

Міністерство освіти і науки України

Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

На правах рукопису

КУЗЬМЕНКО АЛЬБІНА ІГОРІВНА

УДК 656.213.073.23

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ
ВАГОНОПОТОКІВ НА СТАНЦІЯХ СТИКУВАННЯ
КОЛІЙ РІЗНОЇ ШИРИНИ**

05.22.01 – транспортні системи

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник

Нестеренко Галина Іванівна

кандидат технічних наук, доцент

Дніпропетровськ – 2013

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАГОНОПОТОКІВ НА СТАНЦІЯХ СТИКУВАННЯ КОЛІЙ РІЗНОЇ ШИРИНИ.....	12
1.1 Аналіз матеріальних та інформаційних потоків на станціях стикування колій різної ширини.....	12
1.2 Аналіз попередніх досліджень з удосконалення роботи прикордонних перевантажувальних станцій.....	22
1.3 Аналіз причин затримок вагонів на прикордонних станціях.....	30
1.4 Висновки до першого розділу.....	35
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ НА ТЕХНОЛОГІЮ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАГОНОПОТОКІВ	37
2.1 Аналіз способів передавання вантажних вагонів з колії ширини 1435 мм на колію ширини 1520 мм та у зворотному напрямку.....	37
2.2 Формалізація транспортних процесів на станціях стикування колій різної ширини.....	45
2.2.1 Складання математичної моделі процесів декомпозиції вхідного потоку вагонів.....	45
2.2.2 Формування математичної моделі обробки вантажних вагонів при переході з колії 1435 мм на колію 1520 мм та у зворотному напрямку.....	48
2.3 Розрахунок основних характеристик математичної моделі обслуговування вантажних вагонів на станціях стикування колій різної ширини.....	55
2.4 Висновки до другого розділу.....	58
РОЗДІЛ 3 ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСУ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПЕРЕДАВАННЯ ВАГОНІВ З КОЛІЇ 1435 ММ НА КОЛІЮ 1520 ММ ТА У ЗВОРОТНОМУ НАПРЯМКУ.....	60
3.1 Моделювання та дослідження технологічного процесу перевантаження вантажів з вагонів однієї ширини колії у вагони іншої.....	60
3.1.1 Постанова задачі.....	60
3.1.2 Формування математичної моделі процесу перевантаження вантажів.....	65
3.1.3 Моделювання вибору раціональної технології процесу перевантаження вантажів.....	71
3.1.4 Кількісна оцінка експлуатаційних витрат на реалізацію операцій з перевантаження вантажів за технологічними фазами.....	76
3.2 Моделювання та дослідження технологічного процесу зміни візків вантажних вагонів.....	82
3.2.1 Постанова задачі.....	82
3.2.2 Формування математичної моделі процесу зміни візків.....	87
3.2.3 Вирішення задачі вибору раціональної технології роботи пункту перестановки візків.....	89

3.2.4	Кількісна оцінка експлуатаційних витрат на реалізацію операцій зміни візків за технологічними фазами.....	90
3.3	Моделювання та дослідження технологічного процесу передавання вантажних вагонів, обладнаних розсувними колісними парами.....	99
3.3.1	Постанова задачі.....	99
3.3.2	Формування математичної моделі технології роботи колієперевідного пристрою SUW – 2000.....	102
3.3.3	Вирішення задачі вибору раціональної технології передавання вантажних вагонів, обладнаних розсувними колісними парами.....	108
3.3.4	Кількісна оцінка експлуатаційних витрат на реалізацію операцій з переводу вагонів з однієї колії на іншу за технологічними фазами.....	110
3.4	Удосконалення роботи інформаційних систем на станціях стикування колій різної ширини.....	113
3.5	Розробка комплексу технічних заходів для ефективного використання системи SUW – 2000.....	119
3.6	Висновки до третього розділу.....	120
	РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ВАГОНОПОТОКІВ НА СТАНЦІЯХ СТИКУВАННЯ КОЛІЙ РІЗНОЇ ШИРИНИ.....	122
4.1	Визначення економічної ефективності впровадження логістичної технології в процес перевантаження вагонів.....	122
4.2	Визначення економічної ефективності впровадження логістичної технології в процес зміни візків вантажних вагонів.....	126
4.3	Визначення економічної ефективності впровадження логістичної технології в процес переведення вагонів через SUW-2000.....	128
4.4	Аналіз вартості простоїв вагонів на станціях стикування колій різної ширини від річного обсягу перевезень.....	132
	.	135
4.5	Висновки до четвертого розділу.....	137
	ВИСНОВКИ.....	139
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	153
	Додаток А Матеріали впровадження результатів дисертаційної роботи.....	159
	Додаток Б Структура дисертаційного дослідження.....	
	Додаток В Програма побудови залежності мінімальних втрат Z від параметра c	160
	Додаток Г Програми розрахунку та результати моделювання раціональних параметрів для технології перевантаження вантажів.....	161
	Додаток Д Програми розрахунку та результати моделювання раціональних параметрів для технології перестановки візків вантажних вагонів.....	177
	Додаток Е Програми розрахунку та результати моделювання раціональних параметрів для технології роботи системи SUW – 2000.....	190
	Додаток Є Опис пристрою для очищення фіксаторів розсувних колісних пар.....	199

ВСТУП

Актуальність теми. Високорозвинена транспортна система кожної держави є гарантом її економічного зростання. Вигідне географічне розташування України забезпечило проходження п'яти міжнародних транспортних коридорів (МТК) по її території, що стало першим кроком на шляху інтеграції національних транспортних систем до світової системи. Найважливіша роль у здійсненні міжнародних перевезень в Україні традиційно належить залізничному транспорту.

Очікуване збільшення обсягів міжнародних вантажопотоків створює великий потенціал для ринку транспортних послуг вже найближчим часом. Але подальший розвиток МТК неможливий без вирішення проблеми забезпечення скорочення часу доставки вантажів. Високі темпи росту міжнародної торгівлі та характер виробничих зв'язків між країнами вимагають поліпшення технічного рівня, масштабів та якості транспортного обслуговування міжнародних вагонопотоків. Незважаючи на те, що останнім часом відбулося зміцнення бази технічних засобів, залізничні прикордонні переходи залишаються традиційно «вузьким місцем». У зв'язку з цим виникає питання щодо удосконалення технології роботи прикордонних залізничних станцій, що обслуговують вагонопотоки міжнародного сполучення, які передаються з колії 1435 мм на колію 1520 мм та у зворотному напрямку (далі – станцій стикування колій різної ширини).

Рішення даного питання дозволить мінімізувати час перебування вагонів на цих станціях та покращити експлуатаційні показники роботи станцій. Подальший розвиток станцій стикування колій різної ширини (ССКРШ) та удосконалення технології їх роботи на логістичних засадах, а також оновлення рухомого складу за рахунок спеціалізованих вагонів для організації безперевантажувальних перевезень, забезпечать ефективне функціонування національної транспортної інфраструктури у системі МТК.

Таким чином, формування логістичних технологій роботи прикордонних станцій з передавання вантажних вагонів з колії 1435 мм на колію 1520 мм та у зворотному напрямку, є актуальним науково-прикладним завданням. Тому тема дисертаційної роботи є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана на основі Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту на 2008-2015 роки, затвердженої Кабінетом Міністрів України № 651 від 27.12.2006 р.; Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, затвердженої Кабінетом Міністрів України № 1555-р від 16.12.2009 р.; Програми створення і функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів, затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. №346 ; Директиви Європейського Парламенту та Ради 20002/16/ЄС від 19.03.2001 р . про взаємодію між транс'європейськими традиційними залізничними мережами. Автор є співвиконавцем та співавтором тем науково-дослідних робіт «Оптимізація транспортно-митних технологій і процедур забезпечення

перевезень вантажів – АЛЬТАІР І/07» (№ ДР 0107U012492), що входила до Багатогалузевої науково-технічної програми розвитку Державної митної служби України (ДМСУ), яка з 24.12.2012 р. перейшла до складу Міністерства доходів та зборів України; та «Удосконалення технічних параметрів транспортних засобів, систем та їх елементів» (№ ДР 0104U008457), що виконувалась кафедрою транспортних систем та технологій Академії митної служби України.

Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає в удосконаленні технології обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини шляхом вибору раціональних вартісних та часових параметрів логістичного ланцюга, що дозволить покращити показники роботи прикордонних залізничних станцій.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовані та вирішені наступні завдання:

- проведення аналізу існуючих технологій та наукових підходів до формування технологій обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини;
- формування математичної моделі процесів декомпозиції вхідного потоку вагонів на станціях стикування колій різної ширини з метою оцінки грошових та часових параметрів логістичного ланцюга в умовах різнорідної структури вагонопотоків;
- розроблення комплексу математичних моделей для дослідження та вибору ефективного способу передавання вагонопотоків з колії 1435 мм на колію 1520 мм та у зворотному напрямку;
- удосконалення функціональної схеми організації інформаційного обміну даними між автоматизованими системами залізничного транспорту різних рівнів в локальній інформаційно-керуючій системі прикордонної станції;
- обґрунтування економічної доцільності впровадження логістичної технології в процесі пропуску вагонопотоків через станції стикування колій різної ширини та визначення раціонального часу знаходження вантажних вагонів на цих станціях.

Об'єкт дослідження – процеси функціонування залізничних прикордонних станцій стикування колій різної ширини.

Предмет дослідження – технологія обслуговування неоднорідних вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини.

Методи досліджень. Для вирішення поставлених завдань використані: методи математичної статистики та теорія ймовірностей для оцінки техніко-експлуатаційних показників роботи прикордонної перевантажувальної станції, теорія масового обслуговування (ТМО) для формалізації процесу обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини, методи фаз та векторної оптимізації для вибору раціональної технології обслуговування вагонопотоків.

Наукова новизна. В дисертаційній роботі надано теоретичне обґрунтування процесів обслуговування вагонопотоків на основі

впровадження логістичних підходів, при цьому:

Вперше:

- розроблено модель декомпозиції вагонопотоків різнорідної структури на станціях стикування колій різної ширини, що дозволяє мінімізувати експлуатаційні витрати і час перебування вагонів на цих станціях;
- формалізовано та вирішено з використанням методів векторної оптимізації завдання щодо визначення раціональних параметрів процесу обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини, що дозволяє покращити систему експлуатаційних показників роботи станції під час виконання перевантаження вантажів, зміни візків вантажних вагонів та проходження вагонів через систему SUW-2000;
- розроблено комплекс математичних моделей для дослідження і удосконалення процесів перевантаження вантажів та безперевантажувальних технологій обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини (перестановки візків вагонів та використання вагонів із розсувними колісними парами), що дозволяє вирішувати задачі раціонального використання грошових ресурсів та завантаження технічних засобів.

Удосконалено:

- функціональну схему інформаційно-керуючої системи прикордонної станції, яка відрізняється можливістю вибору раціональної технології передавання вагонопотоків за допомогою пристроїв автоматизованих робочих місць (АРМ) оперативних працівників станції.

Практичне значення отриманих результатів. Сформований комплекс моделей обробки вагонопотоків на прикордонних станціях стикування колій різної ширини (1520мм та 1435 мм) дозволяє реалізувати автоматизовані логістичні технології передавання вагонів в середовищі інформаційно-керуючої системи (ІКС) прикордонної передавальної станції. Розроблені технології обслуговування вагонопотоків дають можливість знизити час на передавання вагонів приблизно на 18%, а експлуатаційні витрати – на 11%.

Основні результати дисертації розглянуті та схвалені в Ужгородській дирекції залізничних перевезень Львівської залізниці, а також використані в навчальному процесі Академії митної служби України. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами. (див. додаток А)

Особистий внесок здобувача. Усі положення і результати, які виносяться на захист, отримані автором самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачем виконано: у [2] проведено аналіз основних причин затримок вантажних вагонів на прикордонних станціях, у тому числі обумовлених неоднорідністю структури вхідних потоків; у [3] розраховано сталий режим роботи окремих технічних пристроїв прикордонних станцій, та визначено раціональні параметри обслуговування вагонопотоків на цих станціях; у [4] виконано дослідження залежностей витрат часу і коштів при перевантаженні вантажів з вагонів колії 1435 мм у

вагони колії 1520 мм за різними технологіями з використанням методу фаз; у [6] запропоновано заходи з підвищення ефективності функціонування транспортних систем міжнародних перевезень на основі вибору раціональних варіантів обслуговування вантажних вагонів на станціях стикування колій різної ширини; у [7] розроблено математичну модель переведення вагонів з вузької колії на широку та у зворотному напрямку за умов використання системи SUW-2000 для вантажних перевезень; у [9] виконано формалізацію процесів перевантажування вантажів, зміни візків вантажних вагонів та зміни відстані між гребенями коліс для вагонів із розсувними колісними парами; у [11] проаналізовано причини виникнення додаткових витрат ресурсів у процесі перевантажування вантажів, перестановки візків вагонів або зміни ширини розсувних колісних пар у залежності від структури та обсягів міжнародних вантажопотоків; у [12] розроблено конструкцію пристрою для очищення фіксаторів розсувних колісних пар перед пропуском через систему SUW-2000.

Апробація результатів досліджень. Основні результати дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та були схвалені на: 65-й, 66-й, 67-й, 69-й та 71-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (м. Дніпропетровськ, 2005, 2006, 2007, 2009 та 2011 рр.); 5-й та 9-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем» (м. Дніпропетровськ, 2007, 2011 рр.); 4-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технологія» (м. Київ, 2008 р.); 1-й та 2-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Інтеграція України до міжнародної транспортної системи» (м. Дніпропетровськ, 2009, 2010 рр.); II та III Міжнародних науково-практичних конференціях «Митна політика та актуальні проблеми економічної безпеки України» (м. Дніпропетровськ, 2009, 2010 рр.); VII Miedzynarodowej naukowo-praktyczntj konferencji «Perspektywiczne opracowania sa nauka i technikami – 2011» (Przemysl, 2011); Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективи розвитку інформаційних та транспортно-митних технологій у митній справі, зовнішньоекономічній діяльності та управлінні організаціями» (м. Дніпропетровськ, 2011); III Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики» (м. Євпаторія, 2012 р.).

Дисертаційна робота доповідалась на науковому семінарі кафедри транспортних систем та технологій АМСУ (м. Дніпропетровськ) та на засіданні міжкафедрального наукового семінару кафедр «Управління експлуатаційною роботою», «Станції та вузли», «Електронні обчислювальні машини», «Комп'ютерні інформаційні технології» та «Прикладна математика» ДНУЗТ (м. Дніпропетровськ).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковано у 11 наукових працях у фахових виданнях, які затверджені ВАК України (з них 3 без співавторів), у окремому розділі монографії «Сучасні транспортно-митні технології

міжнародних перевезень товарів», та у 15 тезах доповідей наукових конференцій. Отримано свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 204 сторінки, з яких обсяг основного тексту – 136 сторінок. Робота ілюстрована 30 рисунками, в ній наведено 10 таблиць. Список використаних джерел складає 127 найменувань.

Структуру дисертаційного дослідження представлено у додатку Б.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАГОНОПОТОКІВ НА СТАНЦІЯХ СТИКУВАННЯ КОЛІЙ РІЗНОЇ ШИРИНИ

1.1. Аналіз матеріальних та інформаційних потоків на станціях стикування колій різної ширини

Україна займає вигідне географічне положення. Через неї проходить багато важливих торговельних шляхів, у тому числі й залізничних, які з'єднують Європу і Азію. При цьому залізниця має високі шанси на підвищення конкурентоздатності в залученні вантажів у порівнянні з автомобільним транспортом, особливо при перевезеннях на великі відстані та при перевезеннях небезпечних вантажів [66, 68]. Але при проходженні поїздів із Європи на територію України виникає так звана «проблема 85». Вона полягає в різній ширині колії (у більшості країн Європи вона дорівнює 1435 мм, а в країнах СНД 1520 мм). Існують наступні способи переходу вагонопотоків з колії однієї ширини на іншу: перевантаження - повне перевантаження всього вантажу з вагонів однієї ширини колії у вагони іншої на спеціально обладнаних для цього перевантажувальних пунктах, перестановка - здійснюється на пунктах перестановки вагонів або колісних пар (при цьому виконується заміна візків або колісних пар під вагонами на візки відповідної колії), використання розсувних колісних пар. Останній спосіб є новим рішенням і не поширеним в Україні. 18 червня 2003р. на ст. Мостиська-II був введений в експлуатацію перший пристрій автоматичного регулювання відстані між колісними парами вантажних і пасажирських вагонів (SUW-2000). Застосування пристрою при організації руху поїзда Київ-Краків-Київ дозволило зменшити час його перебування дорозі на три з половиною години.

Пристрій сконструйовано польським інженером Річардом Сувальським, вартість пристрою SUW-2000 на час його встановлення становила 419 тис. грн. а загальна вартість усіх робіт – 1,85 млн. грн. [110]. Сучасні науковці також пропонують використовувати нову транспортну технологію – INTERGAUGE [126].

Велике місце у вантажообігу українських залізниць займають експортні вантажі, що надходять транзитом у європейські країни. Обробку цих вантажопотоків на західному кордоні забезпечує Львівська залізниця. Її схему зображено на рисунку 1.1, а чорними кружками показані прикордонні станції, на основі аналізу роботи яких були виконані дисертаційні дослідження.

попуску, аналіз роботи яких було проведено у дисертації, наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Характеристика основних пунктів пропуску, що забезпечують перехід вантажних вагонів з колії 1435 мм на колію 1520 мм

№ з/п	Суміжна країна (залізниця)	Прикордонна станція України	Прикордонна станція суміжної країни
1	Польща (PKP)	Ягодин	Дорохуськ
2	Польща (PKP)	Мостиська-II	Пшемисль
3	Словаччина (ZSR)	Чоп	Чірна-над-Тисою
4	Румунія (CFR)	Дьяково	Халмеу
5	Румунія (CFR)	Вадул-Сирет	Вікшани

Графіки зміни кількості переставлених на візки колії іншої ширини по пунктах перестановки та по Львівській залізниці в цілому показані відповідно на рисунках 1.2 та 1.3.

Технологія взаємодії мереж залізниць України і суміжних держав передбачає виконання таких операцій [30,84,99] на міжнародних передаточних станціях:

- митний контроль перевізних документів, вибіркова натурна перевірка вантажів у складах вантажних потягів, візовий і паспортний контроль пасажирів та обслуговуючого персоналу;

- прикордонний контроль та інші види контролю вантажних і пасажирських поїздів;

- облік переходу поїздів, вагонів і контейнерів;

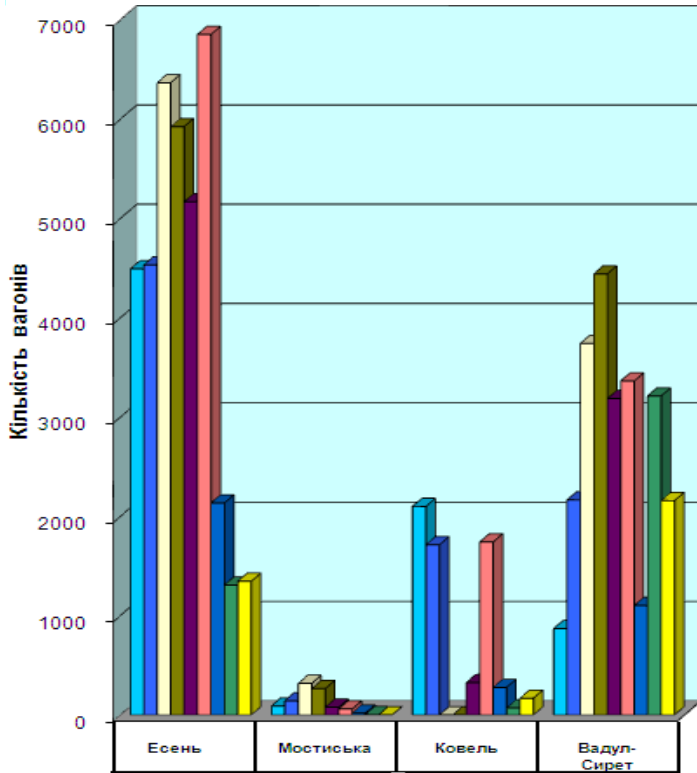
- технічний контроль справності й обслуговування рухомого складу;

- огляд вагонів у технічному і комерційному відношенні (цілісність пломб, правильність навантаження на відкритому рухомому складі й ін.).

Для виконання означених операцій прикордонні станції повинні бути обладнані відповідними технічними засобами [26,96]. На прикордонних перевантажувальних станціях паралельно в часі працюють три технологічні лінії: з вагонами колії 1435 мм; з вагонами колії 1520 мм; з перевізними документами на вантажі та вагони.

Аналіз сучасного стану функціонування прикордонних передавальних станцій показав, що основним фактором зниження якості перевезень при транспортуванні вантажів у міждержавному сполученні постає проблема перетину кордонів між країнами [6, 29, 31, 37, 57, 122].

Технологія роботи і технічне оснащення міжнародних передаточних (прикордонних) дільничних станцій залежить від статусу державного кордону [40].



	Есень	Мостиська	Ковель	Вадул-Сирет
2002	4492	89	2100	868
2003	4531	142	1713	2164
2004	6366	317	0	3740
2005	5924	265	0	4441
2006	5167	77	324	3186
2007	6852	60	1742	3363
2008	2135	18	277	1102
2009	1308	2	70	3212
2010	1346	0	167	2157

Пункти
перестановлення
вагонів

Рисунок 1.2 Перестановка вантажних вагонів на колію 1435 мм пунктами зміни візків Львівської залізниці у 2002-2010 рр.

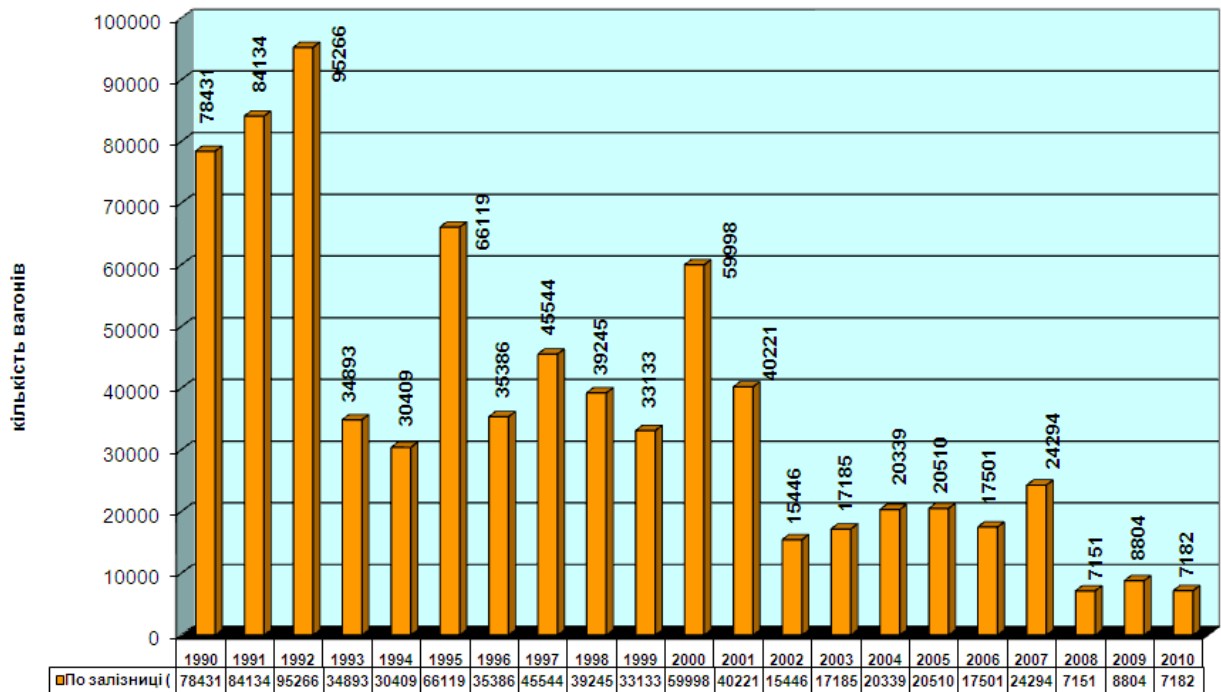


Рисунок 1.3 Кількість переставлених вагонів на колію 1435 мм з колії 1520 мм Львівською залізницею у 1990-2010 рр.

Усі вантажі, що ввозяться на митну територію України і вивозяться за її межі, підлягають митному оформленню в терміни, установлені Технологічним процесом роботи передаточної станції.

Прикордонно-митні операції з пасажирами, вантажами, вагонами і контейнерами виконують прикордонно-митні пункти [77, 78, 121]. Взаємодія працівників станції з прикордонно-митними й іншими контролюючими органами обумовлено Технологічним процесом роботи передаточної станції, що узгоджується з ними.

Для того, щоб у сучасних умовах залізничний транспорт зберігав свою провідну позицію у транспортній системі країни, необхідно вийти на інший, більш високий рівень якості перевезень у міждержавному сполученні. Для посилення взаємодії країн, що співпрацюють між собою, особливу увагу слід приділити кордонам суміжних держав, а саме покращенню технології роботи прикордонних передавальних станцій та удосконаленню функціонування інформаційних підсистем суміжних країн [10, 48, 70].

Існування недоліків у роботі прикордонних передавальних станцій та неадаптованість їх до світового рівня перевезень є суттєвим стримуючим фактом. Технологія їх роботи повинна відповідати нормативам ЄС [23], а також регламентуватися «Правилами користування вагонів у міжнародному сполученні» та [94].

Вхідні потоки можуть надходити на прикордонні станції за часом і кількістю випадковим образом, детерміновано (регулярно за розкладом) чи комбіновано (з відхиленням від заданого режиму) [125].

На прикордонних станціях вхідні потоки за фізичною природою розрізняють:

- потоки вагонів, вантажів, поїздів і інших транспортних засобів;
- потоки надходження перевізних документів у контору передачі, у митні і прикордонні підрозділи, товарну контору і т.п.;
- потік відмовлень у роботі вантажно-розвантажувальних механізмів, локомотивів і інших пристроїв.

Система обслуговування на прикордонних перевантажувальних станціях може складатися [1]:

- 1) з одного чи декількох обслуговуючих апаратів. Як приклад обслуговуючих апаратів можна привести комплекс вантажно-розвантажувальних машин, парк маневрових локомотивів і т.д.;
- 2) одноканальної чи багатоканальної (однолінійної чи багатолінійної).

Необхідно також мати на увазі обмеження, що накладаються на станцію прикордонними функціями [69]:

- 1) обмеження, що накладаються на вагонопотік, який надходить із-за кордону;
- 2) обмеження, що викликані зміною технології роботи станції;
- 3) обмеження, що накладаються на вагонопотік, який виходить з України.

Технологія обробки документів на прикордонній перевантажувальній станції зводиться до наступного [47]. Спочатку виконується обробка документів агентом сторони, що здає, після прибуття потяга і передача їх і складів приймаючій стороні. Обслуговуючий апарат даної фази – бригада агентів що здає і приймає сторін, потік заявок – обробки пакети документів,

що очікують. Після прибуття потяга в приймально-відправний парк черговий по парку повідомляє агентів сторони, що здає, і прикордонників про колію, на яку прибув потяг. Агент сторони, що здає, виходить на колію прийому і забирає в машиніста локомотива перевізні документи, передатні і вагонні відомості, описи і т.д. Агенти дороги, що здає, одержавши від машиніста документи, ставлять календарний штампель на передатні і вагонні відомості, нумерують їх для обліку і спрощення розшуку, підписують, у вагонній відомості, ставлять час передачі документів у контору передачі. Календарний штампель проставляється для вказівки пункту переходу і дати. Нумерація документів виконується для реєстрації їхнього проходження через конкретний пункт переходу. Підпис засвідчує конкретну посадову особу, що працює в даній зміні і виконує перераховані вище операції. Час передачі документів використовується для розмежування відповідальності між сторонами, що здають і приймають, за простій вагонів у очікуванні оформлення документів і виконання приймально-здавальних операцій.

З боку іноземної залізниці прибуває 5 екземплярів передатних відомостей (2 – для сторони, що здає і 3 – для приймаючої сторони) та 4 екземпляри вагонних відомостей (по 2 для обох сторін). Після перевірки і прийому старшим агентом інформація з вагонних відомостей вводиться в ЕОМ для використання в подальшій роботі.

Технологічний час обробки документів і здачі вантажів, вагонів і контейнерів складається з наступних операцій:

- доставка документів від локомотива в будівлю контори передачі;
- обробка й оформлення документів;
- здача вагонів, контейнерів і вантажів агенту приймаючої сторони;
- остаточне оформлення передатних документів.

Наступна фаза - переклад передатних документів приймаючою стороною. Обслуговуючий апарат даної фази – бригада перекладачів, а потік заявок – пакети перевізних документів, що очікують перекладу, які прибули з окремими поїздами.

Технологічний час обробки пакета перевізних документів одним перекладачем включає час на переклад: а) передатних відомостей; б) вагонних відомостей; в) відомостей спільного контейнерного парку, передатних описів; г) комерційних актів; д) комплектів перевізних документів і супутніх документів (сертифікатів і т.д.).

Якщо виявлена невідповідність, вантаж повертається стороні, що здає, для приведення його у відповідність вимогам приймаючої сторони. Технологічно спочатку повинні переводитися документи, а потім здійснюватися прийом вантажів і вагонів. Однак на практиці з метою скорочення простоїв приймаються контейнери і вагони по пломбах і номерах паралельно з перекладом документів.

Наступна підсистема містить у собі: а) прийом вантажних документів на підставі передатних відомостей, нанесення на останні календарних штампелів, реєстрація передатних відомостей із присвоєнням їм номерів і виконання інших операцій товарним касиром; б) уточнення перекладу

комплектів перевізних документів; в) обробку документів митницею; г) обробка документів працівниками транспортно-експедиторських фірм.

По закінченні обробки документи надходять до товарного касира транспортно-експедиційної фірми для виконання необхідного комплексу операцій (наприклад, по переадресуванню).

Остання фаза - обробка перевізних документів у товарній конторі. У товарній конторі документи очікують обробки товарним касиром, що повинні виконати наступні операції: розсортування документів; складання переліку документів і перевірка наявності дубліката дорожньої відомості; звірення реквізитів накладної з вагонними аркушами; таксування; складання досилочних відомостей; перевірка документів, прикладених відправником до накладної.

Останнім часом на більшості прикордонних передавальних станцій України для покращення їх функціонування впроваджується промислове телебачення. Ця система дає можливість вести спостереження за територією станції, прибуттям та відправленням поїздів. На багатьох станціях країн СНД це дозволило забезпечити паралельну обробку составів, скоротити штат прикордонників, зайнятих на охороні територій станцій для проведення прикордонного контролю поїздів. Також вдалося зменшити час простою експортного поїзда. Наприклад, на станціях Росії у січні 2010 року середній час простою експортного рухомого складу складав у середньому 100 хв, а у квітні цього ж року цей показник різко зменшився до 20 хв. Також слід відмітити позитивний приклад прикордонної станції Печори-Псковські, де разом з Естонською залізницею створено пункти комерційного і технічного огляду поїздів і вагонів. Розташовані вони безпосередньо на станції території Росії. Технологія спільного огляду поїздів та вагонів дозволяє проводити огляд вантажів тільки один раз, що виключає повторний огляд на території Естонії, а також оперативно приймати рішення відносно збереження вантажів і безпеки руху [51]. Станція Печори-Псковські ще у 2003 році, була обладнана автоматизованою системою комерційного огляду, що дозволяє проводити огляд при прямуванні поїзда за допомогою моніторів, встановлених у приміщенні пункту комерційного огляду (ПКО). Це впровадження дозволило скоротити час на проведення комерційного огляду експортно-імпортних поїздів у середньому на 20 хвилин.

Ще одним суттєвим недоліком при перевезенні вантажів у міждержавному сполученні є відсутність єдиної електронної системи передачі даних між митницями двох взаємодіючих країн [120]. У зв'язку із цією проблемою виникають затримки вагонів за відсутністю електронного повідомлення митниці відправлення, при закритті коду експедитора, за відсутністю інформації в центральній базі даних та при порушенні маршруту прямування вагону.

Із перших днів січня 2012 року на всіх станціях Львівської залізниці розпочалася експлуатація автоматизованого робочого місця (АРМ) чергового по станції АРМ ДСП. Це програмне забезпечення дозволяє відстежувати рух усіх поїздів та надавати необхідну інформацію для прийняття оперативних

рішень у реальному часі. За словами Олександра Гершуненка (газета «Львівський залізничник»), на сьогодні на Львівській залізниці 316 із 339 станцій та роздільних пунктів мають це автоматизоване робоче місце. На решті 23 станціях це програмне забезпечення не буде встановлюватися через їхнє закриття або перевід у режим під'їзної колії та станції з вузькою колією, яка не підлягала автоматизації. Серед 316 станцій 196 були автоматизовані у 2011 році.

Залізничному транспорту притаманний особливо тісний взаємозв'язок підрозділів, служб і ланок. Тому визначається необхідність глибокої регламентуючої системи всіх операцій, прямо чи побічно пов'язаних із здійсненням перевізного процесу. Важливим кроком на шляху до цього є впровадження інтероперабельних технологій [45, 58, 92, 109]. Під інтероперабельністю у даному випадку розуміють здатність трансєвропейської системи залізниць забезпечити безпечний та безперервний рух поїздів, що відповідає експлуатаційним вимогам цих залізниць [45].

1.2. Аналіз попередніх досліджень з удосконалення роботи прикордонних перевантажувальних станцій

Вагомий внесок в розбудову теорії удосконалення технології роботи прикордонних передавальних та перевантажувальних станцій зробили у різні часи такі визначні вчені та фахівці залізничного транспорту: Акулінічев В.М., Альошинський Є.С., Бернгард К.А., Босов А.А., Бутко Т.В., Ветухов Є.А., Гриневич Г.П., Губарь В.М., Губенко В.К., Дерібас А.Т., Дьомін Ю.В., Єловий І.О., Жуковицький І.В., Земблінов С.В., Кірпа Г.М., Козаченко Д.М., Мироненко В.К., Муха Ю.О., Ломотько Д.В., Нагорний Є.В., Негрей В.Я., Нестеренко Г.І., Нечаєв Г.І., Орлов В.Н., Пасічник В.І., Пероганич Ю.Й., Повороженко В.В., Поліщук Н.В., Правдін В.С., Прохорченко А.В., Пшинько О.М., Савченко І.С., Скалозуб В.В., Сміхов А.О., Стасюк А.І., Топчієв А.П., Циркунов Г.А., Чепцов М.Н., Ющенко М.Р. тощо, а також нове покоління дослідників у особах Бауліної Г.С., Іванової Т.В., Зайчика В.С., Кіхтевої Ю.В., Мельниченка О.І., Логінова С.І., Луханіна М.І., Лючкова Д.С., Обухової А.Л., Рибіна П.К., Сичьова А.М., Титова М.Ф. та ін. Велику увагу даній проблемі приділяли також вчені дальнього зарубіжжя, серед яких можна назвати К. Буте (Франція), У Вайгера (Німеччина), М. Гайдарова (Болгарія), Ж. Уркада (Іспанія), Л. Феньвеша (Угорщина) та інших.

Роботи та дослідження вчених були спрямовані на вирішення завдання скорочення часу простою вагонів на передавальних та перевантажувальних станціях.

Над завданням скорочення часу перетину кордонів працювало багато вчених. Так, наприклад, висвітлювали проблеми сьогодення по окремим прикордонним станціям вітчизняні та іноземні дослідники Сеньков В., Теслиук О., Цасюк В., Феньвеш Л.Н., Антонюк І., Орлов В.Н., Пасічник В.І.,

Губарь В.М., Гарбузова З.Н. та ін.

В дослідження розсувної колісної пари SVW – 2000 великий вклад зробили Круліковський Ю., Назаренко В.М., Назаренко К.С., Перафенюк І., Кірпа Г.М., Дьомін Ю.В., Гайдаров М., Сувальський Р.М.

У різні часи визначні вчені та молоді науковці вирішували техніко-економічні завдання з поліпшення окремих технологічних процесів на перевантажувальних станціях. Найбільш вагомий вклад внесли Абрамов А.П., Беленький В.М., Белов І.В., Босов А.А., Буцько Т.В., Ветухов Є.А., Дьомін Ю.В., Кірпа Г.М., Мироненко К.П., Нагорний Є.В., Нечаєв Г.І., Орлов В.Н., Правдін В.С., Смахова Н.Г., Фролов А.Н., Циркунов Г.А. та ін.

Проте питання ресурсозбереження за умов відсутності ринкових відносин не було актуальним. Аналітична оцінка останніх відомих методів та методик оптимізації роботи прикордонних станцій свідчить про відсутність комплексного підходу щодо удосконалення технології міжнародних перевезень вантажів з точки зору фінансових можливостей вантажовласників

Дослідженням режиму роботи та технічного оснащення прикордонної станції займався Циркунов Г.А., який запропонував розрахунок витрат часу на обробку поїзда на прикордонній станції. Саме він вперше поставив питання про необхідність координації планів міжнародних перевезень та їх розвиток. У подальших дослідженнях приділялась увага таким питанням, як необхідність уніфікації й стандартизації транспортних засобів, сумісній побудові об'єктів та організації об'єднаних прикордонних станцій. У його роботах наведено результати досліджень функціонування основних процесів станцій перевантаження і надаються рекомендації з удосконалення міжнародних вантажних перевезень [123, 124, 125].

