури [1].

Транспортні потреби визначаються рівнем транспортної мобільності населення. Мобільність може визначатися співвідношенням кількості пасажирів транспорту до кількості мешканців певної території, індивідуальною мобільністю окремих груп пасажирського населення (студенти, працівники, пенсіонери та ін.) та метою поїздки. Показники мобільності вказують на те, як часто певний сегмент пасажирів користується послугою [2, 3]. Стандарти якості на пасажирських перевезеннях регулюються законодавчими нормами [3]. Однак сама якість не вкладено в контексті оцінки користувачами цих послуг.

Транспортні компанії переважно орієнтуються на стандарти якості, ніж на потреби пасажирів. Для кожної з цих сфер оцінювання система визначає набір критеріїв оцінювання на одному з трьох рівнів [4]: комбіновані характеристики якості; елементарні характеристики якості; «сигнальні» характеристики якості.

Таким чином, із зазначеного зробимо висновок, що внутрішня реальність якості надання пасажирської послуги на громадському транспорті є продуктом відносно суб'єктивним у ряді їх характеристик.

Тому нами запропоновано власне обґрунтування якісних показників транспортної послуги на громадському пасажирському транспорті на основі проведених чисельних досліджень різних соціальних груп населення у великих містах України. Для уніфікації показників якості нами проведений ABC аналіз по основним групам населення - студенти, населення, яке використовує громадський транспорт за діловою спрямованістю, пенсіонери та ін. (табл. 1).

Таблиця 1. Результати проведеного АВС аналізу якісних показників перевезень

Критерій якості транспортної послуги	Доля респондентів по		Категорія АВС
	якості, %	групам, %	
Ціна послуги	17		А
Швидкість переміщення	15		А
Інтервали руху	13	57	А
Наявність вільного простору в салоні	13		А
Пішохідна доступність	10		А
Зручність розкладу	9		В
Надійність транспортного засобу (безпека)	8	29	В
Інформативність (розклад, схема маршруту)	6		В
Розміщення зупинок в центрах тяжіння пасажирів	5		С
Комфорт (мікроклімат, освітлення, якість салону тощо)	2	14	С
Робота водія і кондуктора (вічливість, охайність тощо)	2		С
Всього	100	100	

Як бачимо, показники в категорії «А» набрали майже в 2 рази більше балів ніж «В» і аналогічно відношення груп «В» і «С». «Надійність транспортного засобу (безпека)» оцінений і є у групі «В» (8 %). Більшість пасажирів вважають, що цей показник має бути контрольований організаторами перевезень.

Також проведені опитування пасажирів щодо ціни на перевезення. Їхня думка розділилась по соціальним групам населення, але загальна тенденція майже однакова. Зрозуміло, що наявним на даний час громадським транспортом постійно користуються громадяни у яких цей транспорт являється єдиним видом транспорту і вони мають середній і нижче середнього достаток. Левова частка респондентів готові платити більше за квиток, особливо, якщо будуть задовольнятися показники якості групи «А».

[1] Лойко Д.П. Управління якістю [Текст]: навч. посіб. – 2-е вид. / Д.П. Лойко, О.В. Вотченкова, О.П.Удовіченко, М.А. Котляр. - Львів: «Магнолія 2006», 2010. – 336 с.

[2] Марчук, І. І. Формування критеріїв забезпечення системної ефективності пасажирських перевезень [Текст] : Вісник Національного транспортного університету / І. І. Марчук.– К.: Вип. 9, 2004. – С. 238–242.

[3] Вдовиченко, В. О. Оцінка ресурсних можливостей міського пасажирського транспорту [Текст] : Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Транспортні системи та технології перевезень. / В. О. Вдовиченко. – Дніпропетровськ.: – Вип. 8. 2014– С. 35–39.

[4] Бондарев, С. І. Актуальні проблеми на пасажирському транспорті та взаємовідносин з державою [Текст] : Збірник тез доповідей. VI Міжнародна науково-практична конференція «Автомобільний транспорт та інфраструктура» // С. І. Бондарев. – К.: 2023. – С. 14-16.

ПЕРСОНАЛ ТА ЯКІСТЬ МЕНЕДЖМЕНТУ ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

STAFF AND MANAGEMENT QUALITY OF TRANSPORT ENTERPRISES

I.B. Селик, канд. техн. наук С.І. Бондарєв

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

A.Y. Selyk, S.I. Bondariev, PhD (Tech.)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

Використання систем менеджменту у створенні міжнародних і національних стандартів безперервно зростає і охоплює нові сфери людської діяльності. Одним з основних аспектів стратегічного розвитку професійних трудових ресурсів спрямована на створення умов для навчання, розвитку та вдосконалення професійних навичок з метою підвищення рівня організаційної, командної та індивідуальної ефективності. Основоположними напрямками забезпечення якості представлені в ISO-9000-2000 та ISO-10015-2001.

Діяльність з розвитку трудових ресурсів включає в себе традиційні програми навчання, але особлива увага приділяється розвитку інтелектуального капіталу і стратегії навчання. Індивідуальне навчання на підприємствах визначається їх вимогами до персоналу в області надбання умінь, навичок і типів поведінки. Стратегія організаційного навчання ґрунтується на необхідності інвестування в працівників для досягнення конкурентної переваги організації.

У самонавчанні важливу роль відіграють такі позиції:

- а) систематичний процес вирішення проблем за системою менеджменту TQM;
- б) експериментальна діяльність, що передбачає безперервне організаційне вдосконалення;
- в) навчання на основі минулого досвіду;
- г) Бенчмаркінг - процес виявлення компаній з «найкращою практикою».
- д) Поширення знань персоналу з досвідом в середині колективу;
- е) фокусування на груповому рішенні проблем як основі організаційного удосконалення за допомогою використання командної роботи.

Інтелектуальний капітал організації складається з нематеріальних активів, які можуть відноситись до споживачів (лояльність, бренди тощо), до даної організації (накопичені знання, комерційні секрети, системи й методики) і до індивідуальних виконавців (здібності, особливі вміння та навички, ноу-хау). Остання складова співвідноситься з людським капіталом організації, на який, власне, і спрямовані стратегії з розвитку інтелектуального капіталу.

Баланс активів і пасивів розвитку людського капіталу представлений в таблиці 1.

Таблиця 1 Активи і пасиви розвитку людського капіталу організації

Активи	Пасиви
Безперервне навчання	Епізодичні програми навчання
Сучасні знання і навички	Застарілий досвід
Наступність робочих команд	нестабільність
Загальна доступне знання	Локалізоване знання
Обговорення допущених помилок і навчання на помилках	Практика звинувачення інших у допущених помилках
Широке співробітництво	Ізольованість
Низький рівень втрати перспективних співробітників	Висока плинність кадрів
Відкритість і орієнтованість на споживача	заклопотаність внутрішніми проблемами
Гнучка організація	Жорстка ієрархія

Розвиток інтелектуального капіталу орієнтований на максимізацію активів і мінімізацію пасивів. Розвиток керівних кадрів орієнтовано: на надання менеджерам інформації про те, чого від них очікують в їх роботі і як вона оцінюється; визначення областей невідповідності поточної компетентності менеджерів; виявлення менеджерів, що володіють потенціалом для розвитку і стимулювання їх до складання і виконання планів особистого розвитку; створення умов для розвитку менеджерів і подальшого їх кар'єрного росту; створення системи, яка регулює і контролює цей процес.

Таким чином, призначення стратегій розвитку трудових людських ресурсів полягає в тому, щоб всі співробітники організації мали необхідні знаннями, вміннями, навички і компетентність для виконання поточних і перспективних цілей, поставлених організацією.

[1] Погорелова, Т.О. Система управління персоналом як основний елемент системи управління підприємством [Текст] : Вісник НТУ „ХПІ”. Серія: Технічний прогрес і ефективність виробництва. /Т.О. Погорелова, Ю.І. Ігнат'єва // – Х.: НТУ „ХПІ”. № 21 (994), 2013. - С. 127-134.

[2] Захарова, О.В. Використання управлінської праці на підприємстві: показники та критерії оцінювання [Текст] : Збірник наукових праць ЧДТУ: Серія: Економічні науки / О.В. Захарова. – Черкаси.: ЧДТУ. № 69, 2023. – С. 61-74.

[3] Пасько, М. І. Формування та розвиток системи управління персоналом на сучасному підприємстві [Текст] : Економічні студії: Науково-практ. Журнал / М.І. Пасько, В.В. Самойленко. – Львів.: «Львівська економічна фундація». №1 (27). 2020- С. 139-146.

[4] Бондарєв, С. І. Якість менеджменту управління трудовими ресурсами на автопідприємствах [Текст] : Автомобільний транспорт та інфраструктура: III Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 23–26 квітня 2020 року: тези конференції. - Київ. 2020. _ С. 27-29.

МІЖНАРОДНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ

INTERNATIONAL TRANSPORTATION AND LOGISTICS CHAIN PLANNING

О.О. Іщенко, канд. техн. наук С.І. Бондарєв

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

O.A. Ishchenko, S.I. Bondariev, PhD (Tech.)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

Розглядаючи питання щодо отримання високих прибутків на автотранспорті, необхідні постійний моніторинг та професійні підходи до формування транспортних систем, використання вантажної техніки, робочого персоналу, тари та організаційні розробки з доставки і переміщення будь-яких матеріалів з однієї точки в іншу за оптимальним маршрутом. Отже, вирішення вказаних задач дозволить узгодити логістику взаємопов'язаних виконавчих транспортних ланок, які задіяні у переміщенні вантажів [1].

У рамках виконання якісного транспортного процесу надважливою задачею є складення оптимальних графіків подачі транспорту у заданий час. Проведені дослідження присвячені обґрунтуванню адекватної математичної моделі для узгодження ефективної роботи транспортних і вантажних засобів у заданих часових межах.

Нами запропоновано основну залежність тривалості простоїв з технологічних причин для отримання математичної моделі для визначення часу при виконання міжнародного оборотного рейсу [2]:

$$t_{об} = t_n + t_{розв.} + 2 \cdot n_{мит} \cdot t_{мит} + \frac{L_{об} \cdot (T_{зм} + (N_{пер} t_{пер} + t_{цзо}))}{V_m T_{зм}}$$

де $n_{мит}$ – кількість митниць; $t_{мит}$ - час для проходження митного пункту; $t_{пер.цзо}$ - сумарний час простою (перерви і щоденні відпочинки водіїв; $L_{об}$ – довжини рейсу; $T_{зм}$ – час на виконання зміни; $N_{пер}$ – кількість перерв протягом однієї зміни; $t_{пер}$ - час на проведення однієї перерви водія.

За результатами проведеної роботи нами обґрунтована суть існуючої проблеми щодо узгодження роботи автотранспорту та навантажувально-розвантажувальних засобів складських комплексів при виконанні міжнародних автомобільних перевезень [3].

Проаналізовані ряд організаційних засад щодо режимів роботи та відпочинку екіпажів транспортних засобів у відповідності з вимогами щодо роботи і відпочинку водіїв . Запропонована математична модель для визначення часу виконання міжнародного оборотного рейсу в залежності від обмежень

тривалості роботи і відпочинку водіїв за правилами Європейської угоди щодо роботи екіпажів транспортних засобів.

[1] Бондарев С. І. Оцінка часу руху по ділянках маршруту при міжнародних автоперевезеннях [Текст] / С. І. Бондарев // Автомобільний транспорт та інфраструктура : III Міжнар. науково-практ. конф., Київ, 23 квіт. 2020 р. – Київ, 2020. – С. 169-172.

[2] Бондарев С. І. Обґрунтування математичної моделі тривалості рейсу при міжнародних автоперевезеннях [Текст] / С. І. Бондарев // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 1, № 4 (61). – С. 52–55.

[3] Кавун, Г. М. Економіко-математичні моделі для розрахунку оптимального планування вантажоперевезень в аграрних підприємствах [Текст] // Таврійський науковий вісник. - Серія: Економіка, № 10 (30 грудня 2021). 2021. - С. 38–44.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ
ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ НА ТЕРМІНАЛІ ПО
ПРЯМОМУ ВАРІАНТУ В ІНТЕГРАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ
СИСТЕМАХ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ**

**RESEARCH ON THE ORGANISATION OF THE PROCESS OF SERVICING
CARGO FLOWS AT THE TERMINAL BY THE DIRECT OPTION IN
INTEGRATED TRANSPORT SYSTEMS OF CARGO DELIVERY**

*д.т.н., професор Є.В. Нагорний, О.Ю. Ляшенко
Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Харків)*

*Ye.V. Nagorny, Dr.Sc.(Tech), O. Lyashenko
Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

Сучасна ситуація на ринку міжнародних перевезень вантажів України характеризується повною невизначеністю, а це вимагає від учасників ринку гнучкості та адаптації до умов, що постійно змінюються. З початку військового конфлікту на території України доставка експортно-імпортних вантажів впродовж 2022-2023 рр. здійснюється, переважно, автомобільним та залізничним транспортом. Високий ступінь ризику обумовив відмову західних перевізників обслуговувати вантажопотоки між Україною та країнами Європейського Союзу (ЄС), що надає додаткові потенційні можливості для розвитку вітчизняних перевізників та транспортної галузі, в цілому.

Перебудова логістичних ланцюгів та відтік виробничих потужностей вітчизняних виробників на безпечні території західних регіонів України тільки поглибили основні проблеми вітчизняної транспортної системи доставки вантажів, зокрема, нестачу терміналів для перевантаження на кордоні, а також їх низький техніко-технологічний рівень.

Розвиток транспортно-логістичної системи потребує розробки інноваційних рішень з можливістю адаптації до сучасних умов та подальшої інтеграції з транспортною системою країн ЄС. Транспортна політика ЄС фокусується на створенні Єдиного Європейського транспортного простору, який ґрунтується на співпраці різних видів транспорту та виникненні багатонаціональних і мультимодальних операторів, що створює можливості для більш ефективного управління транспортними процесами. Перш за все, такі рішення, пов'язані з розвитком термінальних систем та формуванням раціональних технологій обслуговування вантажопотоків з метою забезпечення якісного обслуговування замовників та зниження логістичних витрат. При цьому, ефективна взаємодія різних видів транспорту в інтегральній транспортній системі передбачає відповідність пропускнуєї спроможності, наявних виробничих ресурсів рівню попиту на послуги терміналу з метою забезпечення швидкого і вільного транспортування вантажів.

Ідея інтеграції транспортних систем полягає у створенні єдиної та стандартизованої бази для модулів, що входять до складу системи [1], головною метою якої є використання переваг інтеграції, таких як економія ресурсів або створення високоякісних послуг для замовників. Основним елементом інтегральної системи доставки вантажів вважається термінал. Для термінальних комплексів характерна різна потреба в ресурсах в залежності від коливань попиту і застосовуваної технології, а для підвищення ефективності їх функціонування необхідний облік умов невизначеності і ризику, а також обґрунтування технологічних резервів в роботі персоналу і транспортно-складських механізмів [2].

Серед найбільш розповсюджених варіантів обслуговування вантажопотоків на терміналі є прямий варіант (обслуговування здійснюється з прямою перевалкою). За цим варіантом безперебійність процесу забезпечується застосуванням технології на принципах інтероперабельності, за рахунок ритмічності виконання технологічних операцій з перевантаження / навантаження / розвантаження вантажів з автомобільного на залізничний транспорт та узгодження графіків руху видів транспорту, які являються елементами інтегральної системи доставки вантажів.

В результаті аналізу сучасного стану питання визначено перелік проблемних питань організації обслуговування вантажопотоків на терміналі за прямим варіантом в інтегральних транспортних системах. Нагальним питанням підвищення ефективності процесу обслуговування в умовах збільшення обсягу залізнично-автомобільних перевезень вантажів та додаткового навантаження на вітчизняну термінальну систему є формування раціональних технологій обслуговування вантажопотоків на терміналі з метою підвищення ефективності процесу доставки вантажів в логістичних ланцюгах.

В результаті проведеного аналізу існуючих теоретичних підходів щодо вирішення проблемних питань [1-6] визначено необхідність розробки інтегрального показника ефективності, який дозволив би визначати раціональність технології обслуговування вантажопотоків на терміналі за прямим варіантом в умовах наявних ресурсних обмежень та з урахуванням інтересів учасників інтегральної системи доставки.

[1] Шраменко Н.Ю. Теоретико-методологічні основи ефективного функціонування термінальних систем при доставці дрібнопартійних вантажів: Монографія / Н.Ю. Шраменко. Харків: ХНАДУ, 2010. 156 с.

[2] Нагорний Є.В., Наумов В.С., Літвінова Я.В. Імітаційна модель процесу функціонування мультимодального транспортного вузла Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, 2016. 9/2016. С. 80–89.

[3] Шраменко Н.Ю. Методологія ефективної організації термінальної системи доставки вантажів. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. К. : НТУ, 2015. Вип. 1 (31). С. 581-587.

[4] Альошинський Є.С. Основи формування процесу міжнародних вантажних залізничних перевезень : автореф. дис. на здобуття наук. ст. д-ра. техн. наук : 05.22.01 «Транспортні системи» / Є.С. Альошинський. – Харків : Українська держ. ак. залізнич. тр-ту, 2009. – 40 с.

[5] Кириченко Г. І., Стрелко О. Г., Бердніченко Ю. А., Петриковець О. В., Павлюк Є. І. Сучасні тенденції розвитку мультимодальної системи перевезення вантажів. Вчені записки ТНУ ім.В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 30 (69). Ч. 2. № 3, 2019. С. 148–153.

[6] Бутько, Т.В., Ломотько Д.В., Головка Т.В. Удосконалення сумісної роботи портів та залізничних вузлів на основі логістичних. Східно-європейський журнал передових технологій. 2007. №3/6(27). С. 10-16.

**МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ У МІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ**

**THE METHOD OF FORMING A RATIONAL TECHNOLOGY OF
PASSENGER TRANSPORT IN URBAN AREAS**

к.т.н., доцент О.О. Орда, М.В. Михайленко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Харків)

O. O. Orda, Ph.D.(Tech), M.V. Mykhailenko

Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)

Пріоритетним напрямком повоєнної відбудови міст України є вирішення транспортних проблем за рахунок збалансованого розвитку міського громадського пасажирського транспорту (МГПТ), оптимізації структури пасажирських перевезень та підвищення ефективності організації транспортним обслуговуванням населення. Провідна роль МГПТ у забезпеченні нормальної життєдіяльності міст потребує постійного обліку ефективності процесу транспортного обслуговування населення та розробки заходів з її підвищення з позиції логістичного підходу. Застосування логістичного підходу дозволяє враховувати при розробці та прийнятті управлінських рішень інтереси та вимоги всіх учасників процесу. При цьому, забезпечуючи встановлений рівень якості транспортного обслуговування пасажирів на маршрутах МГПТ з переміщенням у визначений час з мінімальними витратами [1-2].

Трудомісткість оцінки якості обслуговування пасажирів на маршрутах МГПТ обумовлює пошук ефективних методів контролю та прийняття рішень щодо формування раціональної технології, оперативного управління процесом перевезень з метою забезпечення адаптивності, надійності, безпечності системи та задоволення потреб населення.

В результаті проведення аналізу існуючих підходів [1-4] запропоновано методику формування раціональної технології перевезення пасажирів на міському маршруті в годину «пік», яка складається з наступних етапів:

- проведення обстеження пасажиропотоків на маршруті в годину «пік» з 7^{00} до 10^{00} год.;
- визначення величини пасажиропотоків на найбільш завантажених перегонах маршруту;
- вивчення та збір даних за допомогою проведення анкетування пасажирів щодо рівня задоволення якістю транспортного обслуговування із ранжуванням складових елементів оцінки та визначення переліку факторів, що викликають незадоволення;

– визначення фактичного значення часу очікування пасажирів автобусу та інтервалу руху автобусів на маршруті в годину «пік», фактичного рівня якості з урахуванням вимог пасажирів та його вартісна оцінка;

– розробка моделі процесу перевезень пасажирів на маршруті із визначенням сукупності елементів системи, керованих факторів та взаємозв'язків між ними та критерієм ефективності (інтервал руху автобусів) з метою визначення функціональних залежностей по результатам моделювання;

– визначення раціональної кількості рухомого складу, потрібного для роботи на маршруті в годину «пік» з урахуванням встановленого значення коефіцієнту заповнення салону транспортного засобу на рівні 1-1,2 з урахуванням переповнення;

– визначення раціонального інтервалу руху автобусів на маршруті в годину «пік» з урахуванням компромісу між інтересами перевізника та пасажирів;

– розробка та прийняття рішення щодо вибору технології підвищення ефективності процесу перевезень пасажирів у годину «пік» з альтернативних: резервування рухомого складу, введення укорочених рейсів або прискореного режиму роботи (експресний або швидкісний рух), взаємодія рухомого складу різних маршрутів при умові, що «пікові» навантаження на них не співпадають одночасно;

– визначення рівня якості послуг за раціональною технологією перевезень пасажирів та його вартісна оцінка. Слід зазначити, що рівень якості має обмеження щодо збільшення, при перевищенні яких підвищення ефективності використання рухомого складу на маршрутах можливо тільки за рахунок зниження якості обслуговування;

– визначення економічного ефекту від застосування раціональної технології на основі порівняння вартісної оцінки рівня якості обслуговування пасажирів фактичного та раціонального.

Запропонований підхід до формування раціональної технології перевезень пасажирів у міському сполученні засновано на вартісній оцінці рівня якості обслуговування, що дозволяє комплексно врахувати інтереси і перевізника, і пасажирів з позиції логістичного підходу.

[1] Вдовиченко В.О. Методологічні основи формування системної ефективності міського громадського пасажирського транспорту в умовах сталого розвитку : монографія. Харків: ХНАДУ, 2017. – 212 с.

[2] Вакуленко К. Є., Доля К.В. Управління міським пасажирським транспортом : навч. посібник. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 257 с. . Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/33759816.pdf>.

[3] Омаров Д.М. Підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень: дисс. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.01. Київ. 2018. 222 с. Режим доступу: http://diser.ntu.edu.ua/Omarov_dis.pdf

[4] Сокульський О.С., Дрозд А. О., Васильцова Н.М. Економіко-математичне моделювання якості пасажирських транспортних послуг на основі нефінансових показників. Економічний вісник НТУУ «КПІ». Київ, 2018. С. 513-519. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/14194/1/75.pdf>.

Секція
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ
ТА СЕРВІС НА ТРАНСПОРТІ

УДК 629.463.027.27-048.35

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНОСУ ГАЛЬМОВИХ КОЛОДОК ВАНТАЖНИХ
ВАГОНІВ

PREDICTION OF WEAR OF BRAKE PADS OF FREIGHT WAGONS

Д.т.н, С.В. Панченко, д.т.н, А.О. Ловська, к.т.н., В.Г. Равлюк
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

S.V. Panchenko Dr. Sc. (Tech.), A. O. Lovska Dr. Sc. (Tech.),
V. G. Ravlyuk PhD (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

У дослідженні виконано прогнозування зносу композиційних гальмових колодок типу 2ТР-11 для модернізованого за технологією УкрДАЗТ пристрою рівномірного зносу гальмових колодок. Зібраний статистичний матеріал в процесі наукового дослідження про зміну геометричних параметрів колодок залежно від пробігу вантажних вагонів в умовах експлуатації піддавався ретельній обробці. Під час обробки матеріалу використано методику статистичних оцінок для визначення зносу гальмових колодок вантажних вагонів у залежності від пробігу вагона з модернізованими пристроями ГВП. В умовах експлуатації вантажних вагонів виконувалося вимірювання зносу гальмових колодок у верхній і нижній частині для пробігів вагонів від 0 до 197,8 тис. км. Чисельність вибірки склала $n=106$.

З метою визначення геометричних розмірів колодок й оцінювання їх параметрів за результатами роботи модернізованих пристроїв ГВП запропоновано математичну модель у вигляді статистичної функції щільності $f(x)$ для випадкових величин зносу x колодок, яка має такий вигляд:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \notin (b, c), \\ \frac{1+k}{c-b} \left[1 - \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^{\frac{1}{k}} \right], & x \in [b, a], \\ \frac{1+k}{c-b} \left[1 - \left(\frac{x-a}{c-a} \right)^{\frac{1}{k}} \right], & x \in (a, c], \end{cases} \quad (1)$$

де a – модальне значення; b , c – нижня і верхня границя зносу композиційної гальмової колодки, відповідно; k – параметр форми зносу композиційної гальмової колодки.

Для встановлення ресурсних характеристик у точках перевірки зносу визначено пробіг вантажного вагона з модернізованими пристроями ГВП. Дослідження показали, що залежність між зносом і пробігом вагона близька до лінійної. У першому наближенні прийнято цю залежність у вигляді $y=\eta(x)$. Використовуючи метод найменших квадратів, знайдено кутовий коефіцієнт η . Для зносу верхньої частини колодки він дорівнює $\eta_1=5,11$, а для зносу нижньої – $\eta_2=5,28$.

Визначено емпіричні та теоретичні оцінки інтенсивності зносу (рис. 1) й середнього залишкового зносу гальмової колодки вантажного вагона з модернізованими пристроями ГВП з урахуванням пробігу.

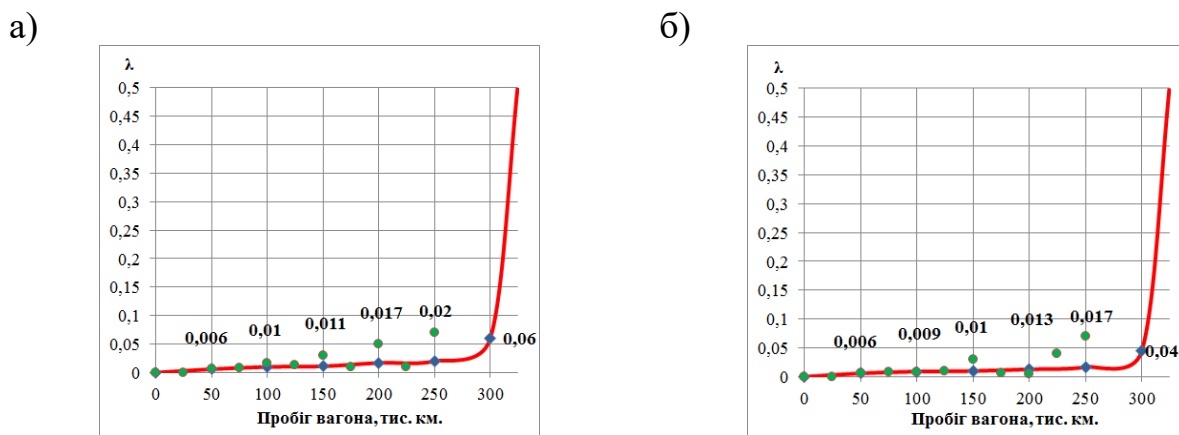


Рис. 1. Графіки емпіричної й теоретичної оцінки інтенсивності зносу композиційної гальмової колодки з урахуванням пробігу вагона
а) верхня частина; б) нижня частина

Виконані дослідження показали, що поріг пробігу вагона до повного зносу композиційної гальмової колодки у верхній частині дорівнює 331,88 тис. км, а в нижній – 343,04 тис. км.

За пробігу вагона 225 тис. км знос колодки зверху склав 74,91 %, а за пробігу вагона 250 тис. км знос колодки знизу склав 80,74 %.

Значення інтенсивності зносу композиційної гальмової колодки за величини пробігу 250 тис. км для верхньої частини колодки складе $\lambda=0,02$, а для нижньої – $\lambda=0,018$.

Запропоновану модель зносу колодок вагонів можна використовувати для розв'язання основних завдань, пов'язаних як зі зносом будь-яких типів гальмових колодок вантажних вагонів, так і рухомого складу в цілому.

[1] Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України : [Текст] : ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015 : – Затв. нак. Укрзалізниці від 28.10.1997. № 264-Ц. – Київ : 2004. – 146 с.

[2] Panchenko, S., Gerlici, J., Vatulia, G., Lovska, A., Ravlyuk, V., & Harusinec, J. (2023). Studying the load of composite brake pads under high-temperature impact from the rolling surface of wheels. EUREKA: Physics and Engineering, (4), 155-167. doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002994

УДК 656.225 : 656.213

**ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ
ЗАЛІЗНИЧНИМИ КОМПАНІЯМИ-ПЕРЕВІЗНИКАМИ
РЕГІОНАЛЬНОГО ТИПУ**

**FORMATION OF TECHNOLOGY FOR CARGO DELIVERY BY RAILWAY
COMPANIES-CARRIER REGIONAL TYPE**

д.т.н., професор О.М. Озар¹, аспірант М.Д. Ломотко¹

¹Український державний університет залізничного транспорту(м. Харків)

Dr.Sc., professor O.M. Ohar¹, graduate student M.D. Lomotko¹

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkov)

Сучасні ринкові умови та досвід закордонних залізничних адміністрацій вимагають створення на ринку транспортних послуг конкуренції між перевізниками. Формування ефективної технології доставки вантажів можливо шляхом формалізації процесу функціонування великої динамічної системи залізничного транспорту з позиції системного підходу, спрямованого на оптимізацію синергетичного ефекту для всіх підсистем (підрозділів АТ Укрзалізниця, приватних компаній-перевізників, вантажовласників тощо). Для забезпечення привабливості того чи іншого перевізника на ринку залізничних транспортних послуг слід врахувати витрати на забезпечення доставки вантажу та наявність обмежених ресурсів (транспортних засобів, пропускнуої спроможності, кількості вантажів, наявності персоналу тощо).

Під залізничною приватною компанією-перевізником розуміється комерційна організація недержавної форми власності, що здійснює незалежну фінансову діяльність та виконує перевезення вантажів за допомогою залізничної інфраструктури, дотримуючись всіх правил, норм та законів, що діють в АТ Укрзалізниця.

З урахуванням вітчизняної специфіки та закордонного досвіду запропоновано удосконалену структуру управління залізничним транспортом України із наявністю приватних компаній-перевізників [1,2,3,4].

Запропоновано організаційну структуру залізничної приватної компанії-перевізника, що представляє собою вертикально інтегровану систему із трьома функціональними блоками. Основним з них є виробничий блок, що є головною частиною організаційної структури кожної філії залізничної приватної компанії-перевізника, що розташована на залізничній мережі [1].

Обґрунтування місць розташування філій запропоновано виконати за допомогою методу кластерного аналізу. Розглянуті методи мають властивість сходиться дуже швидко. Тому було показано, що для обґрунтування створення

мережі філій приватної компанії-перевізника слід використовувати метод К-центрів та метод ієрархічної кластеризації, оскільки ці методи дають результат із задовільною похибкою.

Запропоновано типову технологію обробки вантажних поїздів приватної залізничної компанії-перевізника у вигляді технологічних ланцюгів роботи по відправленню, на шляху прямування та по прибуттю. З урахуванням можливостей приватної компанії-перевізника запропоновано класифікацію швидкостей доставки та методику обчислення терміну доставки вантажу.

Технологію доставки вантажів залізничною компанією-перевізником сформовано з позицій системного підходу [5]. Визначення раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів базується на процедурі розрахунку, що включає оптимізаційну модель. Критерієм оптимізації є добові витрати системи, параметрами керування – порядковий номер маршруту доставки вантажів, кількість зупинок на маршруті прямування кожного поїзда та тривалість його простою на залізничних станціях філій компанії-перевізника, через які проходить маршрут прямування поїзда, в очікуванні причеплення груп вагонів. Задачу визначення раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів можна класифікувати як задачу цілочисельного програмування. Запропонована процедура включає також розрахунок вартості перевезення вантажів.

Отже, впровадження в Україні приватних вантажних залізничних компаній-перевізників дозволить створити сприятливі умови конкуренції в залізничному секторі, підвищити рівень якості послуг на залізничному транспорті, активізувати ринковий механізм тарифоутворення за принципами відповідності попиту, а також покращити екологічність перевезень. Для держави у цілому поява приватних залізничних компаній-перевізників – це створення додаткових робочих місць та надходжень від суб'єктів оподаткування.

[1] Реформа железных дорог Сборник материалов по повышению эффективности сектора железных дорог Второе издание. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/ar/616111469672194318/pdf/69256-RUSSIAN-REVISED-RR-Toolkit-RU-New-2017-12-28.pdf> (дата звернення 13.11.2023).

[2] Железнодорожная реформа в Польше: как возник свободный рынок. URL: https://cfts.org.ua/articles/zheleznodorozhnaya_reforma_v_polshe_kak_voznik_svobodnyy_rynok_732 (дата звернення 13.11.2023).

[3] Deutsche Bahn. Official site. URL: <https://www.bahn.de/> (дата звернення 13.11.2023).

[4] SNCF Group. Who we are. Official site. URL: <https://www.sncf.com/en/group/profile-and-key-figures/about-us/who-we-are> (дата звернення 14.11.2023).

[5] Прокопенко Т. О. Теорія систем і системний аналіз : навч. посіб. / Т. О. Прокопенко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2019. – 139 с.

УДК 621.314

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КОМПЕНСАЦІЙНОГО 4QS- ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

CONTROL SYSTEM OF COMPENSATED 4QS-CONVERTER OF ELECTRIC ROLLING STOCK

*канд. техн. наук В.П. Нерубацький, аспірант Д.А. Гордієнко
Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків*

*V.P. Nerubatskyi, PhD (Tech.), D.A. Hordiienko, Postgraduate
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасний електричний рухомий склад (ЕРС) є складною електромеханічною системою, що включає в себе декілька силових перетворювачів [1, 2]. Так у складі електровозів та електропоїздів може бути до восьми силових перетворювачів, які працюють паралельно від контактної мережі.

У зв'язку з тим, що загальний спожитий струм ЕРС є сумою струмів, спожитих паралельними перетворювачами, зсув між фазами вищих гармонік в паралельних мостах один відносно одного на необхідний електричний кут дає змогу отримати ефект взаємної компенсації вищих гармонік спожитого струму. Для такої реалізації необхідно виконання умови рівності величин вхідних індуктивностей в мостах компенсаційного 4QS-перетворювача [3, 4].

В компенсаційних 4QS-перетворювачах число паралельно або послідовно працюючих мостів може бути різним, чим зумовлюється значення необхідного кута між опорними сигналами широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) в каналах керування кожного з мостів компенсаційного перетворювача. Крім того, регулятори вихідної напруги для послідовного та паралельного з'єднання мостів будуть відрізнятися.

Схемотехнічна реалізація компенсаційних 4QS-перетворювачів з паралельним і послідовним з'єднанням навантаження дає можливість отримання поліпшеного гармонічного складу спожитих вхідних струмів і вихідної напруги. Досягається це за рахунок синхронізації систем керування окремих мостів і зсуву опорних сигналів ШІМ в каналах керування кожного моста один відносно одного, що дає можливість реалізації взаємокомпенсації вищих гармонік вхідних струмів і вихідної напруги.

Система керування компенсаційного 4QS-перетворювача з двома паралельними мостами складається відповідно з двох каналів керування для кожного моста з застосуванням фазозсунутих двоканальних ШІМ. Систему керування компенсаційного 4QS-перетворювача, до складу якого входять два паралельних моста та два канали керування, наведено на рисунку 1.

Наведена система керування компенсаційного 4QS-перетворювача складається з двох каналів, кожен з яких повторює двоканальну систему керування 4QS-перетворювача.

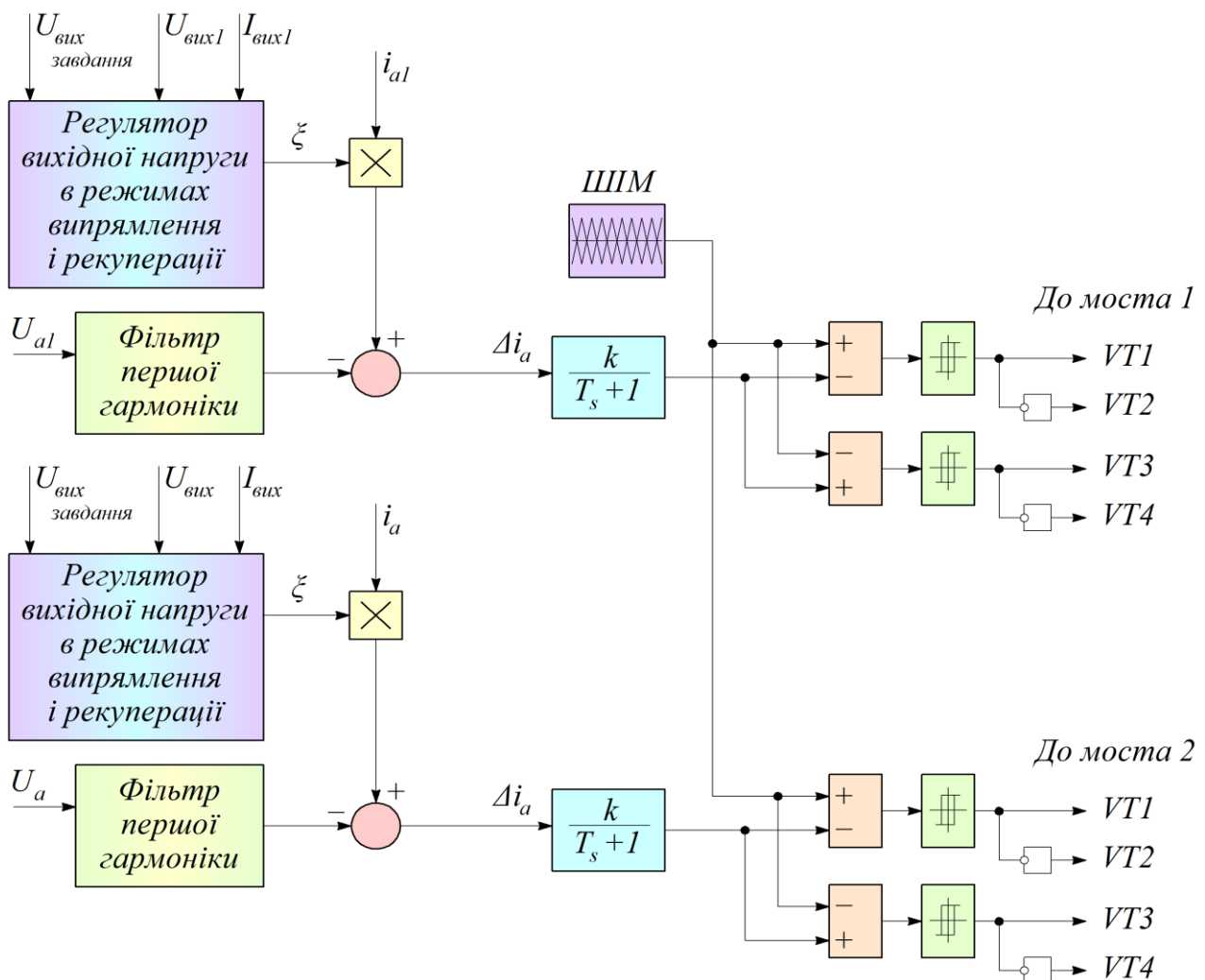


Рис. 1. Система керування компенсційного 4QS-перетворювача

Застосування викладеного принципу керування компенсційним 4QS-перетворювачем дає змогу реалізувати поліпшені показники емісії вищих гармонік вхідного струму та вихідної напруги.