У працях таких вчених, як Нагорний Є.В., Титов М.Ф, Черниш Н.Ю. запропоновано комплексні методи скорочення простоїв вагонів, у тому числі і на прикордонних станціях, за рахунок більш раціонального розподілу перевезень вантажів за видами транспорту. Достатня увага була приділена підвищенню ефективності виробничих фондів залізничного транспорту, збільшенню пропускної спроможності пунктів перетину кордонів, а також раціоналізації витрат паливно-енергетичних та матеріальних ресурсів за рахунок підвищення ефективності експлуатаційної діяльності станцій, посиленню використання резервів і технічної потужності залізниць [76].

Такими вченими, як Ветухов Е.А., Казовський І.Г., Хохорін А.І. розглянуто особливості перевезень вантажів у міждержавному сполученні [26]. Викладені основні відомості про прикордонні станції, наведена характеристика та схеми розташування основних пристроїв. Також розглянуто організацію роботи таких станцій і технічні норми проектування. Значна частина досліджень присвячена питанням планування перевезень у міждержавному сполученні, організації функціонування станцій перевантаження та методам маневрової роботи.

У роботі Мироненка К.П. значна увага приділялась дослідженням умов роботи прикордонних перевантажних пунктів при переробці імпортованих

вантажів широкої номенклатури. Вченим були запропоновані методи підвищення пропускної спроможності прикордонних станцій, зменшення порожніх пробігів рухомого складу, а також підвищення ефективності обробки вантажних вагонів при перетині кордонів [73].

Найбільша увага при розгляді можливих шляхів удосконалення процесу міждержавних вантажних перевезень та функціонування прикордонних передавальних сортувальних залізничних станцій приділялась удосконаленню роботи технічних засобів та розрахункам відповідних витрат ресурсів. Згідно [118] Титовим М.Ф. прикордонні сортувальні станції розглядались, як три взаємодіючі між собою технологічні лінії – обробка вагонів, обробка документів та обробка інформації. Основною метою роботи є розробка методології і системного дослідження функціонування прикордонних станцій для вибору варіантів розвитку і підвищення ефективності їх функціонування. На основі отриманих показників у роботі мінімізуються сумарні економічні витрати, а саме: середній час простою одного вагона t_{np}^{vac} , середній час простою персоналу i -го виду t_i^{perc} та середній час простою j -го виду устаткування t_j^{obp} . Але була недостатньо обґрунтована можливість ресурсозбереження при організації міждержавних перевезень.

У [5] Альошинський Є.С. сформував транспортний процес міжнародних вантажних залізничних перевезень з урахуванням ресурсозбереження, що дозволило забезпечити адаптивність транспортної системи до митних процедур для зменшення кількості затримок вантажів, скорочення непродуктивних затрат часу під митними операціями та витрат ресурсів всіх видів при переробці експортно-імпортних залізничних перевезень. У його дисертації доведено доцільність проведення дослідження функціонування системи доставки вантажів при міжнародних перевезеннях в три етапи: 1) відокремлені дослідження кожного мікрорівня транспортного комплексу міжнародних вантажних перевезень ТК МВП); 2) відокремлені макрорівні дослідження кожного напрямку міжнародних транспортних коридорів (МТК); 3) сукупні дослідження всіх напрямків МТК (комплекс макрорівнів). Для подальшої раціоналізації параметрів функціонування ТК МВП на мікрорівні „Прикордонна передавальна станція” розроблено математичну та імітаційну модель, що враховує вплив сформованої множини факторів затримок з наступних причин: додаткового митного огляду; повторного митного оформлення; відсутності електронного повідомлення митниці відправлення; технічної чи комерційної несправностей вагона; невідповідності даних у транспортно-технічній накладній та вантажній митній декларації; затримки фітосанітарною, ветеринарною чи карантинною службами; затримка служб екологічного та радіаційного контролю; невірному оформленні документів; відсутності або закриття коду експедитора; порушення маршруту прямування; відсутності інформації в центральній базі даних; відсутності рахунку-фактури; тимчасової заборони ввозу-вивозу та інших.

У [83] Обухова А.Л. вирішила науково-прикладну задачу підвищення ефективності функціонування передавальних станцій, при здійсненні змішаних та інтермодальних вантажних перевезень в умовах різної ширини колії для прикордонних станцій шляхом удосконалення технології використання технічного оснащення підсистеми обробки вантажних вагонів та раціоналізації підсистеми обробки документів за критерієм скорочення простою вагонів. Нею було формалізовано технологію роботи прикордонних передавальних станцій та взаємодії припортової станції і порту з подальшим вибором раціонального варіанту технології обробки вантажних поїздів при виконанні змішаних та інтермодальних перевезень, а також запропоновано комплекс моделей для визначення раціональної технології функціонування прикордонної передавальної станції в умовах різної ширини колії на основі мереж Петрі за критерієм часу на обробку вагонів та мінімуму загальних витрат на обробку вантажів з урахуванням тривалості та послідовності виконання основних операцій.

Математична модель для визначення, з точки зору часу обробки вагонів та загальних витрат на обробку вантажів, раціональна технології функціонування прикордонної передавальної станції в умовах різної ширини колії, враховує природу величин часу очікування подавання вагонів до пункту перевантаження та відхилень від нормативного часу на виконання операцій обробки перевізних документів в товарній конторі та прикордонно-митними органами, які в загальній тривалості обробки вагонів та документів мають обмежувальний характер. Розподіл тривалості за даними величинами показав, що вони мають імовірнісну природу та підпорядковані імовірним законам розподілу.

За результатами виконаного моделювання процесу роботи прикордонної передавальної станції в умовах необхідності зміни ширини колії було виконано науково обґрунтоване порівняння технологічних варіантів роботи прикордонної передавальної станції і зроблено висновок що реалізацію технологічних рішень різної ширини колії, до яких відносяться перевантаження, зміни візків та застосування колієперевідного пристрою, слід відтворити за умовами, коли кожна з існуючих технологій виконується безпосередньо на станції до процесу розформування поїзду, але на фронті перевантаження можна подати лише певну передачу згідно їх спеціалізації. Не врахована також нерівномірність надходження вантажів (добова, річна), простої із-за технічних несправностей вагонів і НРМ та тривалість роботи НРМ, а також час на перезмінку працівників.

У [56] Кіхтевою Ю.В. розроблено комплексний підхід визначення критерію впливу відмов у підсистемі передачі інформації міждержавного вагонопотоку на прикордонних передавальних станціях (ППС) України та суміжних держав для мінімізації можливості затримок експортно-імпорتنих вагонопотоків, що на відмінність від існуючих враховує зовнішні фактори збурення системи з боку митних та суміжних служб; розроблено модель, що враховує комплекс заходів з удосконалення функціонування інформаційної підсистеми ППС за рахунок об'єднання основних технологічних операцій при

взаємодії прикордонних передавальних станцій суміжних країн для мінімізації витрат ресурсів всіх видів, що на відмінність від існуючих, крім виробничих, враховують паливно-енергетичні, людські та інформаційні ресурси. Для аналізу послідовності проходження технологічних операцій з обробки вагонопотоку розроблено імітаційну модель функціонування прикордонних передавальних станцій з використанням мереж Петрі, яка являє собою графічний та математичний засіб моделювання, що застосовується до систем керування та прогнозування різних типів. Метою удосконалення стану системи є мінімізація вартості витрачених ресурсів на обробку затриманих вагонів.

Для усунення проблемних місць при передачі вагонопотоку у міждержавному сполученні необхідно виявити причини затримки вагонів та можливі шляхи їх усунення. У [56] проаналізовано також прикордонні передавальні станції, що взаємодіють між собою. Але не розглянуто додаткові причини затримок вагонів на станціях, що розташовані на стиках колій різної ширини та не враховано вартісну складову на ремонт вагону, якщо затримка відбулася з технічних причин (закупівля запчастин, оплата роботи працівників, експлуатація обладнання тощо).

У [8] Бауліна Г.С. поглибила дослідження проблеми, що розглядалась у [56], та вирішила завдання удосконалення роботи прикордонних перевантажувальних станцій (ППС) за рахунок формування автоматизованої інтелектуальної технології управління вагонопотоками. Запропонована у [8] логістична технологія типу «прикордонний сухий порт» в умовах ППС дозволяє забезпечити ефективне використання рухомого складу, зменшити його непродуктивні простої, а також забезпечити подальший прискорений пропуск платформ з великотоннажними контейнерами. Але у цій роботі не враховано величину можливих фінансових вкладань вантажовласників та залежність роботи моделі від типу вантажу.

З огляду на те, що у перспективі планується обладнати рефрижераторні вагони розсувними колісними парами, актуальною є робота [50], в якій Іванова Т.В. запропонувала прогресивну технологію роботи перевантажувального комплексу прикордонної станції з переробки швидкопсувних вантажів.

У дослідження аналітичних залежностей різних характеристик моделей обслуговування на прикордонних перевантажувальних станціях внесли свій внесок відомі вчені, такі як В. М. Акулінічев, Н. И. Федотов, А. А. Сметхов, Н. Н. Шабалін, И. Б. Сотників та інші. Білоруські вчені Г.А. Циркунов, І.О. Єловий та В.С. Зайчик у своїх роботах, присвячених розрахункам часових параметрів технологічного процесу роботи прикордонної перевантажувальної станції [46, 125] визначили, що середній час очікування, який приходить на одну вимогу, залежить від:

- коефіцієнта тривалості обслуговування ;
- коефіцієнта варіації інтервалів між моментами надходження вимог у систему ;

- завантаження системи .

В умовах високих завантажень підсилюється взаємодія підсистем станції. Наприклад, затримка перевантаження вантажів з вагонів колії 1435 мм у вагони колії 1520 мм може привести до заповнення колій сортувального парку. Через несвоєчасне звільнення цих колій від вагонів порушується ритмічність роботи гірки, що може привести до зупинки розпуску. Це є вираженням зворотної взаємодії процесів на станції.

Багатофазна система обслуговування складається з окремих підсистем, кожна з яких відповідає визначеній фазі обробки вагонів чи документів. Під фазою розуміється послідовно виконувана чи операція група паралельно виконуваних операцій технологічного процесу і при цьому можливий простій у чеканні їхнього здійснення. Вся робота умовно була поділена на 17 фаз [125]. Але наведена технологія не розглядає можливість зміни візків або роботу коліє перевідного пристрою, а також не враховує відхилення від нормальних умов роботи.

Заслуговує також на увагу задача моделювання технологічного процесу прикордонної перевантажувальної станції (ППС), розглянута Мишком С.І. у [74]. Вона розглядається як багатокритеріальна, так як охоплює державні, галузеві інтереси та інтереси самої станції і очікування клієнтів (вантажовласників та вантажоодержувачів). Реалізація декількох варіантів значень параметрів, що характеризують роботу ППС, дає можливість розглядати декілька сценаріїв її функціонування, і серед них вибирати оптимальний з точки зору можливостей економічної адаптації до сучасного стану економіки. Але у цій роботі розглядається тільки процес перевантажування вагонів.

1.3. Аналіз причин затримок вагонів на прикордонних станціях

Аналіз роботи станцій Чоп, Мостиська-II, Ягодин та Вадул-Сирет довів, що на станціях стикування колій різної ширини багато часу витрачається на технологічні операції під час перевантаження вантажів, а також при зміні візків вагонів з колії однієї ширини на іншу. На затримку вагонів суттєво впливають несвоєчасна інформація і порушення встановленого порядку обробки вагонопотоків. Були виділені основні фактори, що впливають на час знаходження вантажних вагонів на ССКРШ (рис. 1.4): 1 – несправність засобів механізації та недостатність їх у період максимального надходження вантажів під перевантаження; 2– зайнятість перевантажувальних колій унаслідок нерівномірного підводу вантажів під перевантаження; 3 – несвоєчасне подавання вагонів на пункти перевантаження та прибирання їх після перевантаження і очікування виконання наступних операцій; 4 – недостача робочої сили; 5 – очікування підведення порожніх вагонів колії іншої ширини; 6 – очікування провідників для супроводу вантажів; 7 –

очікування відправлення ізотермічного рухомого складу; 8 – інші причини.

Отримані результати свідчать про те, що основними причинами затримки транзитних вантажів є відсутність дієвої взаємодії на місцевому рівні між митницями, залізницями й декларантами, що приводить до неузгоджених дій по своєчасній подачі вагонів для митного огляду, надання повного пакету необхідних документів для митного оформлення та термінів проведення контрольних процедур, а як наслідок затримок в пунктах пропуску залізничних транспортних засобів, зайвого листування між Держмитслужбою та Укрзалізницею. [33, 36. 37, 55. 95].

Основні технічні несправності вантажних вагонів, що прямують у міждержавному сполученні і підлягають усуненню, стосуються візків і колісних пар, амортизаторів, автозчеплень, кузовів, підлог, рам та бортів рухомого складу. У середньому орієнтовна кількість несправних вагонів складає 12% та залишається незмінною [38, 56].

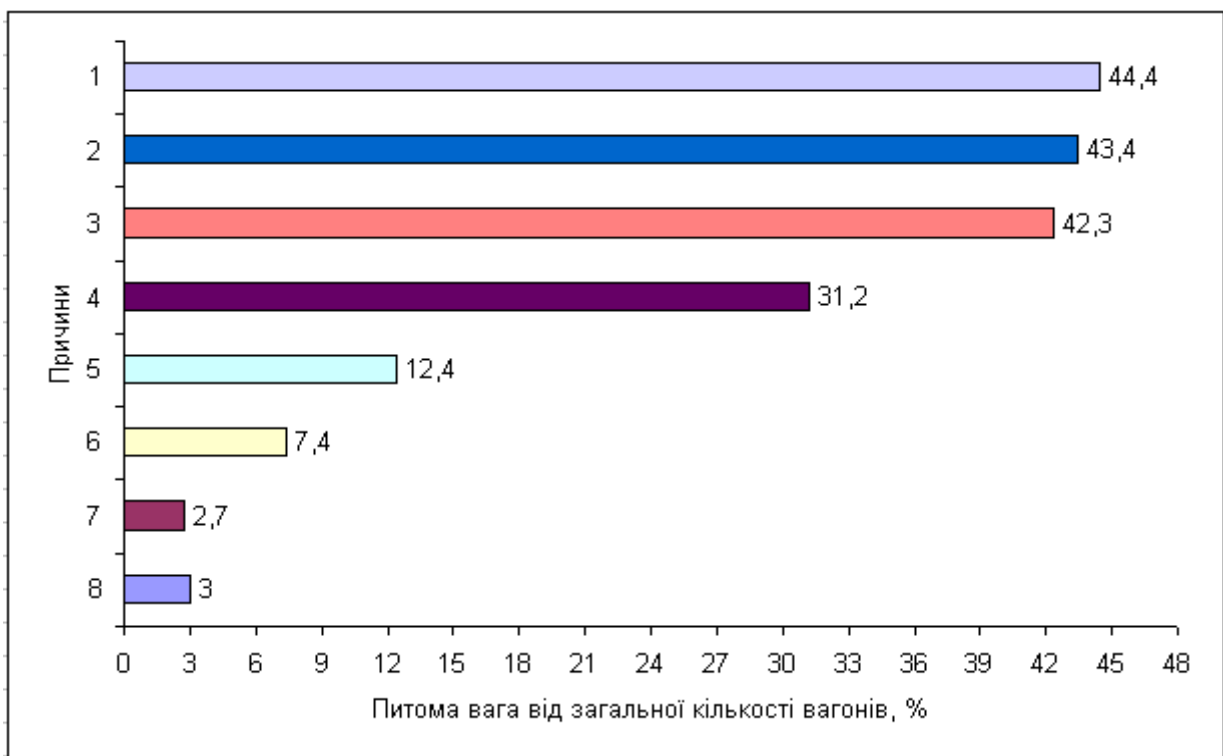


Рисунок 1.4 Порівняння факторів, що впливають на простой вантажних вагонів на прикордонних станціях

Працівниками «ПрикордонТЕК» вживаються відповідні заходи по кожному випадку затримок вагонів на станції передачі з повідомленням про це винних (станція відправлення, вхідна прикордонна станція і т.п.). Крім того, ведеться облік простою по кожному вантажовласнику, експедитору або залізничному підприємству для пред'явлення їм претензій. Довідка про неприйняті і затримані вагони ведеться на кожний поїзд, що обробляється, і формується в ПЕОМ «ПрикордонТЕК» [114, 117].

Незважаючи на всі попередні досягнення країн у спільному процесі перевезення вантажів, в роботі майже кожної прикордонної залізничної

станції визначаються такі недоліки, як неправильне оформлення документів, необхідність додаткового митного оформлення, невідповідність даних у товарно-транспортній накладній (ТТН) та вантажній митній декларації (ВМД), відсутність рахунка-фактури та інші перешкоди при передачі імпортно-експортного вагонопотоку. Майже всі причини затримок вагонів виникають у зв'язку з недосконалою системою передачі поїзної інформації та різницею в оформленні вантажних документів. Причини затримок в Україні носять загальний характер і стають глобальною перешкодою у безперебійному функціонуванні пунктів переходу.

При недостатній взаємодії митних, прикордонних, екологічних, фіто-санітарних, ветеринарних, санітарно-карантинних служб та самих прикордонних станцій з'являються перешкоди, спільні для багатьох пунктів передач, що призводять до виникнення схожих причин затримок вагонів. А саме: затримки вагонів для митного огляду; затримки фітосанітарною, ветеринарною, санітарно-карантинною та прикордонною службами; затримання екологічною службою та службою радіаційного контролю; тимчасова заборона на ввіз-вивіз якогось з вантажів (у вигляді додаткового наказу). Наявність цих перешкод приносить чимало небажаних проблем при достатньо великих обсягах перевезень.

Конкурентоспроможність залізничного транспорту неможлива без зведення до мінімуму затримок вагонів [27, 59]. Завдяки подальшому покращенню технології роботи пунктів перетину кордонів, та удосконаленню функціонування інформаційної підсистеми ППС Україна зможе бути вагомою частиною широкого міжнародного співробітництва.

Дуже велика кількість годин втрачається при перевантаженні вантажів на прикордонних станціях, а також при переході на різні ширини колії. На погіршення технологічного процесу діють також несвоєчасна інформація і порушення встановленого порядку [79].

З аналізованого переліку три причини пов'язані з діями митної служби й у звітності станцій визначені як затримки вагонів для митного огляду, для митного оформлення та затримки за відсутністю електронного повідомлення митниці відправлення. За статистичними спостереженнями 30% всіх затримок вагонів ініціюються митними органами [56].

Контроль за переміщенням товарів між митницями здійснюється відповідно до чинних нормативних актів Департаменту митної служби України. При виявленні мінімально можливого порушення вагон буде затримано митницею до з'ясування. Також слід зауважити, що особливу увагу митні служби приділяють вантажу, перевезення якого здійснюється у піввагонах. Цей рід рухомого складу не може мати відповідних запірнопломбових пристроїв (ЗПП). Саме через полегшений доступ до вантажу з такими вагонами виникає багато проблем та непорозумінь. Наприклад, за статистикою, найбільше претензій, вирішення яких відбувається у суді, виникає стосовно вагонів, завантажених металевим брухтом. Так складається у зв'язку із важкістю простеження збереженості цього вантажу на шляху прямування [77].

На розглянутих прикордонній станції в порівнянні зі звичайними вантажними виконується значна кількість додаткових технічних і вантажних операцій, більшість з яких мають значну тривалість. Аналіз їх роботи 1 показує наступне:

1) тривалість обробки вагонів на прикордонних перевантажувальних станціях у 1,5-1,6 рази більше в порівнянні зі звичайними вантажними станціями, що порозумівається специфікою перевезень вантажів у міжнародних повідомленнях, а саме:

- виконанням прийомо-здавальних операцій з вантажами і перевізними засобами;
- більш тривалим здійсненням перевантажувальних операцій;
- простоем навантажених вагонів колії 1435 мм у очікуванні підведення і подачі порожніх вагонів колії 1520 мм і навпаки;
- перебуванням навантажених вагонів у очікуванні операцій, зв'язаних з розробкою креслень на негабаритні вантажі і їхню обробку;

2) найбільш тривалими операціями є:

- обробка складів по прибуттю і відправленню;
- вантажні операції;
- очікування подачі вагонів на пункт перевантаження;
- простої вагонів колії 1435 мм у очікуванні подачі порожніх вагонів колії 1520 мм і навпаки;
- обробка вагонів з негабаритними вантажами;
- нагромадження складу;
- очікування відправлення складу.

У загальному простої вагонів на прикордонних перевантажувальних станціях технологічні операції займають 36 %, а інший час приходить на міжопераційні простої:

- очікування виконання чергової операції – 31 %;
- очікування порожніх вагонів іншої колії – 20 %;
- очікування робочої сили для виконання вантажних операцій – 13 %.

При недостатній взаємодії митних, прикордонних, екологічних, фіто-санітарних, ветеринарних, санітарно-карантинних служб та самих прикордонних станцій з'являються перешкоди, спільні для багатьох пунктів передач, що призводять до виникнення схожих причин затримок вагонів. А саме: затримки вагонів для митного огляду; затримки фітосанітарною, ветеринарною, санітарно-карантинною та прикордонною службами; затримання екологічною службою та службою радіаційного контролю; тимчасова заборона на ввіз-вивіз якогось з вантажів (у вигляді додаткового наказу). Наявність цих перешкод приносить чимало небажаних проблем при достатньо великих обсягах перевезень. Отже, можна виділити основні причини, що викликають збої в роботі станції перевантаження [125]:

1) недостатньо чітка взаємодія між станційними процесами і графіком руху потягів, що приводить до тривалого простою вагонів у чеканні виконання наступних операцій;

2) неузгоджене підведення навантажених і порожніх вагонів по обох коліях на перевантажувальні пункти, що викликає непродуктивний простій вагонів у чеканні перевантаження (особливо при недостатній складській площі чи при її відсутності);

3) сезонна нерівномірність, що приводить до відхилення від середньодобових обсягів роботи;

4) недостатній колійний розвиток станції, що не дозволяє робити потокову обробку вагонів, а також наявність глухих схрещень колії 1520 мм із колією 1435 мм, що знижують маневреність станції.

У цих умовах особливу актуальність здобувають питання визначення взаємоув'язки основних технологічних параметрів станційних процесів з вагонами колії 1520 і 1435 мм, а також комерційними операціями, виконуваними відповідними підрозділами [88].

Таким чином, виникає завдання вибору раціональної технології роботи прикордонних станцій з передавання вагонів з колії ширини 1435 мм на колію ширини 1520 мм та у зворотному напрямку, яка потребує наукового обґрунтування процесу обслуговування вагонопотоків шляхом визначення оптимального терміну знаходження вагонів на ССКРШ та витрат грошових ресурсів у логістичному ланцюгу доставки вантажів міжнародного призначення.

1.4. Висновки до першого розділу

1. Проаналізовано матеріальні та інформаційні потоки на станціях стикування колій різної ширини, а також виконано оцінку техніко-експлуатаційних показників їх роботи, що дозволило визначити можливі шляхи підвищення ефективності функціонування цих станцій. Встановлено, що існуюча технологія передачі вагонопотоків між суміжними країнами є недосконалою, а інформаційна база не відповідає сучасним потребам перевізників у швидкості та якості доставки вантажів.

2. Сформульовані першочергові завдання технічного оснащення прикордонних перевантажувальних станцій.

3. Проведено аналітичні оцінки існуючих технологій та наукових підходів до формування технологій обслуговування вагонопотоків на прикордонних передавальних та перевантажувальних станціях, зокрема на станціях стикування колій різної ширини.

4. За результатами аналітичної оцінки визначено основні фактори, які негативно впливають на грошові та часові параметри логістичного ланцюга доставки вантажів міжнародного призначення. Серед них – несвоєчасне подавання вагонів на пункти перевантаження, нерівномірне надходження вагонопотоків, несправність засобів механізації та недостатність їх у період максимального надходження вагонопотоків, несвоєчасна інформація і порушення встановленого порядку тощо.

5. Встановлено, що пріоритетними завданнями при підвищенні ефективності процесу міжнародних перевезень є удосконалення технології роботи прикордонних станцій та покращення функціонування інформаційно-керуючої системи, аналіз причин затримок вагонів, а також розробка процедур з їх усунення.

6. Сформульовано завдання вибору раціональної технології роботи прикордонних станцій з передавання вагонів з колії ширини 1435 мм на колію ширини 1520 мм та у зворотному напрямку на підставі наукового обґрунтування процесу обслуговування вагонопотоків шляхом визначення оптимального терміну знаходження вагонів на станціях стикування колій різної ширини та витрат грошових ресурсів у логістичному ланцюгу доставки вантажів міжнародного призначення.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ НА ТЕХНОЛОГІЮ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАГОНОПОТОКІВ

2.1 Аналіз способів передавання вантажних вагонів з колії ширини 1435 мм на колію ширини 1520 мм та у зворотному напрямку

З метою вирішення завдання формування математичної моделі процесів декомпозиції вхідного потоку вагонів на станціях стикування колій різної ширини, яка б дозволяла визначати вартісні та часові параметри та дала можливість запроваджувати логістичні технології обслуговування вагонопотоків, засновані на узгодженості використання наявних матеріальних та грошових ресурсів, проаналізуємо існуючі технології передавання вагонопотоків з колії однієї ширини на колію іншої ширини.

Для подальшого дослідження прийняті наступні способи обслуговування вагонопотоків на ССКРШ: перевантаження вантажів у парку перевантаження (ППер), зміна візків вагонів у пункті перестановки візків (ППВ) та зміна відстані між гребенями коліс за допомогою колієперевідного пристрою SUW-2000 у пункті розсування колісних пар (ПРКП). Кожен з цих способів має свої переваги та недоліки.

Основним у сучасних умовах є спосіб перевантаження вантажів з вагонів однієї колії у вагони іншої колії. Його головною перевагою є зменшення плати за вагони іноземних доріг, що знаходяться на українських залізницях. До недоліків можна віднести збільшення простою вагонів під вантажними операціями, необхідність у наявності комплексу складів і вантажно-розвантажувальних механізмів, необхідність у кріпленні вантажів, що перевозяться на відкритому рухомому складі.

Виконання ряду операцій за цією технологією накладає особливі специфічні вимоги як на технічні пристрої перевантажувальної станції, так і на характер її роботи:

- 1) перевантаження вантажів виконується в більшості випадків безпосередньо з вагона однієї колії у вагон іншої колії і вимагає:
 - суворо узгодження підходу навантажених і порожніх вагонів по обох коліях з метою скорочення простою вагонів у очікуванні;
 - спеціального підбору вагонів різної ширини колії в групі рівної вантажопідйомності та по родах вантажів;
- 2) колієвий розвиток складається з двох комплектів – колій і парків колій шириною 1435мм і 1520 мм;
- 3) пункти перевантаження спеціалізуються за родами вантажів і вагонів і обладнуються засобами механізації і коліями для вагонів різної ширини колій;
- 4) на прикордонних станціях колії 1520 мм перетинаються із коліями шириною колії 1435 мм в одному рівні, що утворює глухі схрещення, а це значно збільшує ворожість при маневрових пересуваннях і ускладнює

маневрову роботу.

Для деяких видів вагонів застосовується спосіб зміни візків (колісних пар) у вагонів, що мають передаватися на колію іншої ширини. Його переваги: відпадає необхідність у перевантаженні вантажів, а отже, і в наявності великих комплексів складів і вантажно-розвантажувальних машин; зменшується робота з кріплення вантажів на рухомому складі. Недоліки: необхідна наявність спеціальних пристроїв для перестановки колісних пар; потрібно мати парк змінних візків вагонів.

Перспективним є безпосереднє переміщення вагонів через спеціальний колієвий стенд для розсування колісних пар. У цьому випадку вагони повинні бути обладнані спеціальними розсувними колісними парами. Даний спосіб має наступні переваги: відпадає необхідність у перевантаженні вантажів, а отже, і в наявності великих комплексів складів і вантажно-розвантажувальних машин; зменшується обсяг маневрової роботи; скорочується простій вагонів на станції; зменшується робота з кріплення вантажів на рухомому складі. До недоліків можна віднести: збільшення маси тари вагона, що приводить до зниження корисного навантаження на вісь; необхідність у спорудженні спеціальних стендів для розсування колісних пар; у зв'язку з ускладненням конструкції колісної пари збільшується імовірність її поломки, що може привести до створення аварійної ситуації.

Ураховуючи особливості функціонування прикордонних перевантажувальних станцій, необхідно зазначити, що для виконання перерахованих вище операцій, а також операцій з передавання рухомого складу, виконання митного, прикордонного оглядів і т.д., ці станції повинні мати відповідні пункти, службово-технічні будинки й інші пристрої.

Таким чином, можна скласти принципову схему станції, де передбачено розміщення ППВ (пункту перестановки візків), ПРКП (пункту розсування колісних пар) та ППер (парку перевантаження) (див. рис. 2.1.).

Дана станція є лише окремою ланкою логістичної системи (ЛС) доставки вантажів міжнародного призначення, що показана у спрощеному вигляді на рисунку 2.2. Для даної логістичної системи термін доставки T_d визначається наступним чином:

$$T_d = t_3 + t'_T + t_{\text{відпр}} + t_{1520} + t_{\text{пер}} + t_{1435} + t_{\text{призн}} + t''_T + t_{\text{п}}, \quad (2.1)$$

де t_3 , $t_{\text{п}}$ – сума простоїв продукції у пунктах зародження та погашення вантажопотоків;

t'_T , t''_T – сумарний час доставки вантажу від складу вантажовідправника до станції призначення та від станції призначення до

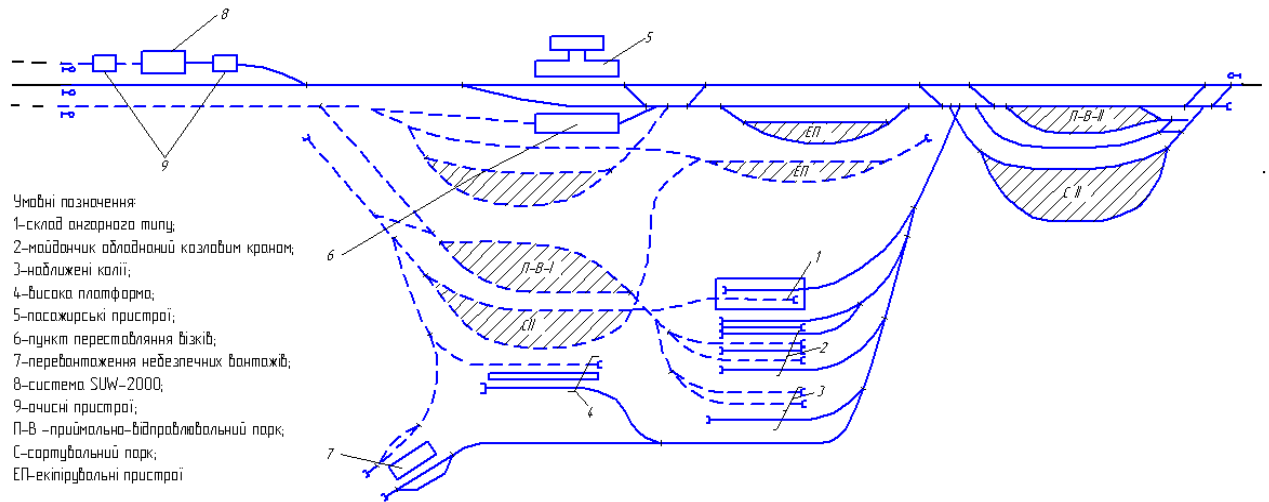
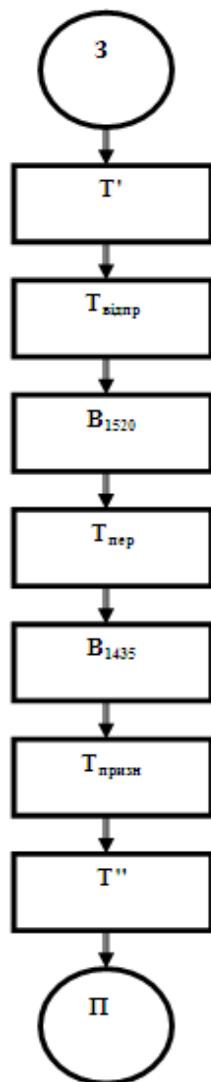


Рисунок 2.1. Принципова схема станції стикування колій різної ширини



Умовні позначення:

З – місце зародження вагонопотоку (склад вантажовідправника);

Г' – транспортування від вантажовідправника до станції відправлення;

Г_{відпр} – простій на станції відправлення;

В₁₅₂₀ – просування вантажу у вагонах колії 1520 мм;

Г_{пер} – простій на прикордонній перевантажувальній станції;

В₁₄₃₅ – просування вантажу у вагонах колії 1435 мм;

Г_{призн} – простій на станції призначення;

Г'' – транспортування від станції призначення до вантажоодержувача;

П – місце погашення вагонопотоку (склад вантажоодержувача).

Рисунок 2.2. Спрощена схема доставки вантажів міжнародного призначення

до складу вантажоодержувача;

$t_{\text{відпр}}$, $t_{\text{пер}}$, $t_{\text{призн}}$ – сумарний час знаходження вантажу на станціях відправлення, перевантаження та призначення;

t_{1520} , t_{1435} – сумарний час транспортування вантажів у вагонах широкої та вузької колії відповідно.

Оскільки термін доставки вантажів визначається як сума часових характеристик усіх ланок логістичного ланцюжка [62], то буде доцільним проаналізувати час знаходження вантажних вагонів на ССКРШ з метою визначення основних критеріїв, що впливають на цей час.

Станції стикування колій різної ширини необхідно розглядати як вагому ланку у ланцюжку доставки вантажів міжнародного призначення від відправника до одержувача [102], яка визначає часову складову усієї ЛС.

Варто також звернути увагу на той факт, що іноді вантажі перевантажуються не за прямим варіантом, з одного вагону в інший, а затримуються на певний час на складі. Причини можуть бути різними (відсутність порожніх вагонів під перевантаження, комерційний брак, відсутність документів або неправильне їх оформлення, затримка за підсумками митних операцій тощо), але усі вони негативно впливають на логістичний ланцюжок в цілому, збільшуючи час знаходження вантажу на прикордонній станції.

Якщо припустити, що у складі поїзда знаходяться вагони, які підлягають обробці згідно означених технологій, то схема розгалуження часових елементів логістичного ланцюжка доставки вантажів міжнародного призначення при їх обробці на ССКРШ буде мати наступний вигляд (рис. 2).

Дана схема розроблена для випадку, коли вантажі прибувають на станцію у вагонах колії 1435 мм, а відправляються у вагонах колії 1520 мм.

Умовні позначення:

T_{1435} , T_{1520} – час прямування вантажів у вагонах колії 1435 мм та 1520 мм відповідно;

$T_{\text{ССКРШ}}$ – час знаходження вагонів на ССКРШ;

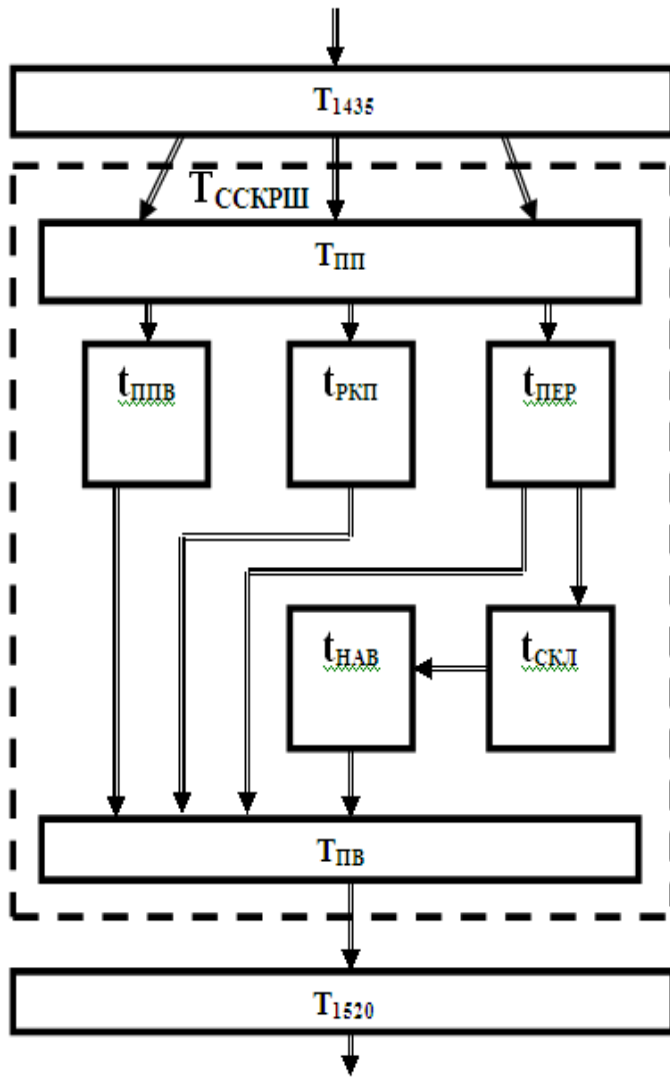
$T_{\text{пп}}$, $T_{\text{пв}}$ – час знаходження вагонів у парках приймання та відправлення;

$t_{\text{ппв}}$ – час знаходження вагонів у пункті перестановки візків;

$t_{\text{ркл}}$ – час знаходження вагонів у пункті розсування колісних пар;

$t_{\text{пер}}$ – час знаходження вагонів на перевантажувальних фронтах під час перевантаження вантажів у вагони іншої колії або на склад;

$t_{\text{скл}}$ – час знаходження вантажів на складі;



$t_{\text{нав}}$ – час знаходження вантажів під навантаженням зі складу у вагони

Рисунок 2.3 Схема розгалуження часових елементів логістичного ланцюжка доставки вантажів міжнародного призначення при їх обробці на ССКРШ

Згідно даної схеми сумарний час знаходження вантажних вагонів на станції стикування колій різної ширини складатиметься з наступних елементів:

$$t_{\text{ССКРШ}} = t_{\text{ПП}} + t_{\text{СП}} + \alpha t_{\text{ППВ}} + \beta t_{\text{РКП}} + \gamma[\eta t'_{\text{пер}} + \varphi(t''_{\text{пер}} + t_{\text{СКЛ}} + t_{\text{НАВ}})] + t_{\text{ПВ}}, \quad (2.2)$$

де $t_{\text{ПП}}$ – сумарний час знаходження вагонів з вантажем у парку приймання;

$t_{\text{СП}}$ – сумарний час знаходження вагонів з вантажем у сортувальному парку;

$t_{\text{пв}}$ – сумарний час знаходження вагонів з вантажем у парку відправлення;

$t_{\text{ппв}}$ – сумарний час знаходження вагонів з вантажем у ППВ;

$t_{\text{ркп}}$ – у сумарний час знаходження вагонів з вантажем ПРКП;

$t'_{\text{пер}}$, $t''_{\text{пер}}$ – сумарний час перевантаження вантажів відповідно у вагони іншої колії або на склад;

$t_{\text{скл}}$ – сумарний час знаходження вантажу на складі;

$t_{\text{нав}}$ – сумарний час перевантаження вантажу із складу у вагони.

Кожен состав пропонується розглядати як сукупність вагонів трьох типів:

- вагони, у яких виконується заміна візків колії 1435 мм на візки колії 1520 мм (їх частка складає α);
- вагони з розсувними колісними парами (β);
- вагони, з яких вантажі перевантажуються у вагони колії іншої ширини на тих чи інших фронтах в залежності від роду вантажів (γ).

У свою чергу, вагони, що потрапляють на перевантажувальні fronti, поділяються на ті, які перевантажуються за прямим варіантом (з вагону у вагон) та ті, що деякий час зберігаються на складі. Частки таких вагонів складатимуть відповідно η та φ . Для часток вагонів будуть справедливими наступні припущення:

$$0 \leq \alpha \leq 1; 0 \leq \beta \leq 1; 0 \leq \gamma \leq 1; \\ \alpha + \beta + \gamma = 1; 0 \leq \eta \leq 1; 0 \leq \varphi \leq 1; \eta + \varphi = 1.$$

У рівнянні (2.2) літерами $a, b, f, q, r, e, u, y, d$ позначена кількість окремих операцій, за якими розраховуються витрати часу для відповідних елементів технології обробки вантажних вагонів на ССКРШ.

Так, наприклад, $t_{\text{пп}}$ складається з операцій підготовки маршруту приймання, виходу відповідних працівників на колію приймання, закріплення составу, відчеплення поїзного локомотиву та причіпки маневрового, обробки документів у СТЦ, технічного та комерційного огляду составу, митних операцій, операцій по здійсненню прикордонного, карантинного, ветеринарного, екологічного та інших видів державного контролю згідно прийнятої технології, розпуску составу по сортувальних коліях згідно сортувального аркуша тощо.

$t_{ппв}$ залежить від технології роботи ППВ, кількості колій перестановки, оснащеності спеціальними технічними засобами та їх продуктивності, ступеню автоматизації процесу перестановки і т.д. Він складається з операцій, що передбачені Технологічним процесом його роботи, так само, як і

наступний елемент $t_{ркп}$, що залежить від потужності технічних засобів та пропускної здатності ПРКП. Такі ланки логістичного ланцюжка, як $t'_{пер}$,

$t''_{пер}$, $t_{нав}$ складаються з комплексу операцій, що виконуються під час перевантаження вантажу з вагону у вагон, з вагону на склад або зі складу у вагон. Вони залежать від типу, кількості та продуктивності НРМ, типу та обсягів вантажів, що перевантажуються, типу складів та рухомого складу, чисельності штату причетних робітників, прийнятої технології та ін. Складові цього елемента поділяються на основні (пересування вантажу, штабелювання і т. д.) та додаткові (стропування, розстановка у вагоні тощо).

$t_{скл}$ залежить від типу вантажу, умов зберігання, а також причин, які викликали складування і складається з операцій, пов'язаних із забезпеченням

збереженості вантажу. Такий елемент, як $t_{сп}$ характеризується витратами часу на насув та розпуск состава, ліквідацію "вікон", осаджування, виконання маневрових рейсів з перестановки на перевантажувальні фронти тощо та залежить від швидкості виконання цих процесів, кількості відчепів у составі, кількості сортувальних колій, довжини маневрових рейсів та маневрових валок, кількості маневрових локомотивів, технології виконання

робіт і т.д. Елемент $t_{пв}$ враховує витрати часу на підформування составу згідно плану формування та вимог Правил технічної експлуатації, проведення технічного, комерційного та прикордонного огляду, виконання митних операцій, огляду представниками сусідньої держави, проведення різних видів державного контролю згідно прийнятої технології та чинної документації, операцій з документами, заміни маневрового локомотиву на поїзний, приготування маршруту відправлення тощо.

У формулу (2.2) як окремі елементи можуть входити витрати часу на маневрові пересування між станційними пристроями. Вони залежать від типу маневрового локомотиву, кількості вагонів у маневровому составі, довжини рейсів та напіврейсів, швидкості руху тощо та обумовлюються конкретними місцевими умовами. Кожен з елементів логістичного ланцюжка може також мати часові витрати на міжопераційні простої, які витікають з прийнятої технології роботи станції.

2.2 Формалізація транспортних процесів на станціях стикування колій різної ширини

2.2.1 Складання математичної моделі процесів декомпозиції вхідного потоку вагонів

З метою складання моделі декомпозиції вхідного потоку вагонів та розрахунку основних характеристик математичної моделі функціонування прикордонних станцій було проаналізовано полігон Львівської залізниці. В раховуючи невизначеність кількості вагонів у поїзді та його структури, при моделюванні використано методи випадкових процесів [18, 103].

Дослідження технологій пропуску вагонопотоків через ССКРШ довели, що зустрічаються нормальний, показовий закони, закон Ерланга й інші закони розподілу, що показують зміну частоти надходження вимог в одиницю часу чи величини інтервалів [3]. Із системи звичайних диференціальних рівнянь Колмогорова [23, 24, 97, 112] визначено таку характеристику вхідного потоку, як P_k – імовірність того, що на інтервалі часу t прибуде k поїздів з інтенсивністю надходження потоку поїздів λ :

(2.3)

де

У більшості випадків потоки поїздів можна описувати за допомогою розподілу Ерланга. Якщо інтенсивність потоку поїздів дорівнює λ , тоді можна визначати середній інтервал між потягами $\frac{1}{\lambda}$, коефіцієнт варіації, щільність розподілу ймовірностей, дисперсію.

При дослідженні числа вагонів у поїзді з метою визначення часток α , β та γ у його складі було проаналізовано структуру і параметри вхідного вагонопотоку та доведено, що вони підпорядковуються закону Бернуллі.

Як математичну модель числа вагонів у поїзді розглянуто випадкову величину, що має усічений розподіл Бернуллі:

(2.4)

де

Середнє число вагонів у поїзді в силу розподілу буде дорівнювати

(2.5)

Таким чином, імовірнісне визначення вагонопотоків має наступний вигляд: для вагонів, які обслуговуються за технологією зміни візків колії 1520 мм на візки колії 1435 мм, середнє число вагонів, що надійшли за проміжок Δt , буде дорівнювати $\lambda \Delta t$, для вагонів з розсувними колісними парами – $\lambda \Delta t$, а для тих вагонів, що підлягають перевантажуванню – $\lambda \Delta t$. Імовірності надано в наступному вигляді:

$$P_i = \frac{(\lambda \Delta t)^i}{i!} e^{-\lambda \Delta t}, \quad i=1,2,3. \quad (2.6)$$

Наведені формули цілком описують нестационарні потоки вагонів. Параметри α , β та γ розглядаються як керуючі параметри, що дозволяють оцінити роботу ППВ, ПРКП та ППер.

У ході досліджень виявлено, що закон розподілення прибуття поїздів є пуассонівським, а інтервали між прибулими вагонами, що надходять у ППВ, ПРКП або ППер мають показовий розподіл. На величину коефіцієнта варіації зайняття сортувальних колій передачами, що накопичуються на адресу ППВ ПРКП та ППер, найбільш впливає завантаження системи розформування, а також коефіцієнти варіації інтервалів між моментами завершення накопичення передач. Черговість розформування поїздів пропонується обирати згідно [104].

2.2.2 Формування математичної моделі обробки вантажних вагонів при переході з колії 1435 мм на колію 1520 мм та у зворотному напрямку

Дослідженню потоку поїздів присвячено досить багато публікацій. Наприклад, у роботах [3, 97] особлива увага приділяється моделюванню потоку поїздів, як випадкового потоку з розподілом інтервалів часу між ними за законом Ерланга з диференціальною функцією розподілу

де λ та k - параметри розподілу.

Відзначимо, що при $k=1$ розподіл Ерланга переходить в експонентний, а при $k \rightarrow \infty$ наближається до нормального. Якщо $k \rightarrow \infty$, то одержимо регулярний потік [15, 88].

Окремі технічні пристрої ССКРШ (сортувальна гірка або витяжна колія, пункт перевантаження, пункт перестановки візків, пристрій SUW-2000)

розглядаються як одноканальна система масового обслуговування (СМО) з ерланговським вхідним потоком і часом обслуговування, розподіленим по експонентному закону з інтенсивністю обслуговування μ , для якої необхідно розрахувати сталий режим і визначити раціональні параметри з позиції мінімізації втрат від простою СМО і перебування вагонів у черзі на обслуговування [23, 112].

Пропонується наступний спосіб виконання розрахунків. Спочатку розглядається потік Ерланга з $k = 3$, що відповідає натурним спостереженням по станції Чоп, а далі – з довільним k . Для випадку $k = 3$ модель процесу обслуговування вагонопотоків на технічних пристроях ССКРШ представлена у вигляді графу можливих станів та переходів СМО (рис. 2.4), які позначені наступними цифрами: 0 - поїзд, що прибуває; 1 - приймально-відправний парк; 2 - сортувальна гірка (витяжна колія); 3 - фронти передавання вагонопотоків на іншу колію (ППер, ППВ, ПРКП); 4 – виставочні колії; 5 - парк відправлення; 6 - поїзд, що відправляється.

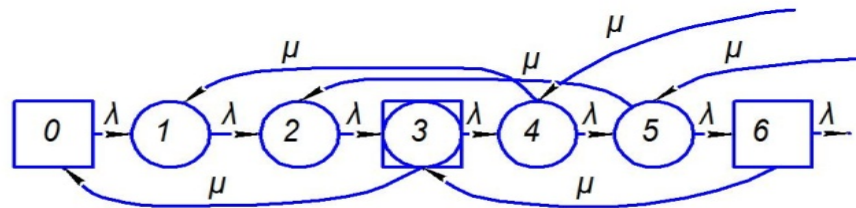


Рисунок 2.4 Модель процесу обслуговування вагонопотоків на технічних пристроях ССКРШ

На рисунку 2.4 кружками позначені стани найпростішого потоку, а квадратики відбивають стани СМО.

Якщо кількість вагонів у СМО буде m , то диференціальні рівняння для ймовірностей станів системи можуть бути представлені у вигляді:

;

;

.

(2.7)

Сталий режим визначиться наступною системою алгебраїчних рівнянь:

$$, \quad (2.8)$$

до якої необхідно додати початкову умову

$$. \quad (2.9)$$

Рішення системи, складеної з рівнянь, позначених (*), будемо шукати у вигляді $P_v = y^v$, де довільне рівняння може бути представлене в такий спосіб:

$$. \quad (2.10)$$

Після підстановки $P_v = y^v$ в (2.10) одержимо

$$-(\lambda + \mu)y^n + \lambda y^{n-1} + \mu y^{n+k} = 0$$

Поділивши рівняння на y^{n-1} і поклавши при цьому $r = \lambda/\mu$, одержимо,

$$-(r + 1)y + r + y^{k+1} = 0$$

З огляду на те, що $k = 3$, приходимо до рівняння

$$y^4 - (r + 1)y + r = 0 \quad (2.11)$$

Легко переконатися, що $y = 1$ є рішенням рівняння (2.11), отже, його можна представити у вигляді

,

а тому, що значення $y = 1$ не можна взяти для визначення P_v в силу умови (2.9), то з необхідністю приходимо до рішення рівняння

.

Для довільного k маємо:

Дане рівняння при $r < k$ має єдиний позитивний корінь, менший 1.
 У загальному випадку при $v > k$ імовірності P_v можуть розраховуватися за формулою

$$(2.12)$$

Постійний множник c в цьому випадку визначається з першого рівняння системи (2.8):

або в загальному випадку:

звідки

що дозволяє представити довільне P_n через P_0 у вигляді

$$P_n = rP_0 y^{n-k}, \quad n \geq k.$$

Значення P_0 визначимо з умови (2.9) з урахуванням того, що

$$P_v = \frac{P_0(1-y^{v+1})}{1-y} \quad \text{при } v = 1, 2, \dots, k-1,$$

де P_v - рішення системи рівнянь (2.8), не позначених зірочкою.

Умову (2.9) через P_n представимо у вигляді:

або

звідкіля

$$P_0 = \frac{1-y}{k-y-\frac{y^2-y^{k+1}}{1-y}} \quad (2.13)$$

У виразі (2.13) y є рішенням рівняння

$$y + y^2 + \dots + y^{k-1} = r$$

Для рішення даного рівняння скористаємося пакетом символьних обчислень [21]. Розглянемо приклад, коли $r = 0,14$. Покладемо:

В цьому випадку середня кількість вагонів у СМО дорівнюватиме:

Після елементарних перетворень отримаємо:

$$\bar{m} = \frac{rP_0}{(1-y^k)(1-y)} \quad (2.14)$$

Витрати від простою СМО та перебування вагонів у СМО розраховуються за формулою

$$Z = snP_0 + c \quad (2.15)$$

де c – відношення вартості вагоно-години до СМО-години, грн./ваг.;
 sn – вартість СМО, розрахованої на обслуговування n вагонів за одиницю часу, грн./СМО-годину;

P_0 – імовірність того, що СМО вільна;

\bar{m} – середня кількість вагонів у СМО.

Залежність функції витрат Z від завантаженості системи, що характеризується параметром r , при $k = 3$ та трьох значеннях c ($c_1 = 0,14$; $c_2 = 0,09$; $c_3 = 0,04$), наведена на рис. 2.5.

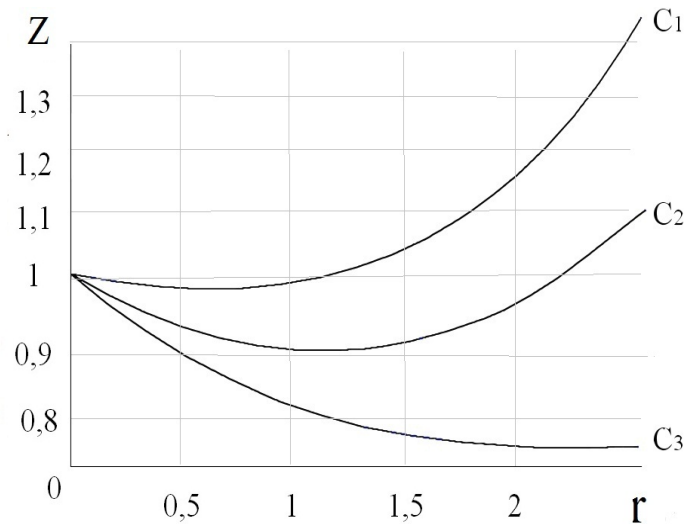


Рисунок 2.5 Залежність функції витрат Z від параметра завантаженості системи r

Як видно з рисунка 2.5, при фіксованих значеннях k та c функція $Z(r)$ має мінімум.

На рис. 2.6 представлена залежність параметру r як функції c , при якому Z приймає мінімальне значення.

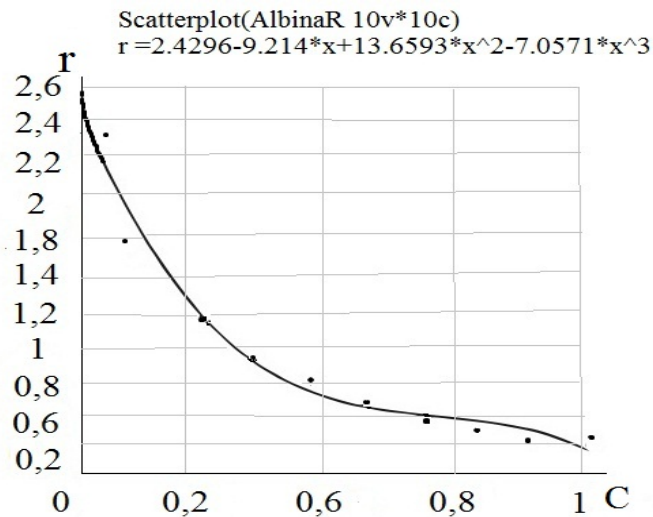


Рисунок 2.6 Залежність параметра завантаженості $r(c)$, при якому реалізується $\min Z(r)$

На рис. 2.7 представлена залежність мінімальних витрат як функція від параметру c .

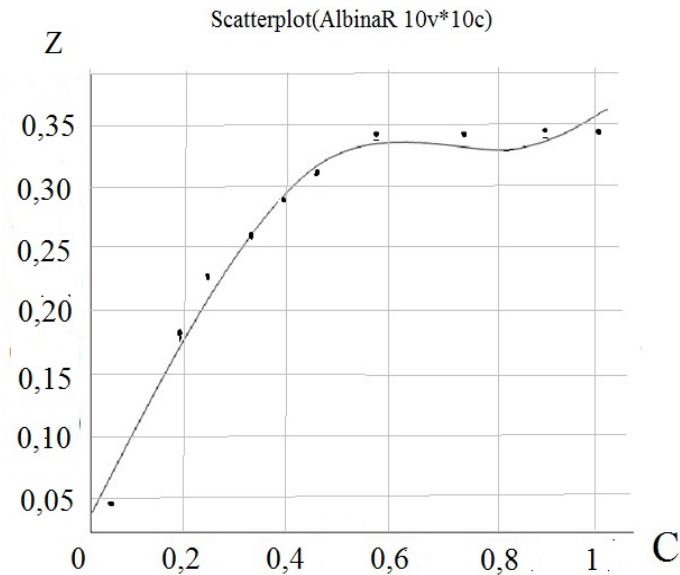


Рисунок 2.7 Залежність мінімальних витрат Z від відношення вартості вагоно-години до СМО-години c

З достатнім ступенем вірогідності дана залежність може бути описана поліномом третього ступеню [103, 112]:

$$\min Z(r,c) = 0,0626 + 1,1217 c - 1,6892 c^2 + 0,8683 c^3,$$

а значення параметру $r(c)$, при якому Z має найменше значення, дорівнює

$$r(c) = 2,4296 - 9,214 c + 13,6593 c^2 - 7,0571 c^3.$$

Для побудови аналогічних залежностей (рис. 2.6 та 2.7) при довільному k пропонується програма на мові Maple 8 [21, 22] (див. додаток В).

2.3 Розрахунок основних характеристик математичної моделі обслуговування вантажних вагонів на станціях стикування колій різної ширини

Запропонована програма дозволяє будувати криві Z , r при заданому параметрі k (рис. 2.8).

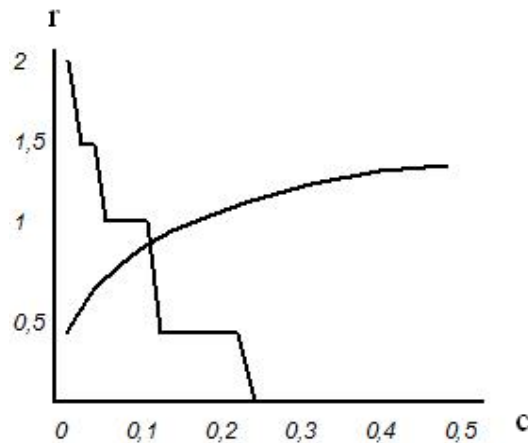


Рисунок 2.8 Спадаюча крива $r(c)$; зростаюча крива $\min Z$

Помітимо, що поява сходинок у кривій $r(c)$ обумовлена кінцівкою кроку при визначенні мінімуму $Z(r, c)$ по r . Таким чином, якщо задані параметри потоку (λ, k) і відношення вартостей простою вагонів до вартості простою СМО, то дана процедура дозволяє визначити раціональне значення параметра $r(c, k)$, а тим самим і властивість СМО з обробки, тобто середній час обробки вагона можна представити як

$$(2.16)$$

Щоб уникнути сходинок (див. рис. 2.8), необхідно зменшити крок по Δr . Взявши $\Delta r = 0,01$, отримуємо більш плавну криву (рис. 2.9). У цьому випадку машинний час, витрачений на вирішення задачі, склав 1531,1 с.

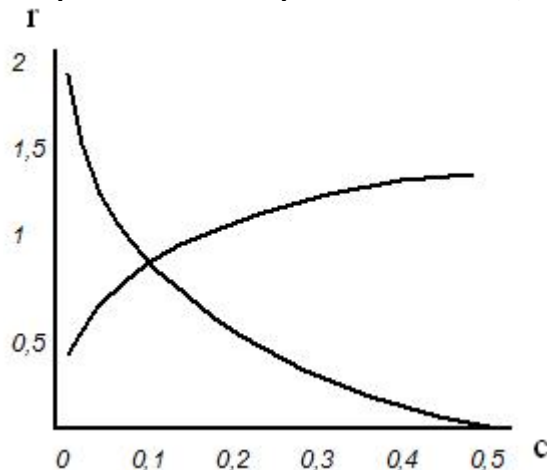


Рисунок 2.9 Графіки, що отримані при $\Delta r = 0,01$

Для скорочення часу розрахунку при побудові графіків у процесі рішення рівняння

довелося відмовитися від використання стандартної операції *solve* і створити процедуру пошуку мінімуму за методом золотого перетину [22] для унімодальної функції

При точності пошуку мінімуму $E = 0,0001$ час на побудову кривих (див. рис. 2.9) склав 458,0 с, тобто приблизно на 30% витрати часу стали менше.

Ім'я процедури $MZS(A, B, E, F)$, де A - лівий кінець, а B - правий кінець інтервалу, на якому розташоване значення x , що мінімізує $F(x)$, формальний параметр E являє собою точність визначення x^* .

Якщо скористатися наближеною формулою

$$r(c) = 2,4296 - 9,214c + 13,6593c^2 - 7,0571c^3,$$

при цьому покласти $\Delta r = 0,01k$, $A = 0,001$; $B = r(c) + \Delta r$, а далі застосувати процедуру MZS , то час рахунку складе 125 с.

Розглянемо роботу колієперевідного пристрою SUW-2000 по зміні відстані між гребенями коліс вагонів із розсувними колісними парами [110]. Обслуговування вагонопотоків у цьому випадку полягає у проходженні поїзда по даному пристрою зі швидкістю v . Якщо середня довжина поїзда дорівнює L , то середній час обслуговування буде дорівнювати

$$(2.17)$$

де l - довжина пристрою SUW-2000 з урахуванням прилеглих ділянок, на якій швидкість поїзда змінюється від встановленої до тієї, з якою він прямує по SUW-2000. З іншого боку, цей час повинен задовольняти співвідношенню

звідкіля можна визначити раціональну швидкість руху поїзда по пристрою SUW-2000 у вигляді

$$(2.18)$$

При відношенні вартості простою пристрою SUW-2000 до вартості простою поїзда в черзі $c = 0,04$ і параметрах потоку поїздів $\lambda = 7,54$; $k = 3$ (взятих із графіка на рисунку 2.8), одержимо $r(c, k) = 1,51$. Поклавши $L = 1,2$ км, $l = 100 + 27,1 = 127,1$ м, визначимо:

При цьому середній час обслуговування поїзда складе 12 хвилин.

Запропонований підхід дозволить більш оперативно і точно визначати час перебування поїздів на технічних пристроях станцій стикування колій різної ширини і може бути використаний для підвищення ефективності пропуску вантажних поїздів через кордон.

Наступним кроком в процесі формування логістичної технології роботи станцій стикування колій різної ширини є визначення раціональних часових та вартісних параметрів для різних способів обслуговування міжнародних вагонопотоків.

2.4 Висновки до другого розділу

1. Аналіз існуючих способів передавання вантажних вагонів з колії ширини 1435 мм на колію ширини 1520 мм та у зворотному напрямку показав, що кожен з них має свої недоліки та переваги, а остаточне рішення про застосування тієї чи іншої технології потребує формалізації транспортних процесів на прикордонних станціях. Складена схема розгалуження часових елементів логістичного ланцюга доставки вантажів міжнародного призначення при їх обробці на станціях стикування колій різної ширини дозволила проаналізувати роботу окремих її елементів з метою виявлення реальних резервів часу, за рахунок яких можливо скоротити простої вагонів з експортно-імпортними вантажами.

2. Формалізація процесів декомпозиції вхідного потоку та розрахунок основних характеристик математичної моделі функціонування станцій стикування колій різної ширини дозволили визначити часові та грошові параметри логістичного ланцюга доставки вантажів міжнародного призначення в умовах різномірної структури вагонопотоків. У ході досліджень виявлено, що закон розподілення прибуття поїздів є пуасонівським, а інтервали між прибулими вагонами, що надходять у окремі елементи прикордонної станції, мають показовий розподіл.

3. Окремі технічні пристрої станції (сортувальна гірка або витяжна колія, пункт перевантаження, пункт перестановки візків, пристрій SUW-2000) розглядаються як одноканальна система масового обслуговування (СМО) з ерланговським вхідним потоком і часом обслуговування, розподіленим по експонентному закону. Для вирішення завдання позбавлення від простоїв СМО запропоновано новий спосіб розрахунку її сталого режиму. На прикладі роботи системи SUW-2000 визначені раціональні параметри з позиції мінімізації витрат від простою СМО та перебування вагонів у черзі на обслуговування. Запропонований підхід дає економію часу на прийняття

рішень приблизно на 30%, що дозволить більш оперативно та точно визначати час на перебування вагонів на технічних пристроях станцій стикування колій різної ширини та може бути використаний для підвищення ефективності пропуску вантажних поїздів через кордон.

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСУ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПЕРЕДАВАННЯ ВАГОНІВ З КОЛІЇ 1435 ММ НА КОЛІЮ 1520 ММ ТА У ЗВОРОТНОМУ НАПРЯМКУ

3.1. Моделювання та дослідження технологічного процесу перевантаження вантажів з вагонів однієї ширини колії у вагони іншої

3.1.1. Постанова задачі

Сьогодні, коли Україна йде шляхом інтеграції в Європу, і вантажообіг між країнами росте, так звана «проблема 85» стає ще більш актуальною. В наступний час відсутній парк вантажних вагонів, здатних вільно обертатися як в Україні і країнах СНД, так і в Західній Європі. Також постає питання про заміну старих технологій організації роботи прикордонних залізничних станцій на більш сучасні [44, 75], що здатні підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту на ринку міжнародних перевезень вантажів.

Головною задачею у цьому плані є розробка таких технологій обслуговування вагонопотоків, щоб можна було скоротити час перебування іноземних вагонів на території України, при цьому витрати грошей на реалізацію таких технологій були б якомога менше.

В основу технології роботи станцій стикування колій різної ширини мають бути покладені результати досліджень операцій і логістики [49], що забезпечують оптимізацію параметрів та витрат на обслуговування вагонопотоків з урахуванням особливостей ринкових відносин. Тому виникає необхідність у проведенні дослідження залежностей витрат часу і витрат грошових коштів для кожного способу передавання вантажів у пунктах стикування колій 1435 мм та 1520 мм по окремих елементах (фазах) з метою пошуку раціонального варіанту та впровадження його у технологічний процес роботи ССКРШ.

Розглянемо детальніше процес перевантаження вантажів. Для виконання основних операцій на перевантажувальних станціях використовують наступні групи технічних пристроїв:

- колійний розвиток для обслуговування рухомого складу колій ширини 1435 мм та 1520 мм (приймально-відправні і сортувальні парки, маневрові та з'єднувальні колії та ін.);
- пристрої для сортування вагонів (витяжні колії, сортувальні гірки великої, середньої або малої потужності);
- фронти для виконання вантажних операцій (колії, склади, платформи, майданчики, навантажувально-розвантажувальні механізми (НРМ) тощо);
- локомотиви для виконання місцевої роботи та інше.

Для забезпечення виконання усіх технологічних операцій, що передбачені для способу перевантажування вантажів, необхідно мати службово-технічні будівлі та спеціальні споруди, а також штат кваліфікованих працівників. З метою грамотної організації та контролю за цими технологічними операціями, передбачається використання електронної документації та інформаційно-керуючої системи, до якої підключені автоматизовані робочі місця оперативних працівників як станції, так і митних, прикордонних та інших контролюючих органів. Таким чином можна досягти такого стану системи, коли не буде затримок в обробці матеріального потоку з причин несвоєчасного інформаційного забезпечення або документального оформлення.

Робота фронту перевантажування організована на основі попередньої й точної інформації про підхід, прибуття й подачу вагонів для перевантаження.

Технологію процесу перевантаження можна визначити як послідовність наступних фаз:

- 1) операції з прибулим поїздом на колії приймання;
- 2) сортування вагонів по фронтах перевантаження;
- 3) подача вагонів до фронтів перевантаження та їх розстановка;
- 4) перевантаження вагонів;
- 5) збирання вагонів з фронтів перевантаження;
- 6) накопичення вагонів, що звільнилися після вантажних операцій та формування складу поїзда;
- 7) операції по відправленню поїзда.

У свою чергу, кожна фаза може бути реалізована у різні способи. Це обумовлено наявними технічними засобами, обсягами та структурою вантажо- і вагонопотоків, а також кількістю і тривалістю окремих технологічних операцій, з яких складається певна фаза. Грошові та часові витрати по фазі в цілому складатимуться з окремих витрат часу і коштів на виконання технологічних операцій.

Так, час знаходження поїздів у приймально-відправному парку буде залежати від довжини поїзда, технології проведення технічного та комерційного огляду, наявності чи відсутності несправних або затриманих вагонів, технології виконання митного, прикордонного та інших видів контролю, узгодженості в роботі працівників станції та інших служб, кількості обслуговуючих бригад та кількості працівників у них, роду вантажу, типу рухомого складу і т.д.

Сортування вагонів по фронтах перевантаження можна виконати або через сортувальну гірку, або через витягну колію. Очевидно, що швидше буде протікати розпуск складу через сортувальну гірку, ніж через витягну колію (у цьому випадку значно більше додаткових маневрових пересувань), але її побудова та утримання сортувальної гірки коштують дорожче, що відбивається на вагоно-годині маневрової роботи.

Виконання фази подачі вагонів до фронтів перевантаження буде залежати від кількості та технічних характеристик маневрових локомотивів,

кількості вагонів у передачі, довжини рейсів тощо. Розстановка вздовж вантажних фронтів характеризується родом вантажу, кількістю вагонів у передачі та технологією їх подавання-прибирання, кількістю колій та НРМ на вантажному фронті і т.д.

Процес перевантаження є самою складною ланкою обслуговування вагопотоків за даною технологією. Ця фаза повинна враховувати багато факторів, серед яких основними є рід вантажу, тип рухомого складу, обсяг переробки вантажів та вагонів, ємність та ступінь технічної оснащення вантажних фронтів, повнота та своєчасність надходження попередньої та оперативної інформації тощо.

Перевантаження вагонів може відбуватися як за прямим варіантом, що потребує своєчасного підведення вагонів іншої колії, так і через склади тимчасового зберігання, що також впливає на термін та вартість відповідної технологічної фази. Перевантажувальні операції повинні бути максимально механізовані й автоматизовані. Розміри і кількість окремих пристроїв і механізмів визначаються обсягом перевантажувальних робіт, категорією вантажних потоків та ін.

Аналіз роботи прикордонних перевантажувальних станцій Ковель, Мостиська-І, Чоп та Ягодин дозволив визначити, яким чином наявні НРМ на перевантажувальних фронтах цих станцій впливають на тривалість та вартість перевантаження вантажів. Так, метал, контейнери та великовагові вантажі можуть бути перевантажені за допомогою козлових або мостових кранів різної вантажопідйомності. Але на досліджувані критерії впливають не лише технічні характеристики кранів, а й термін їх експлуатації, кількість НРМ на кожному фронті, обсяг виконуваних робіт, штат працівників, зайнятих на вантажних роботах. У кінцевому рахунку необхідно також враховувати висоту підйому вантажу над вагоном, відстань його переміщення, швидкість руху кранів з вантажем та без нього, кількість циклів роботи НРМ тощо [32, 34, 35, 52, 81, 85, 87, 105, 107].

Для тарно-штучних вантажів найбільш доцільним є перевантаження безпосередньо з вагона у вагон малогабаритним авто- чи електронавантажувачем. Але необхідно також передбачити розрахунок технологічних операцій через склад тимчасового зберігання (наприклад, для випадків складування затриманих різними службами вантажів, відсутності вагонів іншої ширини колії для прямого варіанту перевантаження, вантажів без документів тощо).

Велика різноманітність технічного оснащення вантажних фронтів для обробки сипучих й кускових вантажів. Вони можуть бути перевантажені з вагонів однієї колії у вагони іншої мостовими, козловими або стріловими кранами з грейферними насадками, а також за допомогою електромеханічних лопат, конвеєрів та інших механізмів. Застосування того чи іншого НРМ визначає тривалість та вартість кожної технологічної операції. Як показує досвід роботи перевантажувальних станцій Львівської залізниці, сьогодні є неможливим обійтися без ручної праці, наприклад, для остаточного

очищення вагонів «вузької» колії після вивантаження сипких вантажів. Звичайно, цей факт негативно впливає на загальні грошові та часові показники усієї фази перевантаження.

Визначаючи час та вартість перевантаження лісових вантажів, необхідно враховувати, що операції з пиломатеріалом і круглим лісом розрізняють залежно від породи, сорту й розмірів, особливо це необхідно при перевантаженні через склад тимчасового зберігання й сортування.

На вартість та тривалість даної фази також впливають багато інших чинників, серед яких можна назвати обрану технологію роботи, безвідмовність НРМ, справність вагонів, тари та кріпильного приладдя, штат задіяних працівників, ступінь наповненості складських ємностей, та навіть пора року та погодні умови.

Фаза збирання вагонів з фронтів перевантаження аналогічна фазі розстановки передач.

Фаза накопичення вагонів, що звільнилися після вантажних операцій, залежить, у першу чергу, від кількості вагонів у передачі, та від довжини маневрових рейсів. Формування складу поїзда обумовлено вимогами Правил технічної експлуатації залізниць України та залежить від кількості маневрових пересувань.

Операції по відправленню поїзда обумовлені найчастіше тими ж факторами, що й операції першої фази.

Приймаючи до уваги, що будь яка фаза може бути реалізована у різні способи, необхідно обрати на кожній фазі операції таким чином, щоб грошові витрати і витрати часу на реалізацію всього технологічного процесу перевантаження були якомога менше.

3.1.2. Формування математичної моделі процесу перевантаження вантажів

Формалізацію технологічного процесу перевантаження вантажів з вагонів однієї ширини колії у вагони іншої пропонується виконувати наступним чином. Для розв'язання задачі визначення раціональної технології обслуговування вагонопотоків у загальному вигляді технологічний процес перевантаження вагонів розіб'ємо на фаз та будемо визначати його у вигляді списку . Кожній фазі можна поставити у відповідність деякий набір технологічних операцій , . Кількість та тривалість цих операцій буде залежати від обраного способу реалізації даної фази. Розглянемо, наприклад, фазу, у якій здійснюється сортування вагонів. Її можна реалізувати або через сортувальну гірку, або через витяжну колію. Тобто, .

Схема вибору раціональної технології обслуговування вагонопотоків методом фаз (рис. 3.1) представлена послідовністю фаз та набором технологічних операцій E_i у кожній фазі; суцільною лінією показано оптимальний селектор, а пунктирними лініями – можливі варіанти технології перевантаження.

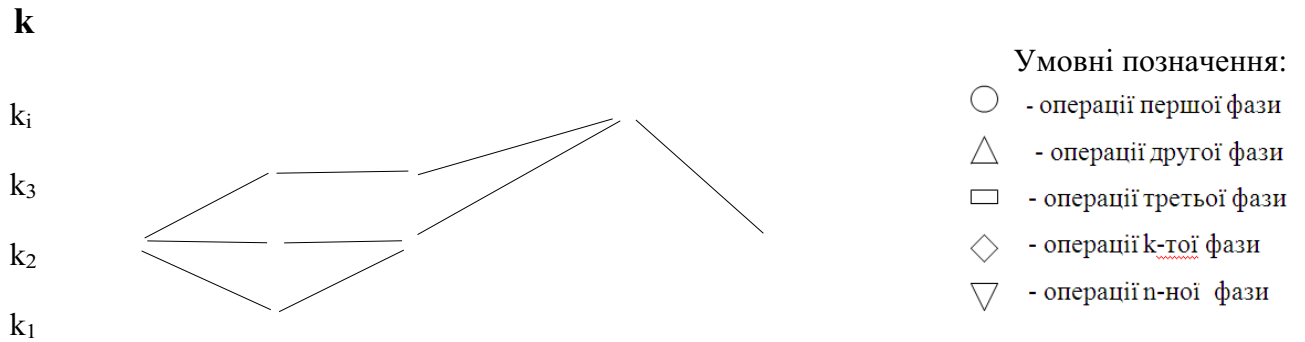


Рисунок 3.1 Схема вибору раціональної технології обслуговування вагонопотоків методом фаз

В даному розділі введено наступні визначення. Селектором пропонується називати список

$$(3.1)$$

Набір всіх можливих селекторів позначено у вигляді множини , у якій кількість елементів визначається за формулою:

$$(3.2)$$

де - число технологічних операцій у фазі .

Надалі прийнято, що будь-який селектор характеризується двома показниками: грошовими витратами на реалізацію селектора – і витратами часу на його реалізацію – .