Застосування принципу фазової компенсації вищих гармонік в загальному спожитому струмі за рахунок синхронізації каналів керування паралельно працюючих перетворювачів дозволить отримати покращені показники якості електричної енергії в режимах тяги і рекуперації та знизити частоту комутації силових ключів, що призведе до зниження динамічних втрат в перетворювачі та збільшення загального ККД ЕРС.

[1] Adapa A. K., John V. An auxiliary-capacitor-based active phase converter with reduced device current stress. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2019. Vol. 66, No. 9. P. 6925–6935. DOI: 10.1109/TIE.2018.2877087.

[2] Plakhtii O., Nerubatskyi V., Hordiienko D. Efficiency analysis of DC-DC converter with pulse-width and pulse-frequency modulation. *2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*. 2022. P. 571–575. DOI: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926762.

[3] Alotaibi S., Darwish A., Ma X., Williams B. A new four-quadrant inverter based on dual-winding isolated cuk converters for railway and renewable energy applications. *The 10th International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2020)*. 2020. P. 926–931. DOI: 10.1049/icp.2021.1033.

[4] Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Hordiienko D. A. Scientific foundations of higher energy efficiency and electromagnetic compatibility of semiconductor electric energy converters: Monograph. Kharkiv: LLC “Voskhod-Print”, 2022. 220 p.

**FORMALIZATION OF THE PROCESS OF ASSESSING THE STATE OF
RAILWAY STATION INFRASTRUCTURE**

*G. Shapoval Ph.D (Tech.), L. Lys postgraduate, O. Sukhariev master
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Recently, railway transport in Ukraine has been operating under conditions of military conflict. The railway infrastructure has suffered significant damage and requires measures for its restoration. Due to the unsatisfactory condition of railway station infrastructure, deviations from the train schedule occur. Additionally, the suboptimal state of railway station infrastructure can lead to emergency situations. Hence, there is a need for research aimed at assessing the state of railway station infrastructure.

The infrastructure of railway stations and the placement of essential devices on them should ensure the smooth movement of wagons and locomotives within the station, the possibility of mechanization and automation of loading and unloading operations, minimal passages for road transport, and more. When developing railway station projects, it is essential to consider isolation of mainline and maneuvering operations, adequate levels of throughput and processing capacity.

The assessment of infrastructure condition should take into account the results of current inspections of station tracks, turnouts, signals, lighting devices, and other elements. It allows identifying urgent technical issues that require prompt resolution.

The evaluation of railway station infrastructure is a top priority task. The unsatisfactory condition of individual elements of the railway station infrastructure hinders the quality and timely execution of train operations. On the other hand, excellent infrastructure does not guarantee the high efficiency of station operations. To ensure reliable and safe train movement through the railway station according to the established schedule, it is necessary to ensure the effective execution of operations outlined by the station's technological process.

Train delays at a railway station can be caused by factors such as the unsatisfactory state of the station's infrastructure, ineffective organization of work, poor condition of the train, and so on. This can lead to disruptions at adjacent stations due to deviations in the train schedule.

To assess the state of railway station infrastructure, it is necessary to compare the actual time taken to perform train operations with the normative time established by the station's technological process. This will help identify the causes of delays in specific elements of the railway station infrastructure and develop a set of measures aimed at addressing them. Therefore, the formalization of the process of assessing railway station infrastructure is a relevant and crucial issue.

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ ТА ЗА КОРДОНОМ

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF CONTAINER TRANSPORTATION IN UKRAINE AND ABROAD

*Канд.техн.наук А.В. Колісник, магістранти Д.С. Якушко, Д.О. Кураксін
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*A.V. Kolisnyk, PhD (tech.), master's student D. S. Yakushko, D.O. Kuraksin
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

На сьогодні контейнерні перевезення відіграють провідну роль і мають важливе значення для глобальної логістики та міжнародної торгівлі. Контейнерні перевезення забезпечують ефективне та надійне транспортування великих обсягів товарів між різними країнами та континентами.

Стандартизований контейнерний формат робить завантаження, розвантаження та перевезення товарів значно простіше та швидше. З кожним роком обсяги контейнерних перевезень збільшуються у різних країнах світу. Україна не є виключенням.

За даними Мінагрополітики та Державної фіскальної служби, за час війни Україна збільшила експорт зернових та зернобобових більш ніж за 30%. Так за липень-грудень 2021 року Україна експортувала 32,6 млн тонн зернових, зернобобових та борошна, що перевищило експорт за аналогічний період 2020 року на 6,7 млн тонн та експорт за аналогічний період 2019 року – на 1,0 млн тонн. У 2022-2023 роках експортувала 48,99 мільйона тонн зернових і зернобобових культур.

Майже увесь експорт зернових України (93-95 %) здійснюється через морські порти, 60% якого до портів доставляється за участю залізниць. Тому постає задача удосконалити технологію транспортування зернових культур в контейнерах за участю залізниць для збільшення кількості нових клієнтів та збереження постійних. Адже транспортуванні вантажів у контейнерах має ряд переваг таких як: забезпечує їхню універсальність для перевезення практично будь-яких вантажів усіма видами транспорту; високий ступінь безпеки вантажу, що перевозиться, пломбування контейнера, контроль безпеки; вантаж надійно захищений від негоди, інших форс-мажорних обставин, що виникають у дорозі, легко складується і не вимагає критич споруд.

[1] Україна за воєнний рік збільшила експорт зерна: хто купував найбільше.-[Режим доступу]: <https://www.epravda.com.ua/news/2023/07/3/701827/>

ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ КОЛІЙ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

JUSTIFICATION OF THE NECESSARY NUMBER OF TRACKS OF GENERAL USE FREIGHT STATIONS

*А.А. Галстян, В.К. Хомяков, канд. техн. наук К.В. Крячко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*A. Galstyan, V. Homyakov, K. Kryachko, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Найбільш характерними категоріями колій на вантажних станціях є приймально-відправні колії, сортувальні колії і сортувально-відправні колії, а також вантажні та виставочні колії місць загального користування і з'єднувальні колії до вантажних районів і під'їзних колій підприємств [1].

У випадку жорсткої спеціалізації колій для приймання і відправлення передавальних поїздів їх кількість визначається окремо. Колії приймання спеціалізуються для приймання поїздів, виконання операцій по прибуттю і простоїв в очікуванні розформування, тому їх основна кількість визначається за формулою

$$Z_{\Pi} = \frac{n_p \cdot (t_{\Pi} + t_{оч.р.})}{24 - \sum T_{носм}}, \quad (1)$$

Раціональна кількість колій в сортувальному парку вантажної станції загального користування, з урахуванням тих, що використовуються також для відстою вагонів в очікуванні подачі на вантажні пункти, визначається за рекомендаціями [2]. У випадку проектування колій відстою вагонів у очікуванні подавання на вантажні пункти на самій вантажній станції у комплексі з сортувальними коліями їх кількість визначається за формулою

$$Z_{вд} = \frac{(n_{оч}^{ПОД} + t_{оч.д.})}{\alpha_{вд} \cdot m_{вд} (24 - T_{ТЕХН})}, \quad (2)$$

Кількість колій на вантажній станції для відстоювання вагонів у очікуванні подавання для періоду роботи одного маневрового локомотива T_p визначається за формулою [3]

$$m_{вдст}^{ВАНТ} = \frac{(t_{ТЕХ}^{ПОД} + t_{оч.П}) \sum_{i=1}^n X_i}{T_p (1 - t_{\beta} \cdot \gamma_{ПОД})}, \quad (3)$$

Кількість колій сортувального парку на вантажній станції для кількості призначень c визначається за формулою

$$m_c^H = 1 + \sqrt{\frac{365 \cdot N_{\Pi} (e_{\text{Л-ГОД}} + e_{\text{ВАГ-ГОД}} \cdot m_{\Pi}) [2A(c-1) + (c^2 - 1) \cdot m_{\Pi} B]}{730 N_{\Pi} (e_{\text{Л-ГОД}} + e_{\text{ВАГ-ГОД}} \cdot m_{\Pi}) (E + Dm_{\Pi}) + 2E_{\Pi}}}, \quad (4)$$

Отже, проблема комплексної оцінки кількості колій, їх довжини і сумарної ємності вантажних станцій остаточно не вирішена та вимагає використання обґрунтованих методів техніко-економічної оцінки інфраструктури вантажної станції та технології її роботи в сучасних умовах функціонування залізничного транспорту [4]. Окрім цього, наведені вище методики не враховують зміни в структурі вагонного парку.

[1] Акулиничев В.М., Правдин Н.В., Болотный Б.Я., Савченко И.Е. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж.д. тран. / под редакц. В.М. Акулиничева. Москва: Транспорт, 1992. 480 с.

[2] Логинов С. И. Проектирование грузовых станций общего пользования [Текст]: учеб. пособие / С. И. Логинов, П. К. Рыбин, З. Н. Гарбузова, Д. Б. Тимофеев – Санкт-Петербург: ПГУПС. – 2002 – 51 с.

[3] Логинов С.И. Определение числа сортировочных путей на грузовых станциях: Тр. ЛИИЖТ. Вып. 334. Москва: 1972. С. 28 – 31.

[4] Крячко К.В. Обґрунтування проектних рішень технічного оснащення залізничних вантажних станцій //36. наук. праць. – Харків: ХНЕУ, 2006. – Вип. 1.

УДК 656.225

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИЙМАЛЬНО-ВІДПРАВНИХ КОЛІЙ НА ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЯХ

ANALYSIS OF THE METHODS OF DETERMINING RECEIVING AND DEPARTING TRACKS AT FREIGHT STATIONS

*Ю.С. Гребеннюков, С.В. Закутній, канд. техн. наук К.В. Крячко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Y. Grebennukov, S. Zakutniy, K. Kryachko PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Головним регламентуючим документом [1] не визначено методу розрахунку кількості, приймально – відправних та приймальних колій ($m_{\text{ПВ}}$) на вантажних станціях різного типу в залежності від обсягів та характеру руху вантажних поїздів.

Проф. Савченко І.Ю. [2] рекомендує розраховувати кількість цих колій за їх сумарним навантаженням на протязі згущеного періоду приймання та відправлення поїздів, але посилається на формулу із добовим навантаженням

$$m_{ПВ} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{\partial i} t_{зан} K_n}{1440}, \quad (1)$$

Втім, середньодобове значення коефіцієнта нерівномірності не відображає фактичних умов ранкового або вечірнього згущеного надходження поїздів та залежить від числа головних колій, типу станції, обсягів руху пасажирських поїздів, типу графіку тощо. До того ж тривалість заняття колій не враховує очікування здійснення окремих операцій.

Доц. Банек Т.С. [3, 4] застосовує принципово аналогічну формулу, але її складові розкриваються за допомогою теорії ймовірностей

$$m_{ПВ} = \frac{(N_{ПР} t_{ЗП} + N_B t_{ЗВ})(1 + \beta_B)}{24 - T_{П}}, \quad (2)$$

Здебільшого автори [5] при розрахунку кількості приймально-відправних колій використовує ф. (1) з певними обмеженнями, щоб їх мінімальна кількість була не менше чотирьох із урахуванням ходової колії.

Аналіз результатів визначення числа приймально-відправних колій на вантажних станціях за різними методиками порівняння їх з реальною на існуючих станціях виявив, що для станцій наскрізного типу повинна забезпечуватись можливість одночасного приймання та відправлення місцевих поїздів і тоді переважну кількість $m_{ПВ}$ потрібно розраховувати у залежності від обсягів руху вантажних поїздів: на одноколійних лініях при обсягах руху до п'яти пар п/добу не менше двох колій та на двоколійних лініях при більших обсягах руху - не менше трьох, а на передвузлових і при обґрунтуванні на внутрішньовузлових вантажних станціях може додаватися по одній колії. Число додаткових $m_{ПВ}$, для можливості обгону чи схрещення вантажних поїздів, розраховується в залежності від інтенсивності руху поїздів та типу графіка. Фактичне число $m_{ПВ}$, за результатами досліджень, знаходиться в межах вищенаведених рекомендацій.

[1] Державні будівельні норми України: ДБН В.2.3-19-2008. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 122с.

[2] Савченко І.Е., Земблинов С.В., Страковский І.І., Железнодорожные станции и узлы / І.Е.Савченко, С.В. Земблинов, І.І. Страковский – М.: Транспорт, 1980. – 479 с.

[3] Акулиничев, В.М. Железнодорожные станции и узлы / В.М. Акулиничев, Н.В. Правдин, В.Я. Болотный, І.Е. Савченко // Под ред. В.М. Акулиничева. – М.: Транспорт, 1992. – 480 с.

[4] Правдин, Н.В., Проектирование железнодорожных станций и узлов / Н.В. Правдин, Т.С. Банек, В.Я. Негрей // Учебник. Ч.2. – Минск.: "Высшая школа", 1984. – 200 с.

[5] Ветухов, Е.А. Взаимное расположение устройств на станциях / Е.А. Ветухов – М.: Транспорт, 1978. – 172 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПОТРІБНОЇ КІЛЬКОСТІ КОЛІЙ НА ПАСАЖИРСЬКИХ СТАНЦІЯХ

IMPROVEMENT OF THE REQUIRED NUMBER OF TRACKS AT PASSENGER STATIONS

*М.О. Домбровський, канд. техн. наук К.В. Крячко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*M. Dombrovskiy, K. Kryachko PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Головною проблемою в умовах конкурентоспроможності на ринку залізничних перевезень є реорганізація пасажирського господарства, а саме тому удосконалення колійного розвитку головних пасажирських станцій - це нагальне питання, що націлене на забезпечення належної пропускної спроможності переважних магістральних напрямків та надійності їх роботи [1].

Пропускную спроможність горловин ($n_{гл}$) крупних головних пасажирських станцій запропоновано визначати за допомогою коефіцієнту використання пропускної спроможності горловин ($g_{гл}$)

$$n_{гл} = n_{іф} * g_{гл}^{-1} \quad (1)$$

де $n_{іф}$ - фактичне число переміщень у горловині пасажирської станції на протязі розрахункового періоду.

За розрахунковий період, слід приймати період згущеного приймання та відправлення $T_{зг}$, з інтервалами, які будуть меншими за середній, протягом доби. В середньому він дорівнює інтервалу від 90 до 180 хв. та для кожної станції приймається згідно графіку руху поїздів на літній період [2].

$$q_{зг} = \frac{T_{зг}}{\Delta T_{зг}}, \quad (2)$$

де $T_{зг}$ - сумарна тривалість навантаження горловини пасажирської станції всіма маршрутами з урахуванням переміщень на можливих паралельних маршрутах, хв;

$\Delta T_{зг}$ - тривалість використання елементів горловини на протязі розрахункового періоду

$$\Delta T_{зг} = T_{зг} - \Delta T_{по}, \quad (3)$$

де $\Delta T_{по}$ - тривалість зайняття всіх елементів горловини постійними операціями на протязі розрахункового періоду з поточним утриманням

верхньої будови колії плановими видами ремонту; прибирання сміття та снігу; утримання пристроїв контактної мережі тощо.

Запропонована методика визначення пропускнуої спроможності горловин головних пасажирських станцій дає змогу для розробки різних варіантів їх конструкцій [3] при удосконаленні схем станцій в умовах зміни обсягів пасажирського руху.

[1] Інструкція з проектування станцій та вузлів на залізницях України: – ДСТУ – НБВ.2.3 – XX. – К., 2013. – 172с.

[2] Данько М.І. Пасажирські станції України: проблеми розвитку та обслуговування у транспортному комплексі./ М.І. Данько, В.І. Крячко, К.В. Крячко: Зб. Наук. Праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2007. – Вип. 11. – С. 5-16.

[3] Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року, схвалена розпорядженням КМУ від 30.05.2018 р. № 430-р.

УДК 656.212.5

АНАЛІЗ РОБОТИ ЗАКОРДОННИХ ПІДСИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПІВ

ANALYSIS OF FOREIGN SUBSYSTEMS OPERATION FOR REGULATING CAR SPEED

*д.т.н., професор О.М. Огар¹, д.т.н., професор Zbigniew Lukasik²,
аспірант А.О. Левченко¹*

¹*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*
²*Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom (Польща)*

*Dr.Sc., professor O. Ohar¹, Dr.Sc., professor Zbigniew Lukasik²,
graduate student A. Levchenko¹*

¹*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkov)*
²*Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom (Poland)*

Розформування составів на залізничних станціях є дуже складним процесом і вимагає багато енергоресурсів. Автоматизація основних технологічних операцій на сортувальних гірках може поліпшити умови праці робітників, збільшити продуктивність функціонування станції та зменшити витрати на обслуговування і експлуатацію устаткування. У сучасних економічних умовах на українських залізничних станціях важливо впроваджувати заходи, спрямовані на енергозбереження та поліпшення якості процесу розформування. Тому дослідження досвіду використання автоматизованих систем керування швидкостями руху вагонів є дуже актуальним питанням.

На сьогоднішній день існують різноманітні автоматизовані системи керування рухом вагонів, які застосовуються на закордонних сортувальних станціях. Однією з основних складових цих комплексних автоматизованих систем керування є підсистема автоматизованого керування швидкістю руху вагонів з гірки. Протягом експлуатації цих підсистем було виявлено деякі недоліки, зокрема: недостатньо розвинуті технологічні алгоритми, низький

відсоток реалізації розрахункових швидкостей виходу вагонів з гальмових позицій у системі PROYARD [1], неможливість точного моделювання місцезнаходження вагонів у межах зони дії пристроїв контролю зайнятості колій у системі MSR-32 [2, 3], обмежена зона дії системи прицільного регулювання швидкості у системі DDCIII.

На багатьох сортувальних станціях у різних країнах світу впроваджуються системи комплексної автоматизації сортувального процесу. Одним із головних завдань цих систем є розрахунок та керування основними технологічними параметрами сортувальних гірок, такими як швидкість розпуску составів і швидкість виходу вагонів з гальмових позицій. Серед найпоширеніших автоматизованих систем, що застосовуються на сортувальних станціях, можна виділити системи «Saxbi» (Франція), MSR 32 (виробництва компанії Siemens), «DDCIII», «HC-41» та «Proyard» (США).

Інформаційно-керуюча система PROYARD є найпоширенішою у США та Канаді і використовується на більшості сортувальних станцій цих країн. У США вказана система впроваджена на близько 60 станціях. Робота системи PROYARD ґрунтується на таких же принципах, як і інших подібних систем. Під час сортування вагонів система враховує ходові характеристики вагонів, погодні умови та веде моніторинг заповнення колій на сортувальній станції. Після впровадження системи PROYARD майже 90% співударів між вагонами вдається уникнути, що є дуже високим показником. Крім того, маневрова робота на коліях сортувального парку зменшилась на 60% в середньому по станціях США. Також довжина проміжків між вагонами стала коротшою [1].

На сортувальних станціях Європи в даний час широко використовується система компанії Siemens – MSR 32 (мікропроцесорна система залізниці). В підсистемі прицільного керування відчепами для досягнення якісного прицільного гальмування використовуються вагонні уповільнювачі та комбіновані вагоноосаджуючі пристрої. Проте, пристрої контролю заповнення колій охоплюють не всю довжину колій сортувального парку. Алгоритм підсистеми прицільного гальмування включає такі вимоги: відчеп повинен підходити до паркової гальмової позиції зі швидкістю не більше 4 м/с, виходити з неї зі швидкістю не більше 1,5 м/с та рухатися до повної зупинки (в зоні дії пристроїв контролю заповнення колій). Комбіновані вагоноосаджуювачі забезпечують негайне просування відчепу з зони дії вказаних пристроїв по колії сортувального парку [2, 3].

Автоматизована система управління сортувальною станцією, відома як DDCIII (date display control), є широко поширеною в США, Канаді, країнах Європи, Китаї та деяких країнах Африки. Ця система використовує методи та моделі інтелектуалізації процесу розпуску составів. Одним з головних завдань системи є компенсація впливу таких випадкових факторів, як швидкість вітру та температура повітря. У складі DDCIII також присутня підсистема, що відповідає за контроль та автоматичне визначення необхідної довжини пробігу по коліях сортувального парку. Вона також розраховує та реалізує необхідну швидкість виходу відчепів з гальмових позицій. За допомогою цієї підсистеми система DDCIII забезпечує ефективне та точне управління процесом

сортування вагонів на станції. Автоматизація процесу прицільного гальмування відчепів привела до скорочення довжини «вікон» майже на 90%. Крім того, швидкість співударяння була знижена до 5,6 км/год.

Зазначене вище показує, що завдяки автоматизації вдається забезпечити більш точне та безпечне гальмування відчепів, зменшуючи можливість виникнення аварій та пошкоджень. Такі показники свідчать про високу ефективність автоматизованих систем керування та контролю в роботі з відчепами.

[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] Hansmann R.S., Zimmermann U.T. Optimal sorting of rolling stock at hump yards. *Mathematics-key technology for the future*. 2007. №8. P. 189-203.

[3] Козаченко Д.М. Дослідження ефективності заходів автоматизації управління швидкістю скочування відчепів на сортувальних гірках. *Вагонний парк*. Вип. 12. 2010. С. 4-8.

UDC 656.212.5:339.5

ANALYSIS OF THE CAUSES OF INTERNATIONAL CARGO DELAYS DURING CUSTOMS CONTROL AT CHECKPOINTS IN UKRAINE

M. Moroz¹ (Doctor of Tech.), H. Shelekhin² (Cand. of Tech.)

¹Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University (Kremenchuk)

²Ukrainian State University Of Railway Transport (Kharkiv)

Customs clearance, as a mandatory procedure for obtaining permission for goods transported to any country, is often one of the determining links of the logistics chain in the overall duration of the delivery of goods. The increase in the volumes of cargo transported from Ukraine to other European countries by rail in recent years has led to an increase in waiting time at checkpoints and border railway stations. At the same time, the waiting time for customs control at certain checkpoints reached up to 25 days. This results in an extended delivery period and serves as a reason for the reduction in the value of domestic goods, making them less attractive in the international market. Therefore, the question of reducing the waiting time for customs procedures is a strategically important task that should be addressed comprehensively, taking into account the technical and technological components of this process.

In contemporary scientific literature, there are not as many articles and works dedicated to the improvement of customs clearance technology. Significantly more attention has been given to developing measures in the financial and economic aspects of customs procedures — increasing revenues and fees, implementing tariffication in accordance with modern international standards.

Therefore, firstly, it is necessary to develop technical solutions and technological measures to improve customs services with the aim of reducing the time cargo spends under customs control and avoiding large queues at the border.

With the onset of the war in Ukraine, more than half of domestic enterprises either partially or completely ceased their operations due to the destruction of facilities and infrastructure, the occupation of regions, high levels of uncertainty and risks, disruptions in material-technical and production ties, and forced mass migrations of the population. These factors also impacted the transportation sector of the country, the enterprises of which constitute 11% of the total in the industrial sector.

Significant changes have also occurred in the export-import component of freight transportation. After the blockade of seaports, the export cargo flow was redirected to western border crossings. However, the capacity of EU infrastructure currently cannot handle the processing of large volumes of Ukrainian exports. The insufficient number of railway crossings with different track gauges hinders the transportation of goods by rail. The technical capacity and fleet size of neighboring countries are also inadequate.

Moreover, the process of rail freight transportation is accompanied by prolonged customs clearance, leading to additional delays. By the middle of 2023, the export of goods from Ukraine had decreased by over 35-40%. This reduction occurred across all modes of transport, but considering that before the war, over 90% of goods were exported through seaports, the export logistics underwent significant changes.

The analysis of the reasons for the significant duration of procedures during customs control, as provided in [1], allows for categorization into three groups: technological, technical, and issues related to document processing.

The reasons for problems with customs documents include:

- a large number of accompanying documents and obtaining certificates of origin for goods at the customs, the absence of simplified rules for determining the origin of goods, and the taking of samples of goods;
- inaccuracies in cargo information, non-compliance of the cargo with the provided information;
- the absence of a complete set of necessary documents;
- inconsistency between Ukrainian and foreign transportation documents;
- changes in the customs value of goods or requirements for its increase.

Technological factors influencing the duration of customs procedures include:

- lack of transparency in decision-making, conflicting with the requirements of international trade laws and control compliance developed by the WTO;
- complexity of the procedure, which depends on the customs regime, type of cargo, destination or origin country, reputation of the cargo owner;
- intellectual property rights control as one of the formal customs control procedures;
- quality control of goods for certain types of cargo, especially valuable ones;
- shortage of inspectors on-site due to significant workload of customs officials on railways after redirecting cargo flows from maritime transport;

Technical delays at customs are caused by reasons such as:

- lack of proper customs infrastructure, equipment, and software;
- manual decision-making processes;

- the need for scanning and weighing vehicles in the absence of regulatory documents regulating the use of scanning systems during customs control.

The key answer to accelerating customs procedures and avoiding delays in the movement of international goods lies in the systematic development of customs procedure execution technology that aligns with international standards and modern technical support for customs through automated decision support systems. The implementation of such measures will significantly impact the activities of Ukrainian businesses and the personnel of regional customs offices.

[1] Simplification of trade procedures in Ukraine: evaluations and expectations of business. Kyiv. 2021. 275 p.

УДК 336.2:339.5

**АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ МИТНИХ
ФОРМАЛЬНОСТЕЙ НА ПРИКОРДОННИХ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ
СТАНЦІЯХ УКРАЇНИ**

**ANALYSIS THE CURRENT STATE DIGITALIZATION OF CUSTOMS
FORMALITIES AT BORDER TRANSMISSION STATIONS OF UKRAINE
OPERATIONS IN RAILWAY CONNECTION**

*Доктор техн. наук В.К. Мироненко¹, Dr., Professor Gintautas Bureika²,
канд. техн. наук О.С. Пестременко-Скрипка³*

¹Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

²Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH, Lithuania)

³Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*V.K. Myronenko¹, Dr. Sci. Eng., Gintautas Bureika², Dr., Professor,
O.S. Pestremenko-Skrypka³, PhD in Sci. Eng*

¹State University of infrastructure and technologies (Kyiv)

²Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH, Lithuania)

²Ukrainian State University of railway transport (Kharkiv)

Одним із факторів, що впливає негативно на транспортний процес, є нерівномірність залізничних перевезень. Неузгодженість дій вантажовласників із суміжними органами держави призводить до затримок вагонів через тривале проведення митних операцій.

Ргідно зі «Стратегією здійснення цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації системи управління державними фінансами на період до 2025 року» [1] Українські ІТ-спеціалісти вже почали трансформацію Держмитслужби України. Вже вдалось оновити систему управління ризиками та митного оформлення (АСУР 2.0 та АСМО 2.0), яка інтегрована з системою NCTS (Нова комп'ютеризована транзитна система). Оновлена автоматизована система управління ризиками створена щоб перевести частину паперових

документів у цифровий формат. Це один з перших етапів масштабної трансформації митниці. ІТ-трансформація митниці складається з 6 головних напрямків: «Єдине вікно», «Митний контроль і оформлення», «Публічна звітність і аналітика», «Розумний пункт пропуску», «Кібербезпека», «Гармонізація з ЄС». Нижче наведено заплановані нововведення на митниці:

1) цифровий митний “гаманець” в особовому кабінеті – з миттєвими сплатами;

2) всі документальні формальності окрім фізичних та складних будуть здійснюватися автоматично;

3) один інтерфейс, єдина авторизація, рольова модель, облік користувачів;

4) автоматизований вибір інспектора, враховуючи досвід та «ризикованість» торговельної операції;

5) повноцінний цифровий обмін та реєстр гарантій, автоматизована обробка та включення в процеси розрахунків;

6) для низки груп товарів вартість визначатиметься автоматично на базі історичних даних, каталогів, бірж, математичних алгоритмів;

7) за допомогою камер контролю і розпізнавання, сканерів та іншої електроніки буде втілено розумний пункт пропуску.

Отже, виходячи із проведеного аналізу концепції цифровізації діяльності митних органів, можна дійти висновку, що митна справа в реаліях сучасної електронної торгівлі не здатна залишатися на належному рівні без будь-якої участі досягнень науково-технічного та цифрового процесу, що проявляється у модернізації контролю, використання інформаційних засобів передачі даних та надання інноваційних засобів. Важливим аспектом слід виділити зростання ефективності дій, затребуваних митною службою, оскільки жодна митна організація не зможе реалізувати себе чи продовжити функціонувати на конкурентоспроможному рівні без належних змін.

[1] Про схвалення Стратегії здійснення цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації системи управління державними фінансами на період до 2025 року та затвердження плану заходів щодо її реалізації від 17 листопада 2021р // База даних «Законодавство України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1467-2021-%D1%80>

**ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ
АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО КОРИГУВАННЯ
РОЗКЛАДУ РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ**

**ON THE ISSUE OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE
AUTOMATED SYSTEM OF OPERATIONAL ADJUSTMENT OF
PASSENGER TRAIN TRAFFIC SCHEDULES**

*Канд. техн. наук В.В. Кулешов, магістр В.О. Бондарчук, магістр Е.К. Героєв
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Cand. Tech. Sciences) associate professor V.V. Kuleshov,
master V.O. Bondarchuk, master E.K. Heroev
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Розвиток залізничного транспорту України має велике значення для нашої держави. Однак, програма впровадження швидкісного руху пасажирських перевезень в Україні останні 20 років перебуває в стадії поділу пасажирського та вантажного руху.

Досвід функціонування швидкісних і високошвидкісних пасажирських перевезень має два основних напрямки розвитку: японський та французький [1,2]. Перший це відокремлений розвиток мережі ВШМ (250-300 км/год) від загальної залізничної мережі (Японія, Іспанія). Другий - це варіант впровадження швидкісних пасажирських перевезень при реконструкції залізничних колій для можливості руху поїздів до 200 км/год (Німеччина, Італія) [3].

Основні функції єдиної Європейської системи керування рухом поїздів: переведення стрілок, відкриття сигналів, контроль координат руху поїзда, автоматичне ведення фактичного графіка руху поїздів, розробка нормативного графіка руху [1]. Концентрація диспетчерського керування має дворівневу систему регіональних операційних центрів, що зменшує експлуатаційні витрати, підвищує швидкість прийняття рішень.

Потребують вирішення питання підвищення ефективності функціонування автоматизованої системи оперативного коригування розкладу руху пасажирських поїздів при застосуванні методів моделювання технології пасажирських швидкісних перевезень, яка ґрунтується на основі використання технічних засобів пасажирських комплексів з оптимізацією їх основних параметрів [4].

Автоматизоване робоче місце інженера з аналізу графіка руху поїздів в частині пасажирських перевезень (АРМ АГВР) призначене для автоматизації обліку і аналізу виконання графіка руху пасажирських і приміських поїздів.

Удосконалення АРМ АГВР та вихідних форм на Єдиному корпоративно-інформаційному порталі Укрзалізниці (ЄКІП УЗ) можливе при впровадженні

Автоматизованої системи оперативного коригування розкладу руху пасажирських поїздів (АСОКР).

Модель підвищення ефективності функціонування автоматизованої системи оперативного коригування розкладу руху пасажирських поїздів базується на основі використання технічних засобів з оптимізацією їх основних параметрів. Цільова функція включає вартість часових і технічних складових. До перших відноситься тривалість обслуговування рухомого складу та очікування початку виконання основних технологічних операцій, тривалість міжопераційних перерв у процесі обслуговування, експлуатаційні витрати та утримання штату. До других відноситься вартість технічних засобів, що використовуються у процесі обслуговування, а також витрати щодо їх утримання

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 \longrightarrow \min, \quad (1)$$

де E_1 - витрати, що пов'язані з простоем рухомого складу через виникнення міжопераційних перерв при виконанні основних технологічних операцій на ПС;

E_2 - витрати, що пов'язані з простоем рухомого складу через невідповідність колійного розвитку інтенсивності надходження пасажирських поїздів (составів) до приймально-відправного парку станції із ПТС;

E_3 - витрати, що пов'язані з простоем вагонів через виконання технічного обслуговування колій та платформ, зайнятість пристроїв та устаткування ПТС;

E_4 - витрати, що пов'язані з простоем вагонів через зайнятість маневрових локомотивів.

При обмеженнях:

$$\begin{aligned} 4 \leq n_c \leq 24; \quad 2 \leq M \leq 2 + M_{\text{дод}}; \quad 2 \leq Z \leq 2 + Z_{\text{дод}}; \quad N_{\text{мп}}^{\min} \leq N_{\text{мп}} \leq N_{\text{мп}}^{\max}; \\ N_{\text{сф}}^{\min} \leq N_{\text{сф}} \leq N_{\text{сф}}^{\max}; \quad \rho_{\kappa}^{\min} \leq \rho_{\kappa} \leq 0,80; \quad 4 \leq T_{\text{мз}} \leq 24,0 \end{aligned} \quad (2)$$

Для оцінки варіантів технічного оснащення і рівня використання технічних засобів до сумарних приведених витрат включаються тільки ті статті витрат, що залежать від кількості цих засобів та тривалості їх роботи за розрахунковий період.

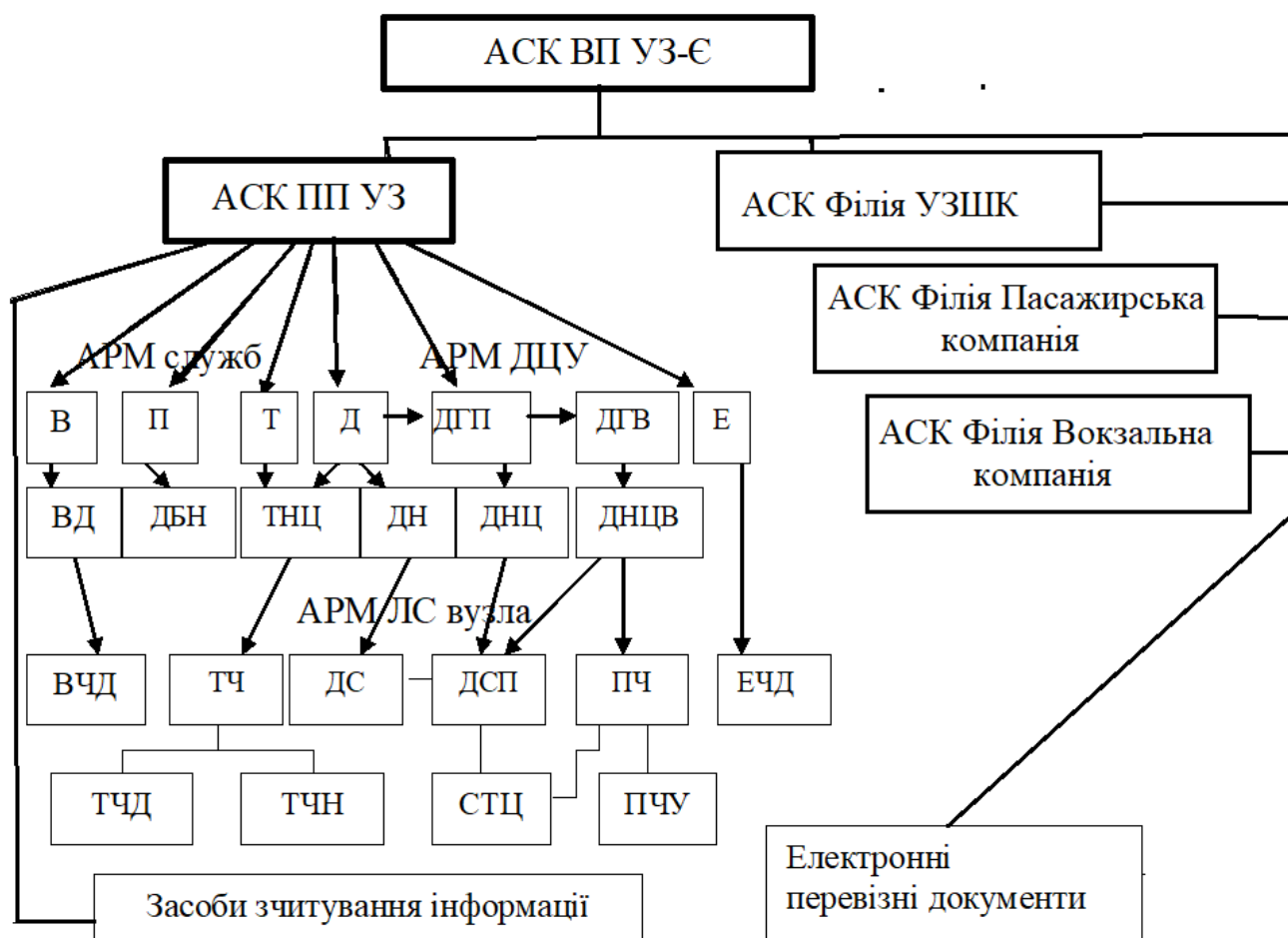


Рисунок - Функціональна структура функціонування автоматизованої системи оперативного коригування розкладу руху пасажирських поїздів

Моделювання підвищення ефективності функціонування автоматизованої системи оперативного коригування розкладу руху пасажирських поїздів і розрахунку показників ресурсозбереження на базі економічних еквівалентів має ґрунтуватися на виборі прямування і розкладу із ниток графіку різних діляниць з метою оптимального забезпечення потреб населення у перевезеннях.

- [1] Про розподілення пропускної можливості залізничної інфраструктури, стягнення зборів за користування залізничною інфраструктурою та сертифікації на відповідність вимогам безпеки: Директива 2001/14/ЄС Європейського парламенту та Ради від 26.02.2001 р. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32001L0014>.
- [2] Інструкція з організації прискореного руху пасажирських поїздів на залізницях України щодо вимог до інфраструктури та рухомого складу [Текст]. – Введ. 19.03.2012 р. – К. : Транспорт України, 2012. – 45 с.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [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.

**ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМОВОЇ СИСТЕМИ ПАСАЖИРСЬКОГО
ВАГОНА В СКЛАДІ ПОЇЗДА НА ШЛЯХУ ПРЯМУВАННЯ**

**THE BRAKING SYSTEM DIAGNOSTICS OF A PASSENGER WAGON
AS PART OF A TRAIN ON THE DIRECTION WAY**

К.т.н., В.Г. Равлюк, Я.В. Дерев'янчук

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

V.G.Ravlyuk, PhD (Tech.), Ya.V. Derevianchuk

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Для діагностування стану гальм окремо кожного вагона та состава поїзда в цілому розроблено математичну модель роботи справного гальмового обладнання, а також цикл порівняння розрахункових даних з експериментальними.

Контроль роботи електропневматичного гальмового обладнання пасажирського вагона здійснюється відповідно до нормативних документів [1, 2, 3] в таких режимах: а) «Зарядка і попуск»; б) «Поїздне положення (перша ступінь гальмування)»; в) «Ступеневе гальмування»; г) «Повне службове гальмування»; д) «Ступеневий попуск»; е) «Екстрене гальмування».

У режимі зарядки запасний резервуар (ЗР) з'єднується з гальмовою магістраллю (ГМ) через 3 отвори діаметром 1,25 мм кожен, а гальмовий циліндр (ГЦ) з'єднується з атмосферою (Атм) через отвір з площею поперечного перерізу 18 мм² (рис. 1). Відповідно до інструкції [1] попуск ГЦ до тиску 0,14 МПа повинен відбуватися за 9 – 12 с, а зарядка запасного резервуара (ЗР) від тиску 0,5 МПа до 0,55 МПа повинна здійснюватися за 15 – 25 с.

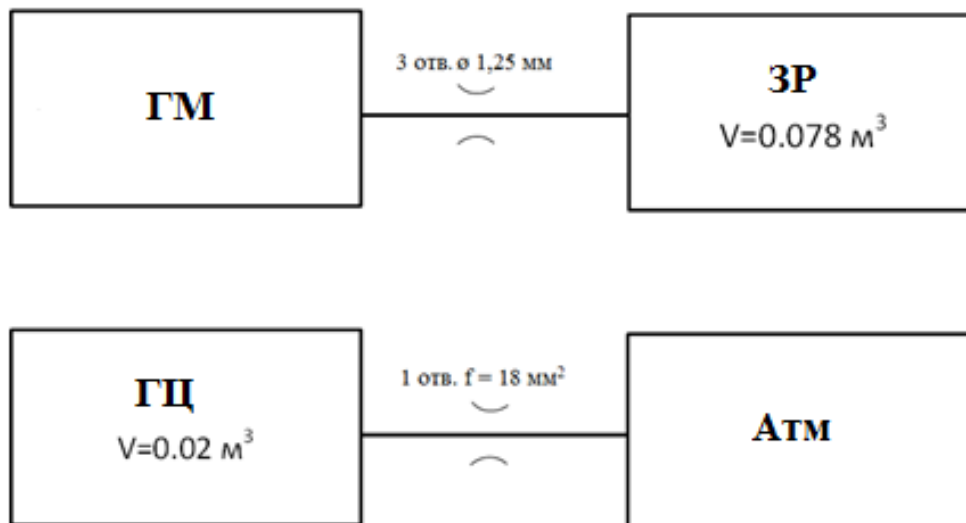


Рис. 1. Спрощена пневматична схема циклу «Зарядка та попуск гальма»

На рис. 2 наведено розрахункову залежність тиску у ЗР за постійного тиску у ГМ відповідно до розробленої математичної моделі. Розрахунковий час (t) зарядки ЗР від тиску 0 МПа до 0,55 МПа відбувається за 20 с, тобто значення вкладається в граничні норми [1].

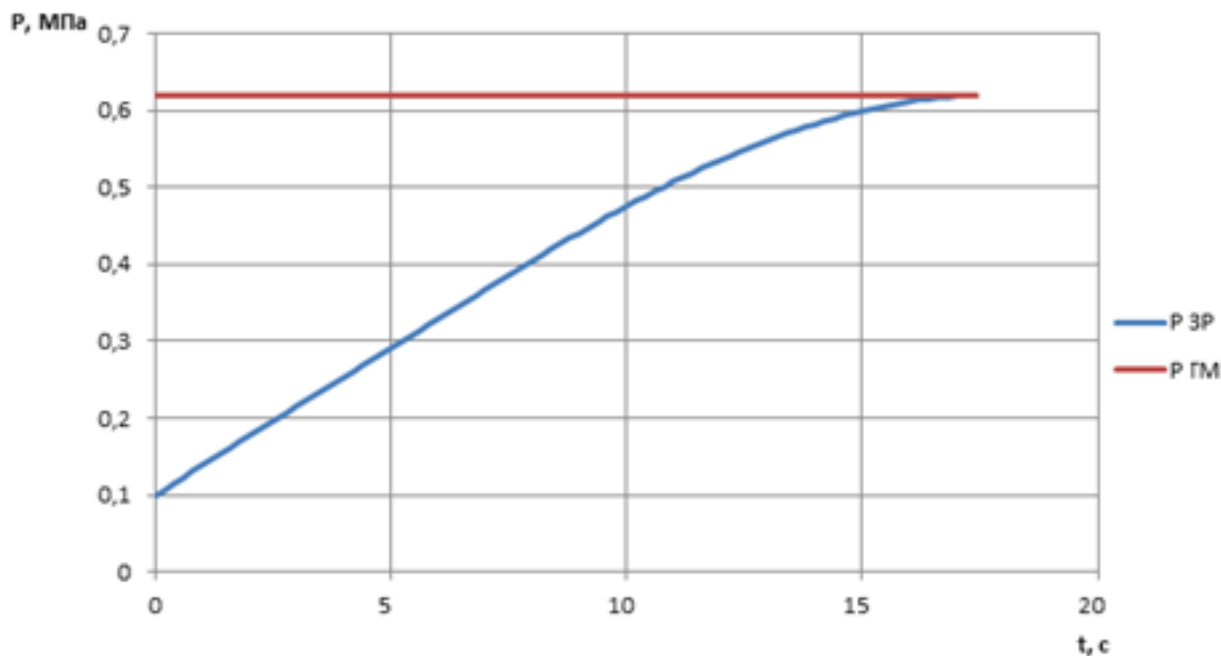


Рис. 2. Розрахункова залежність тиску у ЗР під час постійного тиску у ГМ

Виконані дослідження дозволили розробити діагностичну систему гальм вагонів, яка дає змогу контролювати важливі параметри роботи гальмового обладнання пасажирського рухомого складу на шляху прямування поїзною бригадою, або під час зупинок на пасажирських пунктах технічного обслуговування вагонів обслуговуючим персоналом.

Розроблена діагностична система на відміну від існуючих, що використовуються на вітчизняному рухомому складі, дає змогу підвищити достовірність діагностичної інформації, яка реєструється відповідними датчиками, зберігається в пам'яті електронно-обчислювального пристрою та обробляється з використанням розроблених математичних алгоритмів у програмному середовищі.

Діагностичну систему гальм вагонів доцільно використовувати на пасажирському рухомому складі для гарантування безпеки руху та зменшення експлуатаційних витрат на залізничному транспорті.

[1] Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів [Текст] : ЦВ – ЦЛ – 0013. – Затв. нак. Укрзалізниці №312–Ц 07.06.01. – Вид. офіц. – Київ : 2002. – 146 с.

[2] Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України : [Текст] : ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015 : – Затв. нак. Укрзалізниці від 28.10.1997. № 264-Ц. – Київ : 2004. – 146 с.

[3] Інструкція оглядачу вагонів [Текст] : ЦВ-0043: Затв. нак. Укрзалізниці №737-Ц від 28.12.01. – Вид. офіц. – Київ : 2002. – 186 с.

[4] Равлюк В.Г. Розробка електронної діагностичної системи для підвищення достовірності діагностування гальм пасажирських вагонів. [Текст]: В.Г. Равлюк, Я.В. Дерев'янчук, І. М. Афанасенко, М. Г. Равлюк // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків: 2016. – Т. 5, №4

**ВИСОКОПРОДУКТИВНЕ ВИВАНТАЖЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ
НАПІВВАГОНІВ МЕТОДОМ СУЧАСНОГО УДОСКОНАЛЕНОГО
ПЕРЕКИДАННЯ**

**HIGH-PRODUCT UNLOADING OF RAILWAY SEMI-WAGONS USING
MODERN IMPROVED TIPPING**

канд. техн. наук Р.І. Візняк

Український державний університет залізничного транспорту, (м. Харків)

PhD (Tech.) R. Viznyak

Ukrainian State University of Railway Transport, (Kharkiv)

При розвантаженні з напіввагонів (НПВ) сипучих вантажів способом класичного перекидання основними видами пошкоджень несучої конструкції при завищених величинах, навантажень що діють на НПВ, є злами обшивки, обриви і вигін стійок кузова, прогини верхньої обв'язки в місцях контакту з упорами вагоперекидача, деформація торцевих стійок, випадання пружин ресорного підвішування ходових частин (вагонних візків), центруючих балочок і маятникових підвісок ударно-центруючих приладів автотягачного обладнання (СА-3), також чек гальмових колодок [1, 2]. На відміну від попередніх способів розвантаження рівень збереження і надійності НПВ залежить від наявності справного армування привалочної плити й упорів стаціонарних роторних вагоперекидачів (СРВП), а також виконання технічних вимог, запропонованих щодо СРВП по збереженню рухомого складу (Рис. 1.).

а)



а) морський порт Південний (ОдЗ)
(ДонЗ)

б)



б) морський порт Маріуполь

Рис. 1. СРВП у положенні очікування подачі НПВ під розвантаження

Як відомо, всі типи СРВП працюють по принципу обертання вагону навколо свого центру тяжіння, тому навантаження, що діють на кузовах НПВ можуть враховуватися за деякими наближеннями ідентичними. Це наступні види

навантажень: ударне навантаження на бокову стіну НПВ під час прилягання боковою стіною до привалочної плити, і характеризується величиною кута повороту ротора на $9-16^{\circ}$; навантаження, що приходить на верхній обв'язочний пояс кузова НПВ при контакті з верхніми упорами СРВП, поворот до початку стійкого опорожнення кузова НПВ, - на 56° ; ударні навантаження від переміщення мас шарів вантажу, що змерзається, або злежується; навантаження, що розподілені на верхній обв'язочний пояс НПВ при монолітному стані вантажу; при вивантаженні на верхній обв'язочний пояс від упорів СРВП внаслідок перерозподілу центру тяжіння вантажу у НПВ; на торцеві секції кузовів в результаті нерівномірного прилягання кузова до верхніх упорів СРВП; сили ваги на вільні елементи конструкції НПВ, а точніше, пружини, клинові гасильники коливань, запобіжні чеки гальмових колодок, деталі ударно-центруючих приладів автотягачного обладнання, відчинення торцевих дверей, кришок люків у випадках послаблення запірних пристроїв і т.п.; сукупні сумарні навантаження, з перелічених вище у різних комбінаціях, що часто приводить до різного роду пошкоджень кузовів НПВ.

Основною метою проводимих досліджень є визначення неблагоприємних сполучень груп навантажень, що діють на кузови напіввагонів при розвантаженні та реальних зон їх прикладення, під час взаємодії з СРВП у морських портах та відомих промислових підприємствах

Для проведення досліджень напружено-деформованого стану (НДС) кузова НПВ і виконання етапів математичного моделювання фізичного процесу ударного контакту кузова НПВ з привалочною плитою СРВП було побудовано скінчено – елементну модель (СЕМ) кузова НПВ, моделі 12-7023, який має «глухондону» конструкцію, і саме призначений для розвантаження на СРВП, на відміну від універсальних конструкцій, які мають кришки розвантажувальних люків у підлозі і можуть також розвантажуватись гравітаційним способом, тобто, під дією власної ваги перевозимих сипучих і навалювальних вантажів [3, 5]. СЕМ кузова НПВ представлена набором окремих підконструкцій, що об'єднані в загальний ансамбль (Рис. 2.). Модель складається з 16677 вузлів і 28412 скінчених елементів (СЕ). При складанні СЕМ кузова НПВ були використані об'ємні СЕ і елементи типу „оболонка”, чого було достатньо для описання складових частин кузова.



Рис. 2. Скінчено-елементна модель кузова напіввагона моделі 12-7023

На (Рис. 3.) представлена розрахункова схема кузову НПВ при повороті платформи СРВП на $12,5^{\circ}$ з розподіленням експлуатаційних навантажень поміж елементами кузову НПВ.

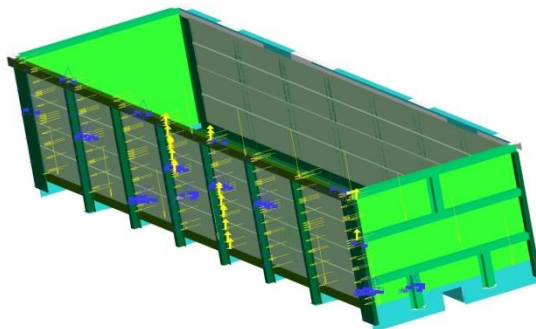


Рис. 3. - Розрахункова схема кузову НПВ при повороті платформи СРВП на $12,5^{\circ}$

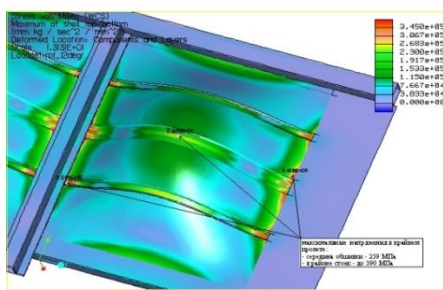


Рис. 4. - Максимальні еквівалентні напруження (МПа), що виникають в кінцевому прольоті бокової стіни НПВ при повороті кузову на $12,5^{\circ}$

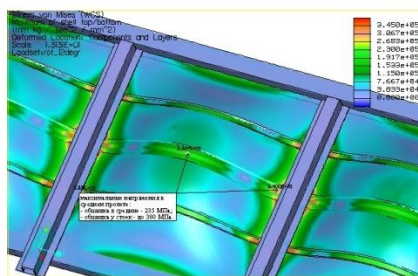


Рис. 5. - Максимальні еквівалентні напруження (МПа), що виникають в середньому прольоті бокової стіни НПВ при повороті кузову на $12,5^{\circ}$

Як видно з результатів дослідження НДС кузову НПВ, що відтворені протоколами проведених розрахунків, на наведених рисунках (Рис. 4, 5) величини максимальних еквівалентних напружень спостерігаються в місцях з'єднання обшивки бокової стіни зі стійками, а також у середній частині листів обшивки, відповідно кінцевих і середніх секцій кузову НПВ. Ці величини наближаються до 400 МПа, що перевищують припустимі 275-295МПа приблизно на 25%; максимальні величини переміщень на початковій стадії

розвантаження вже зараз дорівнюють 22-29 мм, що при процесі подальшого перекидання, приведе до остатніх деформацій несучої конструкції кузову НПВ [1, 4].

[1] ДСТУ ГОСТ 22235: 76:2010:2015 Вагони вантажні магістральних залізничних доріг колії 1520 мм. Загальні вимоги щодо забезпечення збереження під час завантажувально-розвантажувальних та маневрових робіт (ГОСТ 22235-2010, IDT) [Чинний від 2010-11-12]. Вид. офіц. Київ, 2015. 24 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200082560> (дата звернення: 16.05.2021).

[2] ДСТУ 7598: 2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамоходних). Чинний від [2014-12-02]. Вид. офіц. Київ, 2014. 32 с. URL: <http://uas.org.ua> (дата звернення: 17.05.2021)

[3] Пат. 72360 Україна, № 72360 МПК⁷ В61F 1/00, В61D 3/00 . Піввагон з глухим кузовом: Пат. 72360 Україна, № 72360 МПК⁷ В61F 1/00 / І.В. Чепурченко І.В., Візняк Р.І. (Україна); УкрДАЗТ. №201203065; Заявл. 16.03.2012. Опубл. 10.08.2012. Бюл. №6. – 9 С.

[4] Пат. 38112 Україна, МПК⁷ В65G67 / 48 . Вагоноперекидач: Пат. 38112 Україна, МПК⁷ В65G67 / 48 / Головка В.Ф., Венцель Є.С., Деркач І.А., Візняк Р.І. (Україна); УкрДАЗТ. №1771-III. Заявл. 30.05.2000. Опубл. 16.12.2002. Бюл. №12. – 8 С. URL: <https://uapatents.com/patents/viznyak-ruslan-ivanovich> (last access: 28.10.2021).

[5] Візняк Р.І. Дослідження особливостей взаємодії рухомого складу з технічними засобами вантажно-розвантажувальних робіт у залізнично-водному сполученні: Грант Президента України для підтримки наукових досліджень молодих учених.- Дог. № JP/F11/0070 від 21.01.06// № держ. р. 0106U004123.- Харків : УкрДАЗТ, 2006.-144с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1279/2005> (дата звернення: 29.10.2021).

УДК 656.07:658.788

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS FOR RAIL TRANSPORTATION

канд. техн. наук С.О. Ключев, Д.Г. Кузнецов

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Київ)

*S.O. Kliuiev, PhD (Tech.), D.H. Kuznietsov,
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*

У загальному вигляді технологія процесу управління системою залізничних перевезень включає три етапи:

- збір, підготовку і передачу інформації про стан об'єкта управління;
- переробку отриманої інформації з метою отримання необхідних рішень;
- видачу та доведення до виконавців керуючих приписів, різної розпорядчої інформації;

ІТС (Інтелектуальні транспортні системи) розглядаються як потужний засіб вирішення найбільш актуальних проблем під час перевезення залізничним транспортом.

Основні проблеми, які намагаються вирішувати за допомогою ІТС:

- неприйнятний рівень людських втрат в результаті транспортних пригод на залізниці;
- затримки обороту пасажирів і вантажів;
- недостатньо висока продуктивність транспортної системи залізниці;

- зростання споживання енергоресурсів, негативний вплив на навколишнє середовище та інші.

В країнах Європи використовують поняття телематичних систем замість ІТС. В даний час засобами телематики, шляхом організації взаємодій “машина – машина”, вирішується велика кількість завдань моніторингу, прогнозування, управління транспортними потоками, які вимагають отримання аналізу, узагальнення і переробки колосальних об’ємів інформації про час подій, місцеположення і параметри транспортних засобів і вантажів та пасажирів.

Приклади ІТС в Україні:

- Електронний кабінет перевізника.

- Е-тікет (для пасажирських перевезень).

- Інтернет речей – IoT (Поєднання датчиків даних та складних аналітичних алгоритмів дозволило компаніям оптимізувати бізнес-процеси, підвищити продуктивність праці та розвивати передові технології та продукти).

- PLC – технології побудови мереж передачі даних по лініях електропередач, оскільки у багатьох додатках присутній доступ до електромереж.

- Побудова кабельної каналізації по фізичній інфраструктурі як основи розвитку оптичних ліній зв'язку з урахуванням їх ремонту, реставрації та будівництва.

- 5G (5-е покоління бездротових систем) — назва, яку використовують в деяких наукових працях і проектах для позначення наступних телекомунікаційних стандартів для мобільних мереж після стандартів 4G/LTE-Advanced.

- Розвиток мультимодальних перевезень...

Приклади телематичних систем в Європі:

- Repetuum - аналіз тенденцій експлуатаційних характеристик рухомого складу для спрощення технічного обслуговування.

- Traxens – займається моніторингом ланцюжків поставок і допомагає запроваджувати технологію IoT.

- Cogniac – програмна платформа на базі ШІ, для виконання завдань з візуального контролю.

- Система Rail Vision призначена для попередження машиністів про перешкоди на залізничних рейках за будь-яких погодних умов та рівня освітлення...

Досвід багатьох країн показує, що тільки єдина державна політика дозволяє об'єднати зусилля держави, його суб'єктів, бізнесу в розв'язанні загальнонаціональних цілей в залізничному транспортному комплексі. Як приклад, можна розглянути введення в Україні інтелектуальної системи управління тягою поїзда на певній ділянці руху. При цьому застосування інформаційних технологій і, зокрема, технологій RFID і GPS спільно із нечітким моделюванням параметрів тяги, забезпечить максимально точне вимірювання маси поїзда і оптимальних точок ділянок руху, в яких необхідно перемикаєти режими тяги локомотива (контролер машиніста).

[1] Інформаційні технології в логістиці: проблеми та перспективи. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://osvita.ua/vnz/reports/logika/25322/>.

[2] Інформаційна логістика [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: stud.com.ua/1912/logistika/informatsiyana_logistika

[3] Ключев С.О. Етапи впровадження інформаційних технологій на транспорті під час цифровізації транспортних процесів / С.О. Ключев, С.П. Сичов, В.О. Ліщенко, Л.С. Подгорна // Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених, 4 листопада 2021 р., м. Северодонецьк (Луганська обл.) – Міністерство освіти та науки України, СНУ ім. В. Даля. – Северодонецьк. – 2021. – С. 93–96.

[4] Ключев С. О. Особливості використання GPS на транспорті / Ключев С. О. // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ» – МОН України, ХНАДУ. – Харків. – 2020. – С. 141–143.

УДК 624.012.4:699.812

АВТОМОБІЛЬНІ ШИНИ ЗАБРУДНЮЮТЬ ДОВКІЛЛЯ НАБАГАТО БІЛЬШЕ, НІЖ ВИХЛОПИ АВТОМОБІЛІВ

CAR TIRES POLLUTE THE ENVIRONMENT MUCH MORE THAN CAR EXHAUST

В.Ю. Чернега, аспірант

ВНТУ «Вінницький національний технічний університет» (м. Вінниця)

V.Y. Chernega, graduate student

VNTU "Vinnytsia National Technical University" (Vinnytsia)

Розглянуто забруднення довкілля від автомобільних шин, яке в порівнянні із викидами вихлопних газів автомобіля навіть перевищує шкідливий вплив.

Шини містять широкий спектр токсичних органічних сполук, включаючи відомі канцерогени, що свідчить про те, що забруднення від шин може швидко стати серйозною проблемою. Розглянуто формування заходів для зменшення шкідливого впливу від зношення шин.

Відомо, викиди з вихлопних труб в нових автомобілях у розвинених країнах Європи набагато нижче законодавчої межі.

Тести показали, що знос шин утворює майже в 2000 разів більше забруднення частинками, ніж викидається з вихлопних газів сучасних автомобілів.

За словами аналітиків, частинки шин забруднюють повітря, воду та ґрунт і містять широкий спектр токсичних органічних сполук, включаючи відомі канцерогени, що свідчить про те, що забруднення від шин може швидко стати серйозною проблемою.

Забруднення повітря спричиняє мільйони ранніх смертей на рік у всьому світі. Вимога щодо кращих фільтрів в авто означала, що викиди часток з вихлопних труб у розвинених країнах зараз набагато нижчі в нових автомобілях, а в Європі набагато нижче законодавчої межі [1].

Однак збільшення ваги автомобілів означає, що шини виділяють більше частинок, коли вони зношуються на дорозі.

Тести також показали, що шини виробляють понад 1 трлн., ультрадисперсних частинок на кожен пройдений кілометр, тобто частинки розміром менше 23 нанометрів. Вони також виділяються з вихлопних газів і становлять особливе занепокоєння для здоров'я, оскільки їх розмір означає, що вони можуть потрапляти в органи через кровотік. Частинки розміром нижче 23 наомтрів важко виміряти, і наразі вони не регулюються ні в ЄС, ні в США.

На даний момент немає правил щодо швидкості зношування шин і мало правил щодо хімічних речовин, які вони містять. Тепер аналітика викидів визначила хімічні речовини, присутні в 250 різних типах шин, які зазвичай виготовляються із синтетичного каучуку, отриманого з сирової нафти.

Швидкість зношування різних марок шин істотно відрізнялася, а вміст токсичних хімічних речовин змінювався ще більше, сказав він, показуючи, що недорогі зміни були можливими для зменшення їх впливу на навколишнє середовище.

Випробування зносу шин було проведено на 14 різних марках за допомогою Mercedes C-Class, який їздив нормально на дорозі, причому деякі тестувалися протягом усього терміну служби. Високоточні ваги вимірювали вагу, втрачену шинами, а система відбору проб, яка збирає частинки за шинами під час руху, оцінювала масу, кількість і розмір частинок до 6 нм. Реальні викиди вихлопних газів були виміряні на чотирьох бензинових позашляховиках, найпопулярніших нових автомобілях сьогодні, з використанням моделей 2019 та 2020 років.

Використані шини виробляли 36 міліграмів частинок на кожен кілометр, що в 1850 разів перевищує середній показник 0,02 мг/км у вихлопних газах. Дуже агресивний, хоча і законний, стиль водіння підвищив викиди часток до 5760 мг/км.

Шини виробляють набагато більше дрібних частинок, ніж великих. Це означає, що в той час як переважна більшість частинок за кількістю досить малі, щоб потрапити в повітря і сприяти забрудненню повітря, вони становлять лише 11% частинок за вагою. Тим не менш, шини все ще виробляють у сотні разів більше частинок у повітрі за вагою, ніж вихлопні гази.

Середня вага всіх автомобілів зростає. Але були особливі дебати щодо того, чи можуть акумуляторні електромобілі, які важчі за звичайні автомобілі і можуть мати більший крутний момент коліс, призвести до утворення більшої кількості частинок шин.

Висновки можливо зробити таким чином, що знос шин є недооціненим та навіть по шкідливості перевищує викиди відпрацьованих газів автомобілів із двигуном внутрішнього згорання. В такому разі необхідно приділити увагу цій проблемі та впровадити дії для його вирішення.

[1] Библиографическое описание: Шулдякова, К.А. Воздействие автомобильных шин на окружающую среду и здоровье человека / К.А. Шулдякова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 20 (124). — С. 472-477.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕСУВАННЯ
КОЗЛОВИХ КРАНІВ КК-12,5**

**RESEARCH OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE MECHANISMS
FOR MOVING GANTRY CRANES КК-12.5**

*К.т.н В.В. Стрельбіцький, ст. викл. В.А. Яременко, асп. Є.М. Косошко
Одеський національний морський університет (м. Одеса)*

*V. V. Strelbitskiy, PhD (tech), V. A. Yaremenko, Y.M. Kokoshko
Odessa National Maritime University (Odessa)*

Козлові крани широко використовуються в портах для перевантаження будівельних матеріалів, контейнерів, пиломатеріалів та інших вантажів [1-3]. Як відомо, понаднормова та тривала експлуатація вантажопідйомних машин призводить до подальшої відмови вузлів та аварій [1-3].

Відновлення роботи механізмів пересування вимагає значних економічних витрат, котрі пов'язані простоями у роботі та ремонтом крана. Тому, безпечна та надійна робота є одним з головних завдань при експлуатації кранів. Метою дослідження є оцінка стану механізмів переміщення козлових кранів з понаднормовими термінами експлуатації.

Для досліджень було обрано 12 ідентичних козлових кранів КК-12,5, котрі пропрацювали понад 15 років в портах у крюковому режимі.

Експертне обстеження механізмів переміщення проводився у строки проведення технічного огляду кранів [4]. Також була проаналізована інформація яка міститься у відповідних журналах обліку, технічного обслуговування та ремонту кранів з 2010 по 2021 роки.

Перевірку механізму пересування крана здійснено шляхом пересування крана з номінальним вантажем на гаку в обидва боки рейкової колії на відстань трьох баз крана [4].

Аналіз досліджень показав, що:

1) знос зубчастих коліс відкритих передач та ходових коліс у всіх кранах наблизився до граничних значень, що вимагає повної їх заміни;

2) у 40% кранів слід негайно замінити редуктори внаслідок витікання мастила через спрацювання посадкових поверхонь, підвищеної температури нагріву корпусів та шуму, а також виявлені тріщини у зубчастих передачах, корпусах та підшипниках;

3) майже у всіх кранів виявлено переривчастий хід внаслідок зносу ходових коліс і перекосу осей;

4) поломки зубчастих коліс та валів кранових редукторів носять втомний характер та відбуваються у зоні концентраторів напружень.

Перекис кранових коліс перевищував граничні значення [4] та став причиною перегріву та заміни електродвигунів, передчасному зносу та заміні ходових та зубчастих коліс.

Слід відмітити, що перекося кранів призвели до утворення дефектів в металоконструкціях у вигляді деформацій та втомних тріщин.

З метою попередження аварій потрібно проводити повне обстеження козлових кранів кожні 12 місяців.

- [1] Григоров О. В., Петренко Н. О. Вантажопідйомні машини: Навч. посібник. Харків: НТУ «ХП», 2005. 304 с.
- [2] Стрельбіцький В.В., Кокошко Є.М. Діагностування вузлів козлових кранів за допомогою квадрокоптерів /В.В. Стрельбіцький // The 8th International scientific and practical conference “Distance learning in universities and modern problems” (November 07-10, 2023) Budapest, Hungary. International Science Group, 2023. Pp. 311-312.
- [3] Стрельбіцький В.В., Немчук О.О. Аналіз дефектів металоконструкцій козлових кранів // The IX International Science Conference «Trends of development modern science and practice», November 16 – 19, 2021, Stockholm, Sweden. Pp. 574-575.
- [4] ОМД 00120253.001-2005 Методика проведення експертного обстеження (технічного діагностування) кранів мостового типу. [Чинний від 2006-11-15]. Вид. офіц. Х.: Науково-дослідний, проектно-технологічний та конструкторський інститут «Укркраненерго», 2005. 160 с.

УДК 629.463.65

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ КРИШОК ЛЮКІВ НАПІВВАГОНІВ

ANALYSIS OF MODERN MEANS OF TECHNICAL CONTROL OF GONDOLAS HATCH COVERS

докт. техн. наук О.В. Фомін, О.С. Козинка
Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

O. V. Fomin, Doctor of Engineering Science, O. S. Kozynka
State University of Infrastructure and Technologies, (Kyiv)

В даний час на залізничному транспорті все більше уваги приділяється забезпеченню високого рівня експлуатаційної надійності рухомого складу та безпеки руху поїздів, що є найважливішою умовою підвищення ефективності та якості роботи залізничного транспорту. Правилами технічної експлуатації забороняється випускати в експлуатацію і допускати до прямування в поїздах рухомий склад, що має несправності, що загрожують безпеці руху, а також ставити в поїзди вантажні вагони, стан яких не забезпечує збереження вантажів, що перевозяться [1,2].

Основна проблема, що виникає при експлуатації універсальних напіввагонів, це недостатнє забезпечення необхідного рівня безпеки руху поїздів і недостатнє забезпечення збереження вантажу, який перевозиться, що відбувається в результаті обриву петель, які тримають кришку люка. Відповідальність за якість виконаного технічного обслуговування, ремонту та безпеку руху вагонів покладається як на працівників, які безпосередньо

здійснюють технічне обслуговування та ремонт, так і на майстрів, начальників заводів, депо, майстерень, пунктів підготовки вагонів до перевезень та пунктів технічного обслуговування [3].

Правила технічної експлуатації забороняють подачу під навантаження вантажів та посадку людей без пред'явлення вагонів до технічного обслуговування та запису у спеціальному журналі про визнання їх придатними. Мета технічного обслуговування та ремонту – підтримування залізничних засобів у технічно справному стані та належному зовнішньому вигляді, забезпечення надійності, економічності, безпеки руху та екологічної безпеки [4].

Основні вузли розвантажувальних пристроїв напіввагонів [5], що підлягають перевірці: кришка люка напіввагона (наявність тріщин і прогинів, злам петель та кронштейнів, відсутність осей в шкворневих з'єднаннях); механізм підйому кришки люка (відсутність торсіона, шплінта або осі, вигин важеля, знос осей, вигин опор, петель).

Розглянемо вагоноремонтні машини та обладнання [6] наприклад мобільну установку контролю та заміни люків напіввагонів (рис. 1), яка містить малогабаритне гусеничне шасі з гідроприводом, встановлену на ньому платформу з рухомою кареткою та поворотною стійкою, що має шарнірно закріплену спрямовуючу, встановлену з можливістю повертатися (підніматися та опускатися) на осі у вертикальній площині. На направляючій у спеціальних кишнях встановлено захоплення для зняття та встановлення люка, а на трубах двигуна виконані бобишки, на які встановлюється з наступною фіксацією захоплення. Досягається підвищення зручності експлуатації, маневреності, прохідності мобільної установки.



Рис. 1. Мобільна установка правки та заміни люків напіввагонів

Ультразвуковий товщиномір PocketMIKE (Німеччина) рис. 2 портативний одноканальний прилад який використовується для ручного вимірювання товщини виробів з металів та сплавів, залишкової товщини стінок у місцях, що піддаються корозійному або ерозійному зносу. Діапазон вимірювань по сталі от 1,0 до 250 мм.



Рис. 2. Ультразвуковий товщиномір PocketMIKE

- [1] Фомін О.В., Козинка О.С. *Засоби контролю типових і композитних кришок люків напіввагонів*. Науковий журнал – Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, – Київ. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки, Том 34 (73) № 1 2023 – С. 317-321.
- [2] Oleksij Fomin, Alyona Lovska, Vaclav Pistek, Pavel Kucera *Research of stability of containers in the combined trains during transportation by railroad ferry* // MM Science Journal March 2020. – P. 3728-3733.
- [3] Фомін, О.В. *Формалізовані описання конструкцій кришок люків напіввагонів (частина 2)* / Фомін О. В., Горбунов М. І., Коваленко В.В., Флярковська В.О. // Науковий журнал – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Сєверодонецьк: СНУ ім. В.Даля, 2018. – № 1(242) – С. 145-152.
- [4] *Руководство по деповскому ремонту грузовых вагонов железной дороги Украины колеи 1520 мм-ЦВ-0017.*
- [5] Коваленко, В.В. *Покращення функціонування розвантажувальних пристроїв напіввагонів шляхом удосконалення їх конструкції та методів розрахунків* / Дисертація – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – Сєверодонецьк: СНУ ім. В.Даля, 2019. – 230 с.
- [6] Мартинов І.Е., Равлюк В.Г. *Вагоноремонтні машини та обладнання*. Навч. Посібник, Харків, УкрДАЗТ, 2013. Ч.2. С. 108.

УДК 625.089.4

СТАН ПАРКУ СПЕЦІАЛЬНОГО САМОХІДНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ, ЩО ЗАДІЯНИЙ В РЕМОНТІ ІНФРАСТРУКТУРИ

STATE OF THE SELF-PROPELLED SPECIAL EQUIPMENT FLEET PARK INVOLVED IN INFRASTRUCTURE REPAIR

*Доктор технічних наук О.В. Фомін, М.П. Терещук
Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

*Doctor of Technical Sciences O.V. Fomin, M.P. Tereshchuk
State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)*

В статті приведено аналіз парку спеціального самохідного рухомого складу (далі – ССРС), що задіяний в підтримуванні сталої роботи колійного та енергетичного господарств. Одним із головних факторів, що впливає на роботу залізниці є наявність необхідних ресурсів для забезпечення стабільного функціонування критичної інфраструктури.

Одним із таких ресурсів є ССРС. Для підтримки ССРС у робочому стані необхідно стабільно проходити планові види ремонту та технічного

обслуговування, виділяти кошти на модернізацію та оновлення парку. Зважаючи на не найкращі часи, що переживає залізниця останні роки, стає все тяжче підтримувати пар ССРС у належному стані. Вирішенням даної проблеми може стати перепрофілювання власних ремонтних підприємств під ремонт та модернізацію ССРС, що дасть змогу зберегти кошти всередині залізниці, завантажити підприємства роботою та забезпечить збереження робочих місць на ремонтних підприємствах. Станом на 01.01.2023 року інвентарний парк ССРС налічує 759 одиниць, основними типами ССРС є АДМ в/і. – 221 одиниця та ДГКу – 282 одиниці. Також до ССРС, що задіяний в ремонті інфраструктури відносяться МПТ-4, МПТ-6, АГВ, АГМу та АГД-1.

Аналізуючи інвентарний парк ССРС його можна розділити на наступні вікові групи: віком до 20 років (140 одиниць або 19 %), віком від 20 до 30 років (85 одиниць або 11 %), віком від 30 до 40 років (250 одиниць або 33 %), віком понад 40 років (284 одиниці або 37 %). З цього видно, що парк ССРС доволі віковий, тобто 534 одиниці або 70 % парку складає рухомий склад віком понад 30 років. Таке старіння парку пояснюється відсутністю необхідних коштів на придбання нових одиниць, що в свою чергу збільшує витрати на утримання та ремонт ССРС. Також слід звернути увагу, що данні типи ССРС не виробляються в Україні, що не дає змоги оновлювати парк власними силами. Але в той же час в Україні є доволі сильна ремонтна база, що дає змогу ремонтувати та модернізувати ССРС, з метою зменшення витрат на технічне обслуговування. Це зумовлено необхідністю забезпечення підтримки критичної інфраструктури в працездатному стані, особливо в умовах війни.

Наявний парк ССРС в повній мірі задовольняє потребу залізниці у виконанні ремонтів та обслуговуванні критичної інфраструктури.

- [1] Bolzhelarskyi Y., Dovhaniuk S., Urshuliak O., Daszkiewicz P. Traction Tests of the Special Self-Propelled Rolling Stock: Aims, Methods, Experience and Prospects. *Pojazdy Szynowe*. 2020. Nr 4. S. 1–11.
- [2] Mukhamedova Z.G. Хромова G.A Yutkina I.S Mathematical model of oscillations of bearing body frame of emergency and repair railcar // *Journal «Transport Problems»*, Volume 12, Issue 1, Gliwice 2017, pp. 93-103.
- [3] Дьомін Р.Ю. Розвиток методів і засобів досліджень з убезпечення технічної експлуатації залізничного рухомого складу: дис. Док. Тех. Наук : 05.22.07 / Дьомін Ростислав Юрійович; Східноукр. Нац. Ун-т ім. В.Даля. – Северодонецьк, 2018. – 344 с.
- [4] Мухамедова З.Г. Оптимизация динамических характеристик и повешения энергоэффективности аварийно-восстановительных автотомотрис: автореф. дис. на соиск. учен. степ. (PhD) (05.08.05) Мухамедова Зиёда Гафуржановна ТашИИТ- Ташкент 2017 37 с.
- [5] В.Г. Мацак Об'єктивна оцінка технічного стану та науковообгрунтоване прогнозування періоду подальшої безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів мостового типу із застосуванням системного аналізу / В.Г. Мацак, О.В. Бабіч // *Залізнич. транспорт України*. – 2013. – № 1. – С. 22 – 24.
- [6] Баулін Д.Л. Методичні рекомендації по безпечному проведенню робіт з використанням кранів, монтажних майданчиків та ліктьових веж, встановлених на спеціальний самохідний рухомий склад. / Баулін Д.Л., Решетнікова Г.Л. – Харків, 2010. – 41 с.
- [7] Капіца М. І. Оцінка моделей технічного обслуговування та поточних ремонтів тягового рухомого складу при неповній інформації / Капіца М. І. / *Залізничний транспорт України*. – 2013. – № 3-4. – С. 45 – 47.

**АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕКИ ЛОКОМОТИВІВ З
ПОДОВЖЕНИМ ТЕРМІНОМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**ANALYSIS OF LOCOMOTIVE SAFETY INDICATORS WITH
EXTENDED SERVICE LIFE**

*д.т.н., професор М.І. Капіца, О.Й. Дерев'янку
Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)*

*Doct. (Tech.) Sc., Professor Kapitsa M.I., O. Deriavianko
Ukrainian State University of Science and Technology (Dnipro)*

Останнім часом стан залізничного транспорту України характеризується істотним зношенням та старінням. Це впливає на техніко-організаційні можливості залізниці. Основна кількість локомотивів та моторвагонного рухомого складу мають в середньому вік 30 і більше років. Ці локомотиви експлуатуються з пробігом, який перевищив нормативний (максимальний термін 25-30 років). Питання можливості експлуатації понад цих термінів вирішується окремо для конкретного локомотива залежно від технічного стану, умов експлуатації та економічної доцільності.

Під час експлуатації локомотивів, що перевищили нормативний термін служби значно знижуються показники безпеки, економічної ефективності та збільшується собівартість перевезень.

За даними [1] в 2020 році допущено 688 транспортних подій, з них 391 аварія, у т.ч. 51 випадків сходження рухомого складу, 5 випадків зіткнення рухомого складу, 3 випадки пожежі на рухомому складі, 332 випадків травмування осіб рухомим складом (211 зі смертельним наслідком), у т.ч. 8 робітників залізничного транспорту та 297 інцидентів, проти 1081 транспортної події, з них 561 аварія, у т.ч. 57 випадків сходження рухомого складу, 6 випадків зіткнення рухомого складу, 3 випадки пожежі на рухомому складі, 495 випадків травмування осіб рухомим складом, у т.ч. 7 працівників залізничного транспорту (315 зі смертельним наслідком) та 520 інцидентів за аналогічний період 2019 року.

В локомотивному господарстві, кількість транспортних подій є найвищою. Аналіз причин транспортних подій у локомотивному господарстві показує, що причиною являється неякісний деповський ремонт, що в черговий раз підтверджує граничне зношення всього локомотивного парку та його ремонтної складової.

З 2008 року, коли розпочалося значне зношування локомотивного парку, піднялось питання його відновлення. В 2011 році уряд затвердив програму оновлення локомотивного парку, що передбачала придбання 509 локомотивів. Однак, за браком коштів, було придбано 68 локомотивів, з яких 64 електровоза та 4 тепловоза.

Отже, можна зробити висновки, що локомотивний парк України зношений майже на 99%, що призводить до погіршення показників безпеки. Внаслідок цього, транспортні події в локомотивному господарстві залишаються на значному рівні, а в окремі періоди – навіть збільшуються. Основними причинами являється неякісний ремонт із-за нестачі запасних частин або низької їх якості. Таким чином, найважливішою задачею Укрзалізниці являється оновлення локомотивного парку та по можливості продовження терміну експлуатації існуючого парку. Вирішення цього питання повинно бути на державному рівні, так як воно впливає на національну безпеку.

[1] Аналіз стану безпеки руху в структурі АТ «Укрзалізниця» за 2020 рік. Київ: АТ «Укрзалізниця», 2021. 10 с.

УДК 629.423

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ – КЛЮЧОВА ПРОБЛЕМА УКРЗАЛІЗНИЦІ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

MODERNIZATION OF THE LOCOMOTIVE PARK AS A KEY PROBLEM OF UKRAINIAN RAILWAY IN THE CURRENT CONDITIONS

*к.е.н. Є.І. Балака, к.т.н. В.В. Панченко, к.т.н. М.Є. Резуненко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Y. Balaka, PhD (Econ.), V. Panchenko PhD (Tech.), M. Rezunenko PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Найбільш актуальною проблемою залізничної галузі в теперішній час є технічне переозброєння рухомого складу. За офіційними даними Укрзалізниці загальний парк вантажних локомотивів всіх типів в 2020 р. складав 3542 одиниць, при цьому в експлуатаційному стані знаходилось тільки 48,2%, а експлуатаційний парк магістральних вантажних локомотивів складав 19,4% від загальної кількості. Інвентарний парк вантажних вагонів нараховував 110267 одиниць, але відповідають технічним умовам експлуатації 41,2% вагонів. Показники використання рухомого складу свідчать про необхідність здійснення термінових заходів продовження «життєвого циклу» перш за все вантажних локомотивів, насамперед магістрального призначення, які ще придатні для подальшої експлуатації. Такий висновок підкріплюється наступним логічним аналізом статистичних даних роботи АТ «Українська залізниця» за 2019 р. [1,2] (офіційні статистичні дані 2020, 2021р. [3] не містять в повній мірі необхідну інформацію), що наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні показники роботи рухомого складу залізниці в 2019 році

Показники	Величина показника
Тривалість обігу вантажного вагона ($t_{об.}$), доб.	9,68
Простій вагона під однією вантажною операцією ($t_{в.р.}$), год.	50,57
Середньо добовий пробіг локомотива ($l_{л.}$), км.	436,2
Середня відстань перевезення вантажу ($S_{пер.}$), км.	581
Доля пробігу порожнього вагона до пробігу навантаженого вагона, %	70,8

Виходячи з наведених даних, визначено:

- середню тривалість знаходження завантаженого вагона в русі ($T_{зв}$), де

$$T_{зв} = \frac{24 \cdot S_{пер}}{l_{л}}; T_{зв} = 24 \cdot 581 / 436,2 = 31,97 \text{ год.} \quad (1)$$

- середню тривалість пробігу порожнього вагона ($T_{пв}$), де

$$T_{пв} = T_{зв} \cdot \frac{70,8}{100}; T_{пв} = 31,97 \cdot 0,708 = 22,63 \text{ год.} \quad (2)$$

- середню сукупну тривалість пробігу завантаженого та порожнього вагона ($T_{сук}$), де

$$T_{сук} = T_{зв} + T_{пв}; T_{сук} = 31,97 + 22,63 = 54,60 \text{ год.} \quad (3)$$

- середню сукупну тривалість операцій з навантаження та розвантаження протягом одного рейсу (обороту) вагона ($T_{нр}$), де

$$T_{нр} = t_{в.р.} \cdot 2; T_{нр} = 50,57 \cdot 2; T_{нр} = 101,14 \text{ год.} \quad (4)$$

- середню тривалість простою вагона в очікуванні формування, відправлення та розформування поїзду ($T_{пр}$), де

$$T_{пр} = t_{об} - T_{нр} - T_{сук}; T_{пр} = 232,32 - 101,14 - 54,60 = 76,58 \text{ год.} \quad (5)$$

Таким чином, очікування формування (розформування) та відправлення вантажного поїзду в 2019 році складало біля 33% (3,19 / 9,68) тривалості обігу вагона і, насамперед, внаслідок нестачі локомотивів. Впевненість в такому висновку дають аналітичні дані про співвідношення експлуатаційних парків магістральних локомотивів та вантажних вагонів протягом попередніх десяти років, що наведено в табл. 2.

Таблиця 2 - Співвідношення експлуатаційного парку вантажних вагонів і магістральних локомотивів

Показники	Роки									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Кількість магістральних локомотивів експлуатаційного парку, од.	817	776	703	641	619	596	589	659	680	688
Кількість вантажних вагонів експлуатаційного парку, од	119265	120814	144641	145029	143313	140964	135792	142547	128303	110267
Кількість вантажних вагонів в розрахунку на один локомотив, од	145,8	155,7	205,7	226,3	231,5	236,5	230,5	216,3	188,7	160,3

Виходячи з того, що в 2019-2020 р. вантажний поїзд складався в середньому з 53 вагонів, тобто, в процесі перевезення вони виконували свою пряму функцію, оскільки знаходились в стані руху. В той же час біля 136 вагонів (188,7 - 53) в 2019 р. та біля 107 вагонів (160,3 - 53) в 2020 р. (в розрахунку на один магістральний локомотив) простоювали в очікуванні відправлення, що складає, відповідно, 72 та 66% експлуатаційних парків вагонів в ці роки. За таких умов залізниця втрачає будь-які можливості конкурувати з автомобільним транспортом при перевезенні вантажів обсягом одного вагона.

Враховуючи, що фактичний знос локомотивів складає понад 90% інвентарного парку, найсуттєвішим і найбільш актуальним питанням сьогодення залишається подальше забезпечення функціональних можливостей існуючих транспортних засобів, зокрема локомотивів, шляхом впровадження технічних новацій, що дозволить збільшити їхній «життєвий цикл». Виходячи з того, що Україна не має необхідних потужностей для випуску локомотивів, будь-яке відтермінування виведення їх з експлуатації дозволить знизити ризики для всієї економіки країни. З огляду на це, в теперішній час пріоритетним завданням, а можливо і єдиним вірним рішенням, є впровадження інноваційних заходів, що дозволяють продовжити експлуатаційні можливості діючого локомотивного парку. Це суттєво знизить вірогідність виникнення непередбачених ситуацій в перехідний період оновлення парку локомотивів та зробить цей процес більш прогнозованим і керованим, а, найголовніше, зменшить ризики затримки перевезення масових вантажів стратегічного значення для національної економіки.

[1] Україна в цифрах 2014-2019 р.р. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>

[2] Довідник основних показників роботи регіональних філій АТ «Українська залізниця» (2004-2019 роки). Київ, 2020. 39 с.

[3] Інформаціо – аналітичні матеріали щодо операційної діяльності АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ» Листопад. Січень-листопад 2021, Укрзалізниця, uz.gov.ua ЦЧУ 2021. С.17

**МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ
ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

**METHODS OF DETERMINING THE RESOURCE OF INTERNAL
COMBUSTION ENGINE CYLINDERS**

*П.М. Макаренко, канд. техн. наук С.І. Бондарєв
Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)*

*P.M. Makarenko, S.I. Bondariev, PhD (Tech.)
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)*

Останнім часом існує незначна кількість технічних засобів, що дозволяють оцінити стан поверхні циліндропоршневої групи без розбирання двигуна та наявність продуктів згоряння на її стінках.

Ми переконані, що перспективним є застосування радіохвильового методу, який дозволяє оцінити не тільки спрацювання поверхні циліндрів при різних положеннях поршня, а й стан внутрішніх поверхонь циліндрів та дно поршня. На оцінці параметрів електромагнітних коливань, які взаємодіють з об'єктом базується радіохвильовий метод. Особливістю радіохвильового методу є використання електромагнітних хвиль в діапазоні надзвичайно високих частот (НВЧ). На параметри електромагнітної хвилі впливають розмір і форма дослідного об'єкта, діелектрична і магнітна проникність середовища, діелектричні втрати тощо. При цьому в якості вихідних параметрів можна використовувати зміни амплітуди, частоти, фази або поляризації електромагнітної хвилі.

В циліндричних резонаторах співіснують два види коливань з складовими типів Е і Н. В такій електромагнітній системі можливе використання щонайменше двох інформативних параметрів: основної резонансної частоти та добротності резонансної системи. Реальна камера згоряння це об'ємна камера, зі особливим станом внутрішньої поверхні (конструкція, об'ємний вигляд, заповнення нагаром). Отже, важливе не значення резонансної частоти, а її відхилення від нормованого показника. Тому доцільно розглянути два випадки.

В першому - стінки циліндра двигуна мають ідеальну форму, але на поверхні поршня та тарілок клапанів є відкладення нагару. Цей випадок відповідає тому, що у резонатор довільної об'ємної форми обмежений ідеально провідною поверхнею і заповнений середовищем зі своїми параметрами, вноситься інше середовище зі своєрідними параметрами і об'ємом.

В другому випадку - нагар у камері згоряння відсутній, але поверхня циліндра має деякий знос. В даному випадку резонатор обмежений ідеальною провідною поверхнею і заповнений середовищем та має деформацію ідеально провідної поверхні порожнини, що приводить до зміни об'єму резонатора.

Таким чином, в реальних умовах експлуатації двигунів на зміну власної

частоти можуть впливати як наявність нагару, так і зміна геометрії циліндру. Тому для отримання інформаційної надлишковості доцільно використовувати і інший інформативний параметр – зміну добротності резонансної системи.

Добротність об'ємного резонатора визначається відношенням запасеної енергії до енергії втрат за період і характеризує смугу пропущення резонатора в режимі змушених коливань, а також його здатність зберегти накопичену енергію в режимі власних коливань. Також добротність характеризує затухання електромагнітних коливань у резонаторах, що визначається втратами енергії в стінках резонатора і у середовищі, що заповнює резонатор. Крім того, добротність залежить від характеру розподілу магнітного поля по об'єму, її значення тим більше, чим більше відношення об'єму резонатора до площі його поверхні.

Стосовно випадку, що розглядається можна прогнозувати, що основний вклад у зміну добротності резонансної системи буде вносити наявність нагару і викликані цим втрати енергії електромагнітного поля. При цьому втрати енергії через знос поверхні циліндру будуть відносно малими. При зміні положення поршня в циліндрі відповідно будуть змінюватись резонансна частота і добротність системи. Тому доцільно проводити виміри не при одному положенні поршня (наприклад, у нижній мертвій точці), а при повному робочому ході. Результатом вимірювань при цьому будуть дві залежності, які показують зміни резонансної частоти та добротності від положення поршня. По відношенню значень максимальної та мінімальної резонансних частот можна також посередньо оцінювати ступінь стиску в кожному циліндрі.

[1] Шевченко, К. Л. Визначення величини спрацювання робочої поверхні циліндрів двигунів внутрішнього згоряння [Текст] : Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК, (275) / К. Л. Шевченко, С. І. Бондарев. 2017. № 12(4), - С. 228-235.

[2] Бондарев, С. І. Шляхи підвищення надійності електрообладнання автотранспортних засобів [Текст] : Технологический аудит и резервы производства / С. І. Бондарев, К. Л. Шевченко. 2013. № 2/2(10). - С. 5–7.

[3] Шевченко, К.,). Надвисокочастотний метод оцінки спрацювання циліндрів автомобільних і тракторних двигунів [Текст] : Техніка і технології АПК. / К. Шевченко, В. Горкун., , С.Бондарев, С. Козулиця (2012 (11), 22-23.

[4] Автотранспортні засоби категорій «В» і «С» [Текст] : навч. посіб. для ВНЗ / Я.Ю. Білоконь, В.М. Горкун, А.І. Окоча. – К: Арій, 2009. – 352 с.

[5] Головка, Д.Б. Частотно-дисперсійні аналізатори складу та властивостей матеріалів та речовин [Текст] / Д.Б.Головка, Ю.О. Скрипник, К.Л. Шевченко. – К.: МП "Леся", 2002. – 182 с.

Секція
ФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ
ВИГОТОВЛЕННІ ТА ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ
ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

УДК 621.9416: 621.9.025.7

ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ І ЕКОНОМІЧНА
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. С.А. Клименко
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України (м. Київ)

В загальному випадку ефективність процесу виробництва пов'язана з витратами на етапі механічної обробки деталей і з витратами, які супроводжують їх наступну експлуатацію.

Для обробки деталей, наплавлених і напилених різними матеріалами найбільш ефективним є застосування інструменту, оснащеного полікриталічними композитами на основі кубічного нітриду бору (PcBN).

Різці з PcBN під час чистового точіння покриттів дозволяють отримати шорсткість обробленої поверхні Ra 0,16-1,00 мкм, що дозволяє в низці випадків відмовитися від застосування шліфування.

Ефективність різального інструменту з PcBN зростає зі збільшенням твердості оброблюваного матеріалу, а також у разі оброблення матеріалу з абразивними включеннями, і проявляється у величині швидкості різання, з якою виконується обробка. Порівняльна ефективність інструментів, оснащених різними матеріалами, може бути визначена з використанням наступного показника

$$P = \left(\frac{h_3}{\tau W} \right) \left(\frac{\tau W}{h_3} \right)_p, \quad (1)$$

де h_3 – знос інструменту по задній поверхні; τ – час роботи інструменту до досягнення зносу h_3 ; W – продуктивність обробки; " p " – показники для еталонного інструменту, наприклад із PcBN.

У табл. 1 наведено значення показника P для обробки низки наплавлених і напилених покриттів.

Таблиця 1. Відносна ефективність обробки покриттів різцями з PсBN киборит і твердого сплаву T15K6

Метод нанесення	Присадочний матеріал	HRC	Показник P
Електродугова наплавка	дрот ПП-Нп-18Х1Г1М	38–42	16,2
	дрот ПП-Нп-35В9Х3СФ	44–48	24,2
	дрот Нп-65Г	45–52	25,4
	лента ЛС-5Х4В3МФС	52–55	36,0
Газотермічне напилення	порошок ПГ-СР3	47–52	17,3
	порошок ПГ-10Н-01	54–60	24,3

Пропонований показник P враховує зростання ефекту від застосування інструменту за рахунок збільшення його стійкості та продуктивності оброблення відновлених деталей, тобто враховує зниження собівартості процесу обробки. Як видно, ефективність застосування інструменту з PсBN зростає зі збільшенням твердості оброблюваного матеріалу і залежить від технології формування покриття.

Економічна ефективність від використання деталей, відновлених наплавленими і напиєними покриттями, включає в загальному випадку кілька складових: – зменшення приведених витрат на виготовлення одиниці продукції; – зниження собівартості виготовлення одиниці продукції; – використання засобів виробництва з поліпшеними якісними характеристиками, що призводить до зменшення витрат, пов'язаних із заміною та експлуатацією деталей; – економія валютних коштів за рахунок зниження потреби в запасних частинах зарубіжного виробництва.

Альтернативна технологія обробки та інструмент повинні знижувати собівартість обробки і забезпечувати зменшення витрат, пов'язаних з експлуатацією деталей у споживача. Економічний ефект від використання такої розробки визначається відповідно до виразу

$$E = M(\Delta Z_o + \Delta Z_e), \quad (2)$$

де ΔZ_o і ΔZ_e – зміна витрат відповідно на обробку та експлуатацію деталей; M – кількість деталей, оброблених за пропонованим технологічним варіантом.

Наведені витрати на одиницю продукції при обробці

$$E_1 = C + NK, \quad (3)$$

де C , N , K – собівартість одиниці продукції, нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, питомі капітальні вкладення на одиницю продукції відповідно.

З огляду на (2), економічний ефект від використання нової технології та інструменту під час обробки деталей з покриттями визначається за залежністю

$$E = \left\{ \left[(C_1 + NK_1) + I_1 + NK_1' \right] \frac{T_{e_2}}{T_{e_1}} - \left[(C_2 + NK_2) + I_2 + NK_2' \right] \right\} M, \quad (4)$$

де I – експлуатаційні витрати у споживача під час використання техніки, що містить деталі з покриттями; K – питомі капітальні вкладення на одиницю продукції під час експлуатації; T_e – термін експлуатації деталі. Зміна терміну служби деталей T_e пов'язана як зі зміною стану поверхневого шару завдяки особливостям нової технології, так і з можливістю використання більш ефективних покриттів, оброблення яких раніше не проводилося або проводилося за іншою технологією. Індекси відносяться до параметрів, що відповідають існуючій і альтернативній технологіям обробки.

Економічний ефект від заміни покупних запасних частин деталями власного виробництва визначається за залежністю

$$E_2 = (B - 3)M, \quad (5)$$

де B – ціна одиниці продукції (для імпортованих деталей $B = k_B B_1$, де k_B – курс валюти; B_1 – ціна у валюті).

Розрахунок складових залежностей (2–5) наведено в виданнях із визначення економічної ефективності розробок.

УДК 621.9.017

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

STUDY OF THE METHOD OF ELECTROCONTACT WELDING OF METAL MATERIALS FOR THE RESTORATION OF WORKING SURFACES OF AGRICULTURAL MACHINERY SHAFTS

*магістрант А.А. Шевченко, доцент В.А. Бантковський
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

*master's student A.A. Shevchenko, associate professor V.A. Bantkovskyi
State Biotechnological University (Kharkiv)*

Електроконтактне зварювання металевих матеріалів - один з найбільш прогресивних високоефективних способів відновлення. За прогнозами багатьох фахівців найближчими роками контактне зварювання стане однією з провідних технологій відновлення і зміцнення деталей машин широкої номенклатури. Цей спосіб відновлення заснований на використанні теплової енергії, що виділяється в зоні з'єднання основного і додаткового матеріалу під час проходження електричного струму в поєднанні з одночасним механічним впливом зварювального ролика. Контактне зварювання має низку переваг порівняно з іншими способами, що ґрунтуються на розплавленні додаткового металу: збільшується продуктивність праці у 2-3 рази, витрати матеріалів знижуються у 3-4 рази, як порівняти з дуговим наплавленням, виключається нагрів деталей, поліпшуються санітарно-гігієнічні умови праці тощо.

Розроблено і широко застосовуються способи зварювання сталевих стрічки, порошкових матеріалів, дроту до сталевих і чавунних деталей [1].

Способу контактної зварювання стрічки притаманні деякі недоліки. Навіть за оптимальних режимів наплавлення поверхневий шар має тріщини, пори, викришування. Через відсутність деформації в зоні з'єднання стрічки з основою не забезпечується з'єднання покриття з деталлю. Зазначені недоліки способу, дефіцитність сталевих стрічки, істотно до 23% зниження втомної міцності дещо обмежують застосування методу [2].

Процес контактної зварювання характеризується такими особливостями:

1. Тепловий і механічний вплив на поверхню деталі здійснюється одночасно, а не послідовно;

2. Нагрівання поверхневого шару відбувається від двох джерел: зовнішнього (теплота тертя) і внутрішнього (теплота від проходження електричного струму);

3. Тривалість нагріву і витримки, залежно від поверхні контакту і швидкості обкатки, відносно короткочасна (вимірюється сотими і тисячними частками секунди);

4. Висока швидкість охолодження визначається інтенсивним відведенням тепла від тонкого поверхневого шару в середину холодної деталі;

5. Поверхневий шар деталі піддається багаторазовому тепловому впливу, залежно від числа проходів.

Існують два способи відновлення деталей способом контактної зварювання: без додаткового металу і з введенням додаткового металу.

Такий метод відновлення без додаткового металу заснований на перерозподілі поверхневого шару металу. Матеріал зношеної деталі насаджують на твердосплавну пластину, або спеціальних валик, заточений під кутом 60° . На поверхні деталі утворено гвинтовий паз у вигляді різьби. Потім посаджену поверхню розгладжують до певного розміру. Струм високої та низької напруги проходить через місце контакту деталі та інструменту. Збільшення діаметра пов'язане з перерозподілом металу [3].

На поверхні деталі залишається гвинтова канавка, метал з якої перемістився в трапецієподібні ділянки поверхні. За рахунок цього і відбувається збільшення діаметра відновлюваної деталі. При цьому забезпечується одночасне зміцнення поверхні та підвищення втомної міцності на 17...38%. Однак, описаний спосіб відновлення деталей контактним зварюванням рекомендується головним чином для нерухомих сполучень з малими зносами деталей - до 0,3...0,5 мм. У практиці ремонту часто необхідно, щоб відновлювана деталь мала гладку зносостійку поверхню, а величина зносу деталей тракторів, автомобілів та іншої сільськогосподарської техніки часто перебуває в інтервалі 0,4...0,9 мм і більше. Для цих випадків призначені способи відновлення деталей із введенням наповнювачів і додаткового металу, що значною мірою розширює ремонтно-технологічні можливості електромеханічної обробки. В якості наповнювача використовують епоксидні композиції, припої, як додатковий метал - сталевий дріт [4].

Нині у зв'язку з розвитком ринкових відносин передовими способами відновлення деталей машин слід вважати такі, що відповідають наступним вимогам:

1. Технологічний процес відновлення має бути відносно простим, енергоефективним і продуктивним;
2. Матеріали для компенсування зносу деталей не повинні бути дорогими і дефіцитними, водночас містити всі необхідні елементи для отримання якісного покриття;
3. Технологічний процес має забезпечити ресурс відновленої деталі не нижчий за ресурс нового виробу;
4. Підготовка поверхні деталі до відновлення і подальша механічна обробка відновленої поверхні не повинні вимагати спеціалізованого складного і дорогого технологічного обладнання;
5. Відновлені деталі повинні забезпечувати повну взаємозамінність.

[1] Рибалко, І. М., Захаров, А. В., & Сайчук, О. В. (2022). Особливості експлуатаційного зношування робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь. *International Science Group*, (12), 34-37

[2] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., Тіхонов, О. В., & Сайчук, О. В. (2023). Дослідження зношуючої здатності ґрунтів та її вплив на довговічність робочих органів ґрунтообробних машин. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*, 13(1)

[3] Сайчук, О., Рибалко, І., & Захаров, А. (2022). Електрошлакове наплавлення на постійному струмі в струмопідвідному кристалізаторі електродом великого перерізу. *Scientific Collection «InterConf»*, (127), 229-237

[4] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2023). Металургійні процеси плавлення і перенесення електродного та присадного матеріалів у шлаковій ванні при електрошлаковому наплавленні. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*, (33), 12-18.

УДК 621.9.029

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗПОДІЛЬНИКА

ANALYSIS OF METHODS FOR RESTORING HYDRAULIC DISTRIBUTOR PARTS

*магістрант Є.С. Березний, доцент В.А. Бантковський
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

*master's student Y.S. Bereznyi, associate professor V.A. Bantkovskyi
State Biotechnological University (Kharkiv)*

В процесі роботи паливної апаратури плунжерні пари, що встановлюються на паливних насосах високого тиску, піддаються сильному зношуванню. Характерна особливість плунжерних пар полягає у втраті ними працездатності при малому зносі деталей, що обмежує ресурс паливних насосів.

Існують різні методи відновлення прецизійних деталей, ці методи та їхні недоліки наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Основні способи компенсування деталей паливної апаратури

№ п/п	Спосіб	Недоліки
1	Селективна добірка (без збільшення початкових розмірів деталі)	Відновленню підлягають 20 % деталей, що надійшли в ремонт
2	Гальванічне хромування	Низька адгезія покриття з основою, спосіб трудомісткий і дорогий, екологічно нечистий
3	Виготовлення ремонтної деталі	Метод дорогий. Велика кількість деталей йде в утиль. Значна витрата запасних частин
4	Гальванічне нікелювання	Погана адгезія покриття з основою і низька зносостійкість
5	Повторна цементация з подальшим загартуванням і механічним обробленням	Відновленню підлягають 15 % деталей, що надходять до ремонтного фонду
6	Повторне азотування	Ремонтують 25% деталей ремонтного фонду. Спосіб трудомісткий і дорогий
7	Обробка холодом	Відновлюють 5 % деталей, що надходять до ремонтного фонду
8	Відновлення деталей (втулок) гарячим пластичним деформуванням	Велика трудомісткість механічної та термічної обробки. Спосіб дорогий
9	Очищення деталей	Спосіб не усуває дефектів прецизійних деталей, але в низці випадків відновлює характеристики паливної системи двигуна.

У процесі обробки важливо забезпечити сталість зазору між притиром і оброблюваною поверхнею. Тому його насаджують на конічну оправу. Для чорнового доведення використовують пасту М28, для чистового - пасти М3 і М5. Обробляють отвори з обох боків втулки, повертаючи її на 180°, що збільшує точність геометричної форми. Притир повинен виходити за межі деталі в крайніх положеннях на $\frac{1}{4}$ її довжини. Частота обертання притира 200...250 хв-1 і число подвійних ходів 35...40 на 1 хв [1-2].

Після закінчення обробки ретельно промивають у бензині та обдувають стисненим повітрям. Овальність, конусність, кривизна і бочкоподібність отвору після чистового доведення допускаються не більше 0,001 мм, шорсткість поверхні - не нижче Ra = 0,08 мкм [3].

Розміри отвору контролюють пневматичними калібрами. Оброблені втулки сортують за групами з інтервалом з 0,001 мм і укладають у спеціальну тару. Відновлення прецизійних пар за рахунок гальванічного хромування однієї з деталей характеризується низкою недоліків. Тому на заводах-виробниках плунжерні пари ремонтують постановкою нового плунжера збільшеного розміру.

Зношену втулку хонінгують до усунення слідів зносу, потім азотують (втулки насоса розподільного типу) і доводять. Потім втулки сортують на 40 розмірних груп. Плунжери збільшеного ремонтного розміру підбирають до втулок і проводять спільне доведення деталей. Це дає змогу отримати 100 %-й

ресурс прецизійних пар, але й призводить до значної витрати запасних частин, дефіцитного матеріалу та збільшення виробничих потужностей заводу-виготовлювача завдяки встановленню додаткового технологічного обладнання.

Існує два основних способи промивання форсунок: ультразвуковий і хімічний. Під час ультразвукового очищення зняті з двигуна форсунки очищають у спеціальній ванні. Під впливом ультразвукових коливань частинки очисної рідини щосекунди здійснюють зворотно-поступальний рух із частотою генератора. Але через інерційність відбувається не тільки переміщення мікрооб'ємів рідини з різкими змінами прискорення, а й стрибкоподібна зміна тиску в них. Робоча рідина ніби "бомбардує" поверхню форсунки, що очищається, і зриває з неї частинки бруду. Такий інтенсивний рух розчину посилює подрібнення частинок бруду в робочій рідині [4].

Форсунки занурюють дозуючою частиною у ванну, встановлюючи їх на спеціальний тримач у підвішеному стані. Після очищення в ультразвуковій ванні проводять так звану "зворотну промивку". Для цього витягують з них вхідні фільтри і за допомогою спеціальних адаптерів встановлюють в установку. Залишки забруднень вимиваються тестовою рідиною у зворотному напрямку.

Як правило, під час планового обслуговування частіше застосовують хімічний спосіб очищення паливної системи за допомогою спеціальних сольвентів. Він менш трудомісткий і його ефективність достатня для профілактики. Для очищення інших деталей паливної системи можна також використовувати розглянутий метод і обладнання із застосуванням спеціальних адаптерів.

[1] Захаров, А. В. (2023). Дослідження виникнення холодних тріщин в наплавленому металі під час процесу електрошлакової наплавки. *Modern Movement of Science, Dnipro, Ukraine* (15), 226-228

[2] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2023). Дослідження особливостей очищення наплавленого металу від неметалевих домішок під час процесу електрошлакового наплавлення. *Молода наука - роботизація і нано-технології сучасного машинобудування*. Краматорськ: ДДМА, 101-105

[3] Рибалко, І. М., & Захаров, А. В. (2023). Дослідження утворення дефектів в зоні сплавлення і наплавленому металі після ЕШН, їх походження і попередження. «Молоді вчені 2023 - від теорії до практики»: Матеріали. Електронне видання. – Дніпро, Журфонд, (8), 23-28.

[4] Andrii V. Zakharov. (2023). Вплив складу флюсу, роду і полярності струму на ефективність електрохімічних процесів в електрошлаковій системі. *Actual Issues of Modern Science. European Scientific e-Journal*, 1(24), 1-9.

**ВПЛИВ СТРУКТУРИ АРМУЮЧОГО НАПОВНЮВАЧА НА
ВЛАСТИВОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ РЕМОНТНИХ ПОКРИТТІВ**

**INFLUENCE OF THE STRUCTURE OF THE REINFORCING FILLER ON
THE PROPERTIES OF PAINT REPAIR COATINGS**

*магістрант А.О. Дружченко, доцент В.А. Бантковський
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

*master's student A.O. Druzhchenko, associate professor V.A. Bantkovskiy
State Biotechnological University (Kharkiv)*

Проблема захисту виробів сільськогосподарської техніки, що експлуатується в складних умовах впливу навколишнього середовища, є вельми актуальною. Відомо, що основним засобом захисту сільськогосподарської техніки від впливу чинників зовнішнього середовища є правильний вибір системи лакофарбового покриття та підготовки поверхні з урахуванням конструктивних особливостей деталі, вузла та агрегату, а також умов експлуатації та інших чинників.

Слід зазначити, що для забезпечення надійного захисту конструкції з використанням ерозійностійких покриттів необхідна наявність міцної адгезійної взаємодії їх із поверхнею, що захищається. Саме завдяки високій адгезії вдається істотно підвищити ресурс лакофарбового покриття під час експлуатації. Відомо, що епоксидні олігомери знаходять широке застосування як полімерна основа для покриттів, оскільки мають високу адгезію до металевих і неметалевих поверхонь, стійкість до дії води, лугів, кислот, а також володіють невисокою пористістю, низьким показником вологопоглинання та ін.

Адгезія покриття до поверхні, що захищається, насамперед, залежить від природи полімеру, підкладки, а також від умов формування покриття. Адгезійна взаємодія лакофарбового покриття з поверхнею зростає зі збільшенням в епоксидному олігомері кількості полярних функціональних груп, таких як -ОН, -СООН, що залежить від молекулярної маси епоксидного олігомеру, а також затверджувача, що використовується для отримання покриття. Для поліпшення експлуатаційних і технологічних властивостей епоксидних покриттів застосовують різні модифікатори полімерної матриці для підвищення еластичності, твердості, термостійкості та ерозійної стійкості покриттів [1].

Полімерні композиції, наповнені дисперсними мінеральними наповнювачами, являють собою гетерогенну систему з високорозвиненою поверхнею розділу фаз. Одним з основних процесів, що визначають властивості наповнених полімерних систем, є адгезія полімерного плівкоутворювача до твердих поверхонь, тобто адсорбція полімерів на поверхні дисперсної фази наповнювача [2]. Збільшення вмісту армуючого наповнювача в полімерній

матриці до 25% (за масою) наповнювача в полімерній матриці до 25% (за масою) призводить до незначного підвищення водопоглинання покриттів, проте абсолютні значення водопоглинання досліджуваних покриттів, що містять наповнювач, істотно нижчі, ніж значення водопоглинання лакової епоксиднополіамідної композиції. На підставі цих даних можна припустити, що армувальні наповнювачі (ZnO і BN) сприяють структуроутворенню і щільнішій упаковці сегментів макромолекул, знижуючи пористість покриттів і зменшуючи їхнє водопоглинання [3].

Залежно від природи та структури наповнювача і полімерного плівкоутворювача інтенсивність адсорбційних процесів може бути різною. У зв'язку з цим існує умовний поділ наповнювачів на активні (підсилювальні), що підвищують фізико-механічні властивості та властивості міцності, і неактивні, введення яких призводить до поліпшення технологічних властивостей лакофарбового матеріалу, створення певних колірних характеристик покриття тощо. До підсилювальних можна віднести наповнювачі, що сприяють структуроутворенню. Основними умовами зміцнення полімеру шляхом введення підсилювальних наповнювачів є: - застосування наповнювачів, що сприяють структуроутворенню полімеру; - введення в полімер армувальних наповнювачів, що мають власну структуру і високу міцність.

Суттєвим фактором зміцнення (підвищення характеристик міцності) полімерної композиції є структура поверхневих або граничних шарів у наповнених полімерах. До підсилювальних наповнювачів, що застосовуються в лакофарбових матеріалах, можна віднести дрібнодисперсні армувальні наповнювачі, оскільки вони мають власну ниткоподібну структуру. Цілком можливо, що форма армувального наповнювача може сприяти структуроутворенню плівки покриття [4].

На стійкість покриттів до ерозії істотно впливає як форма частинок наповнювача, так і його концентрація в полімерній матриці. Покриття, які містять у своєму складі ниткоподібні кристали ZnO, являють собою чіткі просторові тетраедри з чотирьох поодиноких кристалів, які виходять з єдиного центру, мають також вищу стійкість до ерозії порівняно з аналогічними покриттями, що містять ниткоподібні кристали BN, які мають голчасту структуру. Таким чином, можна зробити припущення, що просторова структура армуючого наповнювача впливає на процеси структуроутворення полімерів і є важливим фактором, що визначає підсилювальну дію наповнювачів у полімерах. Просторова макроструктура ниткоподібних кристалів ZnO, сприяє утворенню менш жорсткої структури наповненої епоксидно-поліамідної полімерної композиції за рахунок перерозподілу локальних мікронапружень, що виникають під час формування лакофарбового покриття на поверхні, що захищається.

[1] Захаров, А. В. (2022). Теоретичне порівняння технологій відновлення деталей. EDITORIAL BOARD, 478.

[2] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2021). Аналіз електрошлакового наплавлення металу при малій товщині відновлюючого та зміцнюючого робочого шару деталі. Інформаційно-аналітичний міжнародний технічний журнал "Промисловість в фокусі", №10 (106), 54-56

- [3] Скобло Т.С., Рибалко, І. М., & Захаров, А. В. (2022). Підвищення ресурсу деталей робочих органів сільськогосподарської техніки при абразивному зношуванні. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем. НУВГП, Рівне, 37-38.
- [4] Andrii V. Zakharov. (2023). Вплив складу флюсу, роду і полярності струму на ефективність електрохімічних процесів в електрошлаковій системі. Actual Issues of Modern Science. European Scientific e-Journal, 1(24), 1-9.

УДК 621.9.024

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛЕГУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ НАНЕСЕННІ ЗМІЦНЮВАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ

PECULIARITIES OF USING ALLOYING ELEMENTS WHEN APPLYING HARDENING COATINGS

*магістрант М.В. Дудін, доцент В.А. Бантковський
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

*master's student M.V. Dudin, associate professor V.A. Bantkovskiy
State Biotechnological University (Kharkiv)*

Відновлення деталей виступає як один із стратегічних і пріоритетних напрямів ресурсозбереження, новітні технології наближають відновлені деталі за рівнем якості до нових, стирають межу між первинними і вторинними ресурсами, перетворюючи їх на альтернативні. Відновлення деталей забезпечує значне скорочення витрат запасних частин, економію грошових коштів і трудових витрат під час ремонту техніки. Для великої номенклатури деталей собі вартість їх відновлення становить 30-70% від ціни нових деталей, а ресурс часто значно вищий завдяки використанню зміцнювальних технологій.

Найпоширенішими способами відновлення деталей у ремонтному виробництві України та за кордоном є дугове наплавлення, контактне наварювання металевого шару, газотермічне напилення, нанесення полімерних і гальванічних покриттів. Більшість деталей, що надходять на дільниці відновлення, мають знос менше 0,3 мм. Ефективним способом їх відновлення є нанесення зміцнювальних покриттів. Порівняно з поширеними зварювально-наплавочними способами він має такі переваги: відсутність викривлення деталі, невеликі припуски на механічну обробку, можливість регулювання властивостей покриттів у широких межах шляхом зміни режимів електролізу, отримання покриттів високої якості з недефіцитних дешевих матеріалів [1].

Для дослідження було обрано залізні покриття, леговані фосфором, молібденом і вольфрамом.

Легування заліза вищевказаними елементами забезпечить комплекс технологічних, механічних і експлуатаційних властивостей, які необхідні для вирішення проблеми довговічності машин.

Цьому має передувати докладне вивчення цих систем, що супроводжується ретельними дослідженнями характеристик міцності, зносостійкості та антифрикційності залежно від умов їхнього отримання та умов зношування.

Мікротвердість є найважливішою характеристикою властивостей сплавів, оскільки вона дає змогу побічно оцінити інші механічні характеристики сплавів, між якими є певна кореляція [2].

Залежно від складу і концентрації електроліту мікротвердість покриття істотно змінюється. Так, зі збільшенням концентрації хлористого заліза в електроліті з 200 до 600 кг/м³ мікротвердість покриття знижується майже на 2000 МПа, а додавання до цього електроліту невеликих кількостей молібдену, вольфраму і фосфору сприяють збільшенню мікротвердості на 2500-3000 МПа.

При підвищенні густини катодного струму мікротвердість покриттів зростає до деякої межі, після чого стабілізується на певному досить високому рівні. Спостережуване сповільнення і припинення зростання твердості покриттів за підвищення густини струму свідчить про те, що мікротвердість електролітичних залізомолібденових, залізовольфрамкових і залізофосфорних покриттів за цих умов наближається до певного граничного значення (рис. 1).

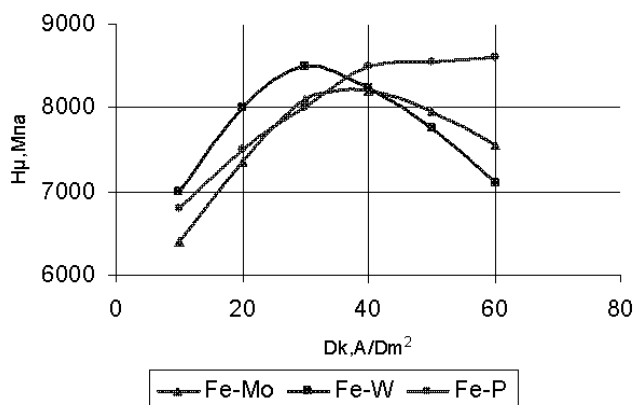


Рисунок 1 – Вплив щільності струму на мікротвердість покриття

Це явище можна розглядати як своєрідне зміцнення, яке обмежене фізичною природою осаджуваних сплавів, коли зміцнення сплавів досягає граничних значень і за подальшого форсування режиму залишається незмінним. За збільшення густини струму вище критичного значення, що дорівнює 50-55 А/дм², у покритті з'являється значна кількість оксидів молібдену та вольфраму, що значно позначається як на кількісних показниках процесу, так і на зовнішньому вигляді покриттів [3-4].

Отже, причиною високої твердості є дрібнозернистість (дрібноблоковість) і мікростворення кристалічної решітки сплаву, характер росту та щільність дефектів структури, що зумовлюються включеннями легуючих компонентів. Легувальні компоненти і водень утворюють із залізом тверді розчини заміщення і впровадження, спричиняючи спотворення кристалічної решітки, молекулярний водень, гідрати, оксиди та інші кристали розпадаються на маленькі когерентні зони решіток, блоки подрібнюються. Мікротвердість сплавів заліза залежить від структури, яка щільністю визначається складом електроліту і режимом електролізу.

[1] Рибалко, І. М., Захаров, А. В., & Сайчук, О. В. (2022). Особливості експлуатаційного зношування робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь. International Science Group, (12), 34-37

- [2] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., Тіхонов, О. В., & Сайчук, О. В. (2023). Дослідження зношуючої здатності ґрунтів та її вплив на довговічність робочих органів ґрунтообробних машин. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 13(1)
- [3] Сайчук, О., Рибалко, І., & Захаров, А. (2022). Електрошлакове наплавлення на постійному струмі в струмопідвідному кристалізаторі електродом великого перерізу. Scientific Collection «InterConf», (127), 229-237
- [4] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2023). Металургійні процеси плавлення і перенесення електродного та присадного матеріалів у шлаковій ванні при електрошлаковому наплавленні. Вісник ЛТЕУ. Технічні науки, (33), 12-18.

УДК 621.9.032

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ НА МІЦНІСТЬ З'ЄДНАННЯ, ПІД ЧАС ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

STUDY OF THE INFLUENCE OF SURFACE ROUGHNESS ON THE STRENGTH OF THE JOINT DURING THE WELDING PROCESS OF COMPOSITE MATERIALS

*магістрант С.О. Кобець, доцент В.А. Бантковський
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

*Master's student S.O. Kobets, associate professor V.A. Bantkovskiy
State Biotechnological University (Kharkiv)*

Зовнішній шар деталей, що підлягають з'єднанню із застосуванням процесу зварювання композиційних матеріалів, має макро- і мікровідхилення від ідеальної геометричної форми, що сильно впливає на міцність з'єднання [1]. Підвищення шорсткості може призвести до підвищення адгезійної міцності, що пов'язано зі збільшенням фактичної площі з'єднання, зменшенням швидкості поширення втомлюваних тріщин, а також більшою дисипацією в процесі деформації фрагмента з'єднувального матеріалу, який перебуває безпосередньо в мікронерівностях.

Однак через присутність на поверхні деталі різноманітних забруднень і парів води повного розтікання композиту по всій поверхні практично не відбувається, внаслідок чого зменшується адгезійна міцність, погіршення змочуваності та знижується когезійна міцність, що пов'язано з виникненням тріщин у композиті та збільшенням швидкості їхнього розповсюдження [2].

З механічних способів найдоцільнішими є точіння і розточування, шліфування, дробоструминне і піскоструминне оброблення, обробка щітками з використанням ручного механізованого інструменту. Точіння і розточування рекомендується використовувати для обробки зношених поверхонь і надання їм правильної геометричної форми. Шліфування застосовується для підготовки поверхні всіх груп деталей, а стан поверхні залежить як від застосовуваного матеріалу, так і від режимів шліфування. Найдоцільніше використовувати ручне шліфування наждачним полотном. Під час дробоструминної обробки

деталей відбувається поверхнєве зношування матеріалу, виникає висока шорсткість і зміцнюється поверхня. Вельми перспективним є очищення поверхні деталі за допомогою механізованих щіток, зважаючи на простоту і довговічність інструменту, нескладність механізації процесу і підвищення продуктивності праці в 20-30 разів порівняно з ручними операціями [3].

Графіки залежності напруги при зсуві як функції часу полімеризації $\tau_{сд} = f(T)$ до досягнення повної міцності представлені на рис. 1 і 2.

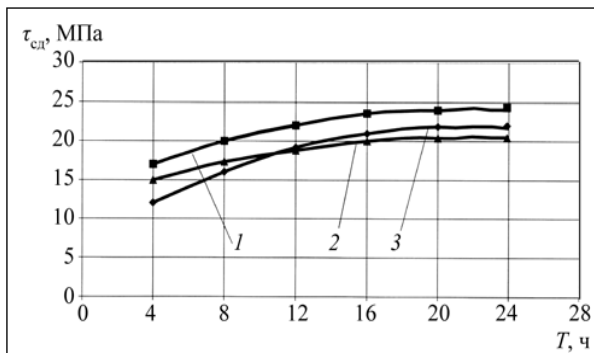


Рис. 1. Залежність міцності з'єднання "композит-сталь" від часу полімеризації під час оброблення поверхні точінням (крива 1), шліфуванням (крива 2) і фрезеруванням (крива 3)

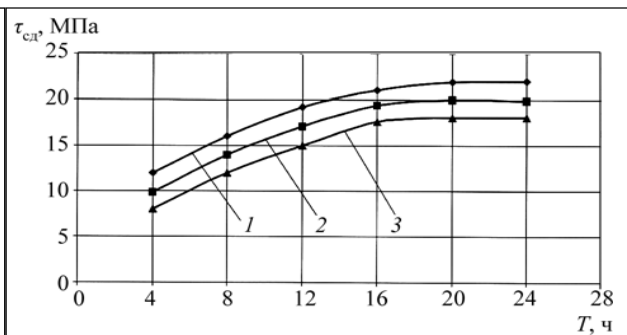


Рис. 2. Залежність міцності з'єднання "композит-сталь" від часу полімеризації під час дробоструменевого (крива 1), ручного (крива 2) і піскоструменевого оброблення (крива 3) поверхонь

Як видно з характеру кривих, зображених на цих графіках, найбільша міцність має місце під час токарного оброблення деталей (крива 1 на рис. 1), а найменша - під час піскоструминного (крива 3 на рис. 2), що пояснюється висотою мікронерівностей на поверхнях деталей під час відповідних видів оброблення. Із графіків можна зробити висновок також і про те, що після полімеризації композиту (тобто через 4 год) з'єднання набуває приблизно 50-60% міцності, а через 24 год - повної міцності.

Проведені дослідження також показали, що висота мікронерівностей, тобто шорсткість поверхні, впливає на характеристики міцності. Крім цього, свою роль у зниженні міцності відіграє збільшення товщини композиційного прошарку, яке виникає в результаті підвищення шорсткості. Також із графіків видно, що міцність з'єднань $\tau_{сд}$ залежить не тільки від висоти мікро нерівностей R_a , а й від інших чинників [4]. Очевидно, що тут відіграє роль не тільки глибина западин шорсткості, що забезпечують заклинювання композиту, а й їхня форма, тобто мікрорельєф, який отримують у результаті обробки. Форма западин, нарівні з їхньою глибиною, впливає на затікання в них композиту і, отже, на повноту адгезійного контакту між ним і поверхнею деталі, а отже, і на кінцеву міцність з'єднання. Таким чином, на основі проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. для кожного виду обробки поверхні існує своя оптимальна шорсткість, за якої міцність з'єднання "композит-сталь" найбільша;
2. існує певна геометрія мікрорельєфу, що забезпечує найбільшу міцність з'єднання при використанні композиційних матеріалів як з'єднувального елемента.

- [1] Захаров, А. В., & Рибалко, І. М. (2023). Дослідження особливостей експлуатаційного зношування робочих органів ґрунтообробних машин. «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту». м. Вінниця: ВНТУ, (3), 141-146
- [2] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2023). Дослідження особливостей очищення наплавленого металу від неметалевих домішок під час процесу електрошлакового наплавлення. Молода наука - роботизація і нано-технології сучасного машинобудування. Краматорськ: ДДМА, 101-105
- [3] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2023). Механічна обробка металу наплавлених деталей ЕШН. Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2023, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського (15), 141-146
- [4] Рибалко, І. М., & Захаров, А. В. (2023). Дослідження утворення дефектів в зоні сплавлення і наплавленому металі після ЕШН, їх походження і попередження. «Молоді вчені 2023 - від теорії до практики»: Матеріали. Електронне видання. – Дніпро, Журфонд, (8), 23-28.

УДК 621.78

ВСТУП ДО ПРОБЛЕМАТИКИ ЕНЕРГОСИЛОВОГО ВПЛИВУ ПРИ ФРИКЦІЙНОМІСТКИХ МЕТОДАХ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ

INTRODUCTION TO THE PROBLEM OF ENERGY-FORCE IMPACT IN FRICTION-BASED METHODS OF SURFACE HARDENING

***Канд. техн. наук О.О. Волков, Ж.В. Краєвська, В.О.Таровський,
В.В. Скалібог, А.В. Юшко***

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», (м. Харків)

***Candidate of Engineering Sciences O.O. Volkov, Zh.V. Kraevska, V.O. Tarovskyi,
V.V. Skalibog, A.V. Yushko***

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (Kharkiv)

Фрикційномісткі види оброблення – це технологічні методи, в тому числі, зміцнення поверхонь деталей машин, під час яких використовуються висококонцентровані джерела енергії. Потік теплової енергії високої концентрації у зоні контакту «інструмент-деталь» виникає в процесі високошвидкісного тертя між інструментом-диском та поверхнею, що обробляють. У зоні контактування відбувається також зсувне деформування поверхневих шарів металу. Формування зміцненого шару залежить від температурних та силових параметрів, які виникають у зоні контакту «інструмент-деталь», а також від технологічного середовища, напряму і величини зсувного деформування у зоні обробки, хімічного складу, попередньої термічної обробки та інших факторів. Для визначення параметрів зміцнення, вихідних даних для проведення динамічних та термопружних розрахунків необхідно знати сили та складові сил, які виникають у процесі оброблення, яка виникає у зоні контакту «інструмент-деталь» у процесі фрикційної обробки поверхонь. Енергосилові параметри - це параметри, які визначають енергетичні та силові характеристики процесу. Тобто - це такі параметри, як сила, швидкість, робота, потужність, момент [1,2]. Ці параметри є важливими для аналізу технологічних процесів і дозволяють зрозуміти, як вони працюють і як можна покращити їх ефективність. Аналіз енергосилових

параметрів дозволяє зрозуміти, як змінюється сила і швидкість при обробленні матеріалів в такий спосіб, де тертя викликає нагрівання. А таке розуміння дозволяє впливати на ефективність процесу і зменшення енергетичних витрат. Серед параметрів про які йде мова можна розглядати: вплив тиску, тепловий вплив, часовий вплив, хімічні та міжфазні процеси тощо.

[1] Volkov O.A. Study of heat deformation influence in surface strain hardening of steel by thermofriction processing. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2 5(80) (2016) 38–44.

[2] Гурей В. І., Дослідження складових сил під час фрикційного зміцнення циліндричних поверхонь деталей машин Науковий вісник ІФНТУНГ 2020. № 2(49).

УДК 629-02.09

ОСНОВНІ НЕСПРАВНОСТІ ГОЛОВОК БЛОКУ І МЕХАНІЗМУ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

MAIN MALFUNCTIONS OF THE BLOCK HEADS AND GAS DISTRIBUTION MECHANISM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

***О.О. Титаренко, доктор технічних наук А.К. Автухов**
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

***O.O. Tytarenko, A.K. Avtukhov, Doctor of Technical Sciences**
State Biotechnological University (Kharkiv)*

Функціональне призначення механізму газорозподілу - герметизація камери згоряння і організація газообміну. Вплив сполучень деталей клапанної групи на показники роботи двигуна коротко характеризуються наступним [1]:

1) клапан-сікло: прорив газів, прогорання - зниження надійності; зниження потужності і підвищення витрати палива.

2) клапан-втулка: перекося клапана - погіршення наповнення, тобто потужності і економічності, надійності; збільшення механічних витрат (тертя при перекосях); збільшення витрати змащення.

3) коромисло-клапан (зношування робочих поверхонь): зменшення час-перетину клапана - зниження потужності і економічності.

У процесі експлуатації трактора зношується більшість деталей двигуна, у тому числі деталі газорозподільного механізму і головки блоку, що призводить до різних відмов.

До очікуваних поступових відмов ГРМ за параметрами відносять [2]: зміна до граничних значень теплового зазору в клапанах; зрушення фаз газорозподілу; зміна до граничних значень зазору між стеблом клапана і напрямною втулкою; нагромадження нагару на клапанах; поступове зниження пружності пружин; граничне заглиблення клапанів; поява раковин на фасках сідел і клапанів (втрата герметичності клапанного сполучення).

Найбільш нестабільним параметром є зміна теплового зазору в приводі

клапана. Вживання заходів по запобіганню відмови по даному параметру включене в перелік обов'язкових робіт, які проводяться у плановому порядку.

Герметичність клапанних сполучень - складний параметр, що залежить від багатьох факторів. Відмова за даним параметром може настати від 0,7 до 1,3 доремонтного ресурсу. Найчастіше, параметр характеризується високою нестабільністю. На одному двигуні сполучення можуть бути як з гарною герметичністю, так і з незадовільною. Слід зазначити, що відомостей про герметичність клапанних сполучень двигунів, які поступили у ремонт недостатньо через трудомісткість перевірки параметра і відсутності єдиного критерію оцінки

Розповсюдженим дефектом головок блоку циліндрів вітчизняних двигунів є зношування напрямних втулок - до 80-96%. Зношування втулок закордонних двигунів трохи нижче - 21-75%, однак більші зноси сідел клапанів - до 77-83%, проти 20-64% у вітчизняних. Це, у першу чергу, пояснюється відмінностями в застосовуваних матеріалах сідел.

До 20% головок блоку надходить у ремонт із гранично зношеними сідлами, і підприємства їх нерідко не відновлюють, направляючи в брак через відсутність необхідної технології і устаткування для заміни або відновлення сідел клапанів. У головках циліндрів іноді (до 3-5%) спостерігається ослаблення посадки сідел у гніздах.

Найпоширенішими дефектами головок блоку циліндрів двигунів є [3]:

1 - зношування втулок клапанів; 2 - зношування клапанних сідел; 3 - зношування фасок і стебел клапанів; 4 - втрата пружності клапанних пружин; 5 - тріщини перемичок між отворами під розпилювачі форсунок і сідлами клапанів; 6 - негерметичність стаканів форсунок і заглушок.

Головними причинами вибракування головок циліндрів при капітальних ремонтах двигунів є: тріщини водяних сорочок від розморожування і термовтомності металу; труднощі повторної заварки тріщин, пор і раковин; ослаблення посадки сідел у гніздах; обрив клапанів; зменшення висоти головок до неприпустимих значень.

Для окремих марок двигунів властиві характерні дефекти, обумовлені переважно конструктивними параметрами. Наприклад, розповсюдженим дефектом головок ЯМЗ-238, ЯМЗ-238НБ є тріщини в перемицці між отвором під розпилювач форсунки і сідлом клапана -22% і 45%, відповідно. Проте, загальний розподіл по видах відмов для різних марок як вітчизняних, так і закордонних двигунів досить закономірно і деякою мірою носить однаковий характер.

Таким чином, завдання забезпечення якості відновлення деталей клапанної групи, надійності і довговічності герметизації клапанних пар, є однієї з першорядних у технологічному процесі ремонту двигуна. У сучасних умовах з використанням наукомістких технологій і устаткування, це завдання затребуване для розв'язку і практичної реалізації на вітчизняних ремонтних підприємствах.

[1] Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: Монографія / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик та ін.; за ред. В.В.Ауліна. – Кіровоград: видавництво Лисенко В.Ф., 2016. – 303 с.

[2] Фактори, що визначають зношування гільз циліндрів двигуна внутрішнього згоряння [Текст] : тези доп. / Ю. О. Одражий, О. І. Сідашенко // Молодежь и с.-х. техника в XXI веке : материалы XIII Междунар. форума молодежи. – Харьков : ХНТУСХ, 2017. – С. 122.

[3] Причини виникнення зносу циліндрів автомобільних двигунів [Текст] : тези доп. / С. О. Бабич, О. І. Сідашенко // Молодежь и с.-х. техника в XXI веке : материалы XIII Междунар. форума молодежи. – Харьков : ХНТУСХ, 2017. – С. 97.

УДК 669.017:621.73

ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ЛИСТОВОГО СТАЛЕВОГО ПРОКАТУ ТА ДЕТАЛЕЙ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ТЕРТЯ І КОРОЗІЙНОГО ВПЛИВУ

IMPROVING THE QUALITY OF ROLLED STEEL STRUCTURES AND WORKING PARTS IN CONDITIONS OF FRICTION AND CORROSION INFLUENCE

к.т.н., доц. І.В. Дощечкіна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)

PhD (Tech.) I. Doshchekina

Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)

Одним із найбільш масштабних споживачів тонколистового прокату маловуглецевих та низьколегованих сталей є залізничний транспорт. Найбільш металомісткими є деталі кузова та рами вагонів, які в залежності від експлуатаційних властивостей виготовляють зі сталей Ст3, М16С, 09Г2С [1]. Для підвищення рівня (класу) міцності використовують більш леговані сталі (10ХНДП, 15Х2СД), термічну, а частіше термомеханічну обробку, бо при зростанні міцності потрібно не втрати запасу пластичності. Завжди треба враховувати, що люба термообробка приводить до структурних змін в металі, які можуть негативно позначитися як на технологічних, так і функціональних властивостях виробу. Крім того, зміцнена термообробкою сталь має підвищений рівень залишкових внутрішніх напружень, який негативно вплине на поведінку деталей та конструкцій, в умовах циклічного навантаження, вібрацій, зношування, що має місце під час експлуатації залізничного транспорту. Необхідно також зважати на те, що легована сталь дорожча за вуглецеву і її використання збільшує собівартість виробу.

Одним із пріоритетних напрямків покращення якості прокату (в тому числі для виготовлення виробів способами пластичного деформування) без зміни хімічного складу і відсутності фазових та структурних перетворень, є застосування нанотехнологій.

Керуючись доведеним в наш час положенням, що стан поверхневого шару радикально впливає на властивості твердого тіла в цілому, ефективним є

епіламування (ЕП) – покриття поверхні нанорозмірною (товщиною до 20 нм) мономолекулярною плівкою фтор-поверхнево – активної речовини (фторПАР). Плівку наносять різними способами: покриттям пензлем, розпиленням, зануренням у рідкий розчин у автоматизованих установках. Процес нанесення плівки дуже простий, складається з наступних операцій: знежирення та очищення поверхні – нанесення епіламу – термофіксація плівки при 50 – 55 °С, що не потребує спеціального складного та енергоємного обладнання.

Молекулярні плівки, не змінюючи структури і геометричних розмірів оброблюваних поверхонь, значно їх модифікують. На основі системних досліджень доведено, що ЕП поверхні листових заготовок зі сталей 05 кп, 20, 09Г2С за умови відносно незначного зниження характеристик міцності (на 3-5%) сприяє суттєвому збільшенню показників пластичності (на 40-50%). В той же час дійсне напруження руйнування у зв'язку з високою пластифікацією зростає на 12-15 % і є доказом того, що справжня міцність листових заготовок після ЕП вища у порівнянні зі станом постачання. Твердість листа залишилася на вихідному рівні, тобто зміна властивостей після модифікування поверхні обумовлена лише іншою поведінкою виробу під дією інформації, бо характеристики матеріалу не змінилися [2]. Істотна пластифікація сталі забезпечила перехід листового прокату із категорії здатності до глибокого витягування до категорії особливо складного витягування (сталь 09Г2С) та вельми особливо складного витягування (сталь 0,8кп), що полегшує процеси протягання, згинання, закручування та ін., і це має значення для виготовлення гнутих профілів (замість катаних) та елементів складної конфігурації.

ЕП за рахунок своєї значної проникаючої здатності суттєво покращують якість поверхні: заліковують різні поверхневі дефекти, заповнюють мікротріщини та пори і дегазують їх, що зменшує кількість ймовірних концентраторів напружень.

Враховуючи особливості умов експлуатації залізничного транспорту зазначимо, що ЕП (як результат наших досліджень), дозволяє збільшити циклічну довговічність: листових заготовок зі сталей 20 та 40 майже у 5 разів. В роботі [3] також відмічається позитивна роль ЕП у підвищенні утомної міцності силових елементів транспортних засобів.

Згідно з нашими результатами після ЕП поверхні також суттєво (у 3-4 рази), підвищується зносостійкість виробів, що підтверджується і в інших дослідженнях по зменшенню зношування деталей циліндро-поршневої групи локомотивних компресорів [4]. Одним з основних призначень епіламів є утримання мастильного матеріалу у вузлах тертя при експлуатації в умовах циклічних та ударних впливів.

ЕП також ефективно використовується для захисту від корозії і з цією метою знаходить все більше застосування в різних галузях промисловості [5].

Завдяки унікальним фізико-хімічним та експлуатаційним характеристиками епіламування слід розглядати як перспективний метод для більш широкого використання в транспортному машинобудуванні.

[1] Вакуленко, І. О., Анофрієв В.Г. Металеві матеріали з підвищеною міцністю для виготовлення вагонів. *Вісн.Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад.В.Лазаряна.* 2011. Вип. 37. С. 216–219.

- [2] Дощечкіна І.В., Татаркіна І.С. Епіламування поверхні як спосіб пластифікації холоднокатаних низьковуглецевих сталей. *Вісник ХНАДУ*. 2020. Вип. 88, Т.І. С. 17 – 22
- [3] Трошін О. М., Стадниченко М. Г., Парфіло В. В. Розробка технології епіламування силових елементів транспортних засобів. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка*, 2018. Вип. 192 «Проблеми надійності машин». С. 91–98.
- [4] Коваленко В. І., Фіцай Ю. С. Зменшення інтенсивності зношування деталей циліндро-поршневої групи локомотивних гальмівних компресорів, *Стан та перспективи розвитку міського електричного транспорту* Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Харків, 2021. С. 85–87.
- [5] Епілами як один із варіантів захисту трубопроводів і металоконструкцій від корозії: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/articles/epilamy-effektivnaya-zashchita-truboprovodov-i-metallokonstruktsiy-ot-korrozii/> (дата звернення 18.11,2023)

УДК 658.516:656

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН СУЧАСНИМИ МЕТОДАМИ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ

IMPROVING THE QUALITY OF MACHINE PARTS USING MODERN COATING METHODS

*к.т.н., доц. Г.Л. Комарова, студент В.Ю. Светош
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*PhD (Tech.) G. Komarova, student V. Svetosh
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Надійність і довговічність сучасної залізничної техніки багато в чому визначається надійністю агрегатів і механізмів, працездатність яких у свою чергу залежить від багатьох зовнішніх факторів. У комплексі заходів, спрямованих на вирішення проблеми забезпечення їх ефективності, важливе місце займає розробка та застосування технологічних процесів поверхневого зміцнення та відновлення деталей сучасної техніки. Поверхневе зміцнення деталей машин шляхом нанесення на їх поверхню зносостійких покриттів дозволяє значно знизити витрати матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів, забезпечити їх ефективність у різних умовах експлуатації, підвищити якість [1].

Підвищення якості деталей машин і механізмів неможливе без використання зносостійких і антифрикційних покриттів для захисту їх робочих поверхонь, а саме тих, що працюють в умовах інтенсивного зносу. Отримання покриттів здійснюється шляхом розробки та практичного використання різноманітних методів їх нанесення.

Аналіз методів нанесення покриттів показав, що найбільш перспективними за співвідношенням ціна-якість є газотермічні покриття, саме за допомогою контролю процесу напилення можна отримати покриття з високими зносостійкими та антифрикційними властивостями [2]. Переваги газотермічного методу полягають у тому, що можна наносити покриття з будь-яких елементів: порошків, дротів, гнучких шнурів, а також отримати високі

фізико-механічні властивості: висока твердість, адгезія до основи, висока стійкість. Застосування методів газотермічного напилення зносостійких і міцних шарів металу на робочих поверхнях деталей машин і технологічного обладнання дозволяє не тільки забезпечити їх зміцнення, а й вирішити комплекс взаємозалежних техніко-економічних завдань, спрямованих на економію ресурсів. До таких завдань відноситься зниження питомого вмісту металів у виробі та його елементах на одиницю основних характеристик за рахунок підвищення їх міцності та зменшення маси за рахунок використання сипучих і поверхнево-армованих матеріалів.

Відновлення зношених поверхонь методами газотермічного напилення дозволяє поєднати процеси створення нових шарів металу замість зношених з процесами їх зміцнення.

Також у роботі запропоновано підхід до вдосконалення технології ремонту деталей з електродуговими покриттями (рис.1), який полягає у збільшенні ресурсу деталей шляхом управління: технологією відновлення електродугового покриття, зокрема параметрами потоку газу (швидкістю та температурою газу та часток, параметрами конструкції). обладнання для відновлення EDN).

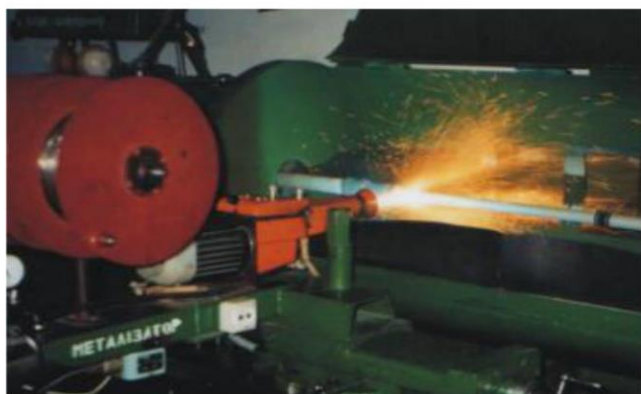


Рис. 1. Нанесення електродугових покриттів

Практичне значення результатів роботи визначається оптимізацією технологічних процесів нанесення газотермічних покриттів. На основі теоретичних і експериментальних досліджень удосконалено технологію ремонту деталей методом електродугового напилення, що дозволило знизити інтенсивність зношування відновлених поверхонь більш ніж в 2 рази, замінити дорогі порошкові дротяні матеріали на більш дешеві й менш дефіцитні сталеві суцільного перерізу із однаковою зносостійкістю та ресурсом, підвищити ресурс деталей в 1,5 рази у порівнянні з традиційними технологіями ремонту деталей із застосуванням електродугового напилення.

Доведено, що підвищити ресурс деталей можна шляхом удосконалення технології їх ремонту електродуговими покриттями шляхом керування моделями газодинамічних та фізико-хімічних процесів.

[1] Комарова Г.Л., Федченко І.І., Нестерчук О.М. Підвищення зносостійкості сталей шляхом нанесення поверхневих покриттів. Інженерія поверхні та реновація виробів: Матеріали 23-ї

Міжнародної науково-технічної конференції, 20–22 червня 2023 р. Київ: АТМ України, 2023. С.33-37

[2] Комарова Г.Л. Реновація деталей транспортного призначення шляхом застосування сучасних технологій. «Інтелектуальні транспортні технології», УкрДУЗТ, 2021. С.162-164

УДК 666.266.6.01

ВИСОКОМІЦНІ ВОГНЕСТІЙКІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ ТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

HIGH-RESISTANCE FIRE-RESISTANT GLASS CRYSTALLINE MATERIALS FOR TECHNICAL PURPOSES

канд. тех. наук С.О. Рябінін, канд. тех. наук А.В. Захаров

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)

S.O. Riabinin PhD (Tech.), A.V. Zakharov PhD (Tech.)

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (Kharkiv)

Стрімкий розвиток технологій, науки та техніки суттєво розширює області застосування склокристалічних матеріалів з урахуванням аспектів енерго- та ресурсозбереження та екологічних факторів при їх виробництві та експлуатації [1]. Цим пояснюється необхідність створення нових видів склокристалічних матеріалів. Необхідність розробки принципово нових функціональних матеріалів з високими експлуатаційними властивостями, зокрема, високою ударо- та термостійкістю продиктована попитом ринку.

Для України важливість актуальної проблеми створення нових високоміцних матеріалів значно зросла в останній час у зв'язку з веденням бойових дій. На сьогодні відомі керамічні бронееlementи: карбід кремнію, корунд, сапфір, шпінель, оксинітрид алюмінію характеризуються достатнього складною технологією виробництва та високою вартістю [2]. Тому для захисту спеціального обладнання необхідним є пошук нових підходів, у напрямку розробки надійних ударостійких бронееlementів зі зниженою вартістю, щільністю та високою технологічністю. Ефективним рішенням проблем оборонного та технічного характеру є створення матеріалів з високою ударо- та вогнестійкістю на основі склокристалічних матеріалів, які одержують в умовах низькотемпературної термічної обробки з використанням вітчизняної сировини.

Досягнення вказаних вимог може бути реалізовано шляхом забезпечення високої структурної міцності склокристалічних матеріалів за рахунок вибору необхідного складу вихідних композицій стекол та формування в них в процесі низькотемпературної термообробки нано- та мікроструктури на основі високоміцних кристалічних сполук. Формування високоміцної ситалізованої структури з наявністю β -сподумену може бути досягнуто в склокерамічних матеріалах на основі літійтіалюмосиліканих стекол за рахунок протікання тонкодисперсної об'ємної кристалізації скла [3, 4], що і склало тему даної роботи.

Одержані сподуменвмісні склокристалічні матеріали були синтезовані на основі літійалюмосилікатної системи та відрізняються структурою та властивостями. Склокерамічні матеріали на основі розроблених стекол були отримані за скляною та керамічною технологіями. Було розроблено технологічні параметри одержання склокристалічних матеріалів на основі вихідного скла СП-10 за керамічною технологією за методами пресування, шлікерного лиття, термопластичного формування, з наступною двостадійною термообробкою за наступним режимом: I стадія – температура (Т) 550 °С, тривалість (τ) 4 год; II стадія Т – 850 °С, τ – 4 год [5].

Зважаючи на особливий вплив процесу формування структури дослідних літійалюмосилікатних скломатеріалів на ТКЛР, було встановлено особливості їх кристалізації при термічній обробці. За результатами попередніх досліджень встановлено, що визначальним фактором забезпечення низьких значень ТКЛР ($\alpha = (20,78-25,2) \cdot 10^{-7}$ град⁻¹) модельних стекол серії СП (система R₂O – LiF – CaF₂ – RO – RO₂ – R₂O₃ – P₂O₅ – SiO₂, де R₂O – Na₂O, Li₂O, K₂O; RO – CaO, MgO, ZnO; RO₂ – ZrO₂, TiO₂, SnO₂, CeO₂, MnO₂; R₂O₃ – Al₂O₃, B₂O₃) поряд з вмістом у їх структурі оксидів цинку, цирконію та бору є кристалізація β-сподумену в процесі термічної обробки у кількості 50–80 об. % при вмісті оксиду літію в межах 6,0–8,0 мас. % [6]

З урахуванням проведених попередніх досліджень механічних властивостей стекол серії СП встановлено, що для склокристалічних матеріалів СП-10 забезпечення твердості за Віккерсом HV = 8,90 ГПа, та в'язкості руйнування K_{IC} = 3,4 МПа·м^{1/2} відповідно дозволить використовувати їх при розробці захисних високоміцних матеріалів у складі композиційних бронееlementів.

Дослідні ситали СП-10 характеризуються високими показниками електроопору $\rho_v = 31,6 \cdot 10^{10}$ Ом·м та збільшеним поверхневим опором $\rho_s = 6,9 \cdot 10^{14}$ Ом, що можливо є наслідком направленої кристалізації під час низькотемпературної короткотривалої двостадійної термічної обробки.

Також встановлені електричні параметри $tg\delta = 0,02$, $\varepsilon = 15,04$ при $f = 10^3$ Гц; $tg\delta = 0,015$, $\varepsilon = 17,7$ при $f = 10^5$ Гц; $tg\delta = 0,005$, $\varepsilon = 4,75$ при $f = 10^{10}$ Гц в поєднанні з електричною міцністю на рівні E = 28 МВ/м при 20 °С та 50 Гц, що є більшою за міцність електрофарфору при формуванні високоміцної ситалізованої структури розроблених матеріалів на основі β-сподумену дозволяє забезпечити їх високі термічні ($\alpha \cdot 10^7 = 20,83$ град⁻¹, вогнестійкість RE 90 (h)) та механічні (твердість за Віккерсом HV = 8,90 ГПа, в'язкість руйнування K_{IC} = 3,4 МПа·м^{1/2}) дозволить їх ефективно використовувати в умовах високих навантажень для швидкої та якісної заміни існуючих застарілих матеріалів для обладнання та техніки в якості діелектриків для електронної та радіоапаратури, та в якості електричної ізоляції навантажених частин електрообладнання при високих температурах, або можливій дії відкритого полум'я.

[1] Структура та властивості склокристалічних матеріалів: монографія / Л.Л. Брагіна, О.В. Саввова, О.В. Бабіч, Ю.О. Соболь. – Харків: ООО "Компанія СМІТ", 2016. – 253 с.

[2] The Science of Armour Materials / Edited by Ian G. Crouch. – Duxford: Woodhead Publishing, 2016. – 754 p.

[3] Savvova, O. Development of glass-ceramic high-strength material for personal armor protection elements / O Savvova, L. Bragina, G. Voronov, Y. Sobol, O. Babich, O. Shalygina, M. Kuriakin // Chemistry & Chemical Technology. – 2017. – Vol. 11, No.2 – P.214-219. – doi:10.23939/chcht11.02.214.

- [4] Саввова О.В. Інноваційні напрямки розробки високоміцних прозорих склокристалічних матеріалів захисної дії / О.В. Саввова, О.В. Бабіч, В.Л. Топчий, С.О. Рябінін / Наука і оборона. – №3/4. –2017. – С. 73 –78.
- [5] Savvova O. High-strength spodumene glass-ceramic materials / O. Savvova, O. Babich, G. Voronov, S. Ryabinin // Strength of materials, Vol. 49, № 3 (2017). – P. 479 – 486.
- [6] Savvova O. High-strength spodumene glass-ceramic materials / O. Savvova, O. Babich, G. Voronov, S. Ryabinin // Strength of materials, Vol. 49, № 3 (2017). – P. 488 – 495.

УДК 621.729.92

ВПЛИВ ІОННО-ПЛАЗМОВОГО АЗОТУВАННЯ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ПОРОШКОВОЇ СТАЛІ К390

THE EFFECT OF IONE-PLASMA NITRIDING ON WEAR RESISTANCE OF A POWDER STEEL OF K390 GRADE

*докт. техн. наук В.Г. Єфременко¹, Ph.D. И. Петришинец²,
канд. техн. наук Ю.Г. Чабак¹, канд. техн. наук Б.В. Єфременко¹*
¹*«Приазовський державний технічний університет» (м. Маріуполь, Україна)*
²*«Інститут матеріалознавства АН Словаччини» (м. Кошице, Словаччина)*

Efremenko V.G.¹, Petryshynets I.², Chabak Yu.G.¹, Efremenko B.V.¹
¹*«Pryazovskyi State Technical University» (Mariupol, Ukraine)*
²*«Institute of Materials Research of Slovak Academy of Science» (Kosice, Slovakia)*

Порошкова сталь «K390 Microclean» виробництва «Buhler» (хімічний склад: 2,3 % С; 0,5 % Si; 4 % Cr; 1,8 % Mo; 8-9 % V; 0,8-1,0 % W; 1-1,5 % Co) використовується для виготовлення важконавантаженого штампового та ріжучого інструмента. В роботі вивчали можливість додаткового підвищення експлуатаційної довговічності сталі за рахунок структурно-хімічної модифікації її поверхневих шарів. Для цього використали азотування в «тліючому» розряді за режимом: температура нагріву – 500-520 °С, тривалість – 22 год; газове середовище: суміш 40 % N₂ та 60 % Ar; витрата газу – 0,56 л/хв; напруга – 350 В; сила струму – 3 А. Для азотування використали зразки сталі К390 в стані постачання (твердість сталі – 250 HV₂₀); їх структура складалась із зернистих карбідів МС та М₇С₃, розподілених у феритній матриці. На рисунку 1 представлено зображення азотованого шару, що виник в результаті проведеної обробки.