Функції і залежать не тільки від обраного селектора, але й у силу особливостей технологічного процесу, від кількості вагонів m у складі поїзда, який підлягає переробці. Оскільки ці показники повинні бути якнайменшими, необхідно вирішити задачу векторної оптимізації, що має

вигляд:

$$\text{при} \quad (3.3)$$

Функції i відповідно дорівнюють:

$$;$$

(3.4)

$$,$$

(3.5)

де \dots – грошові витрати на виконання технологічної операції;

\dots – затрати часу на виконання технологічної операції.

Особливість вирішуваної задачі (3.3) полягає в тому, що показники

i є адитивними функціями. Розв'язком задачі є множина

селекторів \dots , у якій будь-які два селектори i й j незрівнянні між собою за відношенням Парето [14, 16]. Принцип Парето є одним з основних методів моделювання технологій при розв'язанні задач векторної оптимізації. Цей метод дозволяє отримати безліч альтернатив та дозволяє логісту

поширити функції управління. Вважається, що два селектори i й j порівнянні між собою за відношенням Парето (символічно записані у вигляді \dots), якщо

$$,$$

(3.6)

причому одна з нерівностей виконується суворо.

Якщо множина фаз \dots і множина операцій \dots - дискретні, розв'язок задачі (3.3) існує.

Під варіацією селектора будемо розуміти його заміну на деякий інший селектор і визначатимемо варіацію за допомогою операції симетричної різниці [16] у вигляді

Оскільки \dots - список, то зі всіх видів варіації списку зупинимося на варіації, коли відбувається заміна одного з елементів списку \dots на новий елемент.

Множину S будемо називати множиною селекторів, незрівняних за Парето, якщо для будь-яких двох селекторів s_i з S має місце:

$$s_i \succ s_j \text{ або } s_j \succ s_i.$$

Нехай s_i , а s_j проварійований селектор, тоді якщо s_i - незрівняні селектори, отримаємо

$$s_i \succ s_j \text{ ,}$$

причому s_i з необхідністю матимуть різні знаки, оскільки s_i незрівняні селектори.

Виходячи з цього маємо:

$$\text{sign } s_i + \text{sign } s_j = 0,$$

звідки

(3.7)

Співвідношення (3.7) можна записати і в більш загальній формі

$$s_i = -s_j, \text{ де } s_j > 0 \quad (3.8)$$

Враховуючи представлення s_i , одержимо необхідну умову того, що множина S є незрівняною, а саме:

$$s_i \succ s_j. \quad (3.9)$$

Ураховуючи, що функції s_i мають вигляд (3.4), (3.5), отримано рівняння контролінгу показників витрат часу та коштів, які є у нашому випадку критеріями відбору:

$$s_i = s_j. \quad (3.10)$$

При $\lambda > 0$ співвідношення є необхідною і достатньою умовою незрівнянності двох селекторів.

Перебираючи усі можливі варіації селекторів та використовуючи критерій відбору (3.10), для селекторів «підозрілих» на незрівнянність, формуємо множину незрівняних селекторів. Для цього спочатку формуємо множину можливих селекторів G . У фазах, які залежать від кількості вагонів m , визначаємо коефіцієнти $coef$ та $coef2$ для точного обчислення витрат грошей і часу на здійснення процесу передачі вантажів з однієї колії на іншу.

Якщо , тоді $coef:=1$; $coef2:=1$; якщо , тоді $coef:=2$; $coef2:=1$; якщо , тоді $coef:=3$; $coef2:=2$.

За допомогою цих коефіцієнтів у фазах, які цього вимагають згідно технологічного процесу, для кожної операції обчислюємо уточнені витрати грошей Z і часу T :

$$\begin{aligned} & ; \\ & ; \end{aligned}$$

Далі, перебираючи з певним кроком, формуємо множину незрівняних селекторів та обчислюємо витрати часу і коштів на реалізацію кожного селектора за формулами:

$$\begin{aligned} & , \\ & . \end{aligned} \quad (3.11)$$

Після цього можна побудувати графік залежності витрат часу () і витрат грошей () від , та, виключивши , отримати графік залежності витрат грошей від часу.

3.1.3. Моделювання вибору раціональної технології процесу перевантаження вантажів

Оскільки виникає необхідність пошуку умовного екстремуму, пов'яжемо з задачею (3.3), сформульованою в розділі 3.1.2., функцію Лагранжа [4, 17, 72]

мінімум якої будемо шукати на множині можливих селекторів при фіксованому множнику μ , який є невизначеним множником Лагранжа.

З урахуванням подання функцій f_i у вигляді (3.4) і (3.5), задача пошуку мінімуму функції Лагранжа зводиться до побудови функцій типу

$$L(\mu, \lambda) = \sum_{i=1}^n \lambda_i f_i(\mu) - \mu \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i - 1 \right) \quad (3.12)$$

Нехай на операції i реалізується мінімум функції f_i , що огинає знизу прями наступного виду

$$f_i(\mu) = \min_{x_i} \{ a_i x_i + b_i \mu \}$$

Тоді $f_i(\mu)$ буде мати вигляд

$$f_i(\mu) = \begin{cases} a_i x_i + b_i \mu & \text{якщо } \mu \leq \mu_i \\ b_i \mu & \text{якщо } \mu > \mu_i \end{cases} \quad (3.13)$$

Позначимо через S множину незрівняних селекторів як набір при μ , отриманих за допомогою функції Лагранжа.

Позначимо через μ_i точки зламу функції f_i (див. рис. 3.2), де $\mu_i = -b_i/a_i$. Для кожного значення μ із зазначеного переліку можна вказати номер прямої i , на якій реалізується мінімум (3.12).

Визначимо μ_i , a_i , b_i .

Константа a_i – це тривалість i -тої операції, а b_i – її вартість в умовних грошових одиницях.

Розглянемо числовий приклад, у якому S впорядкована по зростанню. Вихідні дані наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення констант a_i та b_i для розрахунку функції Ψ_1

	1	2	3	4	5
	1	3	5	7	9
	0,100	0,600	0,833	0,589	1,125

Так як S впорядковані, то $\mu_1 < \mu_2 < \dots < \mu_n$. Тоді

Далі визначимо значення μ , при яких пряма перетинається з іншими прямими:

звідки

З отриманих виберемо найменше, воно дорівнює 4.

Нехай i при . Далі визначаємо μ , при яких перетинається пряма з іншими – i .

тому що , тоді виключаємо з подальшого розгляду.

Із двох значень i приймаємо , тоді

при

Тому що виключено з розрахунків, то розглядаємо

Таким чином,

Індекси функцій задовольняють співвідношенню

Розглянутий приклад дозволяє сформулювати алгоритм визначення залежності індексу від μ .

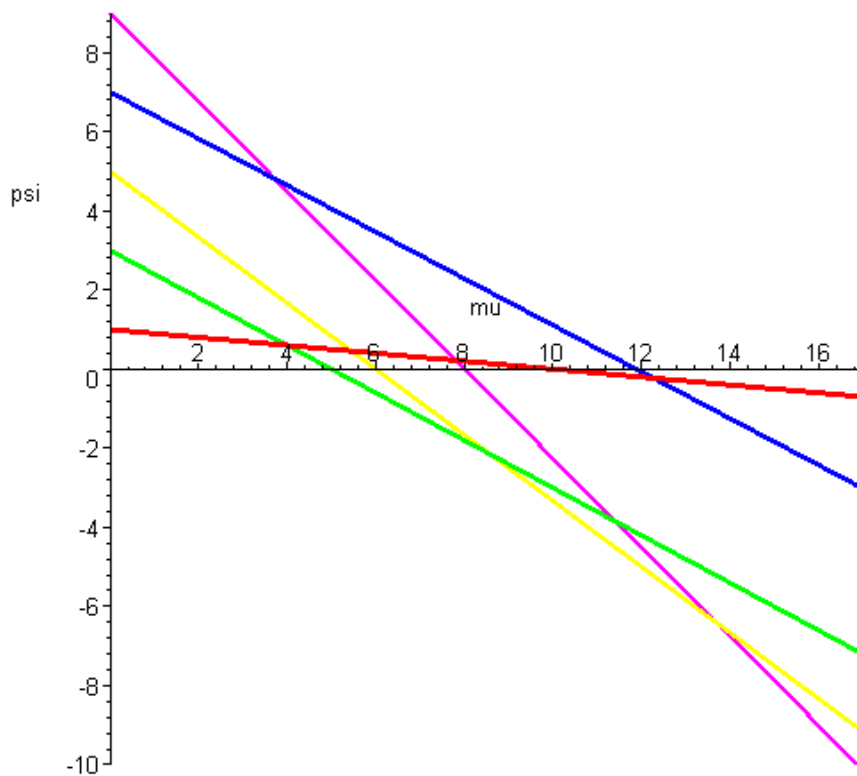


Рисунок 3.2 Графіки функції .

Порядок визначення залежності індексу від EMBED Equation.3

буде наступним. Спочатку необхідно упорядкувати по зростанню, а далі визначити функції , , де - кількість операцій у даній фазі.

Після цього визначаються значення , при яких перетинаються прямі :

```
for i=1 to k-1
do
  for j=i+1 to k
do
```

;

З отриманих вибираємо мінімальне позитивне число :

```
od;
k:=k-1;
od.
```

Для кожної фази за даним алгоритмом визначаємо набори

, які розглядаємо на прямих виду

Далі, об'єднавши набори й упорядкувавши їх по зростанню, одержимо множину

де

Для кожного з даної множини будемо селектори

(3.14)

які й будуть визначати множину , тобто множину незрівнянних варіантів, отриманих за допомогою функції Лагранжа. Якщо – множина незрівнянних варіантів, побудованих за допомогою співвідношення (3.7), тоді необхідно його об'єднати з множиною і у цьому об'єднанні залишити тільки незрівнянні варіанти, які приймаємо як розв'язок задачі векторної оптимізації при показниках, обумовлених формулами (3.4) і (3.5).

3.1.4. Кількісна оцінка експлуатаційних витрат на реалізацію операцій з перевантаження вантажів за технологічними фазами

Розглянемо застосування даного алгоритму на прикладі перевантаження металів та металовиробів з вагонів колії 1435 мм у вагони колії 1520 мм. На рисунку 3.3 показані сім фаз даного процесу та можливі набори технологічних операцій по кожній фазі.

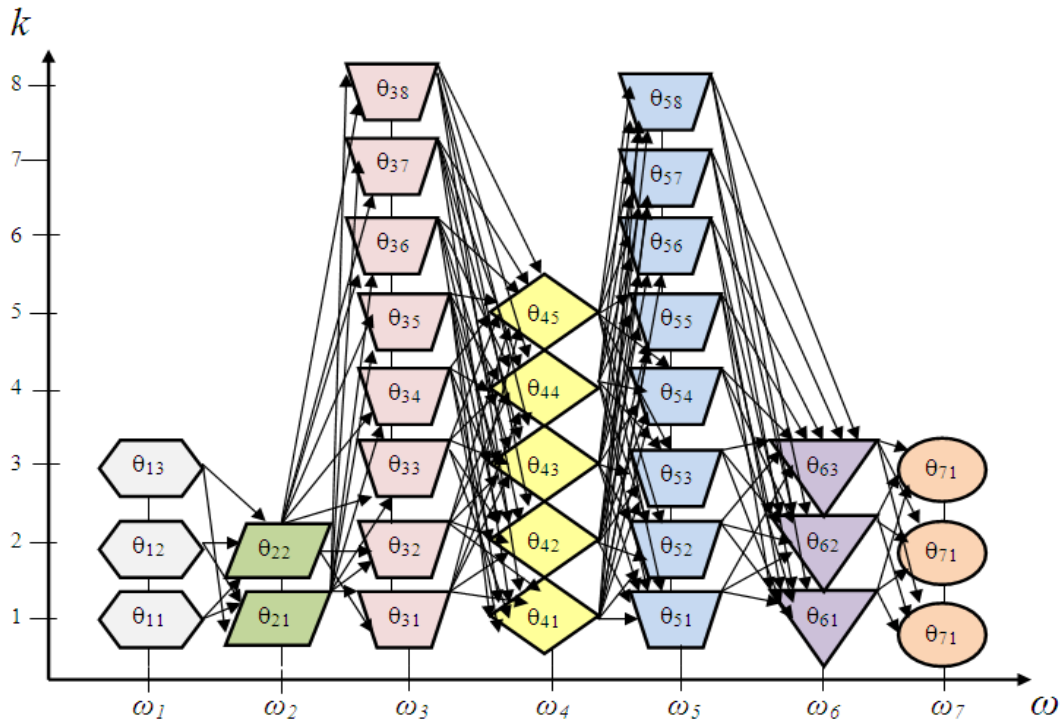


Рисунок 3.3 Схема вибору раціональної технології перевантажування металовиробів серед усіх можливих варіантів

На рисунку 3.3 прийнято, що для фази ω_1 θ_{11} – набір технологічних операцій, при яких у парку приймання своєчасно виконується технічний та комерційний огляд, усі види контролю та документальне оформлення; θ_{12} – набір технологічних операцій, коли є несправні у технічному відношенні вагони, а обробка документів виконана своєчасно; θ_{13} – набір технологічних операцій, коли несправних вагонів немає, але документи затримані митницею. Для фази ω_2 θ_{21} – операції сортування вагонів по фронтах перевантаження через сортувальну гірку, а θ_{22} – через витяжну колію. У фазі ω_3 мається на увазі, що при подачі вагонів до фронтів перевантаження у маневровому составі для θ_{31} , θ_{32} , θ_{33} , θ_{34} , θ_{35} , θ_{36} , θ_{37} , θ_{38} відповідно знаходиться 2, 4, 6, 8, 11, 13, 16 та 20 вагонів. Фаза перевантаження вагонів ω_4 характеризується тим, що металовироби можуть бути перевантажені різними технічними засобами: θ_{41} – за допомогою електричного козлового крану КК-10, θ_{42} – за допомогою електричного мостового крану МК-10, θ_{43} – за допомогою електричного козлового крану КК-5, θ_{44} – за допомогою

електричного мостового крану МК-5, θ_{45} – за допомогою електричного козлового крану КК-20. При цьому умовно приймається, що час обслуговування вагонів буде однаковим і для прямого варіанту перевантаження, і при вивантажуванні вантажів на склад.

Наступна фаза ω_5 аналогічна фазі ω_3 . Для фази накопичення вагонів ω_6 прийнято, що θ_{61} – операції із заключною групою вагонів (час на обслуговування складатиме 0,25 год.), θ_{62} – операції із групою вагонів, що потрапляють в середину складу, який накопичується під відправлення (час на обробку прийнято 1 год.), а θ_{63} – операції із групою вагонів, що потрапляють на вільну накопичувальну колію (час на обробку прийнято 1,5 год.). Набори технологічних операцій фази ω_7 по відправленню поїзда такі ж самі, як і для фази ω_1 .

Для проведення кількісної оцінки експлуатаційних витрат на реалізацію операцій за кожною технологічною фазою необхідно задати час на виконання кожного елементу t та відповідні грошові витрати z . Розглянемо послідовно кожен з технологічних фаз.

Операції по прибуттю поїзда залежать від наявності несправних вагонів у складі. Якщо немає несправних вагонів, то тривалість обробки приймається 110 хв., а грошові витрати 250 грн. якщо існують несправні вагони, то $t=140$ хв., $z=550$ грн.

Сортування вагонів по фронтах перевантаження: через сортувальну гірку: $t=30$ хв., $z=300$ грн., через витяжну колію: $t=50$ хв., $z=550$ грн.

Тривалість напіврейсу подачі вагонів до фронтів перевантаження залежатиме від кількості вагонів у передачі та довжини маневрового пересування [108]. Грошові та часові витрати показані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Витрати часу та коштів на подавання (прибирання) вагонів на фронти перевантажування

Розміри маневрового складу у вагонах	1-2	3-4	5-6	7-8	9-11	12-13	14-16	17-18	19-21	22-23	24-26
Довжина напіврейсу від 700 м до 800 м	1,85	1,88	1,99	2,09	2,16	2,26	2,33	2,43	2,50	2,60	2,67
Грошові витрати z , грн.	276	296	313	332	350	368	386	403	420	447	464

Час та вартість перевантаження металів і металовиробів козловим електрокраном вантажопідйомністю 10т з розрахунку на один вагон приймається згідно таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Витрати часу та коштів на перевантажування

Види вантажу	Кількість вантажу, т/ваг	Час t , год	Грошові витрати z , грн.
Рейки, балки, швелери метал листовий	40	1,01	870
	>40	1,26	1100

Витрати часу та грошей при накопиченні вагонів, що звільнилися після виконання вантажних операцій, залежатиме від графіка руху поїздів, вільності колій накопичення, від того, чи є дана група вагонів заключною і т. д. Для нашого прикладу ці показники приймаються згідно таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Накопичення вагонів, звільнених після виконання вантажних операцій

Час накопичення, год.	0,25	0,5	1	1,25	1,5
Грошові витрати, грн.	200	250	300	350	400

Формування поїзда: $t=30$ хв., $z=400$ грн.

Обробка поїзда з порожніх вагонів, що відправляється за кордон по колії 1435 мм: $t = 90$ хв. $z = 300$ грн.

Підставивши вихідні числові дані в програму (див. додаток Г), одержимо дві множини незрівнянних за Парето селекторів, які мають наступний вигляд:

$$= \{ \begin{matrix} = \\ = \end{matrix} \},$$

де 3350- грошові витрати (у гривнях) на здійснення селектора при рівному 0,01;

709,20- витрати часу (у хвиликах) на здійснення селектора при рівному 0,01;

3400- грошові витрати (у гривнях) на здійснення селектора при рівному 1,71;

679,20- витрати часу (у хвиликах) на здійснення селектора при рівному 1,71.

Виключивши з подальшого розгляду, у просторі функціоналів можна побудувати графік функції залежності витрат коштів від часу, необхідного для здійснення технологічної операції.

Виконані дослідження впливу часових параметрів на грошові витрати по окремих технологічних операціях у кожній фазі процесу передачі вантажів з однієї колії на іншу дозволяють знайти оптимальний з аналізованих селекторів для кожного із способів передавання вантажних вагонів. З інженерної точки зору, отримані селектори можна трактувати як раціональне визначення технології перевантаження вантажу.

Результати обчислення для перевантаження вагонів наведені на рисунку 3.4 у вигляді графіка залежності експлуатаційних витрат E від часу знаходження вагонів на станціях стикування колій різної ширини T . На підставі цього графіка залежно від існуючих резервів часу або коштів інженер ухвалює рішення щодо вибору тієї чи іншої технології перевантаження вантажу. На рисунку 3.4 (а) показані результати розрахунку для випадку, коли селектор γ_1 безумовно кращий за усіма показниками, ніж селектор γ_2 . Проаналізуємо графік, зображений на рисунку 3.4 (б).

Наприклад, при наявності коштів від 3350 грн. до 3390 грн., які можна витратити на реалізацію технології перевантаження металу й металовиробів, розумніше прийняти в якості раціональної технології операції, які

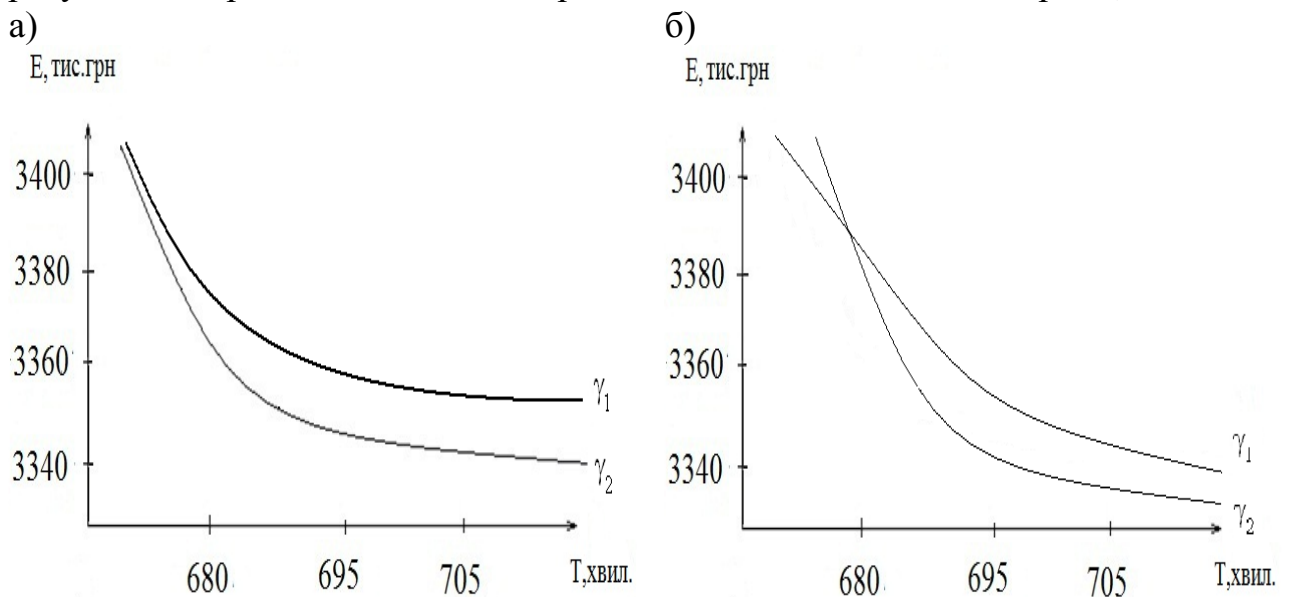


Рисунок 3.4 Графік залежності експлуатаційних витрат від часу знаходження вантажних вагонів на ССКРШ

відповідають селектору γ_2 , (за умов, якщо немає несправних вагонів, сортування вагонів по фронтах перевантаження здійснюється через сортувальну гірку й перевантажується метал козловим електричним краном КК-10 при накопиченні порожніх вагонів на колії 1435 мм не більше 0,25 доби). При наявності понад 3390 грн. приймаємо операції відповідно селектору γ_1 . У цьому випадку час, витрачений на здійснення даної

технології, буде меншим ніж час, витрачений на здійснення технології відповідно селектору , (перевантаження здійснюється не через сортувальну гірку, а через витягну колію; інші умови такі ж самі, як і для селектора).

З математичної точки зору, отримані селектори можна трактувати як розумне визначення технології перевантаження вантажу, де раціональність технології визначається розв'язком задачі векторної оптимізації при показниках, обумовлених формулами (3.4) і (3.5).

3.2 Моделювання та дослідження технологічного процесу зміни візків вантажних вагонів

3.2.1. Постановка задачі

Розглянемо детальніше рішення «проблеми 85» за допомогою заміни візків. Львівська залізниця здійснює перестановку вагонів з вантажами, що прямують у безперевантажувальному повідомленні, на станціях [55]:

- у Польщу - Ковель, Мостиська-II;
- у Словаччину, Угорщину, Румунію, - Есень, Королево, Мукачево;
- у Румунію - Вадул-Сирет.

Перестановка ходових частин (колісних пар або візків) — здійснюється на пунктах перестановки прикордонних станцій між державами, що мають залізницю різної ширини колії [115, 116].

Для вантажних вагонів пункти перестановки спеціалізуються по родах вантажу й типам вагонів. Наприклад, на західному кордоні України такі пункти спеціалізуються у такий спосіб:

- для хімічних і нафтоналивних вантажів, перевезених у цистернах (станції Королево, Мостиська);
- для спеціальних вагонів (Унгени);
- для вантажів, перевезених у критих й інших універсальних вагонах (Чоп, Рені).

Перестановочні пункти по конструкції можуть бути :

- відкритого типу, що розташовуються на відкритих майданчиках із твердим покриттям;
- закритого типу, що улаштовуються в цеху ангарного типу з уведенням у нього колій західноєвропейської й вітчизняної колії.

Залежно від потрібної перероблювальної спроможності пункти зміни візків можуть мати одну або дві колії перестановки. До складу об'єднаного пункту перестановки вагонів входить :

- 1) колія перестановки;
- 2) підкранова колія;

- 3) колії для відстою візків колії ширини 1520 мм і колії ширини 1435 мм;
- 4) сполучені колії для стоянки й ремонту візків, а також стоянок окремих вагонів;
- 5) тупикові колії для викочування візків;
- 6) тягова лебідка;
- 7) майстерня для ремонту візків.

Основною частиною пунктів перестановки вагонів є колія із шириною колії 1508 мм, по якій можуть вільно проходити вагони колії 1520 і 1435 мм. Ця перестановочна колія обмежується по обидва боки стрілочними переводами, зверненими гостряками друг до друга. З однієї сторони до нього підходять дві колії шириною 1520 мм, а з іншого – дві колії шириною 1435 мм. Довжина ділянки колії шириною 1508 мм визначається кількістю перестановочних позицій на даному пункті.

Перестановочна позиція – це відрізок колії, необхідний для перестановки одного вагону. На кожній позиції є домкрати для підйому вагонів, під які за допомогою лебідок підкочуються візки іншої колії.

Робота пункту перестановки вагонів організується на основі попередньої й точної інформації про підхід, прибуття й подачу вагонів для перестановки.

Піднімання вагонів проводиться електричними домкратами одночасно із двох кінців. Перед підніманням у вантажних вагонах роз'єднують тяги гальмової важільної передачі. З-під піднятих вагонів тросовими конвеєрами візка перекочують на шляху відстою. Із протилежної сторони пункту під вагони підкочують візка для колії іншої ширини. Після приєднання гальмової важільної передачі вагони готові для подальшого просування в складі поїзда.

Пункти перестановки, крім електричних домкратів, оснащені також мостовими й козловими кранами, мають трубопроводи стисненого повітря, електричні кабелі для роботи зварювальних апаратів. Вони також мають маневрові локомотиви колії 1520 мм й 1435 мм. Пункти постачають необхідними запасними частинами й матеріалами; приміщення обладнані системою примусово-витяжної вентиляції. У даному розділі до розгляду приймається облаштування ППВ козловими кранами типу ККС-10 та стаціонарними електрифікованими домкратами вантажопідйомністю 30 тонн у необхідній кількості.

Перестановка можлива тільки з вагонами європейського стандарту. Вагони мають на борті напис "МС-1" або "МС-0". Даний стандарт ураховує габаритні розміри вагона, а також ряд технічних характеристик, що забезпечують зчіпку вагонів, з'єднання гальмових магістралей, перестановку візків і т.д. У випадку якщо вагон не повністю задовольняє заявленим характеристикам, він по обидва боки прикривається спеціальними вагонами, з однієї сторони які відповідають європейському стандарту, а з іншого –

вітчизняному. Для візків вантажних вагонів, що підлягають перестановці, повинен збігатися рік будівлі кузова вагона й візка.

Процес заміни візків вантажних вагонів складається з багатьох окремих технологічних операцій, які умовно пропонується розбити на наступні фази:

1. Прибуття поїзда на станцію в парк прибуття (тут здійснюються усі операції, аналогічні описаним у підпункті 3.1.1);
2. Сортування вагонів (у порівнянні з вагонами, що надходять на перевантаження, ця фаза коротша за рахунок того, що вагони не потрібно сортувати за окремими передачами по вантажних фронтах);
3. Доставка вагонів на перестановочну колію маневровим локомотивом (залежить від довжини маневрового рейсу);
4. Роз'єднання міжвагонного з'єднання бригадою робітників;
5. Розміщення краном електродомкратів по базах вагонів (із розрахунку 4 домкрати на кожен вагон), виконують слюсарі з ремонту рухомого складу перестановочних позицій разом із крановою бригадою;
6. Подача й розміщення вагонів по позиціях підйому маневровим локомотивом;
7. Огородження і підготовка вагонів слюсарями до підйому (роз'єднання гальмівних тяг, зняття негабаритних деталей, установка висувних телескопічних балок домкратів із підведенням опорних поверхонь балок під вагони й укладанням на них дерев'яних підкладок, підклинювання візків тощо);
8. Підйом вагонів на перестановочних позиціях;
9. Подача візків іншої ширини колії із парку відстою на колію перестановки (козловим краном або маневровим локомотивом);
10. Викочування з під вагонів візків (бригадою робітників або електролебідкою);
11. Підкочування візків колії іншої ширини (бригадою робітників або електролебідкою);
12. Опускання вагонів, установка негабаритних деталей, усунення несправностей по крейдових позначках, приведення телескопічних балок домкратів в утоплене положення, з'єднання гальмових тяг, регулювання важільної передачі;
13. Зняття огорожень, відкриття шлагбаума;
14. З'єднання вагонів у групу;
15. Прибирання вагонів з перестановочної колії у парк відправлення маневровим локомотивом;
16. Накопичування вагонів, виконання усіх видів оглядів та контролю, обробка документів, формування та відправлення поїзду.

Основними показниками, що визначатимуть процес перестановки візків є витрати часу та грошей на його виконання. У зв'язку з цим головна мета при здійсненні перестановочного процесу полягає у визначенні такої технології перестановки візків, щоб витрати часу та грошей на перестановку візків були найменшими, завдяки чому знизиться час обслуговування вагона

на перестановочному пункті, а тому і час обороту іноземного вагону на території України.

Особливість задачі полягає в тому, що фази, як правило, є залежними, тобто кожна операція в наступній фазі залежить від вибору операції у попередній фазі. Крім того, необхідно враховувати стани системи: кожен канал обслуговування (колія, маневровий локомотив, домкрат, кран тощо) може бути зайнятим. Візок (колісна пара, гальмова тяга, зчіпний пристрій і т. д.) може бути несправним. Це викликає додаткові грошові та часові витрати.

Ще однією особливістю є залежність витрат часу та грошей на здійснення перестановочного процесу від кількості вагонів, що обслуговуються. Наприклад, якщо кількість вагонів, що підлягають перестановці, перевищує кількість вагонів, на яку розрахований перестановочний пункт, то їх розбивають на групи і всі технологічні операції доводиться повторювати для кожної групи вагонів окремо, що приводить до додаткових витрат часу та грошей. Для прикладу розглядається перестановка візків для груп вагонів з 5, 10 та 15 вагонів (відповідно необхідно мати 10, 20 та 30 візків іншої колії для заміни). Аналізовані параметри залежать також і від чисельності обслуговуючих бригад.

Робота пункту перестановки візків організується в повній відповідності з чинними правилами, інструкціями, вказівками й технологічним процесом заміни візків. Вони передбачають максимальне використання технічних засобів, наявних на пункті перестановки, повну завантаженість працівників, виконання планових завдань у мінімальний термін при високій якості і суворому дотриманні правил техніки безпеки.

3.2.2. Формування математичної моделі процесу зміни візків

Для дослідження технології перестановки візків пропонується використовувати метод фаз. Математична модель технології заміни візків враховує кількість вагонів, що підлягають обробці, та робить можливим широке використання даного методу без прив'язки до конкретних статистичних даних. Вибір незрівнянних за Парето варіантів технологій надає можливість гнучко вирішувати завдання й прогнозувати витрати часу на реалізацію технологічного процесу залежно від грошових витрат, що є важливим чинником в умовах жорсткої ринкової конкуренції.

Набір з означених 16 фаз будемо визначати у вигляді списку

. У кожній фазі є деякий набір технологічних операцій

У випадку, коли операції є залежними, кількість можливих селекторів може виявитися значно меншою. Для визначення операцій, які можна виконувати в наступній фазі, будемо використовувати матриці переходу з

однієї фази в іншу. Таким чином, одержуємо набір матриць , де число фаз. Матриці мають вигляд:

де кількість операцій у фазі, кількість операцій у фазі.

Нулями позначаються заборонені варіанти вибору операції у фазі , при умові вибору операції у фазі , а одиницями, відповідно, дозволені.

Наприклад матриця означає:

- при виконанні першої операції у першій фазі, у наступній фазі (у другій) можна виконувати тільки операцію номер 2;

- при виконанні другої операції у першій фазі, у другій фазі для виконання доступні усі операції;

- при виконанні третьої операції у першій фазі, у другій фазі доступна тільки третя операція.

Тоді множина можливих селекторів буде формуватися виходячи з обмежень, які накладаються матрицями . Число елементів множини можна визначити за формулою:

$$, \quad (3.15)$$

де - число технологічних операцій в ій фазі.

Кожному списку (селектору) з поставимо у відповідність два числа : - грошові витрати і - витрати часу на його реалізацію.

Бажання зробити і якнайменше приводить нас до завдання векторної оптимізації, формальний запис якої являє собою:

$$(3.16)$$

при

У розділі 3.1.2 докладно сформульовано математичний апарат розв'язання даної задачі .

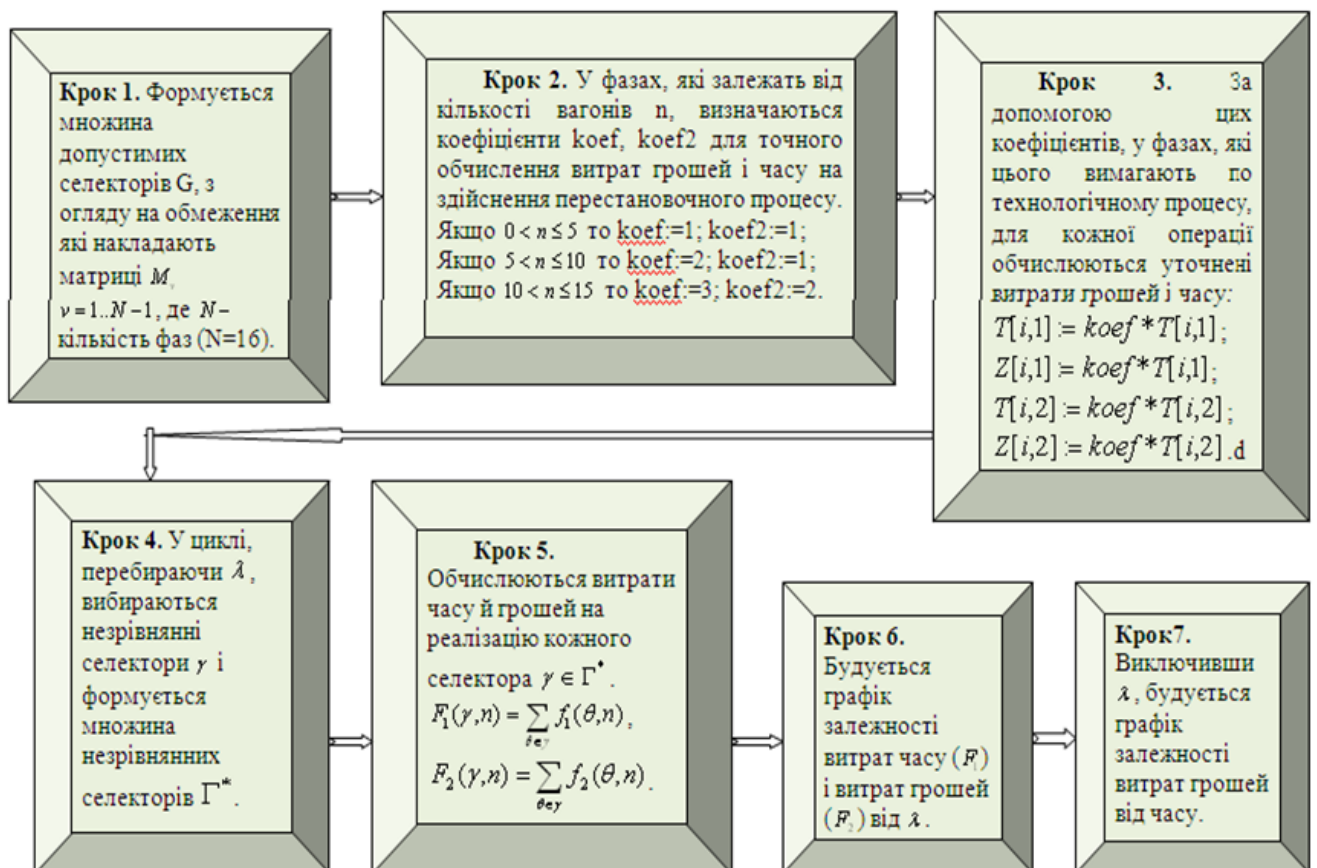
Перебираючи всі можливі варіації селекторів при обмеженнях які накладені матрицями згідно з критерієм відбору для селекторів «підозрілих» на незрівнянність, сформуємо множину незрівняних селекторів

3.2.3. Вирішення задачі вибору раціональної технології роботи пункту перестановки візків

Вибір раціональної технології роботи пункту перестановки візків пропонується здійснювати за наступною схемою (див. рис. 3.5), що включає в себе сім кроків.

Рисунок 3.5 Схематичне представлення алгоритму вирішення задачі вибору раціональної технології роботи пункту перестановки візків

3.2.4. Кількісна оцінка експлуатаційних витрат на реалізацію операцій зміни візків за технологічними фазами



Для виконання кількісної оцінки експлуатаційних витрат на реалізацію технологічних операцій зміни візків кожній з обумовлених фаз поставимо у відповідність витрати часу t та коштів z . Вихідні дані взяті на підставі аналізу роботи станції Мостиська-П.

Фаза 1. Операції по прибуттю поїзда на станцію – $t=110$ хв., $z=28$ грн.

Фаза 2. Операції із сортування вагонів – через сортувальну гірку $t=20$ хв., $z=120$ грн.; через витяжну колію $t=50$ хв., $z=80$ грн.

Фаза 3. Доставка вагонів на перестановочну колію – $t=5$ хв., $z=195$ грн.

Фаза 4. Роз'єднання міжвагонного з'єднання – для 5 вагонів $t=20$ хв., $z=70$ грн., для 10 вагонів – $t=40$ хв., $z=70$ грн., для 15 вагонів – $t=60$ хв., $z=70$ грн.

Фаза 5. Розміщення електродомкратів – для 5 вагонів $t=20$ хв., $z=30$ грн., для 10 вагонів – $t=40$ хв., $z=44$ грн., для 15 вагонів – $t=60$ хв., $z=56$ грн.