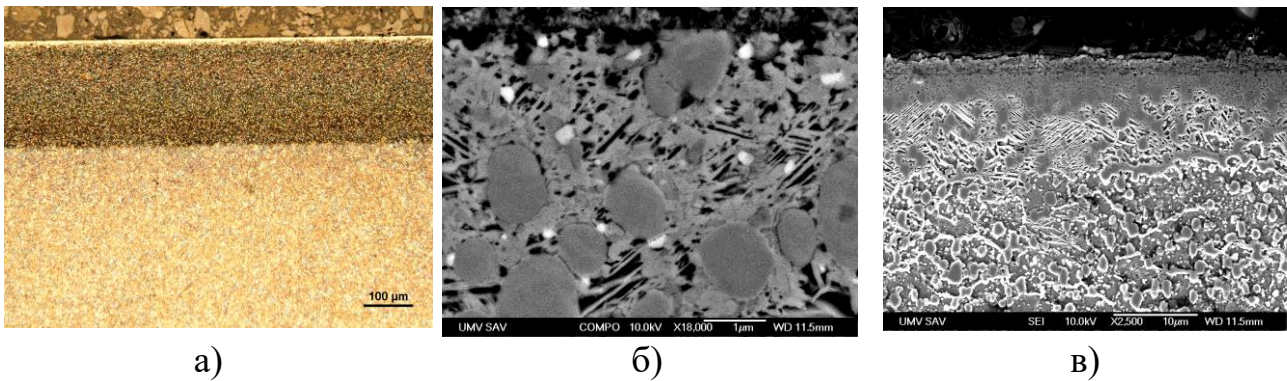
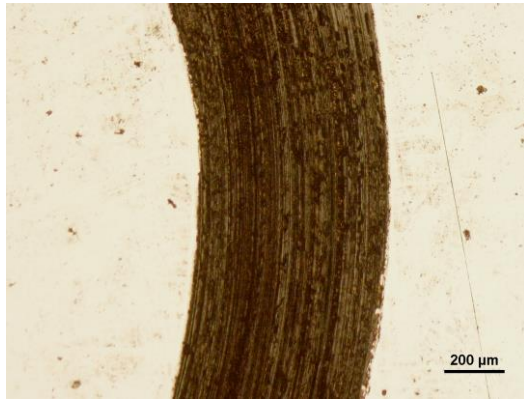


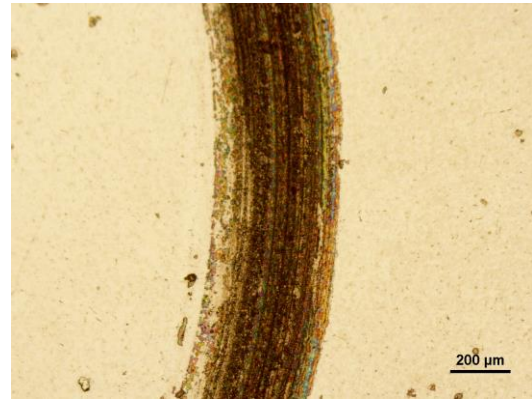
Рис. 1. Мікроструктура сталі К390 після іонного азотування: азотований шар (а, б), зона голчастих нітрідів (б)

Загальна товщина азотованого шару становила 215-220 мкм (рис. 1,а). У самій поверхні, на глибину до 15 мкм, структура шару складалась із вихідних зернистих карбідів, проміжки між якими були зайняті щільно розташованими голчастими включеннями нітрідів (рис. 1,б). На більшій відстані від поверхні голчасті включення змінюються на сітку нітрідів по границях зерен (рис. 1,в). Твердість азотованого шару складала 730-880 HV_{20} , тобто відбулось її 3-3,5-кратне підвищення відносно вихідного стану.

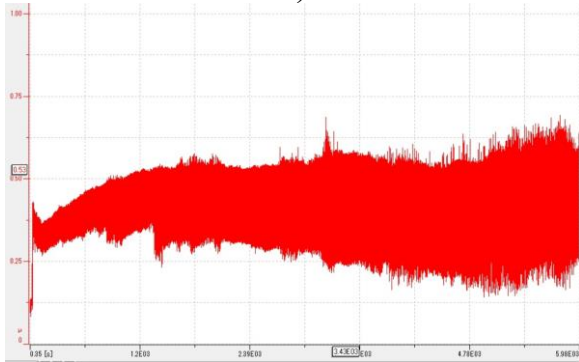
Азотована сталь К390 була піддана випробуванням на зношування сухим тертям за схемою «Ball-on Disc» на трибометрі «CSM Instruments» за наступних параметрів: контр-тіло – кулька SiC діаметром 6 мм; нормальний тиск – 10 Н; швидкість ковзання – 0,1 см/с; шлях тертя – 600 м; радіус доріжки тертя – 3,0 мм. В якості еталону випробували сталь К390 у вихідному (до азотування) стані. На рис. 2 зображено доріжки тертя на поверхні вихідного та азотованого зразків. Їх середня ширина становила 640 мкм та 414 мкм, а об'ємний знос – 0,114 $мм^3$ та 0,031 $мм^3$, відповідно. Таким чином, азотований зразок показав 3,7-кратну перевагу в зносостійкості перед необробленим зразком. Коефіцієнт тертя (μ) вихідного зразка коливався в межах 0,105-0,694 (середнє значення – $0,446 \pm 0,071$); для азотованого зразка він дещо зменшився: коливання μ становили 0,108-0,477, середнє значення – $0,332 \pm 0,041$.



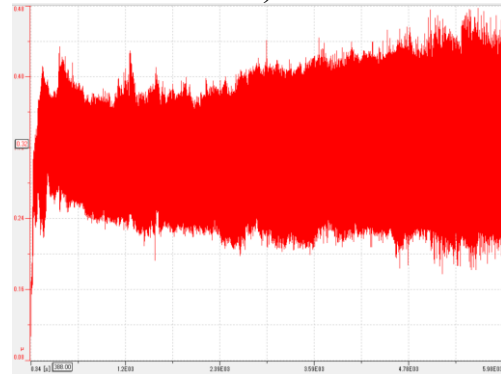
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Доріжки тертя (а, б) та зміна коефіцієнту тертя (в, г) при випробуваннях сталі К390 (а, в – вихідний стан; б, г – після азотування)

Отримані результати показали перспективність іонно-плазмового азотування сталі К390 з точки зору підвищення довговічності штампового інструменту в умовах холодної деформації листового металу.

Дослідження виконані в рамках українсько-словацького наукового проекту (№ 0123U103142).

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ФОРМУВАННЯ БАГАТОШАРОВИХ
ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВАХ**

**STUDY OF THE MECHANISM OF THE FORMATION OF MULTI-LAYER
PROTECTIVE COATINGS ON IRON-CARBON ALLOYS**

*Канд.техн.наук, ст.викладач Л.В. Волошина¹,
Канд.техн.наук, доцент Д.І. Волошин¹,
Dr. hab. inż., prof. uczelni, Zbigniew Krzysiak²,
Студент Є.В. Чичин¹*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)

²University of Life Sciences in Lublin (Poland)

*PhD(Tech.), senior teacher L.V. Voloshyna¹,
PhD(Tech.), associate professor D.I. Voloshyn¹,
Dr. hab. inż., prof. uczelni, Zbigniew Krzysiak²,
Student E.V. Chychyn¹*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²University of Life Sciences in Lublin (Poland)

В останні роки все більшу увагу привертають дифузійні захисні покриття, які наносяться на сталь, чавун, та інші матеріали з метою запобігання зношуванню в спряжених деталях [1].

Дифузійні покриття мають суттєві переваги в порівнянні з іншими видами покриттів, тому що міцність зв'язку їх з основним металом в результаті проникнення речовини, що наноситься, в кристалічну решітку оброблюваного матеріалу значно перевищує міцність зв'язку інших видів покриттів. Крім того, поступове зниження концентрації нанесеної речовини по глибині покриття створює менш різку зміну властивостей при переході від основного матеріалу до зовнішньої поверхні дифузійного шару [2].

Дослідження [3] також показали, що можливість утворення дифузійних покриттів на залізі та залізовуглецевих сплавах визначається передусім різницею в розмірах атомних діаметрів заліза і речовини, що наноситься. Таким чином, дослідження умов формування дифузійних покриттів [4] повністю підтвердили, що для протікання процесу утворення дифузійних покриттів необхідні наступні фізико-хімічні умови: атомний діаметр дифундуючої речовини не повинен перевищувати атомного діаметру заліза більше ніж на 15 – 16%.

З точки зору підвищення зносостійкості та покращення триботехнічних властивостей, на даний час значну увагу приділяють тим, покриттям, до складу яких входять такі елементи як хром, алюміній, фосфор. Однак, одночасно в одному технологічному циклі забезпечити присутність алюмінію, хрому та фосфору було неможливо. Цього можна досягнути за рахунок того, що

перераховані вище елементи входять до складу однієї речовини. Зв'язуюче алюмохромфосфатне за [3] являє собою водний розчин кислих фосфорнокислих солей алюмінію та трьохвалентного хрому. Хімічна формула $\text{CrAl}_3(\text{H}_2\text{PO}_4)_x$.

Особливістю формування запропонованих покриттів [4] є те що, структура покриття складається з декількох зон (рис.1). Перша зона - утворюється безпосередньо біля матриці і складається з хімічних елементів, що входять до складу матриці. Беручи до уваги дані рентгеноспектрального аналізу її склад можна інтерпретувати як суміш оксидів заліза. Друга зона – синтезована зона компонентів зони 1 і 3. Має явно виражену кристалічну будову і характеризується певною направленістю – стовбчаста структура. Третя зона – містить хімічні елементи, що входять до складу насичуючого середовища. Ця зона має крупнозернисту рівновісну структуру [2]. Покриття формується на основі зустрічної дифузії - ефект Кіркендалла [4].

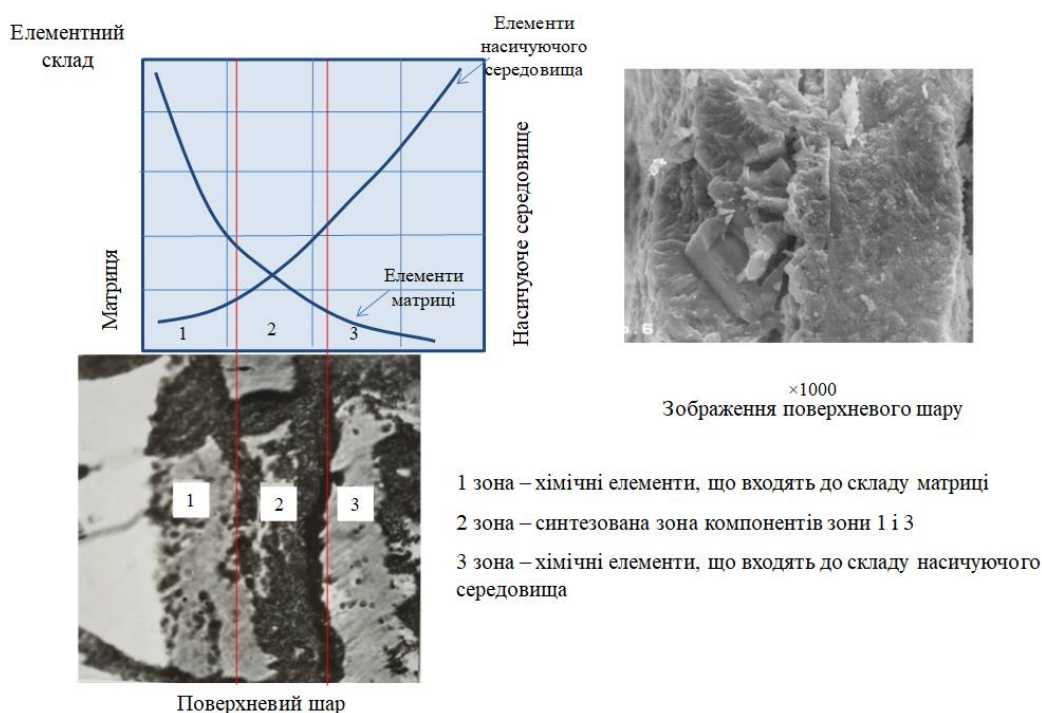


Рис.1. Схема розподілення хімічних елементів по товщині поверхневого шару

В результаті цього сформоване покриття має комплекс властивостей особливостю якого являється те, що кожний шар сформованого покриття має певні визначені властивості. Перший шар має антифрикційні властивості, що забезпечує приробітку пар тертя. Другий шар має підвищену зносостійкість.

[1] Волошина, Л.В. Визначення та оптимізація параметрів нової технології залежно від заданих властивостей покриття / Л.В. Волошина // 36. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С. 224–229.

[2] Волошина, Л.В. Аналіз технологічних параметрів процесу нанесення зносостійкого покриття / Л.А. Тимофєєва, Л.В. Волошина, П.М. Гордієнко // 36. наук. праць УкрДУЗТ. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – Вип. 170. – С. 13–19.

[3] Волошина Л.В. Методи підвищення зносостійкості деталей транспортного призначення. *Інженерія поверхні та реновація виробів: Матеріали 22-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 15–16 червня 2022 р.* – Київ: АТМ України, 2022. С.27– 28

УДК 539.23+621.793.79

СТРУКТУРНІ ЗМІНИ У АУСТЕНІТНІЙ СТАЛІ З ПОКРИТТЯМ НІТРИДУ ХРОМУ ПРИ ДІЇ ДИФУЗІЙНОГО АГЕНТУ І ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

STRUCTURAL CHANGES IN AUSTENITIC STEEL COATED WITH CHROMIUM NITRIDE UNDER THE INFLUENCE OF A DIFFUSION AGENT AND HIGH TEMPERATURES

*С.А. Князєв, канд. техн. наук; В.В. Субботіна, доктор техн. наук;
Г.О. Князєва PhD; Д.О. Педченко; О.В. Сосонний*
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)

*S. Kniaziev, PhD (Tech.), V. Subbotina D. in Engineering, Ph.,
H. Kniazieva, PhD (Tech.), D. Pedchenko, O. Sosonnyi*
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (Kharkiv)

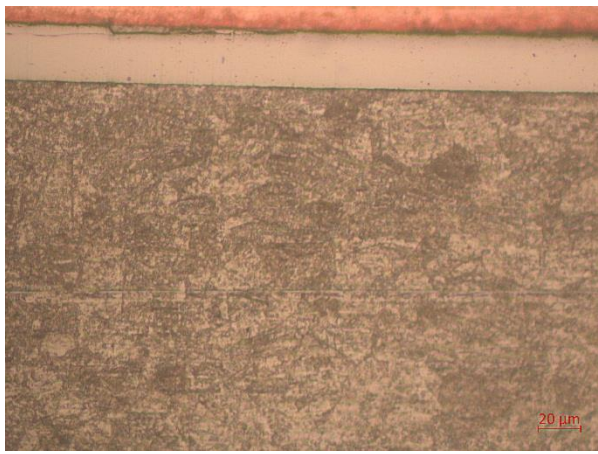
З розвитком технологій, стає все більше і більше не раціонально використовувати "цільні" метали в різних галузях, наприклад, у мікроелектроніці або енергетиці. На заміну прийшли різні покриття. Такий метод дає змогу отримати чудовий захист від корозії, ерозії або може використовуватися як дифузійний бар'єр.

На даний момент існує досить велика кількість методів отримання тонких плівок, як захисних бар'єрів. Основними типами є: PDV (physical vapor deposition) фізичний метод випаровування; CDV (chemical vapor deposition) хімічні методи випаровування; VDS (vapour deposition solidification) процес - являє собою вакуумний процес нерівноважної конденсації з пари рідкої фази з її подальшим затвердінням [1, 2].

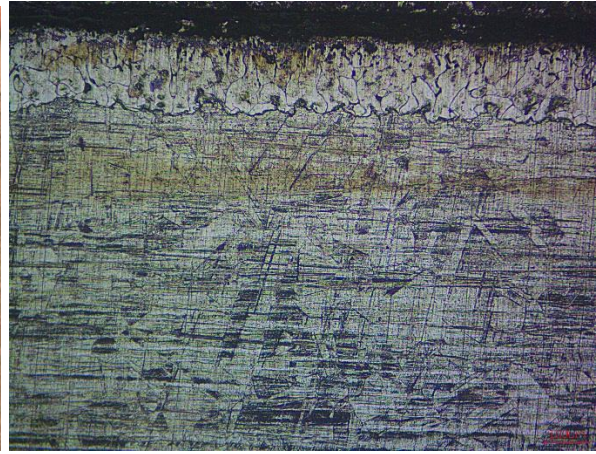
Одним із методів нанесення покриттів, який не погано себе показує в категорії - ціна/якість є катодне розпилення. Отримані в присутності азоту нітридні покриття забезпечують широке варіювання структури матеріалу шляхом зміни розміру зерен, кристалографічної орієнтації, дефектів решітки, текстури, а також фазового складу і мікроструктури поверхні і потенційно можуть бути використані в якості дифузійних бар'єрів.

В якості матеріалу досліджень, на якому проводився експеримент, було обрано сталь AISI 304. На одній стороні нанесено тонкий шар нітриду хрому, друга сторона вільна від нього. В якості агента, що дифундує було обрано бор. Дифузія відбувається в окисному середовищі термічної печі при температурі 1100 °С, протягом 5 годин.

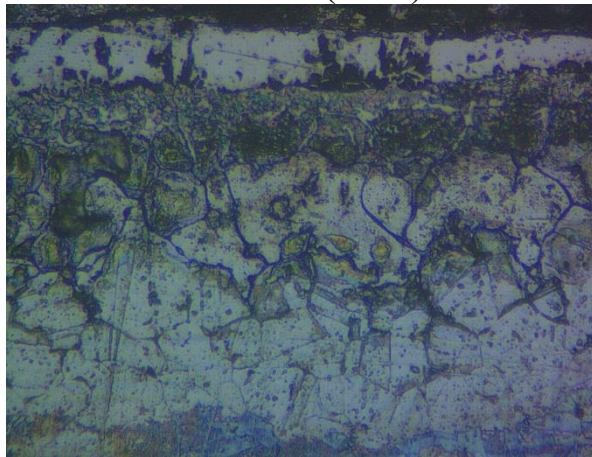
Мікротвердість отриманих покриттів нітриду хрому становить 16 - 26 ГПа. Товщина шару 23 мкм (рис. 1 а).



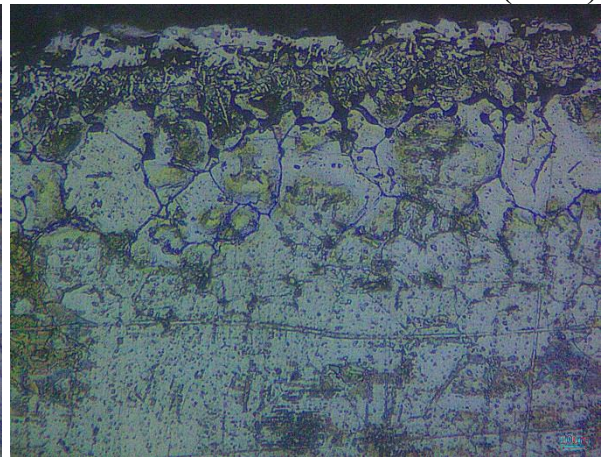
а (x500)



б (x100)



в (x500)



г (x500)

Рис. 1. Поперечний розріз станів поверхні

Після високотемпературного насичення на поверхні аустенітної сталі присутня дифузійна активність, виражена у зміні структури, яка простягається на глибину щонайменше 130 - 150 мкм (рис. 1 б). Такі зміни можуть суттєво вплинути на механічні властивості тонколистового матеріалу (3 мм і менше). Зі сторони нітридного шару суцільний дифузійний шар становить не більше 20 мкм, а повний дифузійний шар, включаючи зону дифузії по границям аустенітних зерен - 100 мкм (рис. 1 в, г).

Таким чином, основні магістральні лінії проникнення дифузійного агенту у аустенітну сталь є границі зерен. При 1100 °С покриття нітриду хрому може суттєво затримати проникнення високо активного дифундуючого елемента і зменшити глибину проникнення у 1,3 – 1,5 разів, хоча слід визнати той факт, що температура 1100 °С створює значні деструктивні умови перебування покриття з нітриду хрому.

[1]. Инженерия вакуумно-плазменных покрытий: Монография / Азаренков Н. А., Соболев О. В., Погребняк А. Д., Береснев В. М. – Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2011. – с. 343.

[2]. В. Tsizh, Z. Dziamski / Technological Methods of Forming Thin Semiconductor Layers Part 3. Cathode Sputtering / Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Харчові технології, 2020, т. 22, № 93.

ТЕРМІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ БАГАТОЕЛЕМЕНТНОГО ВИСОКОБОРИСТОГО СПЛАВУ

THERMAL STABILITY OF A MULTI-ELEMENT HIGH-BORON ALLOY

*Г.О. Князева PhD; В.В. Субботіна, доктор техн. наук;
С.А. Князев, канд. техн. наук; О.В. Сосонний; Д.О. Педченко
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)*

*H. Kniazieva, PhD (Tech.), V. Subbotina D. in Engineering, Ph.,
S. Kniaziev, PhD (Tech.), D. Pedchenko, O. Sosonnyi
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (Kharkiv)*

Великий інтерес представляють термічно стабільні сплави. Під термічною стабільністю слід розуміти сплави, які за високих температур (вище 600 °С) мають мінімальні структурні зміни, а отже, слабо знижують механічні характеристики під час нагрівання. Таким чином, метою роботи було створення багатоелементного термічно стабільного сплаву з дисперсним розміром первинного зерна і використанням індукційної плавки.

Плавку проводили індукційним нагріванням. Шихта була сумішшю металевої стружки, борвмісної речовини і флюсу - активатора. Для дослідження використовувався оптико-емісійний елементний аналіз, металографічні дослідження, дюрметричні дослідження і рентгеноструктурний аналіз. Склад шихти підбирався теоретично. Результати елементного аналізу дають змогу оцінити ступінь засвоєння бору з шихти в сплав, що є підставою для розрахунків введення кількості бору в подальших експериментах. Цікавим є той факт, що простежується тенденція зменшення шкідливих домішок (сірки та фосфору) зі збільшенням кількості бору (таблиця 1). Бор є ефективним розкислювачем, який активно витісняє сірку та фосфор у шлак, оскільки є також відомим поверхнево-активним елементом.

Таблиця 1 – Результати елементного аналізу зразків

Зразок/Елемент	C	B	Cr	Mn	Si	Ni	S	P	Fe основа
Металева складова шихти	0,08	-	6,5	2,7	1,3	1,6	0,053	0,05	Решта
Плавка 1	0,03	0,05	6,4	2,6	1,1	1,6	0,051	0,039	Решта
Плавка 2	0,05	0,285	6,3	2,5	1,0	1,5	0,05	0,037	Решта
Після відпалу	0,03	0,27	6,3	2,3	0,95	1,5	0,05	0,037	Решта
Плавка 3	0,06	6,3	6,1	2,1	0,9	1,3	0,039	0,036	Решта

Металографічні дослідження показали істотні зміни в морфології структури в залежності від вмісту бору в сплаві.

За класичного вмісту бору (мікролегування 0,05% бору) структура складається з матричного твердого розчину, який слабо травляється, і дрібних рідко розміщених дендритів. Так само спостерігається пористість.

При збільшенні бору в сплаві (0,285% бору) характер структури змінюється. Структура складається зі світлих зерен (середній розмір 20,7 мкм), евтектичної структури (дисперсність елементів до 2,7 мкм) і чорних включень розміром 5,8 мкм. У результаті п'яти годинного відпалу за 1300 °С мікроструктура має незначні зміни. Головним чином трансформація відбувається в евтектичній складовій з певним огрубінням фаз (дисперсність до 7 мкм) (рис. 1).

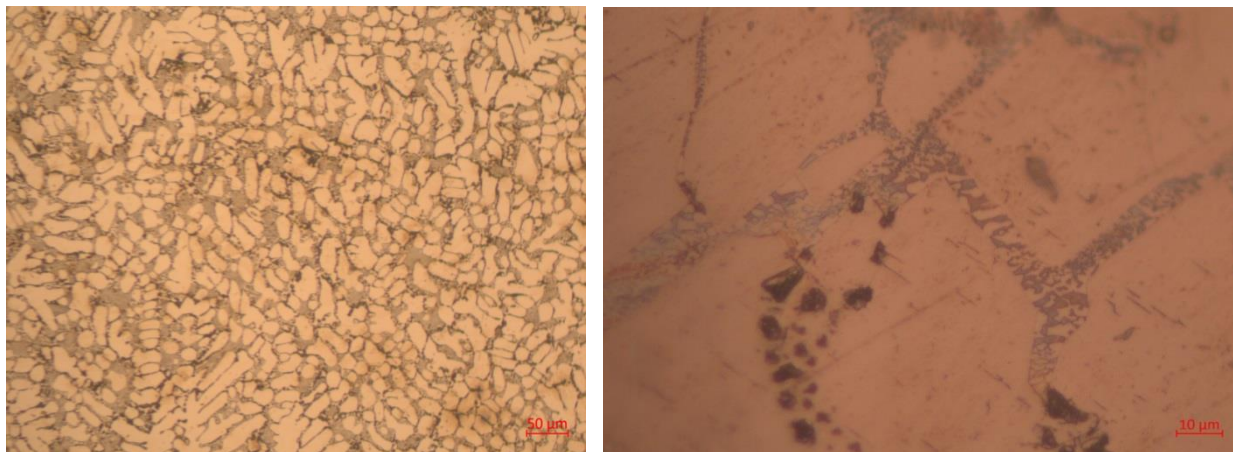


Рис.1 – Структура сплаву з 0,285 % бору у вихідному стані (x200) та після відпалу (x1000)

При збільшенні бору в сплаві до 6,3 % морфологія структури кардинально змінюється і стає схожою на структуру високоміцних чавунів з кулястим графітом.

ДюрOMETричні дослідження показали сильний вплив бору на макротвердість. Отримані результати характерні для інструментальних сталей. Після відпалу зразок із найменшим вмістом бору має твердість 25 HRC, а решта знижують твердість на 6 - 7 одиниць.

Мікротвердість окремих фаз висока. Для високобористого сплаву з 6,3 % бору матричною структурою є борид Fe_2B з характерною для нього твердістю 14 ГПа. Водночас твердість зерен сплаву з 0,285 % бору 7,4 ГПа є заниженою для бориду Fe_2B , але високою для твердого розчину. Проте рентгеноструктурний аналіз показав наявність для цього зразка бориду Fe_2B і твердого розчину на основі заліза як головних фаз. Отримані сплави (особливо сплав плавки № 2) мають серйозні перспективи для розвитку та подальшого впровадження, проте їхні властивості потребуватимуть подальших поглиблених досліджень.

ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРІВ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ В ПРОМИСЛОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

USE OF LOW-POWER LASERS IN INDUSTRIAL TECHNOLOGIES

*к.т.н., доц. Н.О. Лалазарова¹, студент І.С. Мачан¹,
к.т.н., доц. О.В. Афанасьєва²*

¹*Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)*

²*Харківський національний університет радіоелектроніки (м. Харків)*

*PhD(Tech.) N. Lalazarova¹, student I. Machan¹,
PhD(Tech.) O. Afanasieva²*

¹*Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

²*Kharkiv National University of Radio Electronics (Kharkiv)*

Технологічні процеси, засновані на впливі лазерного випромінювання на матеріали, знайшли широке застосування у виробництві залізничної техніки. Лазерна обробка матеріалів заснована на можливості лазерного променя забезпечувати на малій ділянці поверхні високі щільності потужності (до $10^8 \dots 10^9$ Вт/см² в безперервному режимі і до $10^{16} \dots 10^{17}$ Вт/см² в імпульсному режимі), необхідні для інтенсивного нагріву або розплавлення практично будь-якого матеріалу.

Висока концентрація енергії, що підводиться, і її локальність дозволяють виконувати обробку тільки локальної ділянки матеріалу без нагріву решти об'єму і порушення його структури і властивостей, що призводить до мінімального короблення деталей [1]. Висока концентрація енергії, що підводиться, дозволяє провести нагрівання і охолодження оброблюваного об'єму матеріалу з великими швидкостями при дуже малому часі впливу.

Метою цієї роботи є дослідження можливості використання YAG-лазерів малої потужності (до 10 Вт) для таких технологічних режимів, як різання, зварювання, термообробка. Традиційно лазери потужністю менше 0,5 кВт для цього не використовуються [2]. Незважаючи на переважну думку [2] про те, що безперервний режим більш підходить для проведення термічної обробки, можна припустити, що використання імпульсного випромінювання дозволить знизити потужність лазерних пристроїв.

Результат дії імпульсного лазерного випромінювання залежить від інтенсивності та часу впливу (тривалості імпульсу). Тому ефективна реалізація кожного технологічного процесу можлива лише для обмежених інтервалах щільності потужності q та тривалості імпульсу τ .

При $q \leq 10^4 \dots 10^5$ Вт/см² відбувається нагрівання матеріалу без зміни агрегатного стану речовини. Це - область термообробки.

Підвищення q до $10^5 \dots 10^6$ Вт/см² призводить до плавлення без викиду матеріалу. Це область точкового та шовного зварювання, лазерного легування.

Величина $q \sim 10^6 \dots 10^7$ Вт/см² дозволяє виконувати нагрівання з видаленням речовини із зони теплового впливу. Завдяки цьому можна пробивати отвори, свердлити, фрезерувати, різати практично всі матеріали, скрайбрувати крихкі матеріали, випаровувати.

При $q > 10^7 \dots 10^8$ Вт / см² виникає лазерна плазма, що поглинає випромінювання і тим самим ускладнює проведення технологічних операцій.

Для оцінки можливості застосування лазерів малої потужності для різних видів обробки було проведено калориметричне вимірювання енергії в імпульсі. Розрахунок густини потужності випромінювання твердотільного Nd³⁺:YAG-лазера середньою потужністю 5 Вт при діаметрі плями фокусування 0,8 мм наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри обробки лазерами малої потужності

Режими		Щільність потужності q , Вт/см ²
Тривалість імпульсу τ , мс	Енергія в імпульсі E , Дж	
2,0	0,70	$1,40 \cdot 10^5$
2,0	1,45	$2,90 \cdot 10^5$
2,0	2,38	$4,70 \cdot 10^5$
2,0	3,55	$7,10 \cdot 10^5$
0,4	0,10	$0,56 \cdot 10^7$
0,4	0,14	$0,79 \cdot 10^7$
0,4	0,21	$1,18 \cdot 10^7$
0,4	0,25	$1,40 \cdot 10^7$

Аналіз результатів досліджень показав, що за допомогою імпульсного лазера малої потужності можна проводити гартування з оплавленням і без нього, різання та зварювання металів малих товщин, а при зменшенні тривалості імпульсу - і гравіювання.

[1] Афанасьєва О. В., Дошечкіна І. В., Лалазарова Н. О. Лазерне поверхневе зміцнення прецизійних деталей. "Emerging Trends in Academic Research" Conference Proceedings of the 1st International Conference February 10-12, 2021, Dublin, Ireland. С. 20-25.

[2] Ковальчук Ю.О., Пушка О.С., Войтік А.В. Аналіз залишкових напружень у результаті лазерної обробки деталей сільськогосподарської техніки. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2019. Том 30 (69). Ч. 1. № 1. С. 1-5.

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ZrO₂-3 мас%Y₂O₃ ВІД РЕЖИМУ СПІКАННЯ ПРИ ФОРМУВАННІ
КЕРАМІКИ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОКОНСОЛІДАЦІЇ**

**THE DETERMINATION OF THE DEPENDENCE OF MECHANICAL
CHARACTERISTICS OF ZrO₂-3 wt%Y₂O₃ ON THE SINTERING MODE OF
CERAMICS MOULDING BY ELECTROCONSOLIDATION METHOD**

О.М. Морозова, С.Р. Мартиросян, В.П. Нерубацький
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

O. M. Morozova, S.R. Martyrosyan, V. P. Nerubatskyi
Ukrainian State University of Railway Transport, (Kharkiv)

The operational properties of ceramic zirconia tools for industrial applications determine the requirements for the development and production of ceramic systems. Exposure to very high temperatures over long periods of time makes it challenging to produce high-strength materials. Products meeting these requirements can be obtained by developing composites consisting of nanoscale reinforcing particles and by selecting the most suitable sintering technique.

The aim of the study was to establish the regularities of dependence of some mechanical characteristics on the sintering modes of mixtures based on zirconium dioxide nanopowders

It is known that the sintering of composite materials depends on such process parameters as pressure, current and voltage, heating rate and time. All of this has a wide range of effects on the structure and properties of the formed samples. In contrast to conventional sintering, where the main driving force of shrinkage is surface tension, electroconsolidation, due to the heterogeneous temperature field, creates a heterogeneity of vacancies that causes mass transfer, which leads to the reduction of large pores at an accelerated rate [1].

Some mechanical characteristics of ZrO₂-3wt%Y₂O₃ composites synthesised by hot pressing with direct current flow were investigated in this work. To find the hardness and modulus of elasticity, the method of Oliver and Farr was applied [2].

Some mechanical properties of ceramics

Composite	Hardness, GPa	Elastic modulus, GPa	Referance	
ZrO ₂ -3 wt% Y ₂ O ₃	6.24	198	[3]	
ZrO ₂ -3 wt% Y ₂ O ₃	270±12	17,6±1	T _{sint.}	t _{hold.}
			1400	3
	446±15	30,6±2	1500	5
	348±29	19,5±3	1600	5
ZrO ₂ -8 wt% Y ₂ O ₃	3.5 ± 0.9	87.5	[4]	
	3	60	[5]	

A study of the correlation between grain size and mechanical properties showed that the elastic modulus decreases with grain size. In the process of studying the effect of grain size on mechanical properties such as elastic modulus, yield strength and hardness for some ceramics, many models based on dislocation clustering approaches for composites have been developed to explain the changes in hardness and yield strength in the nanometre regime [3].

Based on the experimental data, it can be seen that the most optimal mode of sintering composites having the highest values of Young's modulus and microhardness is consolidation of ZrO₂-3 wt% Y₂O₃ powder at sintering temperature T= 1500°C and holding time t=5min.

To conclude, the study revealed the dependence of some mechanical characteristics on the sintering modes of mixtures based on zirconia nanopowders. Thus, the consolidation of ZrO₂-3 wt% Y₂O₃ ceramics at the sintering mode T= 1500°C, t=5 min allows to obtain high-strength products for tooling purposes.

[1] Нові керамічні композиційні матеріали інструментального призначення: монографія / Р. В. Вовк, Е. С. Геворкян, В. П. Нерубацький та ін. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 200 с.

[2] Oliver W. C., Pharr G. M. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments // J. Mater. Res. — 1992. — 7, N 6. — P. 1564—1583.

[3] Chaim, R., & Hefetz, M. (2004). Effect of grain size on elastic modulus and hardness of nanocrystalline ZrO₂-3 wt% Y₂O₃ ceramic. Journal of Materials Science, 39(9), 3057–3061. doi:10.1023/b:jmsc.0000025832.938

[4] L. Łatka, L., Chicot, D., Cattini, A., Pawłowski, L., Ambroziak, A., 2013. Modeling of elastic modulus and hardness determination by indentation of porous yttria stabilized zirconia coatings. Surf. Coating. Technol. 220, 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2012.07.025>

[5] O. Racek, C.C. Berndt, Surf. Coat. Technol. 202 (2007) 362.

PREPARATION OF HIGHLY DISPERSED PYROCHLORE BY MICROWAVE METHOD OF POWDER SYNTHESIS

*V.P. Nerubatskyi, PhD (Tech.), E.S. Gevorkyan, Dr. Sc.,
D.A. Hordiienko, Postgraduate
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Continuous developments in materials include a wide range of new metal alloys such as titanium alloys, aluminum-lithium alloys, magnesium alloys, as well as composite materials such as carbon fibers, 3D fabrics, thin layers, etc., as well as biodegradable materials. In addition to this work, one of the most pressing engineering challenges is the search for alternative production methods aimed at reducing energy consumption and production costs [1, 2]. This progress can be observed in many areas of the economy, such as transport and automotive, mechanical engineering, biotechnology and medicine, as well as in the energy or electronics sector. Moreover, development in the above sectors helps improve the quality of life of people and protect the environment, which is especially important in our time.

A promising direction in the development of materials in the nuclear industry is the production of composite materials based on ferritic-martensitic radiation-resistant steels. Such materials are oxide-dispersion-strengthened alloys, i.e. alloys with a steel matrix strengthened by nano-sized oxide particles dispersed inside it. Y-Ti-O nanoparticle-strengthened ferritic steels have recently attracted attention as leading candidates for fission and fusion reactor components due to their high tensile, creep and radiation resistance, which is much higher than other iron alloys [3, 4].

Nanoparticles mostly have an almost stoichiometric composition, for example $Y_2Ti_2O_7$ with a pyrochlore structure. In general, pyrochlore oxides of the type $A_2B_2O_7$, where A is typically a rare earth ion and B is a transition metal, have a specific lattice structure, active charge, spin, and orbital degrees of freedom. As a result, they demonstrate a complex interaction between geometric disorders, electronic correlations and spin-orbit coupling. Various pyrochlores are considered good matrix materials for the separation of actinides and other nuclear wastes. Pyrochlores are also refractory materials with important properties, including ionic conductivity, optical nonlinearity, high radiation resistance and others. Potential applications of pyrochlores include thermal and environmental protection coatings, high dielectric constants, solid electrolytes, anodes and cathodes in solid oxide fuel cells, transparent ceramics, etc. In addition, pyrochlores have potential applications as ceramic pigments due to their high melting points, high refractive index, and ability to absorb transition metals.

In the presented study, the main goal was to develop a technology for producing highly dispersed pyrochlore $Y_2Ti_2O_7$ at the lowest possible temperatures, possibly in a shorter time, without additional substances or solutions.

The results of DTA/TG analysis are presented in Fig. 1. This shows that weight loss, represented by the TG curve, gradually decreased with increasing temperature. This was attributed to evaporation and removal of ethanol residues from the heated powders.