Фаза 6. Подача й розміщення вагонів по позиціях підйому – для 5 вагонів $t=10$ хв., $z=80$ грн., для 10 вагонів – $t=20$ хв., $z=90$ грн., для 15 вагонів – $t=30$ хв., $z=100$ грн.

Фаза 7. Огородження і підготовка вагонів до підйому – для 5 вагонів $t=10$ хв., $z=20$ грн., для 10 вагонів – $t=15$ хв., $z=25$ грн., для 15 вагонів – $t=20$ хв., $z=30$ грн.

Фаза 8. Підйом вагонів на перестановочних позиціях – для 5 вагонів $t=5$ хв., $z=80$ грн., для 10 вагонів – $t=10$ хв., $z=120$ грн., для 15 вагонів – $t=15$ хв., $z=160$ грн.

Фаза 9. Подача візків іншої ширини колії із парку відстою на колію перестановки – козловим краном для 5 вагонів $t=8$ хв., $z=40$ грн., для 10 вагонів – $t=16$ хв., $z=52$ грн., для 15 вагонів – $t=24$ хв., $z=64$ грн.; маневровим локомотивом для 5 вагонів $t=12$ хв., $z=70$ грн., для 10 вагонів – $t=12$ хв., $z=75$ грн., для 15 вагонів – $t=12$ хв., $z=80$ грн.

Фаза 10. Викочування з під вагонів візків – бригадою робітників для 5 вагонів $t=10$ хв., $z=30$ грн., для 10 вагонів – $t=20$ хв., $z=45$ грн., для 15 вагонів – $t=30$ хв., $z=60$ грн.; електролебідкою для 5 вагонів $t=10$ хв., $z=70$ грн., для 10 вагонів – $t=10$ хв., $z=70$ грн., для 15 вагонів – $t=10$ хв., $z=70$ грн.

Фаза 11. Підкочування візків колії іншої ширини – бригадою робітників для 5 вагонів $t=10$ хв., $z=30$ грн., для 10 вагонів – $t=20$ хв., $z=45$ грн., для 15 вагонів – $t=30$ хв., $z=60$ грн.; електролебідкою для 5 вагонів $t=10$ хв., $z=70$ грн., для 10 вагонів – $t=10$ хв., $z=70$ грн., для 15 вагонів – $t=10$ хв., $z=70$ грн.

Фаза 12. Опускання вагонів, установка негабаритних деталей та ін. – для 5 вагонів $t=55$ хв., $z=170$ грн., для 10 вагонів – $t=100$ хв., $z=210$ грн., для 15 вагонів – $t=145$ хв., $z=250$ грн.

Фаза 13. Зняття огорожень, відкриття шлагбаума – $t=5$ хв., $z=20$ грн.

Фаза 14. З'єднання вагонів у групу – для 5 вагонів $t=19$ хв., $z=15$ грн., для 10 вагонів – $t=38$ хв., $z=20$ грн., для 15 вагонів – $t=57$ хв., $z=25$ грн.

Фаза 15. Прибирання вагонів з перестановочної колії у парк відправлення маневровим локомотивом – для 5 вагонів $t=5$ хв., $z=140$ грн., для 10 вагонів – $t=10$ хв., $z=155$ грн., для 15 вагонів – $t=15$ хв., $z=170$ грн.

Фаза 16. Накопичування вагонів, виконання усіх видів оглядів та контролю, обробка документів, формування та відправлення поїзду – $t = 90$ хв., $z = 200$ грн.

Відповідну програму та результати її виконання при заданих числових даних наведено у додатку Д. Встановлено:

1) при кількості до 6 вагонів множина складається з 2-х незрівнянних селекторів:

Технологічні операції, які відповідають першому селектору полягають у наступному:

- поїзд, що прибув, або група вагонів до 6 шт. проходить усі види оглядів у парку прийому;

- сортування відбувається на сортувальній гірці й доставляється в пункт перестановки візків маневровим локомотивом;

- перестановка вагонів здійснюється на пункті перестановки візків, розрахованому на перестановку 5 вагонів за один робочий цикл, бригадою робітників, козловим краном й електродомкратами.

Витрати грошей і часу при виконанні даного селектора відповідно дорівнюють

Технологічні операції, які відповідають другому селектору, аналогічні технологічним операціям першого селектора, за винятком другої фази, у якій сортування вагонів відбувається на витяжній колії, а не на сортувальній гірці.

Витрати грошей і часу при виконанні даного селектора відповідно дорівнюють

Залежність грошових витрат від витрат часу при пропускній здатності перестановочного пункту 5 вагонів за технологічний цикл графічно представлена у додатку Д на рисунку Д2;

2) при кількості до 11 вагонів множина складається з 3-х незрівнянних селекторів:

Технологічні операції, що відповідають першому селектору, полягають у наступному:

- поїзд або група вагонів до 11 шт. проходить усі види оглядів у парку прийому;
- сортування відбувається через витяжну колію і доставляється в пункт перестановки візків маневровим локомотивом;
- перестановка вагонів здійснюється на пункті перестановки візків, розрахованому на перестановку 10 вагонів за один робочий цикл, бригадою робітників, козловим краном і електродомкратами.

Витрати грошей і часу при виконанні даного селектора відповідно рівні

Технологічні операції при реалізації другого селектора збігаються майже в усіх фазах за винятком другої фази, в якій сортування вагонів здійснюється через сортувальну гірку.

Витрати грошей і часу при виконанні даного селектора відповідно рівні

Технологічні операції, які відповідають третьому селектору, ідентичні операціям другого селектору, а витрати грошей і часу при виконанні даного селектора відповідно рівні

Залежність грошових витрат від витрат часу при пропускній здатності перестановочного пункту 10 вагонів за технологічний цикл графічно представлена у додатку Д на рисунку ДЗ;

3) при кількості до 16 вагонів множина складається з 3-х незрівнянних селекторів:

Технологічні операції що відповідають першому селектору являють собою:

- поїзд або група вагонів до 16 шт. проходить всі види оглядів у парку прибуття;
- сортується через витяжну колію і доставляється у пункт перестановки візків маневровим локомотивом;
- перестановка вагонів здійснюється на пункті перестановки візків, розрахованому на перестановку 15 вагонів за один робочий цикл, бригадою робітників, козловим краном і електродомкратами.

Витрати грошей і часу при виконанні даного селектора відповідно рівні

Технологічні операції відповідному другому селектору аналогічні технологічним операціям першого селектора за винятком 10 і 11 фази.

Витрати грошей і часу при виконанні даного селектора відповідно рівні

На виконання технологічних операцій третього селектора перепадають витрати грошей і часу відповідно

Залежність грошових витрат від витрат часу при пропускній здатності перестановочного пункту 15 вагонів за технологічний цикл графічно представлена у додатку Д на рисунку Д4.

Як видно з отриманих результатів, кількість вагонів, що підлягають перестановці істотно впливає на розв'язок цієї задачі. Таким чином, при виборі раціональної технології перестановки вагонів з однієї ширини колії на іншу, для кожної конкретної станції головну роль буде відігравати вантажопотік, що проходить через цю станцію. І, виходячи з конкретних статистичних даних, можна буде планувати технологічний процес із найбільшою ефективністю. Побудуємо графіки залежності витрат грошей (рисунк 3.6) і часу (рисунк 3.7) від кількості вагонів, що підлягають перестановці. Відзначимо, що на рисунках 3.6 і 3.7 червоним і синім кольорами показано графіки, які відповідають двом крайнім випадкам реалізації технологій, при найменших часових витратах у першому й найменших грошових витратах у другому. Усі інші можливі незрівнянні за Парето варіанти розв'язку перебувають між ними.

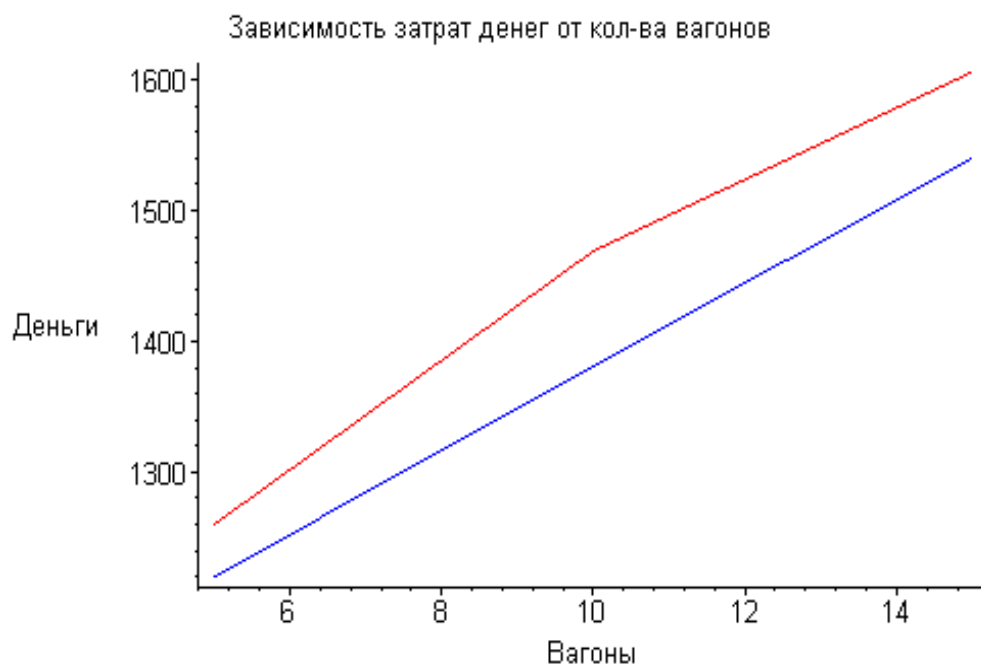


Рисунок 3.6 Залежність витрат грошей на зміну візків від кількості вагонів, що підлягають перестановці

Для дослідження стійкості розв'язку даної задачі змінимо деякі початкові дані і порівняємо отримані результати.

Дані були змінені у фазах номер 2,5,6,8,11,13 і 14.

Список всіх змін:

до зміни _____, після _____ ;
варіація у відсотках 12,5%

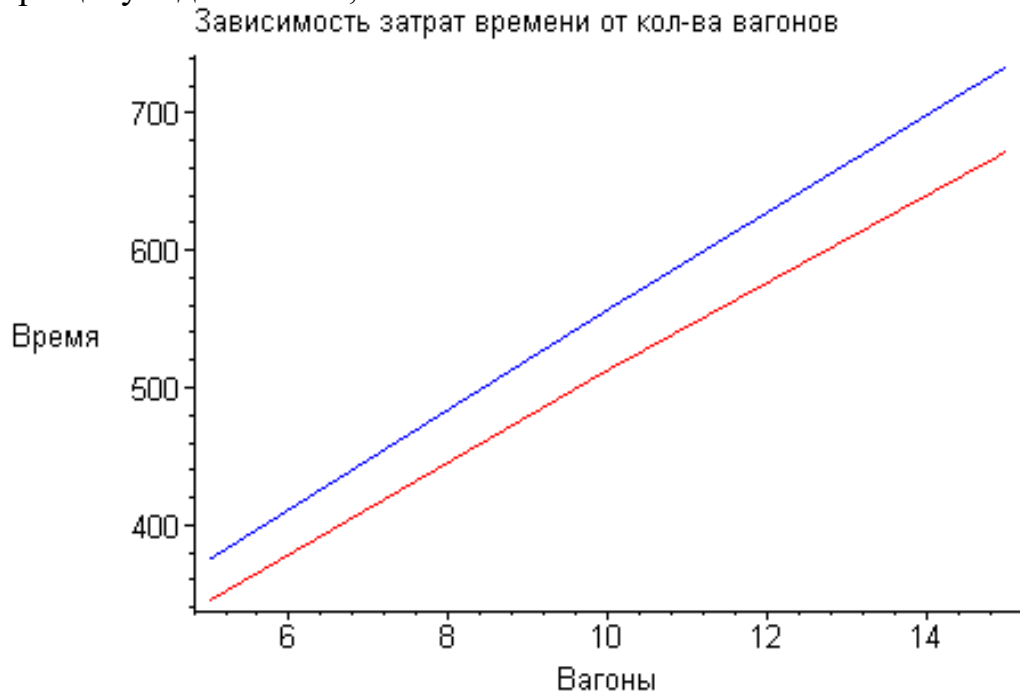


Рисунок 3.7 Залежність витрат часу на зміну візків від кількості вагонів, що підлягають перестановці

до зміни _____, після _____ ;
варіація у відсотках 16,6%

до зміни _____, після _____ ;
варіація у відсотках 6,25%

до зміни _____, після _____ ;
варіація у відсотках 12,5%

до зміни _____, після _____ ;
варіація у відсотках 33,3%

до зміни _____, після _____ ;
варіація у відсотках 6,6%

до зміни _____, після _____ ;
варіація у відсотках 37,5%

до зміни _____, після _____ .
варіація у відсотках 5%

Варіація початкових даних у відсотках становить від 5 до 37,5 відсотків в залежності від фази.

В результаті розв'язку задачі зі зміненими початковими даними отриманий результат якісно не відрізняється від результату, що був отриманий при початкових даних. Це показано на рисунку 3.8. При розв'язку задачі кількість вагонів була обраною рівною 8.

Зависимость затрат времени от затрат денег

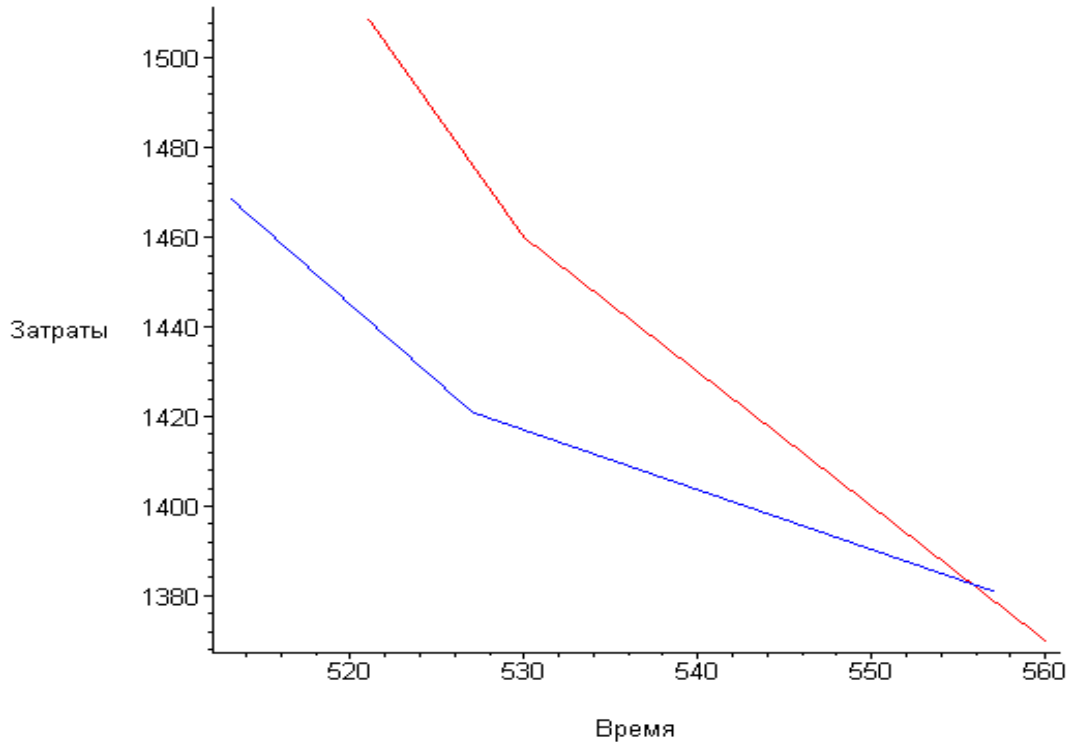


Рисунок 3.8 Графіки залежності витрат часу на зміну візків від витрат грошей на перестановку вагонів із зміненими початковими даними (червоний графік) і без змін (синій) при обраній кількості вагонів від 6 до 10.

Розбіжність результатів склала:
При реалізації селектора

за витратами коштів ;

у відсотках:

за часом

у відсотках: .

При реалізації селектора

за витратами коштів ;
у відсотках:
за часом .
у відсотках: .
При реалізації селектора

за витратами коштів ;
у відсотках:
за часом .
у відсотках:

Розв'язок задачі із зміненими даними якісно не змінився. Варіація початкових даних (від 5 до 37,5 відсотків) привела лише до невеликої зміни часових і грошових характеристик (найбільша зміна) і не спричинила зміни множини незрівнянних за Парето селекторів та не вплинула на вибір технологій, звідки можна зробити висновок, що розв'язок задачі є стійким при невеликих змінах початкових даних.

3.3. Моделювання та дослідження технологічного процесу передавання вантажних вагонів, обладнаних розсувними колісними парами

3.3.1. Постанова задачі

Аналогічним чином метод фаз застосовано для дослідження технології зміни відстані між гребенями коліс вантажних вагонів за допомогою системи SUW-2000. Щодо перспектив застосування розсувних колісних пар для вантажного рухомого состава слід зазначити, що даний спосіб є в теперішній час дуже дорогим. Використання цього способу в кожному конкретному випадку повинне обґрунтовуватися з позицій економічної доцільності й умов безпечної експлуатації [7, 39, 113, 119].

Уперше для вітчизняних залізниць вантажні вагони з розсувними колісними парами були випущені в Брянську у 1962 році. При цьому колісна пара забезпечувалася замковим обладнанням, яке при проході колійного стенда автоматично розмикалося, а колісна пара розсовувалася або звужувалася залежно від напрямку руху по стенду. У наш час використовується два типи розсувних колісних пар – з нерухливою віссю і

обертливими колесами та з віссю, що обертається разом з колесами. Найбільш доцільно використовувати вагони, обладнані розсувними колісними парами, на напрямках з великими стабільними кореспонденціями вантажів, що утворюють маршрути.

Львівська залізниця проводила іспит розсувних колісних пар від Болгарського виробництва, але конструкція виявилася не досконалою. Нагальна потреба в прискоренні процесу перетинання кордону привела Львівську залізницю до необхідності втілення технології SUW-2000. Аналіз різних конструкцій розсувних колісних пар привів до висновку, що найбільш доцільна для застосування є польська розробка SUW-2000, а відповідний стенд був установлений на станції Мостиська-II. Стенд дозволяє при проходженні по ньому вагона автоматично змінювати ширину колії колісних пар з 1520 мм на 1435 мм і навпаки. Робиться це автоматично при проході поїзда по спеціальній колії. У результаті тривалість процесу передачі вагонів з однієї колії на іншу скорочується й паралельно виконуються операції по прийманню й відправленню поїзда, а також прикордонні операції [28, 53, 54, 90, 93, 110, 111, 127].

Технологія передачі прибулого поїзда на іншу колію складається з наступних операцій. Після відчеплення поїзного локомотива від составу поїзда 1520 мм, що надійшов по з'єднувальній колії з парку прибуття, до хвоста составу через витяжну колію підходить маневровий локомотив з вагонами прикриття. Цей локомотив витягує состав на витяжну колію й насуває його на стенд SUW-2000. Після проходження составом стенда маневровий локомотив з вагоном прикриття відчіплюється від составу й вертається на витяжку. До цього часу другий локомотив ширини колії 1435 мм разом з вагоном прикриття підходить з іншого боку системи SUW-2000 й через витяжну колію переставляє состав на колії відправлення 1435 мм. Тривалість операцій залежно від довжини составу становить 20 – 25 хв.

Систему SUW-2000 автоматичного регулювання відстані між колесами складають:

а) колісні пари з регульованою відстанню між колесами, що можуть працювати з трьома видами колій: 1435/1520 мм, 1435/1668 мм, 1435/1520/1668 мм;

б) колійні пункти переводу 1435/1520 мм та 1435/1668 мм.

в) візки для вантажних вагонів 4RS/N (тиск 20 – 25,5 т/вісь, V=120 км/год).

Система дає можливість:

а) застосовувати бандажні і суцільнолиті колеса з діаметром кола катання: 920 - 840 мм, 840 - 760 мм.

б) рухатися зі швидкістю:

* 100 км/год при навантаженні 22.5 т/вісь, 25.5 т/вісь,

* 120 км/год при навантаженні 20 т/вісь,

* 160 км/год при навантаженні 18 т/вісь,

* 200 км/год при навантаженні 16 т/вісь.

Під час поїздки без навантаження через колійний стенд в першу чергу настає звільнення блокувальної системи одного колеса колісної пари, що надалі за допомогою спеціальної профільованої рейки переміщується в інше положення, а заблоковане в цьому положенні друге колесо колісної пари залишається на своєму місці і виконує функцію ведення колісної пари. Воно також сприймає перенос бічних сил, які виникають при переїзді через SUW-2000. Такий метод перестановки забезпечує захист від неприємних наслідків невизначеного методу прийняття бічних сил у момент блокування коліс (напір вітру, нерівномірне поперечне осідання переставного пристосування, нерівні коефіцієнти ковзання між колісьми на осі колісної пари, нерівномірний розподіл навантаження), що могло порушити правильність переїзду через колійний стенд.

Колієперевідний пристрій для розсувних колісних пар SUW-2000 виготовляється з типових елементів стрілочних переводів. Він складається з двох жолобчастих рейок, по яких переміщаються колісна пара. Жолобчасті рейки мають на одному кінці нормальну відстань, на другому широкую відстань. В області пристосування переїзду порожнього чи завантаженого вагона відбувається безупинно. Загальна довжина перекладного пристрою дорівнює 27.1 м. Таким чином, при проходженні вагона по колієперевідному пристрою, наприклад, зі швидкістю руху 30 км/год процес перестановки



Ф1

3.3.2. Формування математичної моделі технології роботи колієперевідного пристрою SUW – 2000

Весь процес переходу з однієї колії на іншу розбивається на 5 фаз (послідовних процесів), схематично показаних на рисунку 3.9, та позначених Ф1, Ф2, Ф3, Ф4 та Ф5 відповідно.

Рисунок 3.9 Схематичне представлення фаз

Технологічні операції у кожній фазі наступні [61, 115, 116].

Фаза 1. Обробка поїзда на колії приймання та виділення групи вагонів (через сортувальну гірку або за допомогою маневрових робіт), яка має проходити через систему SUW – 2000.

Фаза 2. Перестановка маневровим локомотивом составу від парка приймання до системи SUW – 2000.

Перша та друга фази аналогічні описаним у підпункті 3.1.1.

Фаза 3. У цій фазі відбувається безпосередньо процес переходу. Для прикладу розглянемо випадки, коли маневровий состав проходить через систему SUW – 2000 із різними швидкостями: 10 км/год., 20 км/год. та 30 км/год. Можлива також більш дрібна розбивка швидкості, наприклад 5, 10, 15 км/год.

Фаза 4. Дана фаза відповідає процесу прибирання вагонів з місця переходу у парк відправлення.

Фаза 5. Охоплює процеси з моменту накопичення составу і до відправлення поїзда, включаючи усі операції з технічного та комерційного огляду, митного та інших видів контролю та документаційного оформлення.

Останні фази аналогічні останнім фазам підпункту 3.1.1.

Фази будемо позначати у виді Γ . У кожній фазі є набір технологічних операцій, тобто набір способів реалізації фаз

Розглянемо один з варіантів переходу з колії однієї ширини на іншу.

де Γ – набір можливих варіантів;

- селектори, що характеризуються часом і витратами.

Кількість варіантів у безлічі Γ дорівнює

де n – число технологічних операцій у фазі

Звідси приходимо до задачі векторної оптимізації [4, 14, 72], якщо

кожному селектору Γ поставимо у відповідність два числа α та β , які ми мінімізуємо:

$$\Gamma = \{ \Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_n \} \quad (3.17)$$

де під α маються на увазі витрати коштів при переході з однієї колії на іншу, а під β – час переходу.

Коли безліч фаз S і безліч X , Y - дискретні, то рішення очевидно існує.

Задача (3.17) істотно відрізняється від задач оптимізації за одним показником, тому необхідно визначити, що будемо розуміти під рішенням цієї задачі.

Визначення 1. Селектор S будемо називати ефективним, якщо будь-яка його варіація приводить до збільшення хоча б одного з показників (3.17).

Визначення 2. Під рішенням задачі векторної оптимізації (3.17) будемо розуміти деякий набір селекторів S , кожен елемент якої є ефективним селектором.

З позиції теорії вибору і прийняття рішень, ця задача відноситься до задач векторної оптимізації, коли в якості відносини переваги «селектор краще селектора S_1 » приймається відношення Парето:

3.3.3. Вирішення задачі вибору раціональної технології передавання вантажних вагонів, обладнаних розсувними колісними парами

Функції f_1 і f_2 запишемо у вигляді

$$f_1(x) = \dots, \quad (3.18)$$

$$f_2(x) = \dots, \quad (3.19)$$

а селектор S будемо записувати більш простіше:

Помітимо, що показники f_1 і f_2 є адитивними функціями.

Визначення 3. Числова функція називається адитивною, якщо для виконується умова:

При визначенні поняття «ефективного селектора» використовувався такий термін, як його «варіація» [14, 16, 17].

Визначення 4. Під варіацією деякого селектора за допомогою безлічі будемо розуміти їх симетричну різницю як безлічей і запишемо у вигляді , якщо і - два непорівнянних селектори, де - операція симетричної різниці [16].

Нехай , а - проварйований селектор . Тоді одержуємо необхідну умову того, що селектор є непорівнянним:

(3.20)

Нехай множина .

Якщо множина А є ефективною, то має місце

Доказ даної теореми буде наступним.

1) ,

2) .

Поділимо системи і після перетворень одержимо:

З урахуванням існування похідної теорема доведена.

Підставивши (3.18) і (3.19) в умову (3.20), одержимо:

(3.21)

Вирішуючи цю задачу методом перебору по , одержимо деякі , які можуть використовуватися для «підозрілих» на незрівнянність

варіантів (селекторів) .

Цю задачу ми можемо розглядати як задачу з використанням функції Лагранжа:

$$\text{,} \quad (3.22)$$

де мінімум будемо шукати по .

З урахуванням формул (3.18) і (3.19) функція Лагранжа зводиться до мінімізації функції виду

$$\text{,} \quad (3.23)$$

в якій мінімум будемо шукати по операціях .
Виконаємо дослідження функції

$$\text{.} \quad (3.24)$$

Функція є беззупинною шматково-лінійною функцією, і вона також огинає знизу прями .

Побудувавши прями і позначивши їхні точки перетинання через , можемо побачити залежність індексу від , і визначити для кожної фази набір .

Далі упорядкуємо по зростанню набір та одержимо безліч

. Для кожного з даної безлічі будемо селектори:

Із селекторів, побудованих за допомогою цієї безлічі, будемо визначати безліч , тобто безліч непорівнянних варіантів, отриманих за допомогою функції Лагранжа. Об'єднавши його з - безліч непорівнянних варіантів, отриманих за допомогою співвідношення (3.20), і залишивши тільки непорівнянні варіанти, будемо це приймати як рішення задачі векторної оптимізації.

3.3.3 Вирішення задачі вибору раціональної технології роботи пристрою SUW - 2000

Розглянемо фазу, у якій технологічні операції не дискретні, а представлені у вигляді континуума. Представимо рівняння руху поїзда у вигляді $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$, де коефіцієнти з залежності основного питомого опору руху поїзда взяті згідно Правил тягових розрахунків.

Проведемо якісне дослідження взаємозв'язку витрат енергії на рух поїзда і витрат часу руху. Запишемо витрату енергії на переміщення поїзда від x_1 до x_2 :

і витрати часу на рух по перехідній ділянці:

Лема: Якщо при $v = v_0$, то $t = \frac{x_2 - x_1}{v_0}$.

Доказ. Розіб'ємо швидкість руху поїзда на три умовні частини:

- 1) поїзд рухається із спадаючою швидкістю $v = v_0 - a t$;
 - 2) поїзд рухається по перехідній ділянці з постійною швидкістю $v = v_0$;
 - 3) поїзд рухається із зростаючою швидкістю $v = v_0 + a t$.
- Запишемо цю швидкість у вигляді:

де t_1 , t_2 , t_3 — час руху поїзда на трьох умовних ділянках:

і витрати енергії:

При визначеному кроці ми розрахуємо i . І побудуємо криву залежності витрат енергії від витрат часу, якісний характер якої представлений на рис. 3.10.

Рис. 3.10. Геометрична інтерпретація залежності витрат енергії від витрат часу

Дану криву можна використовувати подвійно. Задавши показником τ , одержуємо відповідний час переходу t , з іншого боку, якщо ми маємо можливість зміни часу переходу t , то однозначно визначаємо показник τ .

3.3.4 Кількісна оцінка експлуатаційних витрат на реалізацію операцій з переводу вагонів з однієї колії на іншу за технологічними фазами

Визначимо задачу вибору раціональної технології як задачу векторної оптимізації. З метою здійснення кількісної оцінки експлуатаційних витрат на реалізацію операцій з переводу вагонів з однієї колії на іншу завдамо чисельні значення грошових витрат.

Витрати на сортування вагонів через сортувальну гірку:

грн.

Витрати на сортування вагонів за допомогою маневрових робіт на витяжній колії:

грн.

Витрати на доставку вагонів до ПРКП:

грн.

Вихідні дані по колієперевідному пристрою SUW-2000 (див. табл. 3.5) взяті із статистичних даних роботи станції Мостиська-ІІ Львівської залізниці.

Таблиця 3.5 Техніко-економічні показники роботи системи SUW-2000

Показник	Значення показника
Вартість утримання SUW-2000	1690,17 грн. на міс.
Зарплата машиніста маневрового локомотиву	1962,56 грн. на міс.
Кількість локомотивів на ст. Мостиська-ІІ	3 шт. на колії 1520 мм 3 шт. на колії 1435 мм
Утримання одного маневрового локомотива	193,55 грн. на годину
Вартість системи SUW-2000	55 тис. євро
Вартість переустаткування 1 вантажного вагона розсувними колісними парами	1 218 106 грн.
Час доставки вагонів до перестановочного пункту	20 хв.
Час сортування вагонів через сортувальну гірку	30 хв.
Час сортування вагонів за допомогою маневрових робіт	50 хв.

За допомогою програми «Методу фаз», що написана в середовищі Maple (див. додаток Е), ми розрахуємо в першій фазі раціональну технологічну операцію.

З результатів розрахунків, наведених вище, та у додатку Е видно, що в першій фазі раціональною є технологічна операція, в якій сортуються вагони за допомогою сортувальної гірки (витрати на сортування складатимуть $z=98,71$ грн., а час – $t=30$ хв.).

В другій фазі вагони доставляються лише у один спосіб. Витрати на доставку складатимуть $z=65,15$ грн., а час $t=20$ хв.

В третій фазі, тобто фазі в якій відбувається процес переходу, можуть бути різні варіанти переміщення по колійному стенду, наприклад із швидкістю 5 км/год. або 15 км/год. і так з точністю до 1 км/год. Відповідні розрахунки показали, що в нашому випадку краще пересуватися зі швидкістю від 7- 8 км/год. При цьому витрати складатимуть $z=1,82$ грн., а

час $t=0,14$ хв.(8,4 с.).

В четвертій фазі ми прибираємо вагони у парк відправлення. Це можна зробити тільки у один спосіб, при цьому витрати складатимуть $z=32,97$ грн. , а час $t=10$ хв.

В п'ятій фазі ми формуємо склад та виконуємо увесь комплекс операцій по відправленню; при цьому витрати складатимуть $z=98,71$ грн. , а час $t=30$ хв.

Загальні витрати на весь процес перетину кордону складатиме $Z=297,36$ грн., а час $t=1,5$ години.

Для дослідження стійкості ми проведемо чисельний експеримент. Взявши вхідні дані і проваріювавши їх так, щоб вони не дуже відрізнялися від початкових, проаналізуємо отримані результати. Якщо попереднє рішення сильно не відрізнятиметься від цього результату, то можна сказати, що рішення буде стійким. Наприклад, в першій фазі, змінимо в одній з технологічних операцій витрати на її реалізацію. Збільшимо її на 20 грн., і витрати тоді складатимуть 118,71 грн. На підставі алгоритмів методу фаз, який реалізований в середовищі Maple 7 ми отримали такий же результат.

Тепер збільшимо швидкість переходу по колійній точці в третій фазі на 2 км/год (з 7 км/год. до 9 км/год.). Розрахуємо залежність від :

З розрахунків бачимо, що селектор не змінився (див. рис. 3.11 у порівнянні з рис. E2 додатку E). Отже, можна зробити висновок, що наше рішення стійке, тим самим раціональність технології зберігається.

t

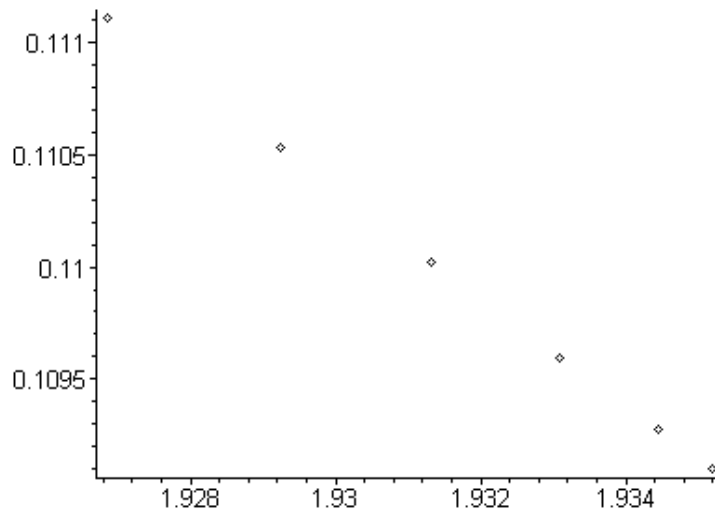


Рис. 3.11 Залежність витрат грошей від витрат часу при швидкості руху маневрового составу через систему SUW-2000 9 км/год.

Упровадження запропонованого комплексу моделей дозволяє сформувати раціональну логістичну технологію, націлену на скорочення часу перебування вантажних вагонів, що прямують за кордон або із-за кордону, на станціях стикування колій різної ширини, а, отже, підвищити техніко-експлуатаційні показники роботи цих станцій під час здійснення міжнародних перевезень вантажів.

3.4. Удосконалення роботи інформаційних систем на станціях стикування колій різної ширини

За останні роки прикордонні станції України поступово модернізуються: проводиться реконструкція колійного господарства, удосконалюються системи сигналізації і зв'язку, але виконані за останнє десятиріччя значні вкладення в матеріальну базу систем автоматизації управління на залізничному транспорті України (оновлення комп'ютерного парку з багатократним збільшенням продуктивності, розвиток мереж передачі даних, включаючи магістральні канали волоконно-оптичного зв'язку, збільшення числа автоматизованих робочих місць на базі персональних ЕОМ) доки не привели до кардинальної модернізації технології міжнародних залізничних перевезень [13]. Назріла необхідність реалізації положень загальних законів переходу кількості в якість: радикальні кількісні зміни матеріальної бази АСУ повинні супроводжуватися настільки ж радикальними змінами в технології організації перевезень.

Вдосконалення організації перевізного процесу на основі інформаційних технологій вимагає створення єдиної інформаційної бази системи управління перевезеннями. Діючий комплекс http://hghltd.yandex.net/yandbtm?fnode=inject&url=http%3A%2F%2Fwww.logistics-gr.com%2Findex.php%3Foption%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D709%26catid%3D79%26Itemid%3D102%26showall%3D1&text=

[http://hghltd.yandex.net/yandbtm?fmode=inject&url=http%3A%2F%2Fwww.logistics-gr.com%2Findex.php%3Foption%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D709%26catid%3D79%26Itemid%3D102%26showall%3D1&text=%D0%90%D0%A1%D0%A3%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B4%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97&I10n=ru&sign=2742be63153ee8eeff510b4f8a522525&keyno=0 - YANDEX_11](http://hghltd.yandex.net/yandbtm?fmode=inject&url=http%3A%2F%2Fwww.logistics-gr.com%2Findex.php%3Foption%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D709%26catid%3D79%26Itemid%3D102%26showall%3D1&text=%D0%90%D0%A1%D0%A3%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B4%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97&I10n=ru&sign=2742be63153ee8eeff510b4f8a522525&keyno=0 - YANDEX_9 АСУ <a href=) вантажними

перевезеннями різних видів транспорту має низку недоліків [65]: відсутність комплексних рішень, створених за єдиною ідеологією; недостатні інтегральні зв'язки між задачами; моральна застарілість значної частини програмно-технічних рішень, на яких побудовані діючі системи; недостатній рівень наявності оптимізаційних задач, заснованих на ефективних економіко-математичних моделях.

Аналіз систем управління прикордонними станціями показав, що програмно-апаратний комплекс, на якому реалізовані існуючі системи, не дає можливості подальшого розвитку цих систем відповідно до потреб сучасного інформаційного забезпечення перевезень. Наприклад, АРМ декларантів не пов'язане ні з однією системою управління [19]. Заслужує уваги досвід російських залізниць, на яких створена і поетапно впроваджується система автоматичної ідентифікації рухомого складу (САІ) [13]. Вітчизняними науковцями запропоновано нові інтелектуальні системи, що засновані на використанні фреймів-сценаріїв [8, 9], які допоможуть оперативним керівникам обрати або сформулювати необхідну альтернативу серед безлічі варіантів, щодо прийняття відповідальних рішень.

Тому основою для підвищення ефективності міжнародних перевезень повинна стати розробка та впровадження автоматизованих технологій на основі використання системи прийняття рішень (СППР) оперативного персоналу з елементами штучного інтелекту, що сприятиме скороченню простоїв поїздів на станціях, а також, у зв'язку з цим, зменшенню витрат вантажовласників на перевезення і забезпеченню залучення додаткових вантажопотоків на залізницю України.

Завдання удосконалення інформаційного забезпечення роботи прикордонних станцій на базі [89] розглянуто у [64]. Результати виконаних досліджень можуть бути впроваджені в схему організації інформаційного обміну даними між автоматизованими системами різних рівнів. Запропоновано підхід до вирішення задач автоматизованого управління роботою прикордонних станцій, обладнаних автоматизованою системою управління роботою прикордонної перевантажувальної станції (АСУ ППС), з використанням додаткової інформації із системи автоматичної ідентифікації (САІ) вагонів про склад поїзду, який прибуває, що надходить на автоматизовані робочі місця (АРМ) оперативних працівників (товарного касира, оператора технологічної контори, прийомо-здавальника та інших).

Визначивши найважливіші технологічні елементи комплексної автоматизованої системи по забезпеченню чіткої і злагодженої взаємодії учасників перевізного процесу на прикордонній станції [43, 44], можна

констатувати, що для реалізації високоефективних організаційних проєктів, які забезпечать якісний прорив в технологіях управління, доцільно розвивати спеціалізовану інфраструктуру САІ. Ця система забезпечує високий рівень достовірності моделей поточного стану перевізного процесу, формування звітних, архівних масивів відомостей про перевезення та дозволить з мінімальними витратами оперативно донести результати зчитування до комплексів вирішуваних в АСУ завдань (управління рухом, вантажною роботою, вагонним господарством, сервісне обслуговування клієнтури залізничного транспорту і ін.).

Разом з контролем за дислокацією рухомого складу розгалужена мережа пунктів зчитування (ПЗЧ) дозволить здійснювати і автоматичний контроль за збереженням вантажів. Пропонується устаткувати кодові бортові датчики (КБД) додатковою інформацією про наявність розсувних колісних пар (у міру поповнення вантажного парку спеціалізованими вагонами). При повному впровадженні рішень на основі викладеної концепції можна приблизно на одну третину скоротити загальну потребу в перевізних ресурсах. Передбачено також обмін інформацією з єдиною автоматизованою інформаційною системою Державної митної служби України (ЄАІС ДМСУ), у тому числі з АРМ декларанта та інспектора митниці.

Удосконалено схему протікання інформаційних потоків між окремими елементами цих систем та АРМ працівників прикордонної станції в умовах функціонування АСУ ППС. З метою надання у рівень АСУ ППС більш точної інформації пропонується підключити до даної системи пристрої автоматизованої системи управління сортувальною станцією (АСУ СС), на якій було сформовано состав поїзда, що прибуває на адресу прикордонної станції, та пристрої АРМ логіста (рис. 3.12).

В умовах функціонування інформаційно-керуючої системи технологічно-економічного управління залізницями України (ІКС ТЕМП УЗ) [67] з огляду заощадження трудових та грошових ресурсів, доцільно було б доповнити функціями логіста АРМ ДНЦ на рівні залізниць та дирекцій (РЦУ) даної системи (див. рис. 3.13).

На даній схемі передбачена можливість підключення декількох робочих місць користувачів, та забезпечення їх паралельної роботи при оформленні одного або декількох поїздів. Діалогове вікно для введення інформації на певний вагон у інтерактивному режимі показане на рисунку 3.14. Ця інформація вводиться за допомогою програми «Термінал АСОУП» на сортувальній станції, де було сформовано состав поїзда, який має

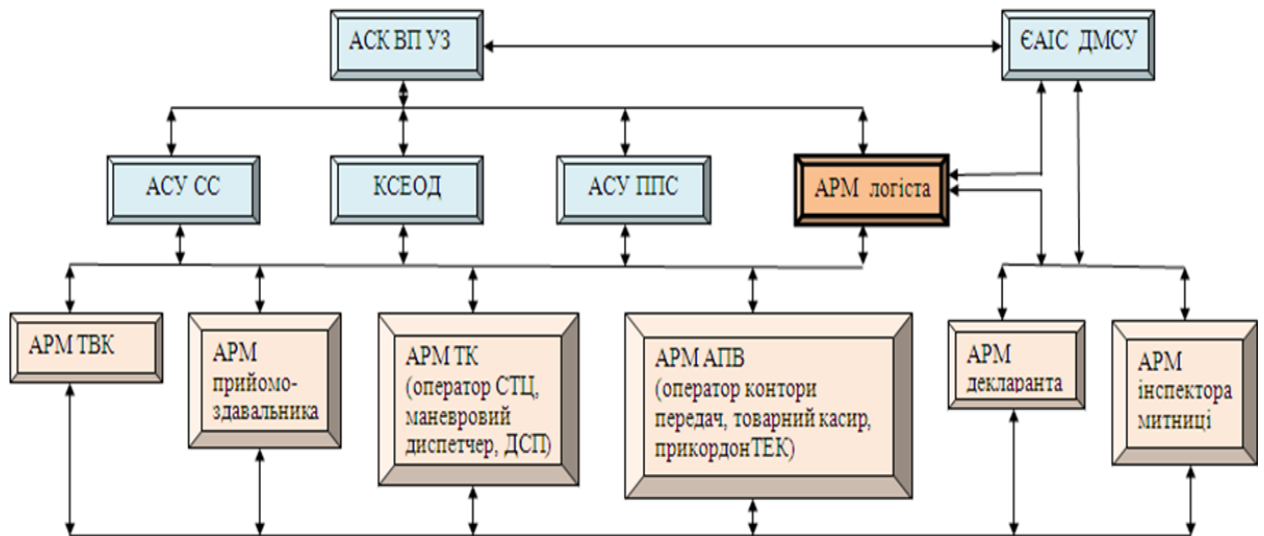


Рисунок 3.12 Схема організації інформаційного обміну даними між автоматизованими системами різних рівнів в умовах функціонування АСУ ППС

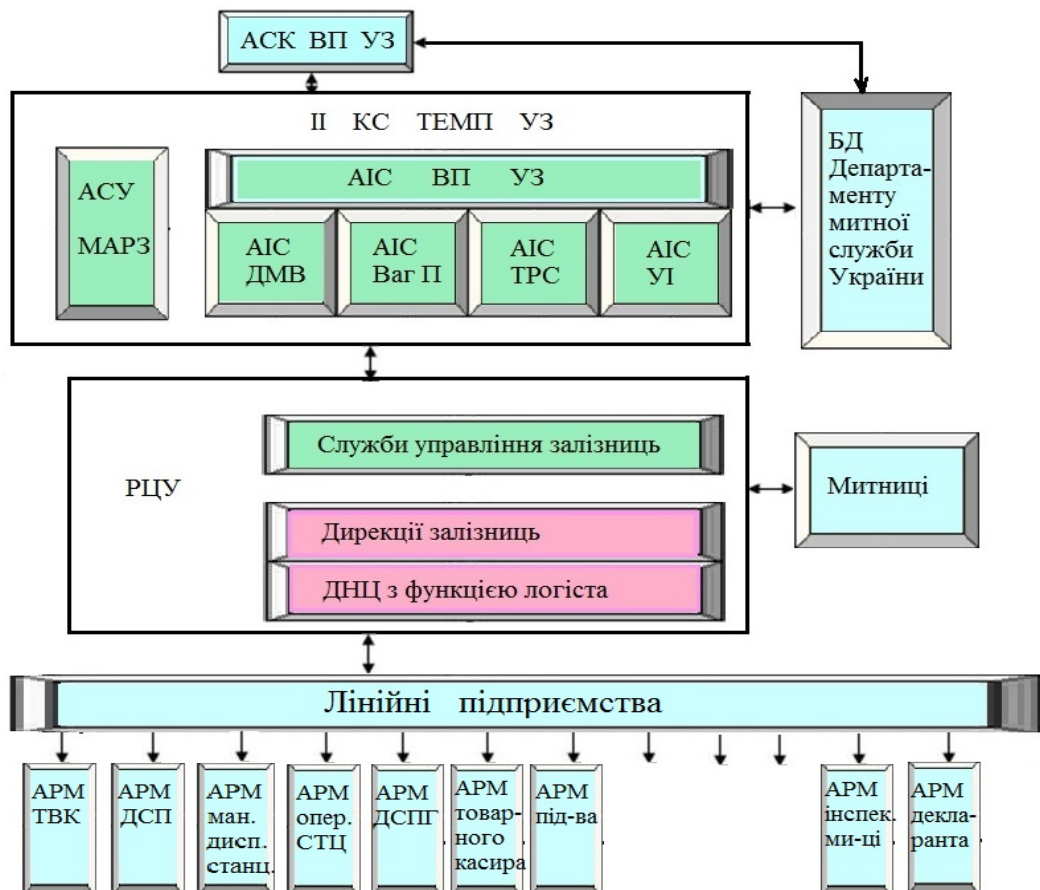


Рисунок 3.13 Схема організації інформаційного обміну в умовах функціонування ПКС TEMPI UZ
оброблятися на ССКРШ, та надходить у Комплексну систему електронного обміну даними [67]. Доступ до інформації можуть мати усі користувачі АСКВП УЗ. Необхідно зауважити, що система виконує контроль формату

даних, відповідності нормативним значенням та даним, що були раніше введені в систему, а також повноти введення даних [51].

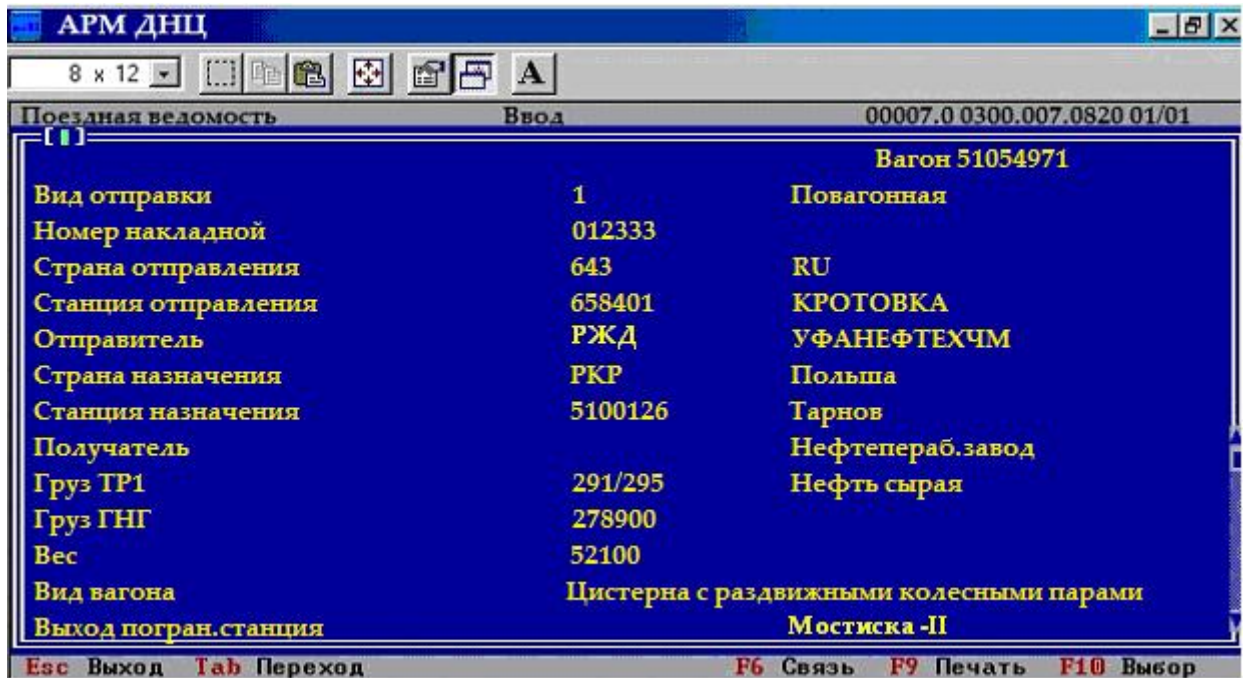


Рисунок 3.14 Діалогове вікно для введення інформації з АРМ користувача за допомогою програми «Термінал АСОУП»

Аналіз функціонування ПКС ТЕМП УЗ довів, що доповнення АРМ ДНЦ функціями логіста дозволить скоротити час передачі вантажних одиниць з однієї ширини колії на іншу, раціонально використовувати існуючі і проєктовані потужності інфраструктури ССКРШ, розширити перелік послуг, що надаються відповідно до сучасних вимог до доставки вантажів за схемами «від дверей до дверей» і «точно в строк», прискорити розрахунки за перевезення і додаткові послуги, зменшити час виконання митних, сертифікаційних і інших процедур за рахунок попереднього надання перевізних документів на вантажі і прискорення документообігу на прикордонних станціях, а також підвищити якість послуг, що надаються, до міжнародного рівня.

3.5 Розробка комплексу технічних заходів для ефективного використання системи SUW – 2000

У останні часи багато науковців висловлюють думку про застосування колійного стану SUW-2000 для обслуговування вантажних вагонопотоків [7, 38, 39, 40, 41, 60, 71, 80, 86]. Але аналіз роботи такого стану, встановленого на станції Мостиська-II довів, що конструкція розсувних колісних пар є не зовсім досконалою, і мають місце випадки неспрацьовування фіксаторів коліс, що потребує повторного прогону

маневрового составу через SUW-2000. Це викликає додатковий час знаходження вагонів на прикордонній станції та потребує додаткових фінансових вкладань. З метою вирішення цього завдання на підставі [20, 91, 100, 101] було розроблено комплекс технічних заходів для ефективного використання системи SUW-2000. Зокрема, пропонується спорудження підготовчої ділянки, на якій для вагонів, що обладнані розсувними колісними парами, буде виконуватись попереднє очищення фіксаторів від снігу, криги, бруду та ін., що гарантує спрацьовування цих фіксаторів з першого разу. Опис і креслення запропонованого до впровадження пристрою та розрахунок економічної доцільності його спорудження наведено у додатку Є. Виконані розрахунки дозволяють зробити висновок, що очікуваний економічний ефект від впровадження очисного пристрою складатиме біля 6,8 млн. грн. за рік.

3.6 Висновки до третього розділу

1. Викладено теоретичні основи дослідження способів передавання вагонів з колії 1435 мм на колію 1520 мм. Виконано аналіз існуючих способів передавання вагонопотоків з колії однієї ширини на іншу. Сформульовано задачу визначення раціональної технології та запропоновано її розв'язок за допомогою методів векторної оптимізації, що дозволяє максимально враховувати інтереси як залізниці, так і вантажовласника та економічно обґрунтувати обраний спосіб передавання вагонів. Результати дослідження можуть розглядатися як важливий крок на шляху організації міжнародних вантажних перевезень за інтероперабельними технологіями.

2. Розроблено комплекс математичних моделей для дослідження та вибору способів передавання вагонопотоків з колії 1435 мм на колію 1520 мм та у зворотному напрямку, які дозволяють виявити взаємну залежність таких критеріїв оптимізації, як час та вартість, а також їх залежність від структури та обсягів міжнародних вагонопотоків. Запропоновано математичні моделі процесів перевантажування вантажів, перестановки візків та зміни ширини колісних пар. У результаті були побудовані графіки залежності витрат коштів від витрат часу, аналіз яких дозволяє ухвалити рішення щодо вибору ефективної технології обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини. Проаналізовано вірогідність математичних моделей функціонування прикордонних станцій за умов безперевантажувальних перевезень (перестановки візків та використання вагонів із розсувними колісними парами). Упровадження запропонованого комплексу моделей дозволяє сформулювати раціональну логістичну технологію, націлену на

скорочення часу перебування вантажних вагонів, що прямують за кордон або із-за кордону, на станціях стикування колій різної ширини, а, отже, підвищити техніко-експлуатаційні показники роботи цих станцій під час здійснення міжнародних перевезень вантажів. Отримані у просторі функціоналів графіки функції залежності витрат коштів від часу, необхідного для здійснення технологічної операції, можуть бути впроваджені у технологічні процеси прикордонних станцій.

3. Сформовано оптимізаційну модель енергетичних витрат при проходженні поїзда через систему SUW-2000, в якій за аргументи прийнято швидкість та час. Виконано якісне дослідження залежності витрат енергії на рух вантажних вагонів від часу їх перестановки на колійному пристрої системи SUW-2000, яке дає підставу стверджувати, що найбільш доцільно виконувати перехід вагонів зі швидкістю 7-8 км/год. Упровадження запропонованої методики в технічні процеси прикордонних станцій дозволить підвищити показники використання рухомого складу під час здійснення міжнародних перевезень за рахунок реалізації раціональної технології.

4. З метою підвищення ефективності використання системи SUW-2000 пропонується на підходах до неї встановити пристрої для очищення фіксаторів розсувних колісних пар від снігу, криги та бруду, що забезпечить їх безвідмовне спрацьовування. Ефект від їх впровадження очікується біля 6, 8 млн. грн. за рік.

5. Удосконалено функціональну схему організації інформаційного обміну даними між автоматизованими системами залізничного транспорту різних рівнів в локальній інформаційно-керуючій системі прикордонної станції, зокрема, запропоновано розвиток логістичних функцій управління. З метою надання у рівень автоматизованої системи управління роботою прикордонної станції більш точної інформації пропонується підключити до даної системи пристрої автоматизованої системи управління сортувальною станцією, на якій було сформовано состав поїзда, що прибуває на адресу прикордонної станції, та пристрої АРМ логіста з можливістю використання додаткової інформації із системи автоматичної ідентифікації вагонів.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ВАГОНОПОТОКІВ НА СТАНЦІЯХ СТИКУВАННЯ КОЛІЙ РІЗНОЇ ШИРИНИ

4.1. Визначення економічної ефективності впровадження логістичної технології в процес перевантаження вагонів

Актуальність прискорення пропуску вантажопотоків через прикордонні станції України та скорочення витрат на простої вагонів на них обумовлена необхідністю в скороченні транспортних витрат в умовах переходу до ринкової економіки, необхідністю використання перевізних технологій, які поєднують відносно високу швидкість та помірну вартість доставки вантажів, загостренням конкуренції між підприємствами автомобільного і залізничного транспорту, в тому числі на міжнародних маршрутах, та іншими факторами. Для дослідження цієї проблеми необхідно проаналізувати способи обслуговування вагонопотоків на прикордонних станціях та визначити оптимальні варіанти передачі вантажів з колії 1435 мм на колію 1520 мм та у зворотному напрямку.

Таким чином, витікає необхідність проведення техніко-економічної оцінки результатів впровадження логістичних технологій в процесі обслуговування міжнародних вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини та визначення раціонального часу знаходження вагонів на цих станціях.

З метою вибору оптимального варіанту передачі вантажів з колії 1435 на колію 1520 (перевантаження вантажів з вагонів однієї ширини колії у вагони іншої, зміна візків вагонів у пунктах переставлення або використання вагонів з автоматичними розсувними коліями парами) пропонується для кожного варіанту визначити експлуатаційні витрати за загальноприйнятою технологією [11, 12, 25, 106]. Приймається до уваги, що капітальні вкладання однакові для існуючої та запропонованої технологій. У випадку, коли один варіант потребує більших капіталовкладень при менших витратах на експлуатацію, для порівняння визначається термін, протягом якого різниця в капіталовкладеннях окупиться за рахунок економії від експлуатаційних витрат. Розрахунок вартісних нормативів вимагає трудомісткої роботи з підбору інформації та її обробки. Оскільки залізнична станція є складним комплексом взаємозалежних господарств, пропонується розраховувати величину нарахувань основних витрат, загальних для усіх галузей господарства, та загальногосподарських витрат за окремими господарствами [63].

У даному розділі грошові показники розраховувались на підставі статистичних даних роботи Львівської залізниці. Вага та довжина поїздів приймалася на основі протоколу прикордонного узгодження для станцій залізничного вузла.

Була визначена вартість часу знаходження вагонів з обраними вантажами у ППер, ППВ та ПРКП на основі розрахунку експлуатаційних витрат. До експлуатаційних витрат при перевантаженні з вагону у вагон включено: витрати на утримання вагоноперекидача, перекачувальної естакади, пневматичної машини і кранів; витрати на підготовчі операції; вартість розвантажувально-навантажувальних робіт; утримання маневрових локомотивів; заробітну платню працівників ППер; витрати на електроенергію, що споживають розвантажувальні машини, тощо. Ці витрати залежать від об'єму перевезень за видами вантажів.

Величину вартісного нормативу станційних витрат на вагоно-годину знаходження вагонів на ССКРШ при перевантаженні вагонів пропонується визначати наступним чином:

), (4.1)

де α – частка роботи на вантажних фронтах (подавання, прибирання та розстановка вагонів) в загальному обсязі маневрових операцій. Для обраного способу $\alpha = 0,32$;

– основні специфічні витрати з j -ї статті, пов'язаної з маневровою роботою господарства перевезень та локомотивного господарства;

– основні специфічні витрати господарств вагонного, перевезень, сигналізації та зв'язку, електрифікації та енергопостачання за статтями, віднесеними на вагоно-кілометр;

– основні специфічні витрати господарства вантажної та комерційної роботи на перевантаження вантажів з вагонів вузької колії у вагони широкої колії або навпаки;

– основні специфічні витрати господарства вантажної та комерційної роботи на тимчасове зберігання вантажів на складах, якщо перевантаження здійснюється не за прямим варіантом;

– основні специфічні витрати з j -ї статті господарства колії відповідно у частці головних та станційних колій;

β – питома вага умовно-постійних витрат по господарству колії. У нашому випадку $\beta = 0,791$;

– коефіцієнт нарахувань основних загальних та загальногосподарських витрат по i -му господарству;

nT – значення вагоно-годин загального простою вантажних вагонів.

На підставі аналізу роботи станції Мостиська-II будемо вважати, що середній час знаходження вагонів на ССКРШ при перевантаженні складатиме 8 годин, а за умов впровадження логістичної технології, описаної у пункті 3.1, цей час зменшиться до 7,7 год.

Для обох випадків в розрахунках припускається, що за добу перевантажується 8 составів по 40 вагонів кожний. Таким чином, для існуючої технології прийнято $nT = 926720$ вагоно-годин, а для запропонованої – $nT = 899360$ вагоно-годин.

За даними роботи Львівської залізниці за 2011 рік, приймаються наступні значення величин відповідних нарахувань (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Величина нарахувань витрат за окремими господарствами для перевантаження вагонів

Найменування господарства	Основні специфічні витрати за існуючим варіантом, тис. грн.	Основні специфічні витрати за логістичною технологією, тис. грн.	Коефіцієнт нарахування основних загальних та загальногосподарських витрат на основні специфічні
Перевезень	68046	48604	0,79
Локомотивне	584321	417372	0,36
Вантажної та комерційної роботи	57682	22861	0,66
-II- додатково на зберігання вантажів на складах	27576	19697	0,28
-II- додатково на перевантаження вагонів	34719	24799	0,32
Вагонне	453119	323656	0,19
Колійне	224452	160323	0,24
Сигналізації та зв'язку	81376	58125	0,45
Електрифікації та енергопостачання	66301	47358	0,5

Після підстановки чисельних значень у формулу (4.1) отримаємо, що для існуючої технології вартісний норматив станційних витрат на вагоно-годину знаходження вагонів на ССКРШ складатиме 0,469 тис. грн., а за умов впровадження логістичної технології – 0,332 тис. грн. Так як початкові умови у обох випадках передбачають річне перевантаження 116800 вагонів, то сумарні річні витрати на час знаходження вагонів на ССКРШ для існуючої технології будуть дорівнювати 54779200 грн., а для раціональної – 38750000 грн., тобто економія річних експлуатаційних витрат складатиме біля 16 мільйонів гривень.

4.2 Визначення економічної ефективності впровадження логістичної технології в процес зміни візків вантажних вагонів

Аналогічним чином були визначені експлуатаційні витрати для пункту зміни візків вантажних вагонів. Вони складаються з витрат на утримання й експлуатацію домкратів, козлових кранів і електронавантажувачів; маневрову роботу з вагонами, кузови яких переставляються на візки іншої колії; заробітну плату робітників ППВ; поточне утримання і ремонт візків вагонів колії 1520 та 1435 мм; утримання виробничих та службових приміщень; освітлення місць виробництва тощо.

Для визначення величини вартісного нормативу під час зміни візків вантажних вагонів формула (4.1) прийме наступний вигляд:

$$, (4.2)$$

де α – частка роботи на коліях зміни колісних пар (подавання, прибирання та розстановка візків біля домкратів) в загальному обсязі маневрової роботи, $\alpha = 0,23$;

β – основні специфічні витрати вагонного господарства у пункті зміни колісних пар.

$$\beta = 0,587.$$

Величини необхідних нарахувань за цим варіантом наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Величина нарахувань витрат за окремими господарствами для зміни візків вагонів

Найменування господарства	Основні специфічні витрати за існуючим варіантом, тис. грн.	Основні специфічні витрати за логістичною технологією, тис. грн.	Коефіцієнт нарахування основних загальних та загальногосподарських витрат на основні специфічні
Перевезень	64642	23941	0,79
Локомотивне	334017	123710	0,36
Вантажної та комерційної роботи	48715	18043	0,66
Вагонне	312812	115856	0,19
-II- додатково у пункті зміни колісних пар	374258	144995	0,23
Колійне	182113	67449	0,24
Сигналізації та зв'язку	76315	28265	0,45

Електрифікації та енергопостачання	54265	20098	0,5-
------------------------------------	-------	-------	------

Вихідні дані по кількості вагонів, з якими виконуються операції по зміні візків, такі ж самі, як і для технології перевантаження. Середній час знаходження вагонів на ССКРШ при зміні візків складає 2,5 години, а за умов впровадження логістичної технології, описаної у пункті 3.2, цей час зменшиться до 2,3 год.

Після підстановки чисельних значень у формулу (4.2) отримаємо, що для існуючої технології вартісний норматив станційних витрат на вагоно-годину знаходження вагонів на ССКРШ складатиме 0,439 тис. грн., а за умов впровадження логістичної технології – 0,165 тис. грн. Так як за рік здійснюється перестановка на візки іншої колії 116800 вагонів, то сумарні річні витрати на час знаходження вагонів на ССКРШ для існуючої технології будуть дорівнювати 51275200 грн., а для раціональної – 19280500 грн., тобто економія річних експлуатаційних витрат становитиме приблизно 32 мільйони гривень.

4.3 Визначення економічної ефективності впровадження логістичної технології в процес переведення вагонів через SUW-2000

Наступним кроком було обчислено експлуатаційні витрати на переведення вагонів з однієї колії на іншу за допомогою системи SUW-2000. Вони складаються з відрахувань на ремонт та амортизацію колійного стану, на амортизацію і ремонт колій, на утримання маневрових локомотивів та витрат, викликаних простоем вагонів в період знаходження їх на пункті переходу з однієї колії на іншу, заробітну платню працівників ПРКП тощо.

Для визначення величини вартісного нормативу під час зміни відстані між гребенями колісних пар формула (4.1) прийме наступний вигляд:

$$, \quad (4.3)$$

де α – частка роботи на стаціонарному пристрої SUW-2000 в загальному обсязі маневрових операцій. Її значення може коливатись від 0,15 до 0,27 в залежності від прийнятої технології. Найменше значення α SUW прийматиме у тому випадку, коли цілий состав вантажного поїзда обладнаний розсувними колісними парами і маневри виконуються лише у межах колійного пристрою SUW-2000. Цей коефіцієнт збільшується у випадках, коли з якихось причин не відбулося розсування колісних пар (налипання бруду, криги, механічних поламок тощо) і потрібно виконати

додаткові маневри. Найбільше значення коефіцієнт приймає, коли необхідно із состава прибулого поїзда за допомогою маневрів вилучити ті вагони, які обладнані розсувними колісними парами та доставити їх до колійного пристрою SUW. У розрахунках умовно приймаємо, що для обох випадків $= 0,2$.

– основні специфічні витрати колійного господарства з утримання стаціонарного пристрою SUW.

Для існуючої та запропонованої технологій умовно приймаємо, що питома вага умовно-постійних витрат по господарству колії $\beta = 0,675$, а

величина включає в себе витрати вагонного господарства на технічне обслуговування вагонів з розсувними колісними парами та, за необхідністю, їх очищення від бруду тощо.

Необхідно зазначити, що для технології розсунення колісних пар за допомогою колійного стану SUW-2000 відпадає потреба у сортуванні вагонів по вантажних фронтах або перестановочних позиціях, за рахунок чого значно скорочуються витрати на маневрові пересування. А за умов спорудження очисних пристроїв на підходах до SUW-2000 не буде також витрат на маневрову роботу, викликану необхідністю повторного прогону составів із-за неспрацьовування фіксаторів колісних пар. Середній час знаходження вагонів на ССКРШ при прогоні через систему SUW-2000 складає 1,5 години (з урахуванням часу обробки на коліях приймального та відправного парку та оформлення перевізних документів), а за умов впровадження логістичної технології, описаної у пункті 3.3, цей час зменшиться до 1,4 год. Величини нарахувань за цим варіантом наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Величина нарахувань витрат за окремими господарствами для обслуговування вагонів із розсувними колісними парами

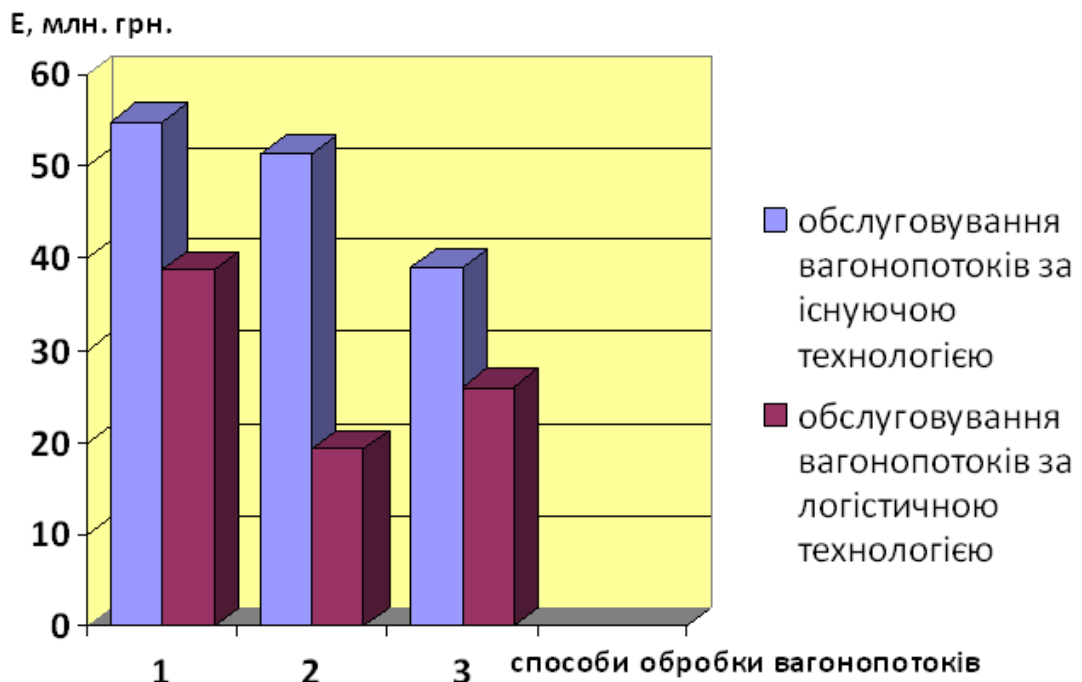
Найменування господарства	Основні специфічні витрати за існуючим варіантом, тис. грн.	Основні специфічні витрати за логістичною технологією, тис. грн.	Коефіцієнт нарахування основних загальних та загальногосподарських витрат на основні специфічні
Перевезень	52874	33046	0,79
Локомотивне	287082	179426	0,36
Вантажної та комерційної роботи	32876	20548	0,66
Вагонне	261820	163638	0,19
Колійне	121034	7584	0,24
-II- додатково на утримання	84956	48696	0,48

пристрою SUW			
Сигналізації та зв'язку	76315	47697	0,45
Електрифікації та енергопостачання	54265	33916	0,5

Кількість вагонів, обладнаних розсувними колісними парами, приймається такою ж самою, як і для двох попередніх способів обслуговування вагонопотоків (тобто 8 составів по 40 вагонів у кожному на добу, що складатиме 116800 вагонів на рік).

Після підстановки чисельних значень у формулу (4.3) отримаємо, що для існуючої технології вартісний норматив станційних витрат на вагоно-годину знаходження вагонів на ССКРШ складатиме 0,334 тис. грн., а за умов впровадження логістичної технології – 0,223 тис. грн. При цьому сумарні річні витрати на час знаходження вагонів на ССКРШ для існуючої технології будуть дорівнювати 39011200 гривень, а для раціональної – 26042000 гривень, тобто економія річних експлуатаційних витрат становитиме біля 13 мільйонів гривень.

Результати розрахунків для усіх трьох способів обслуговування вагонопотоків показані на рисунку 4.1.



1- перевантаження; 2 - переставлення візків; 3 – використання SUW-2000

Рисунок 4.1 Аналіз економічної доцільності впровадження логістичної технології в процесі обслуговування вагонопотоків на ССКРШ

4.4 Аналіз вартості простоїв вагонів на станціях стикування колій різної ширини від річного обсягу перевезень

Необхідно зауважити, що вартість простоїв вагонів на ССКРШ буде залежати від кількості вантажів, що прямують у міжнародному сполученні. Дослідження змін вартості простоїв при збільшенні річного обсягу перевезень проводилися на прикладі обробки вагонів з рудою, зерном та нафтопродуктами за умов впровадження логістичної технології.

Загальна вартість простою вагонів, віднесена до річного обсягу перевезень, визначається за формулою:

$$C = \dots, \quad (4.4)$$

де $Ntв$ – вагоно-години простою за відповідним варіантом;

$C_{во}$ – вартість простою вагону по варіантам перевезень, грн./т;

де ρ_v – маса вантажу у вагоні, т/ваг;

Q – річний обсяг перевезень вантажів, тис. т/рік.

У таблиці 4.4 показано результати розрахунків за формулою (4.4).

Способи обробки вагонопотоків відповідно такі: I – перевантаження вантажів у ППер, II – зміна візків у вантажних вагонів у ППВ, III – пропуск вагонів з розсувними колісними парами через систему SUW-2000 Вагоно-години приймалися за даними роботи Львівської залізниці з прогнозованими змінами відповідно раціональної технології.

На підставі отриманих даних побудовано залежності загальної вартості простоїв на ССКРШ вагонів, з якими виконують операції з перевантаження або перестановки візків, та які обладнані розсувними колісними парами, від річного обсягу перевезень. На рисунку 4.2 показані дані залежності за умов реалізації логістичної технології.

Таблиця 4.4 – Величина вартості простою вагонів, віднесена до річного обсягу перевезень

Способи обробки вагоно-потоків	Річний обсяг перевезень вантажів Q , тис. т										
	2	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31
I	0,6	2,2	3,8	4,9	6,2	7,1	8,3	9,3	10,4	11,7	12,9
II	3,8	4,1	4,9	5,2	5,9	6,1	6,8	7,1	7,7	8,0	8,8
III	3,0	3,3	3,9	4,2	4,7	5,2	5,7	6,0	6,4	7,0	7,3

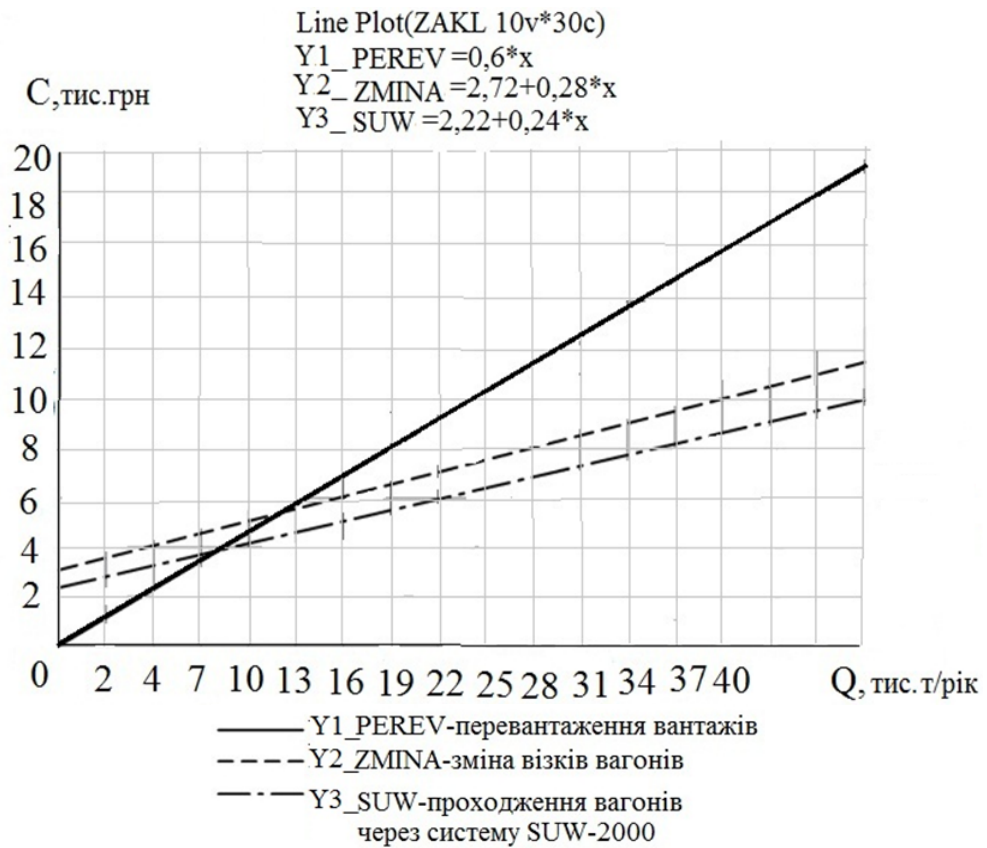


Рисунок 4.2 Залежність вартості простоїв вагонів на ССКРШ від річного обсягу перевезень

На рис. 4.3 наведені порівняльні графіки залежності грошових витрат від часу перебування вагонів на прикордонній станції для існуючих технологій обслуговування вагонопотоків на ССКРШ та за умов впровадження логістичних технологій. Кожна лінія відповідає усередненим значенням відповідних витрат для усіх трьох можливих технологій виконання переведення вагонопотоків з колії 1520 мм на колію 1435 мм та у зворотному напрямку.