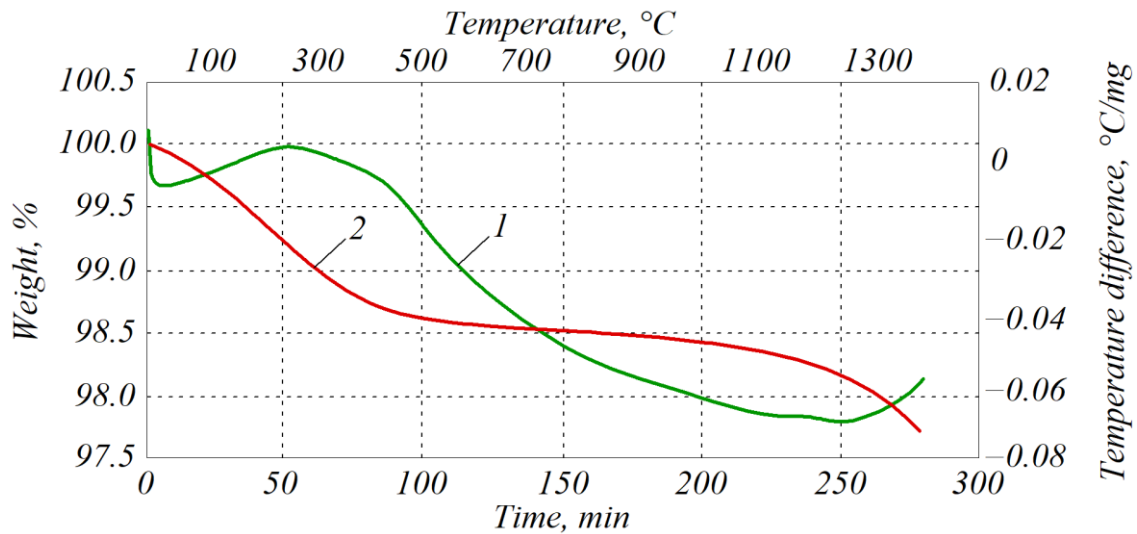


Fig. 1. DTA (1) and TG (2) curves of Y_2O_3 - TiO_2 powder mixtures

The initially rapid weight loss slowed down markedly after the temperature reached 500 °C. The endothermic peak in the DTA curve after 50 min was presumably due to water loss. In general, the mass loss was insignificant, since even at 1300 °C it was less than 2%, but for laboratory experiments it was there.

Samples of cold-formed yttrium titanate were placed in a corundum crucible and sintered in a firing furnace at a temperature of 1150 °C for 7 hours. X-ray diffraction analysis of these samples revealed the presence of both the original oxides and the pyrochlore phase of $Y_2Ti_2O_7$. The maximum amount of pyrochlore phase was about 20 wt.%.

The samples were repeatedly mechanically crushed, mechanically homogenized, compacted, and additionally calcined at a temperature of 1150 °C for 10 hours to increase the amount of pyrochlore. Thus, the total calcination time was 17 hours.

After the second stage of calcination, according to X-ray diffraction analysis, the samples became almost single-phase. The main phase was yttrium titanate $Y_2Ti_2O_7$, its mass content in the sample was more than 96.8 wt.%, the lattice parameter was 10.091 Å. Some of the samples were again mechanically crushed and mixed, then compacted again and calcined for another 8 hours, the total heat treatment time reached 25 hours. Additional calcination of these samples increased the $Y_2Ti_2O_7$ content to 98 wt.%. Thus, the desired structure of pyrochlore $Y_2Ti_2O_7$ with a dominant component was obtained in the sample after 25 hours of calcination at 1150 °C.

Thus, modification of the traditional technology of direct solid-phase synthesis with microwave radiation has significantly reduced the synthesis time and reduced energy costs.

[1] Santhosh M. S., Sasikumar R. Influences of aluminium/E-glass volume fraction on flexural and impact behaviour of GLARE hybrid composites. *Journal of Engineering Sciences*. 2019. Vol. 6(1). P. 6–10. DOI: 10.21272/jes.2019.6(1).c2.

[2] Mamalis A. G., Nerubatskyi V. P., Gevorkyan E. S., Kislitsa M. V., Hordiienko D. A. Study of the cutting

properties of a composite material based on Al_2O_3 with 15 wt.% SiC nanopowders. *Nanotechnology Perceptions*. 2023. Vol. 19, No. 1. P. 68–79. DOI: 10.4024/N01MA23A.ntp.19.01.

[3] Simondon E., Giroux P., Chaffron L., Fitch A., Castany P. Mechanical synthesis of nanostructured $\text{Y}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ pyrochlore oxides. *Solid State Sciences*. 2018. Vol. 85. P. 54–59. DOI: 10.1016/j.solidstatesciences.2018.09.006.

[4] Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Morozova O. M., Chyshkala V. O., Gutsalenko Yu. G. Revealing thermomechanical properties of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C-SiC}$ composites at sintering. *Functional Materials*. 2022. Vol. 29, No. 2. P. 193–201. DOI: 10.15407/fm29.02.193.

УДК 625.142.44

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ОПІР ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШПАЛ ТА ЙОГО КОНТРОЛЬ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ

ELECTRICAL RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE SLEEPERS AND ITS CONTROL IN PRODUCTION CONDITIONS

*Д-р техн. наук А.А. Плуґін, аспіранти С.М. Мусяєнко, С.В. Микитась
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*A.A. Plugin, D.Sc. (Tech.), S.M. Musiyenko, S.V. Mykytas, Postgraduate Students
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Рейки залізничних колій крім безпосереднього кочення ними колісних пар рухомого складу є складовими електричних кіл – сигнальних струмів систем сигналізації, централізації і блокування (СЦБ), а також тягового струму на електрифікованих ділянках залізниць. Для надійної роботи цих кіл рейки мають бути електрично ізольовані одна від одної та від землі. Звичайно це досягається ізольованими деталями проміжних рейкових скріплень. Проте старіння, знос, засмічення гумових і полімерних ізольованих деталей у вологу погоду спричиняє падіння електричного опору ізоляції і, як наслідок – збої у роботі систем СЦБ через протікання струму між рейками крізь шпали, втрату частини тягового струму від його стікання через шпали та баласт у землю, електрокорозію металевих і залізобетонних конструкцій цим струмом витoku. Тому підрейкові основи – шпали, бруси, плити безбаластного мостового полотна та їх бетон мають бути не тільки стійким до механічних впливів, а й надавати свій внесок у забезпечення електричної ізоляції рейок між собою та від землі. Разом з тим електричний опір шпал та їх бетону до 2016 р. в Україні не нормувалися.

В УкрДУЗТ виконано дослідження, метою яких було обґрунтування потрібних показників електричного опору залізобетонних шпал і їх бетону. В результаті аналізу джерел [1–3], теоретичних та експериментальних досліджень [4] показано, електричний опір бетону визначається його структурою як дисперсною системою (капілярно-пористим тілом) з фазою із заповнювачів та продуктів гідратації цементу і дисперсійним середовищем – поровим електролітом, а на нього додатково впливають вологість, температура, наявність добавок-електролітів тощо. У [6, 7] досліджено вплив умов

зберігання зразків на питому електропровідність бетону та за результатами отриманих залежностей уточнено методику його вимірювання.

В результаті цих досліджень було розроблено ДСТУ Б В.2.6-209:2016 та зміну 1 до нього від 2022 р. У ДСТУ нормовано питомий електричний опір бетону, який у разі вимірювання на зразках-кубах з розміром ребра 100 мм (рис. 1) за допомогою мідно-сульфатного електроду (рис. 2) має складати не менше 100 Ом×м. Вимірювання електричного опору зразків бетону повинно проводитись після їх витримання у повітряно-сухих умовах за відносної вологості повітря не більше 75 % та температури не нижче +18°C впродовж 7 діб.

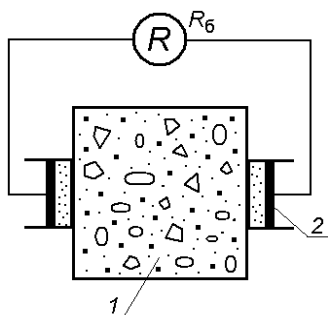


Рис. 1 Схема вимірювання електричного опору бетону: 1 – зразок бетону; 2 – мідно-сульфатний електрод

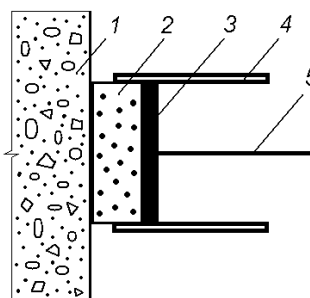


Рис. 2 Мідно-сульфатний електрод для вимірювання електричного опору бетону: 1 – поверхня зразка бетону; 2 – губка, просочена розчином мідного купоросу; 3 – мідна пластина-електрод; 4 – полімерна трубка; 5 – провідник

Електричний опір шпали у разі вимірювання між закладними болтами або анкерами різних рейкових ниток (рис. 3, а) має бути не меншим 0,33 КОм для шпал з клемно-болтовим скріпленням КБ і 0,52 КОм – з пружним скріпленням КПП, а у разі вимірювання між закладним болтом або анкером і арматурою (рис. 3, б) – не меншим 0,66 КОм для КБ і не меншим 0,46 КОм – для КПП.

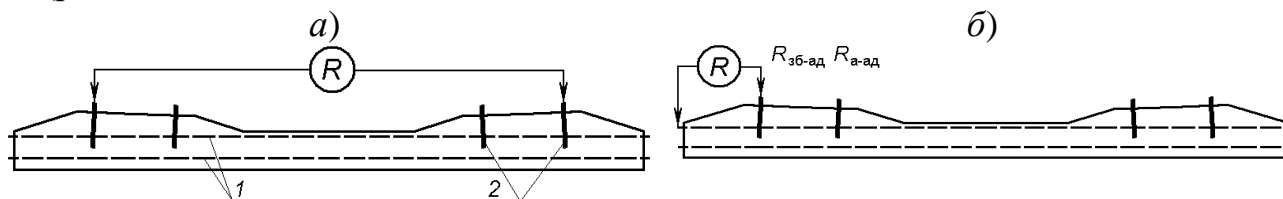


Рис. 3. Схема вимірювання електричного опору залізобетонних шпал: а – між закладними болтами (анкерами) різних рейкових ниток; б – закладний болт (анкер) – арматурний дріт; 1 – арматурний дріт; 2 – закладні болти (анкери)

У ДСТУ також вперше в Україні допущено використання хімічних добавок в бетон шпал за умови забезпечення нормованих вимог до електричного опору.

[1] Hamed Layssi, Pouria Ghods, Aali R. Alizadeh, and Mustafa Salehi Electrical Resistivity of Concrete. Concrete International, 37(5) (2015) 41-46.

[2] J.-F. Lataste and D. Breyse, A Study on the Variability of Electrical Resistivity of Concrete. In book: O. Büyüköztürk et al. (eds.), Nondestructive Testing of Materials and Structures. RILEM Bookseries 6, 255-265. DOI: 10.1007/978-94-007-0723-8_37.

[3] Pejman Azarsa and Rishi Gupta, Electrical Resistivity of Concrete for Durability Evaluation: A Review Hindawi. Advances in Materials Science and Engineering, Vol.2017, Article ID 8453095, 30 pp. DOI: 10.1155/2017/8453095

[4] Плуґін О.А., Борзяк О.С., Мартинова В.Б., Халюшев О.К. Електричні впливи на бетон. За ред. А.А.Плуґіна і М.М.Зайченка. Форт, Харків, 2013, 300 с.

- [5] O. Pluhin, A. Plugin, D. Plugin, O. Borziak, O. Dudin The effect of structural characteristics on electrical and physical properties of electrically conductive compositions based on mineral binders. *Matec Web of Conference*, 116 (2017) 01013. DOI: 10.1051/mateconf/201711601013
- [6] A.A. Plugin, O. Pluhin, O. Borziak, O. Kaliuzhna. The Influence of Storage Conditions on the Electric Conductivity of Concrete. *Materials Science Forum*, 968 (2019) 50-60. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.968.50
- [7] Плугін А.А., Бабій А.І., Плугін О.А., Борзяк О.С., Калюжна О.В. Вплив умов зберігання на електропровідність бетону. VI Міжнар. конфер. «Актуальні проблеми інженерної механіки», Одеса (2019) 320–324.

УДК 625.08

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСУ РІЗЦІВ ДОРОЖНЬОЇ ФРЕЗИ

TECHNOLOGY OF RECOVERY OF THE CUTTER BODY OF A ROAD MILLER

*д.т.н. І.М. Рибалко, к.т.н. О.В. Тихонов, Є.О. Петрикін
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

*D.Eng.Sc. I. Rybalko, PhD (Tech.) O. Tihonov, E. Petrykin
State Biotechnological University (Kharkiv)*

Для видалення пошкоджених шарів асфальтобетонних покриттів застосовують дорожні фрези, робочі органи яких експлуатуються в умовах інтенсивного абразивного зношування з наявністю локальних ударних навантажень при великих швидкостях переміщення та тисках середовища.

Експлуатаційна надійність різців, а також їх якість відіграє визначальну роль у процесі видалення шару деформованого асфальтобетону, тому виникає необхідність у постійному моніторингу поверхні різців і, при певному рівні зносу, їх заміні через відносно малий термін їх служби.

До різців дорожньої фрези пред'являються досить суворі вимоги, пов'язані з міцністю втоми, тому їх виготовляють з високоякісних сталей, легованих марганцем і хромом.

Нечисленність наукових праць щодо визначення процесів, які відбуваються на поверхнях матеріалів при різанні асфальтобетонних покриттів обертовими різцями, обумовлює необхідність проведення досліджень у цьому напрямі.

Підходи більшості закордонних та вітчизняних дослідників до вирішення проблеми підвищення терміну служби різців, засновані на удосконаленні матеріалу наконечника як найважливішого елемента конструкції, показали, що застосування дорогих твердосплавних матеріалів не забезпечує значного підвищення строку експлуатації інструментів. Отже, актуальним є здійснення цього завдання шляхом відновлення корпусу різців роздаванням хвостової частини через дослідження механізму та особливостей зношування.

Зношування деталей, робочих органів інструменту є закономірним процесом, що неминуче супроводжує роботу машин, механізмів промислового обладнання та представляє одну з форм їхнього фізичного старіння. Знос

відбувається, як правило, інтенсивно і призводить до зміни розмірів, форми та стану робочих поверхонь деталей, чим викликає поступове зниження продуктивності машин.

Зміна геометричних розмірів різців призводить до значної втрати продуктивності та енергоємності (рис. 1).

Провели аналіз зносу різців та виявили, що більшість з них придатна для використання, так як форма твердосплавного наконечника не дуже змінилась та може ще використовуватись для подрібнення асфальто-бетонної суміші. Але вони мають знос хвостової частини корпусу різця, що спричиняє випадання різців з різцетримача. Розроблена та запропонована методика відновлення хвостової частини корпусу різців [1-3].

Маршрут відновлення наступний:

1. Очищення різця;
2. Нагрівання ацетилено-пропановим полум'ям хвостової частини різця;
3. Пластичне деформування корпусу різця у штампі;
4. Охолодження на повітрі;
5. Контрольне вимірювання зміни розмірів.

Експериментально перевірено технологію відновлення посадочного місця різців за допомогою роздавання. Нагрівання проводили до 1100°C.

Спершу різці піддавалися очищенню. Після цього, різець піддавали нагріванню ацетилено-пропановим полум'ям, а саме зону роздавання гріли впродовж 1 хвилини. Ділі нагрітий різець встановлювали в пристосування для роздавання, підводили поршень пресу до пуасону та прикладали зусилля. У першому варіанті зусилля на пресі склало 5 тон. Контроль розмірів проводили після остигання різця. Другий варіант – різець нагрівали на кінчику хвостової частини корпусу різця. Також встановлювали в пристосування та прикладали зусилля 10 тон. Після цього, нагрівали центральну частину хвостової частини корпусу різця, в зоні контролюємих розмірів, кінець охолоджували та різець встановлювали в матрицю без оправки та прикладали зусилля 5 тон. Така технологія була застосована для збільшення відновлюємих параметрів центральної частини хвостової частини корпусу різця (рис. 2). Третій різець відновлювали за допомогою другого варіанту пуасона, зусилля прикладали 15 тон. Починали роздавання з зусилля 5 тон й поступово дійшли до 15 тон. Після цього на різець встановлювали шайбу та фіксуючу пружинну втулку та закріплювали пробоем.

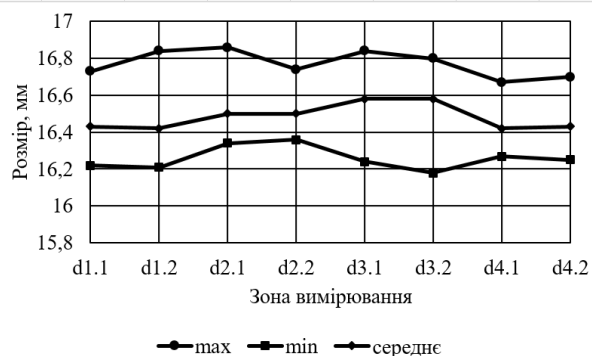


Рис. 1. Значення розмірів хвостової частини роздавання різця



Рис. 2. Різці після відновлення роздаванням корпусу різця

- [1] Гобиш В.С. Аналіз різців дорожньої фрези та технології їх відновлення / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, В.С. Гобиш // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація», 1 грудня 2022 року м. Харків, С. 114-115.
- [2] Гобиш В.С. Зношування обертових різців дорожньої фрези / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, В.С. Гобиш // Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання». – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2023. – С. 86-88.
- [3] Гобиш В.С. Методика дослідження зносу різців дорожньої фрези / В.С. Гобиш, І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов // XIX-й Міжнародний форум молоді «МОЛОДЬ І ІНДУСТРІЯ 4.0 В XXI СТОЛІТТІ». Збірка матеріалів форуму. – Харків: ДБТУ, 2023. – С. 114.

УДК 621.002.3: 621.89

NEW COPPER-BASED SELF-LUBRICATING COMPOSITES FOR PRINTING MACHINES' HIGH-SPEED FRICTION UNITS

*Doc. of Techn. Sci. T.A. Roik, Doc. of Techn. Sci. O.A. Gavrysh, PhD (Tech.)
Iu.Iu. Maistrenko
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv)*

The service life and stability of equipment remain important aspects. This primarily concerns friction components of printing equipment that operate in severe conditions: high rotation speeds (up to 2,000 rpm), increased loads (3.0 MPa and more). Such conditions of applied loads are peculiar to the performance of friction components in offset and press cylinders of printing equipment such as Solna D390 and Solna D480 offset printing machines (Sweden) [1, 2]. The traditionally used cast Cu-based antifriction materials (bronzes, brasses) do not satisfy the growing needs of modern machines for severe friction conditions, for example, for high rotational speeds up to 2000 rpm and increased loads up to 3.0 MPa. At high rotational speeds, complex physical, thermal, chemical and deformation processes take place on the contact surfaces. Under these conditions, any liquid lubricant is inoperable and solid lubricant is added to the initial mixture.

In this case, antifriction bushes made of composite materials are very promising.

Objective of the study is to research the effect of manufacturing technology on the formation of the structure of the self-lubricating antifriction Cu-based composite

with CaF₂ solid lubricant and its effect on tribological properties at high rotational speeds.

Subject is new antifriction composite based on Cu, alloyed by Ni, Al and Si, with the CaF₂ solid lubricant additions, wt.%: Cu-(4.0-6.0)Ni-(7.0-10.0)Al-(0.5-0.8)Si-(5.0-8.0)CaF₂ was studied. In the studies we have used the technology of cold pressing followed by hot pressing to minimize porosity. Cold pressing was performed at room temperature and specific pressure of 350-400 MPa. The porosity of samples was 12-15% after cold pressing. Next, the hot-pressing operation was performed at temperature $t = 820-870$ °C and the specific pressure of 500 MPa in the atmosphere of a shielding gas (H₂). The relative density of the samples was 0.98-0.99 after hot pressing [2]. The new composite copper-based material has the complex heterogeneous structure after manufacture using the developed technological modes (Fig. 1). The structure provided formation of high antifriction properties in comparison with cast brass [1, 3], used traditionally in printing machines' high-speed units (Table 1).

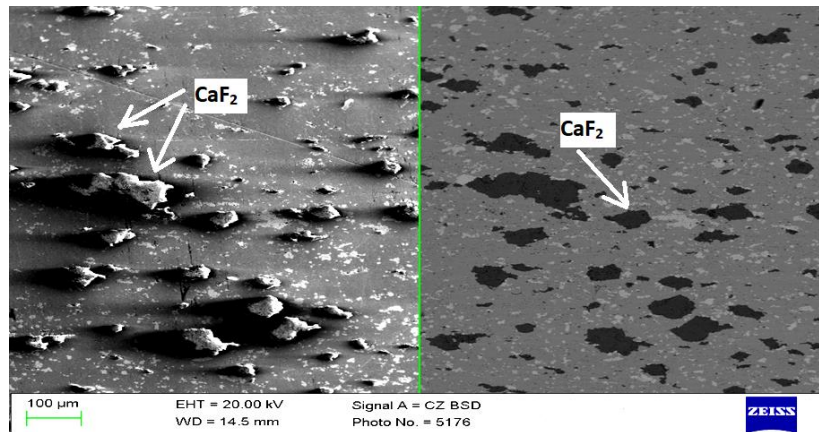


Fig. 1. The structure of antifriction composite Cu-(4.0-6.0)%Ni-(7.0-10.0)%Al-(0.5-0.8)%Si-(5.0-8.0)%CaF₂

Table 1. Comparative antifriction properties of the developed Cu-composite and CuZn36 cast brass

Material, wt.%,	Rotational Speed, rpm							
	1,200				2,000			
	Load, MPa							
	1.0		3.0		1.0		3.0	
	Frict. coef.	Wear rate, μm/m	Frict. coef.	Wear rate, μm/m	Frict. coef.	Wear rate, μm/m	Frict. coef.	Wear rate, μm/km
Composite, Cu-(4-6)Ni-(7-10)Al-(0.5-0.8)Si-(5-8)CaF ₂ *	0.17-0.19	46-54	0.18-0.21	48-52	0.18-0.21	57-63	0.20-0.22	68-74
CuZn36 cast brass** [3]	0.08-0.13	0.004-0.008	0.28-0.36	128-160	0.06-0.110	240-320	0.32-0.41	560-720

Notes: *Self-lubricating mode; there are antifriction films on the surface; *Friction with liquid lubricant

Studies have shown that Cu–Ni–Al–Si–CaF₂ composite has high antifriction properties at rotational speeds up to 2,000 rpm and loads up to 3.0 MPa in air in contrast to CuZn36 cast brass. Such properties are achieved due to the formation of smooth and homogeneous antifriction films on the contact surfaces under operating conditions without liquid lubricant, when solid lubricant is added to the initial mixture.

[1] Jamroziak K., Roik T. Contribution Self-lubrication Mechanism of New Antifriction Copper-Based Composites in the Vehicles' Heavy-Loaded Friction Units//*Fracture, Fatigue and Wear*, FFW 2021: Proceedings of the 9th International Conference on Fracture, Fatigue and Wear, Part of the “*Lecture Notes in Mechanical Engineering*”, book series (LNME), pp 273-283, First Online: 12 March 2022. DOI: [10.1007/978-981-16-8810-2_20](https://doi.org/10.1007/978-981-16-8810-2_20)

[2] Ouyang J.-H., Li Y.-F., Zhang Y.-Z., Wang Y.-M., Wang Y.-J. High-Temperature Solid Lubricants and Self-Lubricating Composites: A Critical Review// MDPI, *Lubricants*, 2022, 10, 177. <https://www.mdpi.com/2075-4442/10/8/177>

[3] Kayode Olaleye, Tetiana Roik, Adam Kurzawa, Oleg Gavrysh, Dariusz Pyka, Mirosław Bocian, Krzysztof Jamroziak. Tribosynthesis of Friction Films and Their Influence on the Functional Properties of Copper-Based Antifriction Composites for Printing Machines// *Materials Science-Poland*, 40(4), 2023, pp. 147-157. <https://doi.org/10.2478/msp-2022-0051> . DOI: 10.2478/msp-2022-0051. <https://sciendo.com/pl/article/10.2478/msp-2022-0051>

УДК 621.791

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ВИНИКНЕННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ТА МЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ ПІД ЧАС ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОЇ НАПЛАВКИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА НАПЛАВЛЕНИЙ МЕТАЛ

STUDY OF THE WAYS OF NON-METALLIC AND METALLIC INCLUSIONS OCCURRENCE DURING THE ELECTROSLAG SURFACING PROCESS AND THEIR IMPACT ON THE DEPOSITED METAL

*Д.т.н., професор О.В. Сайчук¹, доктор наук з державного
управління, професор А.О. Науменко¹, аспірант А.В. Захаров²*

¹Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж імені В.І. Вернадського
(м. Харків)

²Державний біотехнологічний університет (м. Харків)

*Doctor of Technical Sciences, professor O.V. Saichuk¹, Doctor of Science in Public
Administration, Professor A.O. Naumenko¹, PhD student A.V. Zakharov²*

¹V.I. Vernadskiy Kharkiv State Professional and Pedagogical Applied College (Kharkiv)

²State Biotechnological University (Kharkiv)

Неметалеві включення утворюються в результаті хімічної взаємодії модифікуючих домішок з основним металом і легуючими добавками під час процесу кристалізації. Неметалеві включення можуть так само переходити в

наплавлений метал з переплавляємого, лише змінюючи розміри. До неметалевих включень які найчастіше виникають в процесі електрошлакової наплавки відносяться оксиди, сульфід, фосфід, карбід, нітрид, інтерметалід та ін.

Неметалеві включення відіграють у сплавах двояку роль. За певного вмісту деякі з них (наприклад карбід) підвищують експлуатаційні характеристики металу: зносостійкість та міцність. Однак більшість неметалевих включень шкідливі, оскільки можуть підвищувати крихкість металу (нітрид, оксид, фосфід), спричиняти утворення кристалізаційних тріщин (сульфід, фосфід, оксид).

Кількість і розміри неметалевих включень визначаються складом основного і наплавлюваного металів, складом застосовуваного флюсу, а також швидкістю кристалізації наплавлюваного металу. Збільшення вмісту в металі і флюсі домішок (кисню, сірки, фосфору, азоту) призводить до збільшення кількості неметалевих включень, а зменшення швидкості кристалізації - до збільшення їхніх розмірів. Заходи боротьби проти неметалевих включень полягають у зменшенні вмісту в основному в наплавочних матеріалах одних домішок (кисню, сірки, фосфору, азоту, вуглецю) [1-2].

При ЕШН металеві включення з'являються в наплавленому шарі внаслідок порушення технології наплавлення. Зокрема, під час наплавлення прокатних валків зернистим присадним матеріалом у струмопідвідному кристалізаторі спостерігається поява двох типів таких включень.

Поява включень першого типу спостерігається під час наплавлення поверхні ґрунтообробних органів сільськогосподарської техніки та пов'язана з неправильною механічною обробкою під наплавлення. Різниця в хімічному складі і температурі, а також у кристалізації металевій ванні і призводять до того, що такі макрочастинки основного металу не встигають розчинитися в наплавленому металі, Включення першого типу призводять до утворення зон локального зносу на наплавленій поверхні. Оскільки твердість включень на 15...30% нижча за твердість наплавленого металу, то в місцях цих включень спостерігається більший знос. Аналогічні явища іноді спостерігаються під час наплавлення деталей машин рідким присадним металом у струмопідвідному кристалізаторі [3].

Включення другого типу являють собою нерозплавлені частинки зернистого присадного металу. З огляду на те, що між цими частинками і наплавленим металом немає шлакового прошарку, вони не знижують міцнісних властивостей наплавленого металу, а в деяких випадках можуть їх навіть підвищувати. Однак для деталей ґрунтообробних машин такі включення неприпустимі, оскільки в процесі експлуатації вони зношуються менше, ніж основна маса наплавленого шару. Для виключення появи дефектів другого типу необхідно суворо дотримуватися всіх параметрів режиму наплавлення [4].

За заданих електричних режимів наплавлення повинна витримуватися певна масова швидкість подачі модифікуючого матеріалу необхідного фракційного складу, що забезпечує його повне розплавлення в металевій ванні. Металеві

включення другого типу можуть утворюватися і під час процесу ЕШН компактним матеріалом [5].

За великих швидкостей подачі електродного дроту, або надмірно великого «сухого» вильоту електрода в наплавленому металі можуть з'являтися металеві включення у вигляді шматків нерозплавленого дроту. Такі ж дефекти можуть виникати під час наплавлення порожнистим електродом-трубою з порошковим наповнювачем.

[1] Сайчук, О., Рибалко, І., & Захаров, А. (2022). Електрошлакове наплавлення на постійному струмі в струмопідвідному кристалізаторі електродом великого перерізу. Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Modern Directions and Movements in Science» (October 6-8, 2022; Luxembourg, Grand Duchy of Luxembourg), 229-237

[2] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2023). Металургійні процеси плавлення і перенесення електродного та присадного матеріалів у шлаковій ванні при електрошлаковому наплавленні. Вісник ЛТЕУ. Технічні науки, (33), 12-18.

[3] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2023). Дослідження особливостей очищення наплавленого металу від неметалевих домішок під час процесу електрошлакового наплавлення. Молода наука - роботизація і нанотехнології сучасного машинобудування. Краматорськ: ДДМА, 101-105

[4] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2023). Механічна обробка металу наплавлених деталей ЕШН. Нові матеріали і технології в машинобудуванні - 2023, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського (15), 141-146

[5] Рибалко, І. М., & Захаров, А. В. (2023). Дослідження утворення дефектів в зоні сплавлення і наплавленому металі після ЕШН, їх походження і попередження. «Молоді вчені 2023 - від теорії до практики»: Матеріали. Електронне видання. Дніпро, Журфонд, (8), 23-28.

УДК 669.295.539.121

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ ЕЛЕКТРОЛІТУ НА ВЛАСТИВОСТІ МДО-ПОКРИТТІВ

STUDY OF THE EFFECT OF ELECTROLYTE COMPOSITION ON THE PROPERTIES OF MDO COATINGS

***О.В. Субботін, канд. фіз-мат. наук І.М. Колупаєв, канд. техн. наук В.В. Білозеров, докт. техн. наук В.В. Субботіна**
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)*

***O.V. Subboti, I.M. Kolupaev, PhD (Physical and mathematical), V.V. Bilozerov, PhD (Tech.), V.V. Subbotina, Doctor PhD (Tech.)**
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (Kharkiv)*

Найбільш перспективним методом для зміцнення поверхні виробів з вентильних матеріалів є метод мікродугового оксидування (МДО). МДО-електрохімічний процес модифікування поверхні, який дозволяє синтезувати високотемпературні поліморфні модифікації окислів елементів матеріалу основи. Оксидні шари формують кераміко-подібні покриття, які міцно зчеплені з основою та мають багатофункціональні властивості, які знайшли застосування в багатьох галузях промисловості.

Дослідження показують, що високоякісні покриття під час мікродугового оксидування виникають за певних умов електролізу, однією з яких є склад

електроліту. У технології МДО широко використовуються електроліти на основі водних розчинів луги (KOH) та рідкого скла (Na_2SiO_3). Однак до теперішнього часу не сформовані для практики рекомендації щодо оптимізації складу електроліту, що забезпечує необхідну товщину, фазовий склад і властивості покриттів.

Базовим матеріалом, який використовується при МДО обробці, є алюміній і сплави на його основі, для яких МДО дозволяє досягти найбільш високі функціональні властивості. Дослідження покриттів на чистому алюмінії показали, що зміна складу електроліту дає змогу суттєво впливати на товщину МДО-покриття. Це вказує на те, що компоненти електроліту беруть участь у формуванні покриттів. Склад електроліту забезпечує різний фазовий склад покриття. Збільшення в електроліті вмісту рідкого скла сприяє утворенню алюмосилікатної фази у вигляді муліту $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

Твердість покриття визначається фазовим складом: максимальна твердість досліджуваного покриття досягається при фазовому складі $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ і $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Показано, що варіюючи складом електроліту можна забезпечувати різну товщину покриття.

УДК 629-02.09

АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР ПАЛИВНИХ НАСОСІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

ANALYSIS OF OPERATION OF PLUNGER PAIRS OF HIGH PRESSURE FUEL PUMPS

***А.С. Рожковий, доктор технічних наук О.І. Тришевський**
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

***A.S. Rozhovi, O.Y. Trishevskiy, Doctor of Technical Sciences**
State Biotechnological University (Kharkiv)*

Плунжерні пари експлуатуються в умовах підвищеного тиску робочого середовища, високої її швидкості протікання, а також наявності механічних домішок у переміщуваних середовищах.

Основним фактором, яке викликає зношування елементів плунжерної пари, є наявність механічних домішок у паливі, що перекачується. Детальне вивчення складу дизельного палива показало, що 90% забруднення складається із кварцу й оксидів металів (Fe_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO тощо). Як відомо мікротвердість таких включень дуже висока й становить для кварцу $10300 \div 11000$ МПа, для оксиду алюмінію $10000 \div 12000$ МПа [1]. Для порівняння, мікротвердість робочих поверхонь плунжерних пар ПНВТ коливається в межах $9000 \div 10500$ МПа. Порівнюючи ці дані, стає очевидною причина абразивного зношування контактних поверхонь.

Слід зазначити, що в процесі експлуатації плунжерних пар відбувається абразивне стирання робочих поверхонь внаслідок влучення твердих часток у робочий зазор між поршнем і втулкою й гідроабразивне зношування, викликане впливом часток домішки палива при їхньому швидкісному русі щодо робочих поверхонь.

Гідроабразивне зношування викликане спільною дією палива й твердих часток, що перебувають у ньому. Механізм зношування полягає в зрізанні мікрошарів, вимивання порушених шарів матеріалу й впровадження рідини в дефектні осередки на поверхні деталі.

Абразивне зношування має місце в тому випадку, коли розмір твердих часток у паливі, що перекачується, перевищує зазор у плунжерній парі. У цьому випадку частки не тільки виступають у ролі різців, що зрізують стружку з робочих поверхонь, але можуть і перекочуватися в зазорі між поршнем і втулкою тим самим пластично-деформуючі робочі поверхні плунжерної пари. При цьому відзначемо, що більшою мірою абразивному зношуванню, як правило зазнають поверхні, що сполучаються, а гідроабразивному зношуванню тільки ділянки, які стикаються з паливом, що рухається.

Особливість зношування плунжерних пар проявляється в утворенні зон підвищеного зношування, що одержали назву місцевих зносів, які не охоплюють усю поверхню плунжерної пари. Так, у гільзи найбільше зношування спостерігається вище впускного й нижче пропускного вікна, а в плунжера в зонах безпосередньо у впускного вікна й у відсічної крайки.

Розташування цих зон зношування не випадкове й пояснюється найбільш інтенсивним протіканням палива в моменти нагнітання й перетікання його в кінцевому моменті нагнітання.

Найбільшому зношуванню зазнає частина плунжера, яка примикає до впускного вікна гільзи. Величина зношування безпосередньо у крайки досягає $30\div 35$ мкм, а на відстані 1 мм від крайки $20\div 25$ мкм. По ширині зношування досягає 7,5 мм по окружності плунжера симетрично щодо впускного вікна, а по довжині зношування досягає $9\div 10$ мм від верхньої крайки.

Особливістю виникнення місцевих зносів можна назвати утворення западин, які збільшуються по глибині до крайок у плунжера і у гільзи. Це свідчить про наявність процесу гідроабразивного зношування.

Необхідно відзначити, що за інших рівних умов швидкість зношування плунжерної пари ПНВТ зростає при збільшенні протікання палива через зазори.

Представлений механізм зношування плунжерної пари ПНВТ пояснює всі розглянуті вище особливості зношування.

Однак, до всього вищесказаного необхідно додати, що крім абразивних часток, які виявляють негативний вплив на довговічність плунжерної пари в паливі ще перебуває вода, присутність якої сприяє утворенню електролітів водорозчинних кислот, які викликають активну корозію сталевих деталей [2].

Підводячи підсумки сказаному видно, що зношування деталей носить складний гідроабразивний характер. По статистиці плунжер зношується в 1,5-2 рази більше, ніж втулка, і величина його зношування не перевищує 40 мкм.

Таким чином, технологія відновлення плунжерних пар ПНВТ повинна

забезпечувати одержання поверхневого шару з високою корозійною стійкістю, товщиною не менше 40 мкм і мікротвердістю не менше 12000 МПа, щоб перевершити мікротвердість домішок палива.

[1] Погорелов В.О. Дослідження технічного стану плунжерних пар паливних насосів високого тиску / Погорелов В.О. Матеріали науково-практичної конференції. ДДАЕУ. Дніпро. 2021. 32 – 34 с.

[2] Анісімов В. Ф. Шляхи і методи підвищення довговічності і надійності роботи паливної апаратури автотракторних двигунів / Анісімов В. Ф., Музичук В. І., П'ясецький А. А., Рябошапка В. Б. Вінниця: ВНАУ, 2012. 142 с.

УДК 629.02

ОСНОВНІ ДЕФЕКТИ ШЛІЦЕВИХ ДЕТАЛЕЙ КАРДАННИХ ПЕРЕДАЧ

MAIN DEFECTS OF SPLINED PARTS OF CARDAN GEARS

***О.Я. Гребенніков, доктор технічних наук О.І. Тришевський**
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

***O.Ya. Hrebennikov, O.Y. Trishevskiy, Doctor of Technical Sciences**
State Biotechnological University (Kharkiv)*

Карданні передачі автомобілів і більшості марок тракторів і сільськогосподарських машин являють собою порожній шліцьовий вал з вилкою і шліцьову втулку.

Залежно від конструкції і призначення транспортного засобу на них може встановлюватися від однієї до п'яти карданних передач. Карданні передачі мають дуже тривалу історію використання і, це говорить про те, що більш досконалі і доступні в технічному плані системи в даний період немає. Перевагою цієї передачі є те, що великий поверхневий шліцьовий контакт втулки який сполучається з валом і, з можливістю рівномірного розподілу навантаження і точного взаємного центрування забезпечує значні конструктивні переваги перед іншими з погляду компонування, полегшення і надійності привода.

При роботі зміна положення осей передачі здійснюється за рахунок карданного шарніра 1, а довжина шліцьового зчеплення змінюється ходом ковзного шліцьового валу 2 у шліцьовій втулці 3 чим і забезпечується жорсткість і сталість сполучення в русі.

Дефектний стан деталей карданних передач обумовлюється значними напругами контакту і вигину. Поряд з ними нерівномірне зношування по довжині шліца викликається зміною місця сполучення деталей.

При тривалій експлуатації в сполученні і профілі шліців, ці дефекти мають тенденцію до постійного наростання. І в якийсь період виникають перекося, що змінюють просторове розташування елементів конструкції і у підсумку до відмов і ушкоджень.