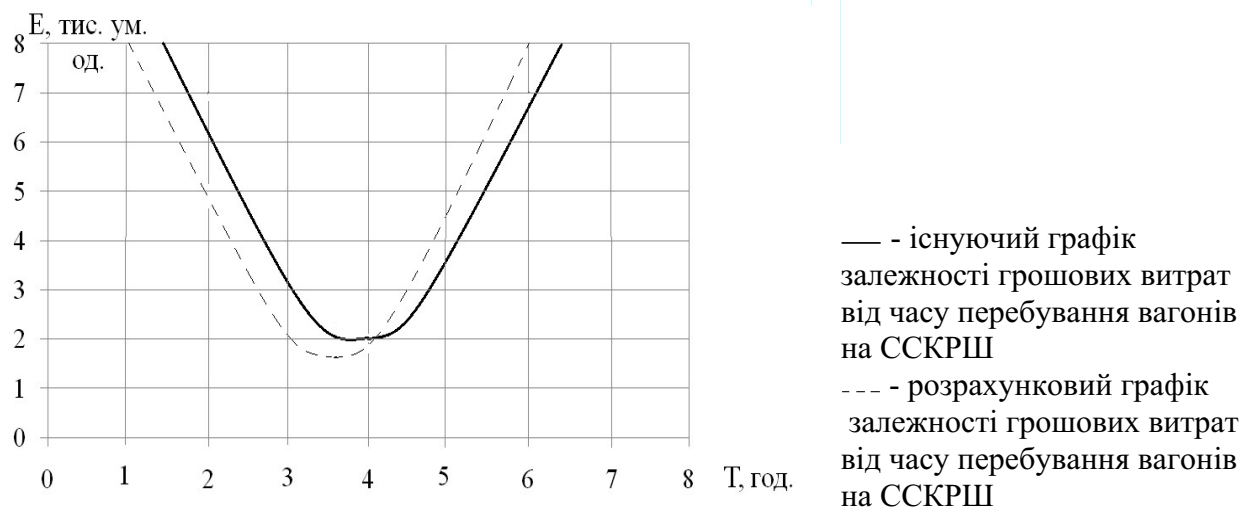


Рисунок 4.3 Порівняльний аналіз залежності грошових витрат від часу перебування вагонів на ССКРШ

Аналіз наведених графіків дає підстави констатувати, що запропонований в роботі підхід дозволить знизити час на передавання вагонів приблизно на 18%, а експлуатаційні витрати – на 11%

Результати аналізу техніко-економічних досліджень дозволяють зробити висновок, що оптимальний спосіб передавання вантажів на іншу колію залежить від обсягів та структури вагонопотоків і розмірів витрат на обробку вагонів. Основними способами передавання вантажів на іншу колію можна вважати їх перевантаження з вагонів однієї колії у вагони іншої та зміну візків вантажних вагонів. Перевезення вантажів у вагонах з автоматичними розсувними колісними парами можна рекомендувати в замкнених маршрутах у межах оптимальної відстані. При цьому необхідно мати на увазі, що при збільшенні обсягів перевезень за цією технологією вартість загальних витрат збільшиться, так як на неї має великий вплив вартість самого рухомого складу та необхідність побудови паралельних каналів обслуговування (SUW-2000).

В цілому в дисертаційній роботі можна виділити такі види ефективності результатів:

1. Науково-технічний ефект полягає у моделюванні раціональної технології передавання вантажних вагонів з колії ширини 1435 мм на колію ширини 1520 мм та навпаки.
2. Економічний ефект. За умов реалізації логістичної технології планується одержати таку економію річних експлуатаційних витрат: для перевантажування вагонів – 16 млн. грн., для перестановки візків – 32 млн. грн., для технології з використанням системи SUW-2000 – 13 млн. грн.
3. Соціальний ефект відображує позитивну зміну умов праці робітників вагонного господарства з переходом на без перевантажувальні перевезення; зменшення впливу на навколишнє середовище; підвищення якості надання митних послуг під час організації міжнародних перевезень тощо.

4.5 Висновки до четвертого розділу

1. Визначено економічну ефективність впровадження логістичної технології в процесі передавання міжнародних вантажних вагонопотоків з колії ширини 1520 мм на колію ширини 1435 мм. Виконано розрахунок основних вартісних нормативів на даними роботи Львівської залізниці. Доведено, що за умов реалізації раціональної технології планується одержати таку економію річних експлуатаційних витрат: для перевантажування вагонів – 16 млн. грн., для перестановки візків вантажних вагонів – 32 млн. грн., для технології з використанням вагонів з розсувними колісними парами та системи SUW-2000 – 13 млн. грн.

2. Результати аналізу техніко-економічних досліджень свідчать про те, що оптимальний спосіб передачі вантажів на іншу колію залежить від часу знаходження вантажних вагонів на станції стикування колій різної ширини і розмірів станційних витрат на обробку вагонів. Основними способами передавання вантажів на іншу колію можна вважати перевантаження його з вагонів однієї колії в вагони іншої. Перевантаження в деяких випадках поступається зміні візків. Перевезення вантажів в вагонах з автоматичними розсувними колісними парами можна рекомендувати в замкнених маршрутах у межах оптимальної відстані.

3. Виконаний порівняльний аналіз розрахунку вартісних нормативів для різних технологій обробки вагонів, що здійснюють міжнародні перевезення вантажів, дозволяє зробити висновок про доцільність використання системи SUW-2000 для вантажних перевезень. Це не тільки дозволить зменшити час обробки вагонів на прикордонних станціях та підвищити показники використання рухомого складу, але й зменшить собівартість перевезень в цілому.

4. Аналіз графіків залежності грошових витрат від часу перебування вагонів на прикордонній станції для існуючих технологій обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини та за умов впровадження логістичних технологій дає підстави стверджувати, що з апропоновані технології є конкурентоздатними та надають можливість скоротити час на передавання вагонів приблизно на 18%, та знизити експлуатаційні витрати приблизно на 11%.

5. Отримані результати мають науково-технічну, економічну та соціальну цінність.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичне завдання щодо удосконалення технології обслуговування вагонопотоків на прикордонних станціях стикування колій різної ширини шляхом вибору раціональних вартісних та часових параметрів логістичного ланцюга доставки вантажів у міжнародному сполученні.

Основні наукові результати, висновки і практичні рекомендації полягають у наступному:

1. Проведено аналітичні оцінки існуючих технологій та наукових підходів до формування технологій обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини, а також оцінку техніко-експлуатаційних показників їх роботи, що дозволило визначити можливі шляхи підвищення ефективності функціонування цих станцій. Визначено основні фактори, які негативно впливають на грошові та часові параметри логістичного ланцюга. Серед них – несвоєчасне подавання вагонів на пункти перевантаження, нерівномірне надходження вагонопотоків, несправність засобів механізації та недостатність їх у період максимального надходження вагонопотоків, несвоєчасна інформація і порушення встановленого порядку тощо.

2. Сформовано математичну модель процесів декомпозиції неоднорідного вхідного потоку вагонів на станціях стикування колій різної ширини, яка дозволяє визначити часові та грошові параметри логістичного ланцюга в умовах різнорідної структури вагонопотоків.

3. Розроблено комплекс математичних моделей для дослідження та вибору способів передавання вагонопотоків з колії 1435 мм на колію 1520 мм та у зворотному напрямку. У результаті були побудовані графіки залежності витрат коштів від витрат часу, аналіз яких дозволяє ухвалити рішення щодо вибору ефективної технології обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини. За умов реалізації раціональної технології планується одержати таку економію річних експлуатаційних витрат: для перевантажування вагонів – 16 млн. грн., для перестановки візків – 32 млн. грн., для технології з використанням системи SUW-2000 – 13 млн. грн.

4. Удосконалено функціональну схему організації інформаційного обміну даними між автоматизованими системами залізничного транспорту різних рівнів в локальній інформаційно-керуючій системі прикордонної станції, зокрема, запропоновано розвиток логістичних функцій управління, що дає економію часу на прийняття рішень приблизно на 30%.

5. Обґрунтовано економічну доцільність впровадження логістичної технології в процесі попуску вагонопотоків через станції стикування колій різної ширини з визначенням раціонального часу знаходження вагонів на прикордонних станціях. Запропоновані технології дають можливість скоротити час на передавання вагонів приблизно на 18%, та знизити експлуатаційні витрати приблизно на 11%.

6. Запропоновано технічні заходи для ефективного використання системи SUW-2000 для вантажних перевезень. Зокрема, розглядається можливість використання пристроїв для очищення фіксаторів розсувних колісних пар від снігу, криги та бруду, що забезпечить їх безвідмовне спрацювання. Ефект від їх впровадження очікується біля 6,8 млн. грн. за рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамов, А.А. Современные системы автоматизированного управления перевозками (функциональные возможности АРМ) [Текст] / А.А. Абрамов, Г.М. Биленко. – М.: РГОТУПС, 2002. – 136 с.
2. Акуленко, А.А. Застосування нормативів ЄС на українських напрямках міжнародних транспортних коридорів [Текст] / А.А. Акуленко // Залізничний транспорт України. – 2004. – № 5. – С. 8 – 9.
3. Акулиничев, В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог [Текст]: навчальний посібник / В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, А. Н. Корешков. – М.: Транспорт, 1981. – 223 с.
4. Алексеев, В.М. Збірка задач по оптимізації. Теорія, приклади, задачі [Текст]: навчальний посібник / В.М. Алексеев, Э.М. Галлеев, В.М. Тихомиров. – М.: Наука, 1984. – 288 с.
5. Альошинський, Є.С. Основи формування процесу міжнародних вантажних залізничних перевезень [Текст]: автореф. дис. д-ра техн. наук 05.22.01 / Є.С. Альошинський. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – 40 с.
6. Антонюк, И. Через границу – без преград [Текст] / И. Антонюк // Технологии транспортирования и хранения грузов. – 2002. – № 12. – С. 21-24.
7. Антонюк, І. Раціональним маршрутом [Текст] / І. Антонюк // Магістраль. – 2011. – № 8. – С. 3.
8. Бауліна, Г.С. Удосконалення роботи прикордонних передавальних станцій на основі автоматизованої технології управління вагонопотоками. Автореферат на здобуття наукового ступеню к.т.н. 05.22.01 [Текст]: автореферат / Г.С. Бауліна. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 20 с.
9. Бауліна, Г.С. Формалізація технології функціонування прикордонної передавальної станції при виконанні додаткової маневрової роботи [Текст] / Г.С. Бауліна // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011. – № 119.– С. 72 – 78.
10. Безуглий, П.В. Оптимізація процесу перевезень експортно – імпорتنних вантажів [Текст] / П.В. Безуглий // Залізничний транспорт України . – 2004. – № 4. – С. 27.
11. Беленький, М.Н. Экономика железнодорожного транспорта [Текст]: учебник для ВУЗов ж–д. трансп. / М.Н. Беленький. – М.: Транспорт, 1985. – 438 с.
12. Белов, И.В. Экономика железнодорожного транспорта [Текст]: учеб. для вузов ж–д. трансп. / И.В. Белов, Н.П. Терешина, В.Г. Галабурда. – М.: УМК МПС России, 2001. – 600 с.
13. Белов, В.В. Управление железнодорожным транспортом на основе автоматической идентификации подвижного состава [Текст] / В.В. Белов, В.А. Буянов // Железные дороги мира. – 2005. – № 12. – С. 43 – 49.
14. Босов, А.А. Математическое моделирование рационального использования ресурсов железнодорожной станции [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.google.com>

15. Босов, А.А. Определение рациональных параметров одноканальной СМО в процессе математического моделирования обработки грузовых вагонов при переходе с колеи 1435 мм на колею 1520 мм [Текст] / А.А. Босов, Н.А. Мухина, А.И. Кузьменко // Вісник Дн–ського нац. університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. – 2007. – № 14. – С. 94 – 98.
16. Босов, А.А. Симметрическая разность и её применение [Текст] / А.А. Босов // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. ак. Лазаряна. – 2004. – № 4. – С. 92 – 95.
17. Босов, А.А. Формирование вариантов рациональной сети линий высокоскоростного движения поездов в Украине [Текст]: монография / А.А. Босов, Г.Н. Кирпа. – Д.: Изд – во ДНУЖТ, 2004. – 144 с.
18. Бутов, А.С. Транспортные системы: моделирование и управление [Текст]: моногр. / за ред. А.С. Бутова. – СПб.: Судостроение, 2001. – 552 с.
19. Бутько, Т.В. Интеллектуальні аспекти формування СППР оперативного персоналу прикордонних станцій [Текст] / Т.В. Бутько, Г.С. Бауліна // Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 2. – С. 8 – 12.
20. Вагономоечная машина // [Железнодорожный транспорт: Энциклопедия](#) / Гл. ред. Н.С. Конарев – М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. – С. 53.
21. Васильев, А.Н. Самоучитель Maple 8 [Текст]: самоучитель / А.Н. Васильев. – М.: Диалектика, 2003. – 352 с.
22. Васильев, Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач [Текст]: учебное пособие / Ф. П. Васильев. – М.: Наука, 1980. – 518 с.
23. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология [Текст]: учебное пособие / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1980. – 208 с.
24. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1969. – 416 с.
25. Вергун, О.Ф. Рекомендації з техніко – економічних розрахунків окремих показників експлуатаційної роботи залізниць [Текст]: підручник / О. Ф. Вергун, Н.В. Липовець, Д.Ю. Гаркуша. – К.: Транспорт України, 2002. – 64 с.
26. Ветухов, Е.А. Перегрузочные станции [Текст]: учебное пособие / Е.А. Ветухов, И.Г. Казовский, А.И. Хохорин. – М.: Транспорт, 1966. – 199 с.
27. Волков, В.А. Совершенствование эксплуатации железных дорог [Текст]: учебное пособие / В.А. Волков, Д.Ю. Левин, В.Д. Лерман. – М.: Транспорт, 1984. – 208 с.
28. Впровадження SUW–2000 український та польський міністри вважають історичною подією // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukraine.-poland.com/ua>
29. «Выбирайся своей колеей!», або чому українці не можуть користуватися «євровагонами» // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.baltik-ukraine.com/ua>

30. Головінов, Г. Організація митного контролю на транспорті [Текст]: навч. посібник / Г. Головінов, Ю. Бурліков, А. Рібаков. – Дніпропетровськ: АМСУ, 2001. – 140 с.
31. Головінов, Г.Г. Щодо вдосконалення роботи прикордонних перевантажувальних станцій [Текст] / Г.Г. Головінов, Г.І. Музикіна, А.І. Кузьменко // Вісник Академії митної служби України. – 2004. – № 4 (24). – С. 52 – 56.
32. Голубков, В.В. Механизация погрузочно – разгрузочных работ и грузовые устройства [Текст] / В.В. Голубков, В.С. Киреев. – М.: Транспорт, 1981. – 350 с.
33. Горгиладзе, А.А. Государственный контроль вагонов на пограничных станциях: проблемы и пути решения [Текст] / А.А. Горгиладзе, Ю.М. Косов, А.К. Пашков // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 7. – С. 12 – 16.
34. Гриневич, Г.П. Комплексно – механизированные и автоматизированные склады на транспорте [Текст]: учебное пособие / Г.П. Гриневич. – М.: Транспорт, 1987. – 295 с.
35. Дерibas, А.Т. Организация грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте [Текст]: учеб. для вузов / А.Т. Дерibas, В.В. Повороженко, А.А. Смехов. – М.: Транспорт, 1980. – 328 с.
36. Демин, Ю.В. Проблемы бесперегрузочных и комбинированных перевозок [Текст] / Ю.В. Демин, Г.Н. Кирпа, О.М. Савчук // Залізничний транспорт. – 1998. – № 1 (4 – 5). – С. 37 – 42.
37. Демин, Ю.В. Проблемы интеграции Украины в систему международных комбинированных перевозок. Информационно – управляющие системы на железнодорожном транспорте [Текст] / Ю.В. Демин, В. Кушнирчук, В.К. Мироненко // Залізничний транспорт України. – 2002. – № 4 – 5. – С. 56.
38. Демин, Ю.В. Продление срока службы колес раздвижных колесных пар системы SUW – 2000 [Текст] / Ю. В. Демин и др. // Залізн. трансп. України. – 2007. – № 2. С. 58 – 61.
39. Донченко, А.В. Базові технічні вимоги до рухомого складу для безперевантажувальних перевезень у сполученні «Схід – Захід» [Текст] / А. В. Донченко та ін. // Залізн. трансп. України. – 2007. – № 1. – С. 3.
40. Дьомін, Ю.В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення) [Текст]: підручник / Ю.В. Дьомін. – Київ: Юнікон – Прес, 2001. – 342 с.
41. Дьомін, Ю.В. Шляхи розвитку міжнародних перевезень на основі безперевантажувальних технологій [Текст] / Ю.В. Дьомін // Залізничний транспорт України. – 2009. – № 1. – С. 3 – 6.
42. Дьяконов, В. Maple 7: учебный курс [Текст]: учебное пособие / В. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2002. – 672 с.
43. Елисеев, С.Ю. Управление грузовыми перевозками с применением логистических технологий станций [Текст] / С.Ю. Елисеев // Железные дороги мира. – 2005. – № 12. – С. 38 – 42.

44. Елисеев, С.Ю. Логистические технологии в управлении грузовыми перевозками через пограничные переходы [Текст] / С.Ю. Елисеев // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 7. – С. 40 – 42.
45. Ткаченко, О.П. Железнодорожные системы колеи 1520 мм и 1435 мм. Вопросы интероперабельности и технического регулирования. Задачи контактной группы ОСЖТ/ЕРА [Текст] / О.П. Ткаченко, Д.В. Гнатенко, Г.В. Логвинов // Залізничний транспорт України. – 2010. – № 3. – С. 3 – 4.
46. Зайчик, В.С. Совершенствование технологии работы железнодорожной станции при передаче вагонов и грузов в международном сообщении. Автореф. дис. канд. техн. наук [Текст]: автореферат / В.С. Зайчик . – Гомель: БелГУТ, 2005. – 20 с.
47. Зайчик, В.С. Оптимизация функционирования станции передачи вагонов на границе с Украиной. Актуальные вопросы организации грузовой и коммерческой работы, экономики и маркетинга [Текст] / В.С. Зайчик // Гомель: БелГУТ, 2004. – № 3. – С. 94 – 100.
48. Зябиров, Х.Ш. Совершенствование технологии работы пограничной станции в условиях возрастания объемов перевозок [Текст] / Х. Ш. Зябиров // Ж. д. транспорт. – 2003. – № 4. – С. 1 – 20.
49. Иванова, Т.В. К вопросу моделирования процессов обслуживания вагонов различной колеи на перегрузочных пунктах пограничных станций [Текст] / Т.В. Иванова // Деп. в ЦНИИТЭИ МПС на ж-д транспорте. – 1999. – № 62 – 52. – С. 5.
50. Иванова, Т.В. Прогрессивная технология работы перегрузочной станции по переработке скоропортящихся грузов. Автореф. дис. канд. техн. наук [Текст]: автореферат / Т.В. Иванова. – М.: МИИТ, 2000. – 24 с.
51. Ивлев, С.Л. На основе реконструкции и новых технологий [Текст] / С.Л. Ивлев // Ж – д транспорт. – 2006. – № 7. – С. 17 – 21.
52. Калиникова, В.С. Технические условия погрузки и крепления грузов [Текст]: монография / под ред. В.С. Калининкова. – М.: Транспорт, 1990. – 408 с.
53. Каткевич, Владимир 16.12.2008 р. Украина возвращается к SUW – 2000 // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ksk-rd.ru/news>
54. Каткевич, Владимир 26.02.2009 р. Подписано техническое соглашение об эксплуатации вагонов с раздвижными колесными парами // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.loglink.ru/news>
55. Кірпа, Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему [Текст]: монографія. 2 – ге вид., переробл. і допов / Г.М. Кірпа. – Д.: Вид – во Дніпропетр. нац. ун – ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 248 с.
56. Кіхтєва, Ю.В. Удосконалення функціонування інформаційної підсистеми прикордонних передавальних станцій. Автореферат на здобуття наукового ступеню к.т.н [Текст]: автореферат / Ю.В. Кіхтєва. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 20 с.
57. Кирпа, Г. Железнодорожный транспорт в процессе европейской интеграции [Текст] / Г. Кирпа та ін. // Весь транспорт. – 2003. – № 1. С. 3 – 5.

58. Костюк М.Д., Дьомін Ю.В. Техніко – технологічне забезпечення інтермодальних та інтероперабельних перевезень. Залізничний транспорт України, №3, 2009. Ст. 3 // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.google.com>
59. Кочнев, Ф.П. Управление эксплуатационной работой железных дорог [Текст]: учебное пособие / Ф.П. Кочнев, И.Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.
60. Круліковський Ю. SUW – 2000 – шанс для залізничного транспорту. Poliski partner. – 2003. – № 4 (11).
61. Кузьменко, А.І. Поліпшення експлуатаційних показників рухомого складу за рахунок використання системи SUW – 2000 для організації міжнародних вантажних перевезень [Текст] / А.І. Кузьменко, Ю.В. Медведюк // Вісник Академії митної служби України (Серія “Технічні науки”). – 2009. – № 2 (42). – С. 129 – 135.
62. Кузьменко, А.І. Удосконалення технології перевезення вантажів у міжнародному сполученні [Текст] / А.І. Кузьменко // Вісник Академії митної служби України. – 2008. – № 2 (38). – С. 77 – 82.
63. Кузьменко, А.І. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на економічні показники роботи транспортних засобів міжнародних вантажних перевезень [Текст] / А.І. Кузьменко // Вісник Академії митної служби України (Серія “Технічні науки”). – 2010. – № 1 (43). – С. 52 – 57.
64. Кузьменко, А.І. Удосконалення інформаційного забезпечення роботи прикордонних станцій [Текст] / А.І. Кузьменко // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2011. – № 5 (176). – С. 103 – 108.
65. Кутах, О.П. Математичні моделі та інструментальні засоби інформатизації управління транспортними процесами [Текст]: автореферат, дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук / О.П. Кутах. – Київ: МННЦ ІТС, 2005. – 28 с.
66. Кушнірчук, В.Г. Перевезення вантажів залізничним транспортом [Текст]: довідник / В.Г. Кушнірчук, В.І. Петров, Д.В. Зеркалов. – Київ: Основа, 2001. – 512 с.
67. Лаврухін, О.В. Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями [Текст]: навч. посіб. / О.В. Лаврухін, П.В. Долгополов, В.В. Петрушов, О.М. Ходаківський. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2011. – 118 с.
68. Ломотько, Д.В. Удосконалення технології перевезення вантажів на залізницях України в умовах ринку транспортних послуг [Текст]: автореферат на соискание ученой степени к.т.н. / Д.В. Ломотько. – Харків: Харківська державна академія залізничного транспорту, 2001. – 22 с.
69. Лысиков, М.Г. Особенности работы железнодорожной станции при выполнении пограничных функций [Текст] / М.Г. Лысиков // Вестник ВНИИЖТ. – 2007. – № 5. – С. 35 – 38.
70. Маркуш, Т.О. Удосконалення технічної роботи прикордонної станції. Удосконалення технології перевізного процесу [Текст]: доповідь / Т. О. Маркуш. – Д.: ДНУЗТ ім. В. Лазаряна, 2004. – 111 – 114 с.

71. Матеріали наради в Управлінні Львівської залізниці від 02.04. 2010 р. // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uz.gov.ua>
72. Машунин, Ю.К. Методы и модели векторной оптимизации [Текст]: учебник / Ю.К. Машунин. – М.: Наука, 1986. – 141 с.
73. Мироненко, К.П. Исследование условий работы пограничных перегрузочных пунктов при переработке импортных грузов широкой номенклатуры [Текст]: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / К.П. Мироненко. – Харків: ХИИТ, 1975. – 30 с.
74. Мишко, С.І. Методологічні підходи до управління роботою прикордонної перевантажувальної станції [Текст] / С.І. Мишко // Наукові праці, тези доповідей І Міжнар. наук. – практ. конференції «Підтвердження відповідності на залізничному транспорті: передовий досвід і напрямки розвитку». – 2005. – № 3/2 – С. 201.
75. Мухіна, Н.А. Моделювання раціональних технологій роботи прикордонних залізничних станцій [Текст] / Н.А. Мухіна, А.І. Кузьменко // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2007. – № 85. – С. 244 – 252.
76. Нагорный, Е.В. Методика оптимизации технических и технологических параметров пограничных передаточных станций [Текст] / Н.Ф. Титов, Н.Ю. Черныш, Е.Ю. Тульбович // Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті. – 1998. – № 5. – С. 43 – 50.
77. Назаренко, В.М. Таможенное обслуживание внешнеэкономической деятельности [Текст]: монографія / В.М. Назаренко, А.С. Назаренко. – М.: Экзамен, 2001. – 768 с.
78. Назаренко, В.М. Транспортное обеспечение внешнеэкономической деятельности [Текст] учебн. пособие / В.М. Назаренко, К.С. Назаренко. – М.: Центр экономики и маркетинга, 2000. – 265 с.
79. Нестеренко, Г.І. Удосконалення технології пропуску вантажопотоків через прикордонні передавальні станції [Текст] / Г.І. Нестеренко, А.І. Кузьменко // Вісник Академії митної служби України (Серія “Технічні науки”). – 2011. – № 2 (46). – С. 23 – 29.
80. Нестеренко, Г.І. Дослідження експлуатаційних проблем функціонування системи SUW – 2000 в процесі організації міжнародних вантажних перевезень [Текст] / Г.І.Нестеренко, А.І. Кузьменко, С.І. Музикіна // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2012. – № 6 (177). – С. 49 – 54.
81. Нечаєв, Г.І. Керування вантажною і комерційною роботою і вантажоведення [Текст] / Г.І. Нечаєв, Г.Ф. Бабушкін. – Л: Вид-во СНУ ім. Даля, 2002. – 568 с.
82. Новиков, Ф.А. Дискретная математика для программистов [Текст]: учебник для программистов / Ф. А. Новиков. – СПб.: Питер, 2000. – 304 с.
83. Обухова, А.Л. Удосконалення технології функціонування передавальних залізничних станцій в умовах змішаних та інтермодальних перевезень: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01 [Текст]: автореферат / А. Л. Обухова. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 20 с.

84. Орлов, В.Г. Перевозка грузов в международном железнодорожном сообщении [Текст]: учебник / В.Г. Орлов. – М.: Транспорт, 1983. – 165 с.
85. Падня, В.А. Погрузочно – разгрузочные машины [Текст]: справочник / В.А. Падня. – М.: Транспорт, 1981. – 448 с.
86. Ператинюк, І. Технологію SUW – 2000 приміряють до вантажних перевезень [Текст] / І. Ператинюк // Магістраль. – 2006. – № 4. – С. 46.
87. Перепон, В.П. Грузовая и коммерческая работа [Текст] / В.П. Перепон, П.В. Поликарпочкин. – М.: Транспорт, 1986. – 351 с.
88. Переста, Г.І. Реорганізація технології функціонування прикордонних станцій в умовах впровадження інтегрованих перевезень [Текст] / Г.І. Переста, А.І. Кузьменко // Вісник Академії митної служби України (Серія “Технічні науки”). – 2011. – № 1 (45). – С. 42 – 47.
89. Петров, А.П. Вычислительная техника в эксплуатационной работе железных дорог [Текст]: учебное пособие / А.П. Петров, В.А. Буянов, Г.А. Угрюмов. – М.: Транспорт, 1980. – 247 с.
90. Поезда поставят на раздвижные колеса // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://novostey.com/auto/news>.
91. Полімерні резервуари води із стільниковою (пустотілою) стінкою // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.energostandart.com.ua.
92. Прохорченко, А.В. Розробка моделі розвитку інтегрованих міжнародних залізничних транспортних коридорів на стратегічному рівні планування перевезень [Текст] / А.В. Прохорченко, В.В. Козак, Т.В. Бутько // Інформаційно – керуючі системи на транспорті. – 2011. – № 3. – С. 36 – 41.
93. Пшінько, О.М. Бімодальні технології перевезень – ключ до нових сегментів транспортного ринку [Текст] / О.М. Пшінько, С.В. Мямлін, Р.Г. Коробйова, Д.М. Козаченко, Ч. Фоскетт. // Залізничний транспорт України. – 2009. – № 5. – С. 20 – 22.
94. РІВ – 2000. Угода Про обмін та використання вантажних вагонів між залізничними підприємствами // МЗС, 2000. – С. 93.
95. Ромашкова, Г.М. Совершенствование передачи грузов через пограничный переход [Текст] / Г.М. Ромашкова, Д.В. Железнов, Н.О. Азбукин // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 7. – С. 28 – 30.
96. Рыбин, П.К. Устройство и технология работы приграничных сухопутных и морских транспортных узлов [Текст]: учебн. пособие / под ред. П.К. Рыбина, С.И. Логинова, М.В. Губаря, З.Н. Гарбузова. – СПб.: ПГУПС, 2001. – 96 с.
97. Саати, Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения [Текст]: диссертационное исследование / Т.Л. Саати. – М.: Советское радио, 1965. – 510 с.
98. Саати, Т.Л. Математические методы исследования операций [Текст]: учебное пособие / Т.Л. Саати. – М.: Советское радио, 1963. – 133 с.
99. Савченко, Е.И. Железнодорожные станции и узлы [Текст]: учебник для вузов ж–д. транспорта / Е.И. Савченко, С.В. Земблинов, И.И.

Страковський. – М.: Транспорт, 1980. – 479 с.

100. Самохин А. В. Устройство для очистки стрелочного перевода от снега и наледи // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru-patent.info/21/45-49/2149937.html>.

101. Самсонкін, В.Н. НИОКР и железнодорожное машиностроение: основные тенденции и перспективы [Текст] / В.Н. Самсонкін // Залізн. трансп. України. – 2007. – № 5. – С. 52 – 55.

102. Сеньков, В. Все дороги ведут в Европу [Текст] / В. Сеньков // Весь транспорт. – 2004. – № 7 – 8. – С. 34.

103. Сигорский, В.П. Математический аппарат инженера [Текст]: учебник / В.П. Сигорский. – Київ: Техника, 1975. – 768 с.

104. Скалозуб, В.В. Совершенствование методов выбора очередности роспуска составов на сортировочной станции [Текст] / В.В. Скалозуб // ДонИЖТ. – 2010. – № 24 – С. 46 – 52.

105. Смехов, А.А. Управление грузовой и коммерческой работой на железнодорожном транспорте [Текст]: учеб. для ВУЗов ж–д трансп. / А. А. Смехов и др. – М.: Транспорт, 1990. – 352 с.

106. Смехова, Н.Г. Себестоимость железнодорожных перевозок [Текст]: учеб. для вузов ж–д. трансп. / Н.Г. Смехова, А.И. Купоров, Ю.Н. Кожевников. – М.: Маршрут, 2003. – 494 с.

107. Смолин, А.И. Прогрессивная технология грузовой работы [Текст]: учебник / А. И. Смолин. – М.: Транспорт, 1985. – 160 с.

108. Сотников, Н.Б. Эксплуатация железных дорог (в примерах и задачах) [Текст]: учебное пособие / Н.Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1983. – 254 с.

109. Стецько А.А. Аналіз сучасних рішень для інтегрованих та інтермодальних перевезень. Четвертая Международная научно – техническая конференция „Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте”, ЭКУЖТ, 2009, Интернет – конференция 21 – 30 декабря 2009 года. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uz.gov.ua>.

110. Сувальский, Р.М. SUW – 2000 – новое решение для железнодорожных сообщений [Текст] / Р.М. Сувальский, Ю.В. Демин // Железнодорожный транспорт. – 2003. – № 6 (33). – С. 24 – 27.

111. Таспюк, О. Україна – Польща: без затримок на кордоні: Міжнародне співробітництво [Текст] / О. Таспюк // Магістраль. – 2005. – № 19. – С. 7.

112. Таха, Х.А. Введение в исследование операций [Текст]: в 2–х кн.: Пер. с англ. В.Я. Алтаева, В.Т. Вавилова, В.С. Данилина и др. / Х.А. Таха. – М.: Мир, 1985. – 479 (496) с.

113. Технічне обслуговування і ремонт пасажирських вагонів з розсувними колісними парами типу SUW – 2000 під час експериментальної експлуатації по маршруту Київ – Краків – Київ. Додаток № 2а до Угоди АТ ПКП і УЗ від 18 червня 2003 р.

114. Технологічний процес роботи станції Ковель Рівненського відділку Львівської залізниці. – Ковель, 2003.

115. Технологічний процес роботи пункту перестановки вантажних вагонів на станції Есень. – Ужгород, 2001.
116. Технологічний процес роботи пункту перестановки і пункту контрольно – технічного обслуговування вагонів на станції Вадул – Сирет. – Коломия, 2003.
117. Типовий технологічний процес роботи дільничної станції. – Київ: «Транспорт України», 1998.
118. Титов, Н.Ф. Повышение эффективности функционирования технических пограничных станций железных дорог Украины: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.20 [Текст]: автореферат / Н.Ф. Титов. – Харьков: ХарГАЖТ, 1999. – 19 с.
119. Украина и Польша обсуждают использование системы SUW – 2000 // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://novostey.com/auto/news>.
120. Ушпик С.А., Балалаев А.С. Взаимодействие АСУ пограничных станций [Текст] / С.А Ушпик // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 7. – С. 34 – 38.
121. Феньвеш, Л.Н. Взаимодействие железной дороги и таможенных органов [Текст] / Л.Н. Феньвеш // Железнодорожный транспорт Украины. – 1997. – № 3. – С. 65 – 66.
122. Феньвеш, Л.Н. Проблемы пограничных переходов в международном железнодорожном сообщении [Текст] / Л.Н. Феньвеш // Железные дороги мира. – 2000. – № 15. – С. 13.
123. Циркунов, Г.А. Исследование режима работы и технической оснащённости пограничной перегрузочной станции [Текст] / Г.А. Циркунов // Беп ИИЖТ. – 1969. – № 70. – С. 26.
124. Циркунов, Г.А. Проблемы совершенствования технологии работы и технической оснащённости пограничных перегрузочных станций [Текст]: дисс. докт. техн. наук / Г.А. Циркунов. – Гомель: БелИИЖТ, 1986. – 472 с.
125. Циркунов, Г.А. Расчет временных параметров технологического процесса пограничной перегрузочной станции [Текст]: пособие по курсовому и диплом. проектированию / Г.А. Циркунов, И.А. Еловой, В.С. Зайчик. – Гомель: БелГУТ, 2000. – 38 с.
126. Шиш, В.О. INTERGAUGE – технологія – шлях інтеграції залізниць країн СНД та європейського співтовариства [Текст] / В.О. Шиш, М. Ф. Тітов, В.І. Крячко, В.К. Мироненко, М.І. Луханін // Залізничний транспорт України. – 2006. – № 4. – С. 3 – 8.
127. Ajuste de trilhos SUW – 2000 // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.schaeffler.com/conten>.

Додаток А
Матеріали впровадження результатів дисертаційної роботи

Затверджую:

Начальник служби
вагонного господарства

Львівської залізниці

П.В. Калітчук

 200 5 р.

АКТ

Вагонною службою Львівської залізниці розглянуті методика та комплекс пропозицій з питань оптимізації взаємодії різних дільниць і ланок системи просування міжнародних вантажів, у тому числі за допомогою рухомого складу із колісними парами змінної ширини колії, наведених у дисертаційній роботі Кузьменко А.І.

Запропонований критерій оптимізації поточного планування роботи прикордонної станції на підставі вирішення задачі визначення раціональної технології переходу, як задачі векторної оптимізації функції множини, дозволяє скоротити витрати на обслуговування рухомого складу в момент перетину кордону та знизити сукупні транспортні і пов'язані з ними витрати, а також забезпечити з більш високою гарантією збереженість вантажів та їх доставку в строк.

Методика є перспективною та застосовується для складання планів пропуску міжнародних вантажопотоків по дільницях Львівської залізниці.

Перший заступник
начальника служби
вагонного господарства



Мельничук В.Б.

Інженер служби
вагонного господарства



Верещинська Л.С.

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Начальник

Ужгородської дирекції

залізничних перевезень



АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
Кузьменко Альбіни Ігорівни «УДОСКОНАЛЕННЯ
ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ВАГОНПОТОКІВ НА СТАНЦІЯХ
СТИКУВАННЯ КОЛІЙ РІЗНОЇ ШИРИНИ» на Ужгородській
дирекції залізничних перевезень

Цей акт складений про те, що на Ужгородській дирекції залізничних перевезень були розглянуті методика та комплекс пропозицій з питань удосконалення технології роботи прикордонних залізничних станцій, що обслуговують вагонопотоки міжнародного сполучення, які передаються з колії 1435 мм на колію 1520 мм та у зворотному напрямку, наведені у дисертаційній роботі Кузьменко А.І.