У цілому, усі види напруг і просторового розташування шліцьових деталей

карданної передачі викликають наступні дефекти [1]:

- контактні напруги обумовлюють зношування шліців по товщині (профілю);

- вигинаючі напруги супроводжуються викрашуванням матеріалу шліца і його втомним руйнуванням у основі; наслідки від зношування шліців і їх викрашування ведуть до розбіжності і перекосу осей деталей і, відповідно, до зменшення висоти шліца;

- однобічне і нерівномірне зношування шліца утворюється від непостійності довжини зчеплення деталей шліцьових з'єднань і напрямку переважного пересування техніки;

- виходячи з напрямку крутного моменту величина зношування шліца з боку переважного прикладання навантаження більше.

На підставі наведеного матеріалу дефектна карта для шліцьових деталей карданних передач із урахуванням постійного наростання зазору і відповідного підвищення локального питомого тиску представлено трьома дефектними станами, що визначають граничний стан деталей сполучення[2].

Найбільша інтенсивність зношування шліцьової втулки спостерігається по ширині шліцьової поверхні яка безпосередньо передає крутний момент, дефект 1, (рис. 1), зношування шліців по висоті (дефект 2).

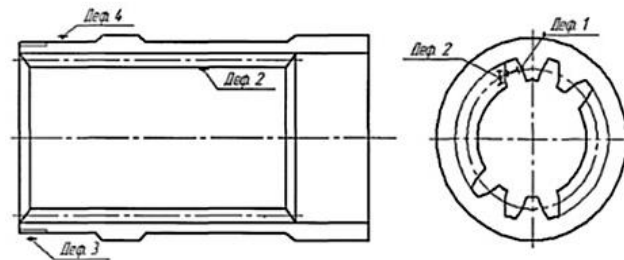


Рисунок 1. - Карта дефектів шліцьової втулки

Інші дефекти, зношування шийки, проточки під сальник, дефект 3 і зношування напрямної шийки, дефект 4 незначні і не виходять за рамки допустимих.

Дефектний стан шліцьового валу характеризується зношуванням шліців по ширині, дефект 1, (рис. 2), зношуванням шліців по висоті, дефект 2.

Загальним для дефектного стану шліцьових втулки і валу є нерівномірне зношування шліців по довжині.

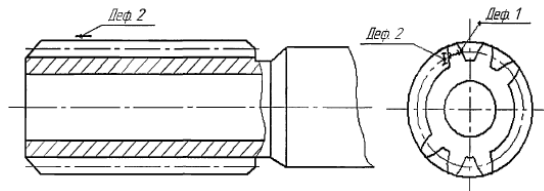


Рисунок 2. - Карта дефектів шліцьового валу

Виходячи з описаного дефектного стану втулки і валу карданної передачі раціональність вибору способу їх відновлення повинна полягати:

- у досягненні високих показників міцності на вигин і забезпеченні постійного контакту по профілю шліців;

- у забезпеченні мінімального збільшення розмірів шліца по профілю і довжині, що враховує лише припуски, що компенсують зношування яка і створюють припуски на механічну операцію;

- на усуненні величини зношування і на фінішну операцію механічної обробки;

- у застосуванні технології відновлення, заснованої на створенні мономірної структури шліца по профілю, глибині і основі.

[1] Гранкін С.Г. Надійність сільськогосподарської техніки / С.Г. Гранкін та ін.; За ред. В.Ю. Черкуна. К., Урожай, 1998. 208 с.

[2] Чередніков О.М. Технологічні основи ремонту машин і відновлення деталей: Навчальний посібник. Чернігів: ЧДТУ, 2008. 212 с.

УДК 629.02

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ КОМБІНОВАНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ РЕМОНТУ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ

DESIGN AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF COMBINED TOOLS FOR THE REPAIR OF TRACTOR ENGINE CYLINDERS

***Т.І. Довгаль, доктор технічних наук О.І. Тришевський**
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

***T.Y. Dovhal, O.Y. Trishevskiy, Doctor of Technical Sciences**
State Biotechnological University (Kharkiv)*

Проблемами розробки конструкції інструментів, які суміщають розточування і поверхневу пластичну деформацію при ремонті циліндрів двигунів займалися багато дослідників та інженерів ремонтних підприємств. Проте широке розповсюдження в ремонтній практиці вони ще не знайшли. Це можна пояснити тим, що запропоновані інструменти складні за конструкцією, не універсальні, не завжди забезпечують необхідну якість обробки, мають суперечні відомості відносно режимів обробки циліндрів. Все це ускладнює вироблення положень і рекомендацій по розробці і створенню комбінованих інструментів для відновлення циліндрів двигунів.

За принципом дії методи поверхневого пластичного деформування (ППД) підрозділяють на статичні і ударні. При статичних методах обробки інструмент або середовище впливають на оброблювану поверхню з певною постійною силою, відбувається плавне переміщення місця дії, яке послідовно проходить всю поверхню, що підлягає обробці.

Розроблені комбіновані інструменти для обробки циліндрів двигунів мають різні схеми виконання. Вони виконуються одноелементними і багатоелементними, жорсткими і пружними, регульованими і нерегульованими. Як деформуючі елементи використовують кульки, ролики, алмазні

відгладжувачі. Жорсткі інструменти отримали менше розповсюдження, їх застосовують лише для обробки жорстких деталей [1].

Найперспективнішими з погляду очищення оброблюваної поверхні перед ППД є головки, де передбачений змив стружки і пилу якою-небудь рідиною. В цьому випадку відбувається не тільки очищення поверхні, але і охолодження різця і розкатних елементів, що підвищує їх стійкість.

Дослідження таких головок показали їх більш високу надійність. Але разом з перевагами такої головки є і недоліки. Так при вході розкатних елементів в циліндр завалюється поверхня циліндра у верхній частині. Розтиск розкатних елементів проводиться тією ж рідиною, яка очищає поверхню від чавунного пилу і стружки після розточування. Це приводить до швидкого виходу інструменту з ладу унаслідок наявності в маслі залишків чавунного пилу.

Розглянемо головку для обробки сталевих деталей в умовах масового виробництва [2]. Ріжуча частина її включає плаваючу двохрізцеву пластину. Налаштування на розмір здійснюється мікрометричними гвинтами, що переміщують твердосплавні різці. При обробці пластину самовстановлюється по отвору циліндра. Деформуюча частина головки – це багатороликів жорстка диференціальна розкатка, що складається з десяти деформуючих роликів, розміщених в пазах сепаратора і що котяться по конічній поверхні втулки. Регулювання натягу розкатних елементів проводиться осьовим переміщенням сепаратора гайкою. Змив стружки здійснюється через систему внутрішнього підведення рідини до різцевої пластини. Головка встановлюється в задню бабку токарного верстата, а оброблюваний циліндр закріплюється в патроні шпінделя. Режим обробки наступний: швидкість 80-120 м/хв, подача 0,2-2,0 мм/об, натяг розкатних елементів 0,05мм.

Таким чином, недоліками такої головки є великі зусилля ППД і сліди, що залишаються розкатними елементами при їх виході з циліндра.

[1] Новая энергосберегающая технология термоупрочнения гильз цилиндров. / Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Марченко М.В., Поздняков Н.Г. Мир техники и технологий. 2011. №4 (113) С. 54-55.

[2] Сідашенко О. І., Тіхонов О. В., Скобло Т. С., Мартиненко О. Д., Гончаренко О. О., Сайчук О. В., Авегісян В. К., Автухов А. К., Практикум з ремонту машин. Том 1. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин: навчальний посібник; за ред. О. І. Сідашенко, О. В. Тіхонова. Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 416 с.

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ
ВИМІРЮВАНЬ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, ВИРОБІВ ТА
ТЕХНОЛОГІЙ В СУЧАСНИХ МІНЛИВИХ УМОВАХ**

**IMPROVEMENT OF METROLOGICAL QUALITY ASSURANCE OF
MEASUREMENTS OF FUNCTIONAL MATERIALS, PRODUCTS AND
TECHNOLOGIES IN MODERN CHANGING CONDITIONS**

*Д.т.н., проф. Л.А. Тимофеева, к.т.н., доцент, проректор з науково-педагогічної роботи УкрДУЗТ А.О. Каграманян, Є.В. Малецький
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr.t.s., prof. L.A. Timofeeva, PhD in Sci. Eng., Assoc. Prof., Vice-Rector for Scientific and Educational Work, UkrSURT A.O. Kagramanian, Y.V. Maletskyi
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

На теперішній час, не зважаючи на сучасні мінливі умови, які пов'язані, наприклад, з поширенням коронавірусної хвороби (COVID-19) [1] та введенням обмежень військового стану в Україні[2], важливе значення має створення та підтримка умов для діяльності підприємств держави, які працюють для безпечного та якісного забезпечення потреб споживачів в різних галузях[3].

Підприємствам, які приймають участь у здійсненні оцінки відповідності, наприклад – державним підприємствам Мінекономіки, підприємствам, які проводять визначення якості, необхідно проводити якісні вимірювання не тільки матеріалів функціонального призначення, а й всіх матеріалів, виробів та технологій, які поставляються з закордону в Україну або виробляються місцевими виробниками, з певним призначенням [4-5].

Згідно з міжнародними, європейськими та національними вимогами номенклатура виробів функціонального призначення повинна мати документ про оцінку відповідності та/або якість, в зв'язку з цим відповідальність лягає на орган з оцінки відповідності, випробувальну та вимірювальну лабораторії, які проводять вимірювання, випробування та оцінку відповідності, визначення якості. [6-8]

Основне завдання та відповідальність щодо забезпечення якості вимірювань та випробувань, удосконалення метрологічного забезпечення покладається на керівництво підприємств, які навіть в складних мінливих умовах має розробляти цілі, завдання, мету діяльності для забезпечення точності, якості вимірювань та випробувань функціональних матеріалів, приладів та технологій згідно чинного законодавства та стандартів, норм та правил для забезпечення достовірності результатів оцінки відповідності, визначення якості та безпечності. [9-12]

Керівництво підприємств, які приймають участь у здійсненні оцінки відповідності та визначенні якості, під час розробки цілі, завдання, мети,

програм та проектів підвищення якості вимірювань та випробувань, удосконалення метрологічного забезпечення, може приймати до уваги умовно короткострокові (до року), середньострокові (рік - три роки) та довгострокові (понад трьох років і до десяти років) «горизонти» планування діяльності, враховуючи наявні та потенційні можливості та перспективи, конкурентне середовище, суспільні зміни, обмеження та ризики, як на мікрорівнях так і на макрорівнях.

- [1] Постанова КМУ від 9 грудня 2020 р. № 1236 «Про встановлення карантину та запровадження обмежувальних протиепідемічних заходів з метою запобігання поширенню на території України гострої респіраторної хвороби COVID-19, спричиненої коронавірусом SARS-CoV-2». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1236-2020-p#n5>
- [2] Указ Президента України № 64/2022 «Про введення воєнного стану в Україні». Режим доступу: <https://www.president.gov.ua/documents/642022-41397>
- [3] Закон України «Про публічні закупівлі». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-19#Text>
- [4] Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19#Text>
- [5] Закон України «Про стандартизацію». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-18#Text>
- [6] Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр#Text>
- [7] Технічні регламенти. Міністерство економіки України. Режим доступу: <https://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=ukUA&tag=TekhnichniReglamenti>
- [8] Переліки національних стандартів, відповідність яким надає презумпцію відповідності продукції, пов'язаних з нею процесів або методів виробництва чи інших об'єктів вимогам технічних регламентів. Режим доступу: <https://data.gov.ua/pages/835-rec-list-of-standards>
- [9] ДСТУ ISO 10012:2005 «Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання (ISO 10012:2003, IDT)». Затверджено Наказом ДП «УкрНДНЦ» від 25.07.2005 № 187 «Про затвердження національних стандартів України та скасування нормативних документів».
- [10] ДСТУ ISO 10014:2008 «Управління якістю. Настанови щодо реалізації фінансових та економічних переваг (ISO 10014:2008, IDT)». Затверджено Наказом від 04.08.2008 № 266 «Про затвердження національних стандартів України, скасування національних стандартів та внесення зміни до наказу Держспоживстандарту України від 26.02.2007 № 40».
- [11] ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT)». Затверджено Наказом ДП «УкрНДНЦ» від 23.12.2019 № 483 «Про прийняття та скасування національних стандартів».
- [12] ДСТУ ISO 9004:2018 «Управління якістю. Якість організації. Настанови щодо досягнення сталого успіху (ISO 9004:2018, IDT)». Затверджено Наказом ДП «УкрНДНЦ» від 12.12.2018 № 479 «Про прийняття та скасування національних стандартів».

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОКРИТТІВ
НА ВИРОБАХ ІЗ ЧАВУНУ**

**FEATURES OF THE FORMATION OF COATINGS
ON CAST IRON PARTS**

*Д.т.н., проф. Л.А. Тимофєєва¹, Prof. (PhD) M. Rucki²,
аспірант І.П. Козловська¹, аспірант О.С. Гарбуз¹*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom (Poland)

*Dr. Sc. (Tech.), professor L.A. Timofeeva, Prof. (PhD) M. Rucki²,
post graduate I.P. Kozlovska, post graduate O.S. Garbuz*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom (Poland)

Умови роботи вузлів тертя визначають низку вимог до їхнього матеріалу: висока міцність за достатнього запасу пластичності, підвищена зносостійкість і хороше припрацьовування.

У машинобудуванні для деталей подібних вузлів широко застосовують сірий чавун із пластинчастим графітом і високоміцний чавун із графітом кулястої форми. Однак, при тривалій експлуатації чавунні деталі не виробляють свого ресурсу через відмови за рахунок прискореного зносу поверхні, що здебільшого спричиняється утворенням вузлів схоплювання.

Для забезпечення надійної безвідмовної роботи чавунних деталей, які працюють в умовах тертя та зношування, необхідно на поверхні отримати такий шар, який одночасно забезпечував би хороше та швидке припрацьовування, низький коефіцієнт тертя та мале спрацьовування, мав здатність утримувати олійну плівку та протистояти задиру й схоплюванню.

Усім цим вимогам може задовольняти багатофазний поверхневий шар, у якому присутні як тверді фази, що сприймають високі тиски, так і м'які складові, які сприяють поліпшенню антифрикційних властивостей чавуну. Водночас для гарного видалення продуктів зносу матеріал поверхневого шару має бути відносно крихким [1].

Поверхневий шар з необхідними властивостями може бути отриманий, якщо його формування відбуватиметься в середовищі перегрітої пари водного розчину водорозчинних солей, зокрема вареної солі, тіосульфату натрію, солі ортофосфорної кислоти.

За підвищеної температури в контакті з металевою поверхнею відбувається дисоціація розчину і хімічних сполук з утворенням атомарних кисню, сірки, азоту. Елементи адсорбуються поверхнею, збільшують зносостійкість і покращують припрацьовуваність. У процесі поверхневої обробки деталей із чавуну під впливом перегрітої пари водних розчинів солей із певною

витримкою і температурою дає можливість вносити в насичувальне середовище легувальні елементи. Зі свого боку виникає можливість змінити склад оксидного шару залежно від умов роботи пар тертя. Оскільки основне робоче середовище - перегріта пара водного сольового розчину, нагрівання до 600 °С, час витримки не має перевищувати 1 год (цей час необхідний для формування багатошарового покриття, що містить оксиди, сульфіді, фосфіді).

Формування поверхневого шару відбувається не тільки на металевій основі, а й по межах графіту як пластинчастого, так і кулястого, що виходить на поверхню металу без розриву суцільного шару. Така будова покриття забезпечує необхідний комплекс властивостей чавуну, що працює в умовах тертя і зношування[2].

Для виявлення ефективності застосування нової технології було проведено порівняльні випробування захисних покриттів на триботехнічні властивості (зносостійкість, припрацьовуваність, коефіцієнт тертя). На зразки наносити, задиростійкість, захисні покриття за розробленою технологією та технологією чистого парооксидування [3].

Порівняльний аналіз наведених результатів дослідження показує, що в результаті застосування нової технології нанесення покриттів підвищилися експлуатаційні характеристики виробів.

Проведені дослідження триботехнічних властивостей показали, що в результаті процесу обробки поверхні виробів за розробленою технологією за різних насичувальних середовищ отриманий шар володіє антифрикційними властивостями, коефіцієнт тертя та коефіцієнт зносостійкості в 1,5-2 рази нижчі порівняно з результатами традиційних методів хіміко-термічної обробки.

Виявлено особливості формування покриттів на чавунах з різною структурою матриці та різною формою графіту, які полягають у тому, що внаслідок окисно-відновних процесів, які відбуваються на поверхні "метал - насичувальне середовище", формується шар навколо графіту. Цей процес протікає інтенсивніше на чавунній поверхні з кулястим графітом.

Наявність графіту в поверхневому шарі забезпечує чавунним виробам антифрикційні властивості.

Залежно від наявності елементів, що перебувають у насичувальному середовищі в сформованому покритті, воно може мати фрикційні або антифрикційні властивості, тобто, регулюючи склад насичувального середовища, можливо, отримувати покриття з апіорі заданими властивостями.

[1] Timofeeva, L.A. Surface modification of machine parts made of iron– carbon alloys operating under conditions of friction and wear / L.A. Timofeeva, S.S. Timofeev, A.Y. Dyomin et al. // J. of friction and wear. – 2018. Vol. 39, No. 3, pp. 283–289.

[2] Тимофеева Л.А., Устенко О.В., Цап О.І., Волошина Л.В. Підвищення експлуатаційних показників фрикційних клинів шляхом формування покриттів зі спеціальними властивостями//Збірник наукових праць УкрДУЗТ, –Харків: УкрДУЗТ. – 2019. -Випуск 185. – с.88-95. (НБД Index Copernicus)

[3] Тимофеева Л. А., Тимофеев С. С., Волошина Л. В., Колесник М. А. Підвищення трибологічних властивостей поверхневого шару чавуну за допомогою оброблення в середовищі перегрітої пари водного розчину солей. Вісник ХНАДУ, вип. 94, 2021. С.123-127. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2021.94.0.123

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ КАЛІБРУВАННЯ ШТАНГЕНЦИРКУЛІВ
DEVELOPMENT OF METHODS FOR CALIBRATION OF BARREL
CIRCLES

д.т.н., професор Л.А. Тимофеева, О.В. Роценко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

Ph.D., professor Timofeeva L.A., Rotsenko O.V.
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

У сучасному світі вимірювання є важливими для забезпечення точності та надійності виробничих процесів та продукції у різних галузях промисловості.

В виробництві виробів транспортного призначення де використовуються багато вимірювальних інструментів, найбільш розповсюдженим і універсальним інструментом для вимірювання довжини зовнішніх та внутрішніх розмірів, діаметру, глибини отворів є штангенциркулі різного типу для різного призначення. Від них вимагають високої точності вимірювань так, як невелика похибка вимірювань може призвести до дефектів і втрати ресурсності. Від точності цих інструментів залежать результати вимірювань, а отже якість та надійність виробів. Для забезпечення високої точності та надійності вимірювань необхідно регулярно проводити калібрування штангенциркулів. [2]

Калібрування штангенциркулів включає в себе комплекс процедур та технік, які дозволяють перевірити та налаштувати інструменти на відповідність стандартам точності та метрологічним вимогам. Для забезпечення відповідності точності та надійності вимірювань штангенциркулів, використовують методику калібрування.

Тому розробка методики калібрування штангенциркулів є актуальною та важливою задачею, оскільки вона допоможе підвищити точність та надійність вимірювань, зменшити виробничі витрати та сприяти виробничій ефективності. [1]

Актуальність розробки методики калібрування штангенциркулів полягає в декількох ключових аспектах:

-Забезпечення точності вимірювань: Виробництво та інші сфери, де використовуються штангенциркулі, вимагають високої точності вимірювань. Навіть невелика похибка вимірювань може призвести до неправильних рішень, дефектів виробів і втрати ресурсів. Розробка методики калібрування допомагає забезпечити надійність та точність вимірювань з використанням штангенциркулів.

-Вимоги стандартів і регулюючих органів: Багато галузей вимагають дотримання національних, європейських стандартів та нормативів у сфері вимірювань. Розробка методики калібрування штангенциркулів допомагає

відповідати вимогам стандартів та забезпечує документовану ефективність вимірювань.

-Зменшення виробничих витрат: Правильно калібровані штангенциркулі дозволяють уникнути дефектів продукції, зменшити відбраковку та відходи матеріалів і ресурсів, оскільки вимірювання стає точнішим.

-Підвищення конкурентоспроможності: Оптимально розроблена методика калібрування може позитивно вплинути на якість виробів та послуг, які надає підприємство, і сприяти його конкурентоспроможності на ринку.

-Для забезпечення точності вимірювань необхідно розробити методику калібрування, яка дозволить визначити та виправити будь-які похибки вимірювань, які можуть виникнути під час використання штангенциркулів різного призначення. Це важливо для забезпечення високої точності вимірювань довжини та діаметрів, що є критичним для багатьох виробничих процесів. [2]

На теперішній час багато галузей мають стандарти та нормативи, яких необхідно дотримуватися, а саме гармонізовані стандарти України з Європейськими та ISO 13385-1. Але незважаючи на існування даного стандарту необхідно удосконалити методики калібрування, що дозволять гарантувати те, що вимірювання здійснені за допомогою штангенциркулів будуть відповідати цим стандартам. [3]

Згідно до ISO 13385-1 необхідно:

-Забезпечення надійності вимірювань: Важливо для виробничого контролю якості та уникнення виробничих відхилень.

-Мінімізація витрат: Точність вимірювання дозволяє уникнути дефектів при відбракуванні продукції.

-Збереження інструментарію: Регулярне калібрування може підвищити тривалість служби штангенциркулів та забезпечити його ефективну роботу протягом тривалого періоду.

Розробка методики калібрування штангенциркулів включає такі цілі:

-Розробку процедур калібрування: Розробка докладних і структурованих процедур калібрування, які визначають, як саме проводиться ця процедура.

-Визначення похибки вимірювань: Визначення похибки, яку вносить штангенциркуль в вимірювання, і створення методики для її виправлення.

-Розробка калібрувальних засобів: Розробка, при необхідності, спеціальних засобів та інструментів для проведення калібрування.

-Валідація методики: Проведення валідації розробленої методики, щоб переконатися в її ефективності та надійності.

-Впровадження в виробництво: Впровадження розробленої методики калібрування в виробничу практику, забезпечення навчання персоналу та створення документації. [3]

При розробці методики калібрування штангенциркулів буде створено рекомендації щодо методології оцінювання якості методик калібрування штангенциркулів. Розробка методики калібрування штангенциркулів спрямована на створення конкретних інструкцій та керівництва для оцінки її ефективності та її надійності.

Таким чином, робота з розробки методики калібрування штангенциркуля є актуальною і важливою з точки зору підвищення якості виробництва, виконання стандартів і вимог, а також економії ресурсів та підвищення конкурентоспроможності підприємства.

[1]. Закон України № 1314-VII від 5 червня 2014 року «Про метрологію та метрологічну діяльність». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18>

[2]. Клименко Л. П. «Метрологія, стандартизація та управління якістю/Штангенінструменти» М.: Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2011

[3]. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі. Проектні та метрологічні характеристики (EN ISO 13385-1:2011, IDT; ISO 13385-1:2011, IDT). // Сервіс документів “Будстандарт”. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=80498

УДК 669.056.9

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНИХ ЗМІН В ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВАХ В УМОВАХ ТЕРТЯ

RESEARCH OF STRUCTURAL CHANGES IN FEROCARBON ALLOYS UNDER FRICTION CONDITIONS

*Д.т.н., проф. С.С. Тимофєєв, Старший викладач П.В. Рукавішников,
Студент В.Р. Печериця*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*Dr. Sc. (Tech.), professor S.S. Timofeev, Senior teacher P.V. Rukavishnykov
Student V.R. Pecherytsia*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Однією з найважливіших тенденцій розвитку машинобудування є зниження матеріаломісткості машин і механізмів. Зменшення розмірів і маси виробів призводить до необхідності передачі вищих контактних напружень і потужностей, що призводить до швидкої зміни властивостей і структури матеріалу, особливо у разі тертя. Велика різноманітність складних фізико-хімічних процесів, що одночасно протікають на поверхнях тертя, ускладнює побудову єдиного підходу до опису процесу зношування тіл тертя.

Структурні зміни в поверхневих шарах твердих тіл при терті в умовах, близьких до схоплювання полягають в утворенні особливого поверхневого шару, структура якого сильно подрібнена під дією деформації, перемішування і генерується тертям тепла. Зазвичай утворення такого шару зв'язується головним чином з перенесенням і перемішуванням фрагментів і частинок зносу на поверхні.

Таким чином, по загальноприйнятій думці формування шару йде поступово і не пов'язане зі зміною масштабного фактора. Було встановлено, що цей процес може відбуватися за дуже короткий час у вигляді зсуву однієї частини матеріалу щодо іншої, тобто за рахунок втрати зсувної стійкості поверхневого

шару матеріалу в умовах посилення адгезійної складової тертя. На підставі наявних попередніх результатів були зроблені припущення про те, що в процесі адгезійного зношування локалізація деформації може призводити до локальної втрати опору матеріалу до зрушення і швидкого утворення та переносу сильнодеформованого матеріалу з підвищеною адгезійною активністю. Оскільки механізм деформації матеріалу в наноструктурному стані відрізняється від механізму деформування полікристала, то повинні відрізнятися і механізми зношування. При зміні умов тертя відбувається перехід від режиму накопичення дефектів до режиму адгезійного зношування на більш високому масштабному рівні.

Методом легування зони тертя можна знову привести систему на низький масштабний рівень, створивши захисну плівку з низькою адгезійною активністю. Для дослідження були взяті різні класи матеріалів і на них проведені триботехнічні випробування. Після цього вивчали структурну деградацію поверхневих шарів зразків.

Нержавіючі матеріали не схильні до утворення окислених шарів на поверхні тертя, і тому вся робота тертя витрачається на нагрів і деформування поверхневих шарів матеріалів. У зв'язку з цим, матеріал починає деформуватися при невеликих напругах, і всі особливості процесу зношування обумовлені захопленням пластично деформованого шару контртіла. Виникаючі при цьому нанокристалічні шари полегшують процеси масопереносу на поверхні, шляхом зміщення фрагментів відносно один одного.

Триботехнічні випробування нержавіючої сталі аустенітного сплаву X18H9T в парі з інструментальною сталлю дозволили виявити деякі особливості в поведінці коефіцієнта тертя і температури поблизу поверхні тертя в залежності від швидкості ковзання і навантаження. Як виявилось, коефіцієнт тертя спочатку зменшується, а потім збільшується з ростом навантаження і швидкості [1].

Зі збільшенням навантаження пластична деформація інтенсифікується, приводячи до формування фрагментованого шару (рис.1) і зони пластичної течії, яка характеризується зміною форми зерен (на рисунку стрілкою показано напрямок ковзання).

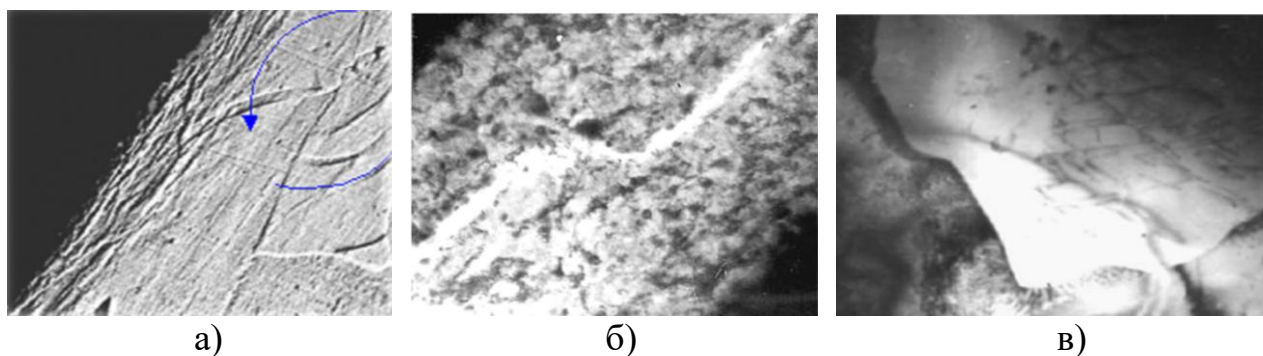


Рис. 1. Мікроструктура підповерхневих шарів сплаву X18H9T: а) при різних з навантаженнях, б) шар з фрагментованою структурою, в) зона пластичної течії

Дифракційна картина, отримана з поверхні аустенітного сплаву, свідчить про те, що даний шар не є шаром переносу, тому що відсутні сліди матеріалу контртіла. Лінійні розміри фрагментів 0,01-0,1 мкм (рис.1, б). При збільшенні зовнішніх параметрів (навантаження і швидкості) число цих ділянок наростає, чому в чималому ступені сприяє збільшення температури. В результаті майже вся поверхня зразка виявляється залученою в процес деформації. Структура зони, що показана нижче пластичної деформації зовні відрізняється від вихідної структури лише підвищеним числом спостережуваних дислокацій (рис.1, в). В процесі деформування при терті в сплаві відбувається текстурування.

Таким чином, в умовах інтенсивного пластичного деформування матеріал фактично розпадається на дві істотно різні частини: шар з фрагментованою структурою і пластично деформовану зону.

Дослідження нержавіючої сталі показали, що процес деформації при терті утворений при великих навантаженнях шар зсувається вздовж поверхні тертя як ціле.

[1] Timofeeva, L.A./ Surface modification of machine parts made of iron– carbon alloys operating under conditions of friction and wear / L.A. Timofeeva, S.S. Timofeev, A.Y. Dyomin et al. // J. of friction and wear. – 2018. Vol. 39, No. 3, pp. 283–289.

УДК 624.131

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМОВАНОГО ШАРУ ҐРУНТУ

DEVICE FOR DEFORMED SOIL LAYER DETERMINATION

канд. техн. наук М. М. Балака

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Cand. Sc. (Engineering) M. M. Balaka

Kyiv National University of Construction and Architecture

Від виду та стану ґрунтової поверхні залежить вибір моделей взаємодії ходового обладнання самохідного скрепера з опорною поверхнею. Взаємодія визначається, з одного боку, втратами енергії, що пов'язані з незворотними деформаціями пневматичних шин і ґрунту, а з іншого боку – силами тертя виступів ґрунтозачепів шини відносно опорної поверхні й силами опору ґрунту зсуву по упорних поверхнях ґрунтозачепів [1–3]. Так, параметри деформування зв'язного щільного ґрунту типу суглинок, характерного при виконанні земляних робіт самохідними скреперами, можна визначити із застосуванням методики [4] та за допомогою інформаційно-вимірального забезпечення [5, 6].

Для визначення шару ґрунту, де ще діють його деформації від навантаження, застосовуємо спеціальний пристрій, технічне рішення якого

наведено на рис. 1. Пристрій містить порожнистий східчастий корпус 1, що складається з верхньої 2 і нижньої 3 циліндричних частин різного діаметра із загостреним кінцем частини 3. На зовнішній поверхні частини 3 в центральній поздовжній площині виконані гнізда, в які встановлено тензометричні датчики напружень 4. Максимальна кількість виконаних гнізд і закон зміни кроку їх розміщення вздовж частини 3 корпусу 1 визначається в залежності від фізико-механічних властивостей та ступеня ізотропності за глибиною ґрунту 5, що досліджується [1]. Для зручного демонтажу датчиків напружень 4 виконано різьбові отвори зі встановленими гвинтами 6, які опозитно розташовані вздовж осей симетрії датчиків напружень у циліндричній частині 3 корпусу 1 пристрою.

Заглиблення пристрою у щільний масив ґрунту 5 здійснюється за допомогою попередньо виконаної свердловини діаметром приблизно $(0,75...0,85) D$, а у випадку дослідження розпушених ґрунтів – за допомогою статичного зусилля P , прикладеного до вільного кінця частини 2 на всю довжину частини 3 корпусу 1. Після заглиблення пристрою у масив ґрунту здійснюється балансування [5] вимірювальних електричних мостів тензометричних датчиків 9 і 10 нормальних напружень 4. Потім вантаж 7 у вигляді плоского диску скидається з визначеної висоти h уздовж частини 2 корпусу 1 на денну поверхню 8 масиву ґрунту 5, при цьому в будь-якому об'ємі ґрунту виникатимуть нормальні напруження σ зі складовими у трьох площинах (див. рис. 1) . Складові, що діють у відповідних горизонтах масиву ґрунту вимірюються одночасно тензометричними датчиками напружень 4, що розташовані уздовж частини 3 корпусу 1 пристрою.

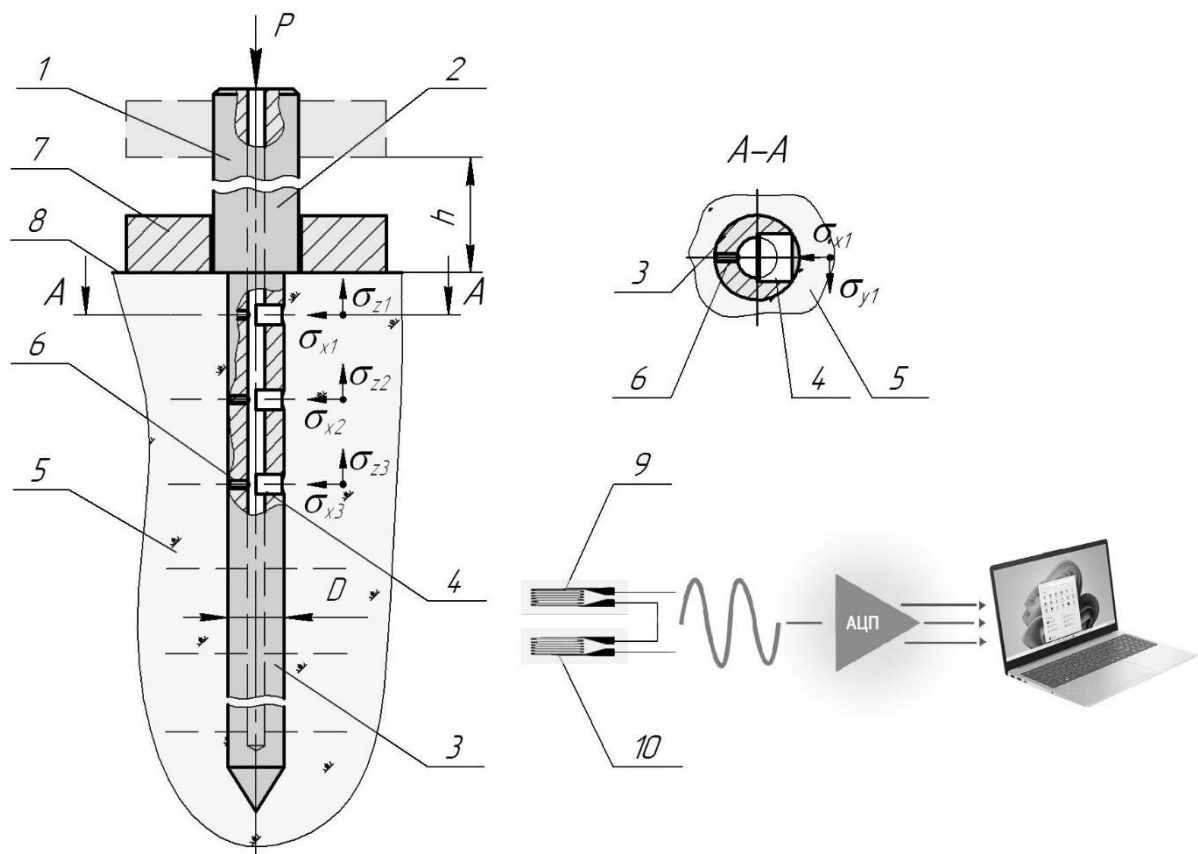


Рис. 1. Пристрій для визначення шару ґрунту, де ще діють його деформації: 1 – корпус; 2, 3 – частини корпусу; 4 – датчик напружень; 5 – масив ґрунту; 6 – гвинт; 7 – вантаж; 8 – денна поверхня; 9, 10 – тензорезистори

Зміна електричного опору тензорезисторів 9 і 10, які представляють собою половину вимірювального мосту, передається за допомогою аналого-цифрового перетворювача на реєструвальну апаратуру у вигляді ноутбука [6]. Електричні лінії вимірювальних елементів прокладені у порожнині корпусу 1 пристрою.

Пристрій дозволяє одночасно дослідити напруження на різних горизонтах масиву ґрунту та визначити шар ґрунту, де ще діють його деформації від навантаження, прикладеного до денної поверхні масиву ґрунту.

[1] 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.

[2] Пелевін Л. Е. Силовое взаимодействие эластичного колеса с деформирующейся опорной средой / Л. Е. Пелевін, М. Н. Балака, Г. А. Аржаев // *Интерстроймех-2007: материалы междунар. науч.-техн. конф.*, 11-14 сент. 2007 г. – Самара, 2007. – С. 205-209.

[3] Балака М. Н. Проявление различных видов износа при эксплуатации пневматических шин / М. Н. Балака, М. А. Антонков // *Нефть и газ Западной Сибири: материалы междунар. науч.-техн. конф.*, 17–18 окт. 2013 г. – Тюмень, 2013. – Т. 4. – С. 14-16.

[4] Аржаев Г. Визначення параметрів реологічних моделей опорних поверхонь руху позашляхових транспортно-технологічних засобів / Г. Аржаєв, Л. Пелевін, М. Балака // *Машинознавство*. – 2008, № 10 (136). – С. 22-24.

[5] Аржаєв Г. Методика й інформаційно-вимірювальне забезпечення експериментального визначення параметрів реологічної моделі піщано-глинистих ґрунтів / Г. Аржаєв, Л. Пелевін, М. Балака // *Машинознавство*. – 2008, № 12 (138). – С. 40-42.

[6] Експериментальні дослідження роботи колеса з пневматичною шиною на опорній поверхні, що деформується / М. М. Балака, Л. Є. Пелевін, Г. О. Аржаєв, А. В. Василенко // *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. – 2013, № 1 (8). – С. 132-139.

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 ФЕЙЄРБАХА 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);
- ✔ Прийомоздавальник 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.

Прийом документів на навчання робочим професіям здійснюється в ЦНПП (аудиторія 3.315, тел. (057)-730-21-89, e-mail: 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
- ☎️ +38 (057) 730-19-91
- ✉️ 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
- 📷 [@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

📍 майдан Фейєрбаха 7, 61050, Харків