До основних результатів даної роботи, що мають практичну цінність, відносяться:

- моделювання логістичної технології обслуговування вагонопотоків на прикордонних залізничних станціях, заснованої на узгодженості використання наявних матеріальних та грошових ресурсів для реалізації певного способу передавання вагонопотоків з

колії однієї ширини на колію іншої ширини в залежності від структури та обсягів цих вагонопотоків;

- формування комплексу моделей для дослідження способів передавання вагонопотоків з колії 1435 мм на колію 1520 мм та у зворотному напрямку, що дозволяють визначати раціональний час знаходження вагонів на прикордонних станціях. Встановлено, що за умов реалізації даної методики можливо одержати таку економію річних експлуатаційних витрат: для перевантажування вагонів – 16 млн. грн., для перестановки візків – 32 млн. грн., для технології з використанням системи SUW-2000 – 13 млн. грн.;
- удосконалення функціональної схеми інформаційно-керуючої системи прикордонної станції; що надає можливість визначення раціональної технології передавання вагонопотоків за допомогою пристроїв АРМ оперативних працівників станції.

Запропонована методика визначена як перспективна та рекомендується до впровадження на полігоні Ужгородської дирекції залізничних перевезень.

Члени комісії:

Перший заступник начальника
Ужгородської дирекції
залізничних перевезень


О.А.Пушкаш

Начальник комерційного відділу –
заступник начальника
Ужгородської дирекції
залізничних перевезень


С.А. Кузан

Практична апробація отриманих результатів дозволила розробити методичні рекомендації щодо написання дипломних проектів за спеціальністю 7.07010101 «Транспортні системи» на тему «Організація роботи прикордонних транспортних вузлів».

Матеріали дисертаційного дослідження мають впровадження і були використані при проведенні науково-дослідної роботи за темою «Оптимізація транспортно-митних технологій і процедур забезпечення перевезень вантажів – АЛЬТАЇР I/07» (номер державної реєстрації ДР 0107U012492), що входила до Багатогалузевої науково-технічної програми розвитку Державної митної служби України, а також застосовувались при виконанні науково-дослідної роботи «Удосконалення технічних параметрів транспортних засобів, систем та їх елементів», яка розроблялась кафедрою транспортних систем та технологій Академії митної служби України (номер державної реєстрації ДР 0104U008457).

Голова комісії:

Декан факультету
інформаційних та транспортних
систем і технологій,
доктор технічних наук, професор



Б.І. Мороз

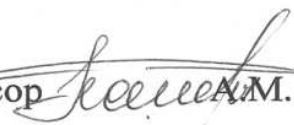
Члени комісії:

Завідувач кафедри
транспортних систем та технологій,
доктор технічних наук



А.В. Сохацький

Професор кафедри
транспортних систем та технологій,
доктор фізико-математичних наук, професор



М. Пасічник

УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА

ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 45272

Науковий твір "Дослідження експлуатаційних проблем функціонування системи SUW-2000 в процесі організації міжнародних вантажних перевезень"

(вид, назва службового твору)

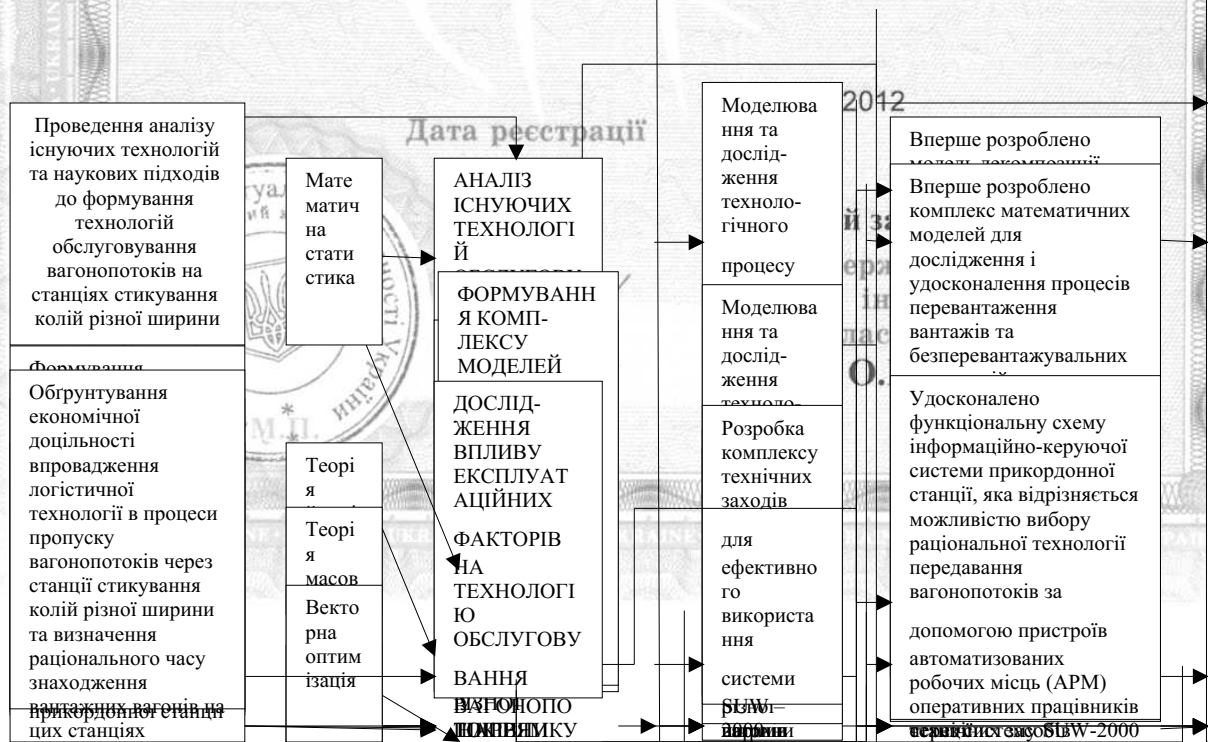
Автор(и) **Нестеренко Галина Іванівна, Кузьменко Альбіна Ігорівна, Музикіна Світлана Ігорівна**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Ак. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

УДО
СКО
НАЛ
ЕНН
Я
ТЕХ
НОЛ
ОГІ
ОБС
ЛУГ
ОВУ
ВАН
НЯ
ВАГ
ОНО
ПОТ
ОКІВ
НА
СТА
НЦІЯ
Х
СТИ
КУВ
АНН
Я
КОЛ
ІЙ
РІЗН
ОЇ
ШИР
ИНИ
ШЛЯ
ХОМ
ВИБ
ОРУ
РАЦ
ОНА
ЛЬН
ИХ
ВАРТ
ІСНИ
Х ТА
ЧАС
ОВИ
Х
ПАР
АМЕ
ТРІВ
ЛОГІ
СТИ
ЧНО
ГО
ЛАН
ЦЮГ
А



Додаток В

Програма побудови залежності мінімальних витрат Z від параметра c

ПРОГРАМА МОВОЮ Maple 8

```

>restart: with (plots) :
Warning, the name changecoords has been redefined
>k:=3;
>f:=x->sum(x^i, i=1..k);

$$f := x \rightarrow \sum_{i=1}^k x^i$$

>MZS:=proc (A, B, E, F)
local a, b, e, x1, x2, f1, f2, f;
global y;
a:=A: e:=E: f:=F; b:=B: x1:=evalf (a+(3sqrt(5))*(b-a)/2,
9) : x2:=evalf(a+(-1+sqrt(5))*(b-a)/2,
9) : f1:=evalf(f(x1),
9) : f2:=evalf(f(x2),
9) : while (b-a)>e do if (f1<f2) then b:=x2 : x2:=x1 : f2:=f1 :
x1:=evalf (a+(3sqrt(5))*(b-a)/2,
9) : f1:=f(x1):b-a:fi:if(f1<f2) then
a:=x1 : x1:=x2 : f1:=f2 : x2:=evalf(a+(-1+sqrt(5))*(b-a)/2,
9) : f2:=f(x2) : b-a : fi:if (f1<f2) then a:=x1 : b:=x2 : b-
a:fi:od:y:=(a+b)/2: end:
>
R:=array (1..500) : ZZ:array (1..500) : C:=array (1..500):
>m:=1: for c from 0.01 by 0.01 to 1 do z0:=1000: for r from 0.
01 by 0.01 to k do A:=0.01: B:=k-0.01 : E:= 0.0001: F:=x->abs
(f(x)-r) :MZS (A,B,E,F):
po:=(1-y)-y^2/((1-y))^2+(k-1)*(1-y)-y^2+y^(k+1)+r*(1-y)):
Mcp:=r*po/((1-y^k)*(1-y)): Z:=po+c*Mcp: if z0>Z then r0:=r
z0:=Z Tcp0=Tcp
end if: end
do:=R[m]:=r0: ZZ[m]:=5*z0: C[m]:=c: m:=m+1: end
do:=pR:=plot([c[m1],R[m1],m1=1..m-1], color=blue): pZZ:=
plot([c[m1],R[m1],m1=1..m-1]): display({pR,pZZ}).

```

Додаток Г

Програми розрахунку та результати моделювання раціональних параметрів для технології перевантаження вантажів

Програмна реалізація методу фаз:

```
> restart; with(linalg):
> n:=3: кількість фаз (i)
> kol:=10: кількість вагонів
```

Масив витрат часу на відповідні операції у першій фазі

```
> T[1] := [110, 140]; q[1] := 2;
```

Необхідно упорядкувати масиви.

Масив витрат грошових ресурсів на відповідні операції в першій фазі

```
> Z[1] := [250, 550] :
```

Масив витрат часу на відповідні операції в другій фазі

```
> T[2] := [30, 50]; q[2] := 2:
```

Масив витрат грошових ресурсів на відповідні операції в другій фазі

```
> Z[2] := [300, 550] :
```

Масив витрат часу на відповідні операції в третій фазі

```
> T[3] := [6]; q[3] := 1;
```

Масив витрат грошових ресурсів на відповідні операції в третій фазі

```
> Z[3] := [1200] :
```

Масив витрат часу на відповідні операції в четвертій фазі

```
> T[4] := [0.32*60, 0.48*60]; q[1] := 2;
```

Масив витрат грошових ресурсів на відповідні операції в четвертій фазі

```
> Z[4] := [750, 1000] :
```

Масив витрат часу на відповідні операції в п'ятій фазі

```
> T[5] := [0.25*24*60, 0.5*24*60, 24*60, 1.25*24*60, 1.5*24*60
]; q[1] := 5;
```

Масив витрат грошових ресурсів на відповідні операції в п'ятій фазі

```
> Z[5] := [200, 250, 300, 350, 400] :
```

```
>
```

Масив витрат часу на відповідні операції в шостій фазі

```
> T[6] := [30] ; q[1] := 1 ;
```

Масив витрат грошових ресурсів на відповідні операції в шостій фазі

```
> Z[6] := [400] :
```

```
>
```

Масив витрат часу на відповідні операції в сьомій фазі

```
> T[7] := [90] ; q[1] := 1 ;
```

Масив витрат грошових ресурсів на відповідні операції в сьомій фазі

```
> Z[7] := [300] :
```

```
> X1 := array(1..1000) : Y1 := array(1..1000) : Z1 := array(
1..1000) :
```

```
> j1 := [seq(1, u=1..n)] : k := 1 :
```

```
> V := [seq(w[i, j1[i]], i=1..n)] :
```

```
> for lambda from 0.01 by 0.1 to 61
```

```
> do
```

```
>   z := 0 : t := 0 :
```

```
>   for i from 1 to n
```

```
>     do
```

```
>       p := infinity ;
```

```
>       for j from 1 to q[i]
```

```
>         do
```

```
>           a := Z[i][j] + lambda * T[i][j] ;
```

```
>           if a < p
```

```
>             then
```

```
>               p := a ;
```

```
>               j0 := j ;
```

```
>             fi ;
```

```
>         od ;
```

```
>       j1[i] := j0 ;
```

```
>       V := [seq(w[i, j1[i]], i=1..n)] ;
```

```
>       z := z + Z[i][j0] ;
```

```
>       t := t + T[i][j0] ;
```

```

> od:
> if z0<>z then
>     X1 [k] :=z :Масив грошових витрат на реалізацію
селектора при конкретному «мю»
>     Y1 [k] :=t :Масив витрат часу на реалізацію селектора
при конкретному «мю»

>     Z1 [k] :=lambda:Відповідний масив «мю».
>     z0:=z:
>     t0:=t:
>     lambda0:=lambda:
>     print (V,lambda0,z0,t0):
>     k:=k+1:
> fi;
> od:
>

```

Безліч незрівнянних за Парето селекторів при конкретному «лямбда»:

Побудова графіків

```

> with (plots) :
> p1:=plot ([Z1 [m] ,Y1 [m] ,m=1..k-1] ,style=line,color=blue,
thickness=3) :
> p2:=plot ([Z1 [m] ,X1 [m] ,m=1..k-1] ,style=line,thickness=3
) :
> display ({p1,p2},title=`Функції залежності часу обробки
та витрат від «лямбда»`);

```

Функции зависимости времени доставки и затрат от лямбда

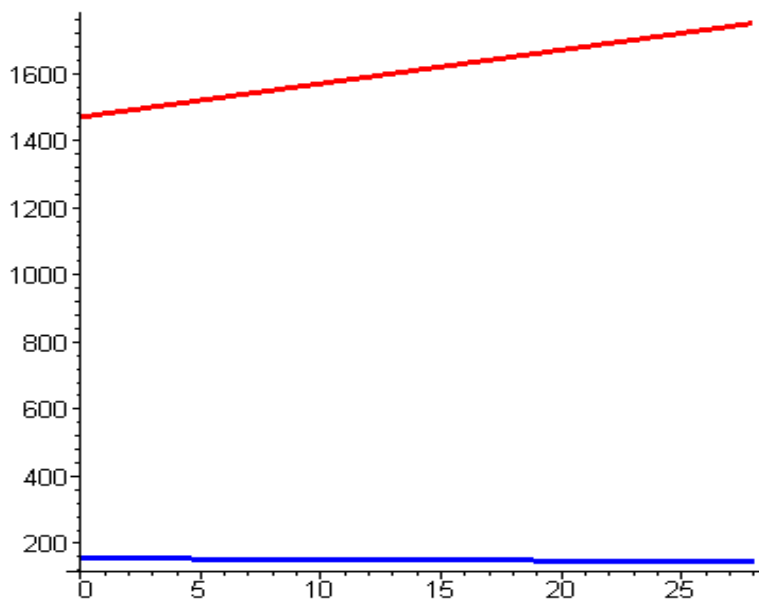


Рисунок Г1 График функции зависимости času обработки та грошових витрат на перевантажування вагонів від λ

```
> p1:=plot([Y1[m],X1[m],m=1..k-1],style=line,color=blue,
thickness=3):display({p1},title=`График функции
зависимости затрат от времени`,labels=[Время,Затраты]);
```

График функции зависимости затрат от времени

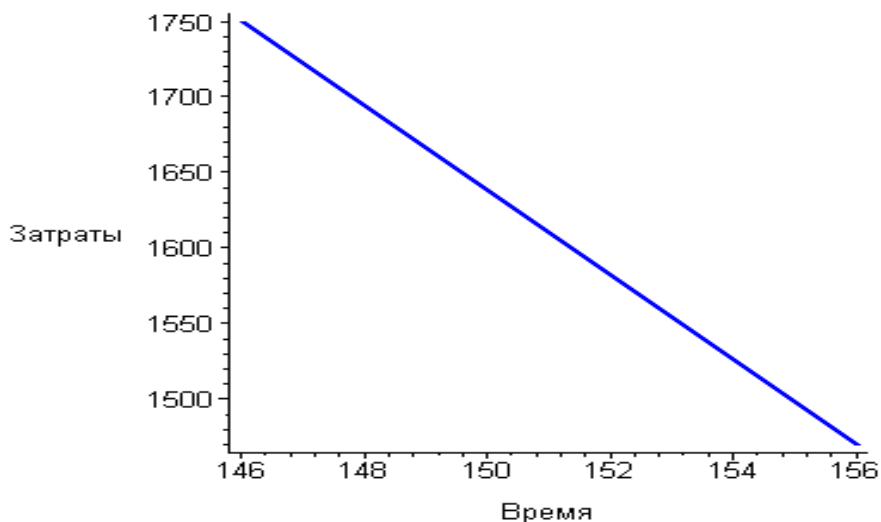


Рисунок Г2 График функции зависимости витрат грошей від витрат часу при перевантажуванні вагонів

Програмна реалізація методу Лагранжа.

```
> restart;
```

Процедура знаходження мінімального елемента масиву.

```
> minimum:=proc(C,n)
```

```

>         local i;
>         global min_, num_min;
>
>
> min_:=C[1]; num_min:=1;
> for i from 2 to n do
>         if C[i]<min_ then min_:=C[i]; num_
min:=i;
>         fi;
>         od;
> end:

```

```

=====
> eps:=0.001:           точність рішення
> M:=7: N:=5:           М - кількість фаз, N - найбільша кількість
операцій у всіх фазах.
> TT:=array(1..M,1..N, [[110,140], [40,50], [6], [0.32*60,0.
48*60], [0.25*24*60,0.5*24*60,24*60,1.25*24*60,1.5*24*60
], [30], [90]]); матриця витрат часу

```

```

> ZZ:=array(1..M,1..N, [[250,550], [ 300,550], [1200], [750,
1000], [200,250,300,350,400], [400], [300]]): матриця витрат
грошових коштів

```

```

> KOL_oper:=array(1..M, [2,2,1,2,5,1,1]); Кількість
операцій у кожній фазі.

```

```

=====
> allres:=0;

> for z from 1 to M do
>
> SIZE_MAS:=KOL_oper[z];
> T:=array(1..SIZE_MAS);
> Z:=array(1..SIZE_MAS);
>

```

```

> for i from 1 to SIZE_MAS do
> T[i]:=TT[z,i]; od;
>
> for i from 1 to SIZE_MAS do
> Z[i]:=ZZ[z,i]; od;
>
> SIZE_RES:=sum(k,'k=1..SIZE_MAS-1'):
> mas:=array(1..SIZE_MAS):
> res:=array(1..SIZE_RES,1..3):
> Res_mu:=array(1..SIZE_RES,1..3):
> p_mu:=0:
> Res:=array(1..SIZE_RES+1,1..3):
> for i from 1 to SIZE_MAS do mas[i]:=(Z[i]+mu*T[i]);
od:
> p:=0:
> for i from 1 to SIZE_MAS-1 do
    for j from i+1 to SIZE_MAS do
        p:=p+1;
        res[p,1]:=solve(mas[i]=mas[j],mu);
        res[p,2]:=i;
        res[p,3]:=j;
    od;
    SIZE_RES:=SIZE_RES-1;
od:
> #print(res,p);
> flag:=true:
> while flag do
    flag := false;
    for i from 1 to p-1 do
        if res[i,1]>res[i+1,1] then
            flag:=true:
            Temp[1]:=res[i,1];
            Temp[2]:=res[i,2];
            Temp[3]:=res[i,3];
            res[i,1]:=res[i+1,1];
            res[i,2]:=res[i+1,2];
            res[i,3]:=res[i+1,3];
            res[i+1,1]:=Temp[1];

```

обчислення усіх
можливих точок перетину рівнянь

сортування точок
перетину за зростанням X

```

>         res[i+1,2]:=Temp[2];
>         res[i+1,3]:=Temp[3];
>     fi; od; od:
> #print(res);
>
> for i from 1 to p do           вибір точок перетинів
лише з додатними X, та розрахунок їх кількості в p_mu
> if res[i,1]>=0 then
> p_mu:=p_mu+1:
> Res_mu[p_mu,1]:=res[i,1];
> Res_mu[p_mu,2]:=res[i,2];
> Res_mu[p_mu,3]:=res[i,3];
> fi; od:
>> #print(Res_mu):
>> if p_mu>0 then           перевірка: чи є
перетини з додатними X у виконанні основного алгоритму.
>
> m_psi:=array(1..SIZE_MAS):
>
> kol_res:=0; line:=0; begX:=0;
>
> for j from 1 to p_mu do     перебирання усіх точок
перетину
> mu:=Res_mu[j,1]:
>
> for i from 1 to SIZE_MAS do значення усіх прямих в точці
перетину
> m_psi[i]:=mas[i]: od:
>
> minimum(m_psi,SIZE_MAS); print(m_psi,min_,mu);
пошук мінімуму
>
> for i from 1 to SIZE_MAS do
> #print(i,num_min,m_psi[i],min_);
> if (i<>num_min) and (m_psi[i]-min_<=eps) then умова
того,що точка перетину є переходом на другу грань
>
>         майже дорівнює
>         kol_res:=kol_res+1;           лічильник кількості
граней, що утворюють рішення
>         if kol_res=1 then           алгоритм розпочинається з
першого рівняння
>             Res[kol_res,1]:=1;
>             Res[kol_res,2]:=0;

```

```

>     Res[kol_res,3]:=mu;
>
>     else
>         Res[kol_res,1]:=last_line;
>         Res[kol_res,2]:=endX;
>         Res[kol_res,3]:=mu;
>     fi;
>
> endX:=mu;
запам'ятовуємо значення X
> if i>num_min then last_line:=i; else last_line:=num_
min; fi;     запам'ятовуємо номер грані
> fi; od; od;
>
> if kol_res<>0 then
> kol_res:=kol_res+1;           випадок останнього
ребра, від останнього X до нескінченності,
> Res[kol_res,1]:=last_line;   побудова рішення для і
фази
> Res[kol_res,2]:=endX;
> Res[kol_res,3]:=infinity;
>
> else
> kol_res:=kol_res+1;
> Res[kol_res,1]:=1;
> Res[kol_res,2]:=0;
> Res[kol_res,3]:=infinity;
> fi;
>
> else           випадок, коли немає жодного
перетину з додатним X, (відповідь - перша пряма)
> kol_res:=1;
> Res[kol_res,1]:=1;
> Res[kol_res,2]:=0;
> Res[kol_res,3]:=infinity;
> fi;
> FSIZE[z]:=kol_res; allres:=allres+kol_res;
> FRES[z]:=copy(Res);
> unassign('mu');
> od:

> print(FRES,FSIZE);

```

$$\text{table}([1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \infty \\ w_{2,1} & w_{2,2} & w_{2,3} \end{bmatrix}, 2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 28 \\ 2 & 28 & \infty \end{bmatrix}, 3 = [1 \ 0 \ \infty], 4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \infty \\ w_{2,1} & w_{2,2} & w_{2,3} \end{bmatrix},$$

$$5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \infty \\ w_{2,1} & w_{2,2} & w_{2,3} \\ w_{3,1} & w_{3,2} & w_{3,3} \\ w_{4,1} & w_{4,2} & w_{4,3} \\ w_{5,1} & w_{5,2} & w_{5,3} \\ w_{6,1} & w_{6,2} & w_{6,3} \\ w_{7,1} & w_{7,2} & w_{7,3} \\ w_{8,1} & w_{8,2} & w_{8,3} \\ w_{9,1} & w_{9,2} & w_{9,3} \\ w_{10,1} & w_{10,2} & w_{10,3} \\ w_{11,1} & w_{11,2} & w_{11,3} \end{bmatrix}, 6 = [1 \ 0 \ \infty],$$

```

> pt:=1:                                лічильник «МЮ»
> for k from 1 to M do                  по усіх фазах
>
> for i from 1 to FSIZE[k] do          по усіх операціях у фазах
>
> if i<>1 then
> pt:=pt+1;
> mm[pt]:=FRES[k][i,2];                складаємо масив усіх «МЮ»
> fi;
> od;
> od;
>
> mm[1]:=0: pt:=pt+1: mm[pt]:=infinity:
> print(mm,pt);

> flag:=true:
> while flag do                          сортування масиву «МЮ» за
зростанням X
>   flag := false;
>   for i from 1 to pt-1 do
>     if mm[i]>mm[i+1] then
>       flag:=true:
>       temp:=mm[i];
>       mm[i]:=mm[i+1];
>       mm[i+1]:=temp;
> fi; od; od:

```

```

> for i from 1 to pt-1 do           по усіх «мю»
>
>   for j from 1 to M do           по фазах
>     for k from 1 to FSIZE[j] do  перебираємо усе рішення
у фазі
>       if (mm[i]>=FRES[j][k,2]) and (mm[i+1]<=FRES[j
][k,3]) then
>         result[i][j]:=FRES[j][k,1];
>         fi;
>       od;
>     od;   V:=[seq(w[x,result[i][x]],x=1..M)];
>         print(V);
> od:
Безліч незрівнянних за Парето селекторів:

```

```

> print(result);

```

```

>
> plotmu:=array(1..100): plotZ:=array(1..100): plotT:=
array(1..100):
> for i from 1 to pt-1 do
> plotmu[i]:=mm[i];
> od:
>
> for i from 1 to pt-1 do
>
> z:=0; t:=0;
>
> for j from 1 to M do
> z:=z+ZZ[j,result[i][j]];
> t:=t+TT[j,result[i][j]];
> od;
> plotZ[i]:=z;
> plotT[i]:=t;
> od:
>

```

Побудова графіків

```

> with(plots):
Warning, the name changecoords has been redefined

```

```

> p1:=plot([plotmu[m],plotT[m],m=1..pt-1],color=blue,
thickness=3):
> p2:=plot([plotmu[m],plotZ[m],m=1..pt-1],thickness=3):
> display({p1,p2},title=` Функції залежності часу
обробки та грошових витрат від «лямбда»`);

```

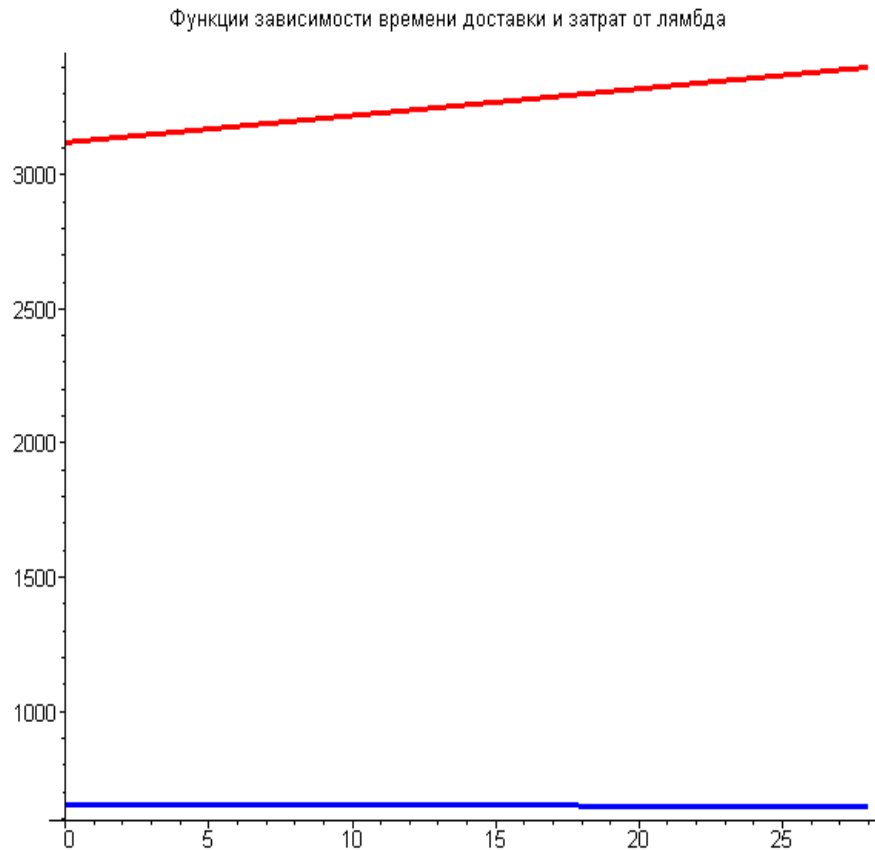


Рисунок Г3 Графік функції залежності часу обробки вагонів та грошових витрат при перевантажуванні від λ

```

> p:=plot([plotT[m],plotZ[m],m=1..pt-1],color=blue,
thickness=3):
> display({p},title=` Графік функції залежності грошових
витрат від часу`,labels=[Время,Затраты]);

```

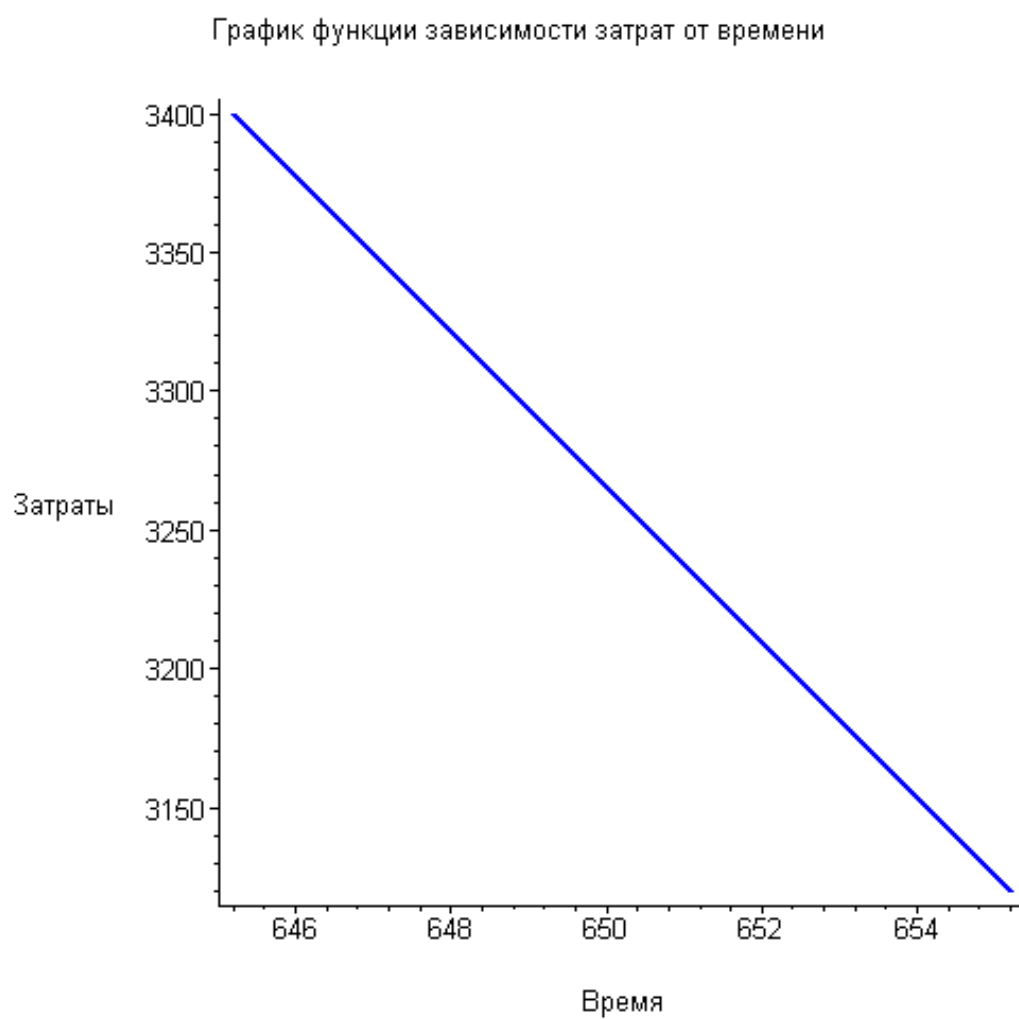


Рисунок Г4 График функции зависимости грошових витрат від часу обробки вагонів при їх перевантажуванні

Додаток Д

Програми розрахунку та результати моделювання раціональних параметрів
для технології перестановки візків вантажних вагонів

Текст програми.

```
> restart: with(linalg):
Warning, the protected names norm and trace have been redefined and unprotected

> NV:=4;                                кількість вагонів

коєфіцієнти витрат на перестановку состава при перевищенні кількості
вагонів пропускної здатності перестановочного пункту

> if (NV<=5) then koef:=1; koef2:=1; fi;
> if (NV>5) and (NV<=10) then koef:=2; koef2:=1; fi:
> if (NV>10) and (NV<16) then koef:=3; koef2:=2; fi:
> print(koef,koef2);

> n:=16: число фаз(i)
Масив витрат часу на відповідні операції в першій фазі
> T[1]:=[28]: q[1]:=1:
Масив витрат коштів на відповідні операції в першій фазі
> Z[1]:=[110]:
Масив витрат часу на відповідні операції в другій фазі
> T[2]:=[20,50]: q[2]:=2:
Масив витрат коштів на відповідні операції в другій фазі
> Z[2]:=[120,80]:
Масив витрат часу на відповідні операції в третій фазі
> T[3]:=[5]: q[3]:=1:
Масив витрат коштів на відповідні операції в третій фазі
> Z[3]:=[195]:
Масив витрат часу на відповідні операції в четвертій фазі
> T[4]:=[20*koef,40*koef2,60]: q[4]:=3:
Масив витрат коштів на відповідні операції в четвертій фазі
> Z[4]:=[70*koef,70*koef2,70]:
Масив витрат часу на відповідні операції в п'ятій фазі
> T[5]:=[20*koef,40*koef2,60]: q[5]:=3:
Масив витрат коштів на відповідні операції в п'ятій фазі
> Z[5]:=[30*koef,44*koef2,56]:
Масив витрат часу на відповідні операції в шостій фазі
> T[6]:=[10*koef,20*koef2,30]: q[6]:=3:
Масив витрат коштів на відповідні операції в шостій фазі
> Z[6]:=[80*koef,90*koef2,100]:
Масив витрат часу на відповідні операції в сьомій фазі
```

> T[7]:=[10*koef,15*koef2,20]: q[7]:=3:
Масив витрат коштів на відповідні операції в сьомій фазі
> Z[7]:=[20*koef,25*koef2,30]:
Масив витрат часу на відповідні операції у восьмій фазі
> T[8]:=[35*koef,70*koef2,100]: q[8]:=3:
Масив витрат коштів на відповідні операції у восьмій фазі
> Z[8]:=[20*koef,25*koef2,30]:
Масив витрат часу на відповідні операції в дев'ятій фазі
> T[9]:=[5*koef,10*koef2,15]: q[9]:=3:
Масив витрат коштів на відповідні операції в дев'ятій фазі
> Z[9]:=[80*koef,120*koef2,160]:
Масив витрат часу на відповідні операції в десятій фазі
> T[10]:=[8*koef,16*koef2,24,12*koef,12*koef2,12]: q[10]:=6:
Масив витрат коштів на відповідні операції в десятій фазі
> Z[10]:=[40*koef,52*koef2,64,70*koef,75*koef2,80]:
Масив витрат часу на відповідні операції в одинадцятій фазі
> T[11]:=[10*koef,20*koef2,30,10*koef,10*koef2,10]: q[11]:=6:
Масив витрат коштів на відповідні операції в одинадцятій фазі
> Z[11]:=[30*koef,45*koef2,60,70*koef,70*koef2,70]:
Масив витрат часу на відповідні операції у дванадцятій фазі
> T[12]:=[55*koef,100*koef2,145]: q[12]:=3:
Масив витрат коштів на відповідні операції у дванадцятій фазі
> Z[12]:=[170*koef,210*koef2,250]:
Масив витрат часу на відповідні операції в тринадцятій фазі
> T[13]:=[5]: q[13]:=1:
Масив витрат коштів на відповідні операції в тринадцятій фазі
> Z[13]:=[20]:
Масив витрат часу на відповідні операції в чотирнадцятій фазі
> T[14]:=[19*koef,38*koef2,57]: q[14]:=3:
Масив витрат коштів на відповідні операції в чотирнадцятій фазі
> Z[14]:=[15*koef,20*koef2,25]:
Масив витрат часу на відповідні операції в п'ятнадцятій фазі
> T[15]:=[5*koef,10*koef2,15]: q[15]:=3:
Масив витрат коштів на відповідні операції в п'ятнадцятій фазі
> Z[15]:=[140*koef,155*koef2,170]:
Масив витрат часу на відповідні операції в шістнадцятій фазі
> T[16]:=[90]: q[16]:=1:
Масив витрат коштів на відповідні операції в шістнадцятій фазі
> Z[16]:=[120]:

Матриці обмежень:

> M[1]:=array([1,1]);

> M[2]:=array([[1],[1]]);

```
> M[3]:=array([1,1,1]);
```

```
> M[4]:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,0,1]]);
```

```
> M[5]:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,0,1]]):
```

```
> M[7]:=copy(M[5]):
```

```
> M[8]:=copy(M[5]):
```

```
> M[9]:=array([[1,0,0,1,0,0],[0,1,0,0,1,0],[0,0,1,0,0,1]]):
```

```
> M[10]:=array([[1,0,0,1,0,0],[0,1,0,0,1,0],[0,0,1,0,0,1],[1,0,0,1,0,0],[0,1,0,0,1,0],[0,0,1,0,0,1]]);
```

```
> M[11]:=array([[1,0,0],[0,1,0],[0,0,1],[1,0,0],[0,1,0],[0,0,1]]);
```

```
> M[12]:=array([[1],[1],[1]]);
```

```
> M[13]:=array([1,1,1]);
```

```
> M[14]:=copy(M[5]);
```

```
> M[15]:=array([[1],[1],[1]]);
```

```
> mres[kol_res,2]:=p;  
> fi; fi; print(lambda,p);  
> od;
```

```
> print(mres);
```

```
> XX:=array(1..20,[]): YY:=array(1..20,[]):
```

```
> ZZ:=array(1..20,[]):
```

масиви результатів для графіків

```
> X:=0: Y:=0:
```

```
> for i from 1 to kol_res do
```

```
> ZZ[i]:=mres[i,1];
```

нараховуємо результати для побудови графіка розв'язку

```
> for j from 1 to n do
```

```

> X:=X+Z[j][ G[mres[i,2]][j] ];   масив витрат
> Y:=Y+T[j][ G[mres[i,2]][j] ];   масив часу
> od;
>
> XX[i]:=X; YY[i]:=Y;
> X:=0: Y:=0:
> od:
> print(XX,YY,ZZ);

```

```

> for i from 1 to kol_res do
> V:=[seq(w[j, G[mres[i,2]][j] ],j=1..n)];
> print(V) od:

```

```

> with(plots):
Warning, the name changecoords has been redefined

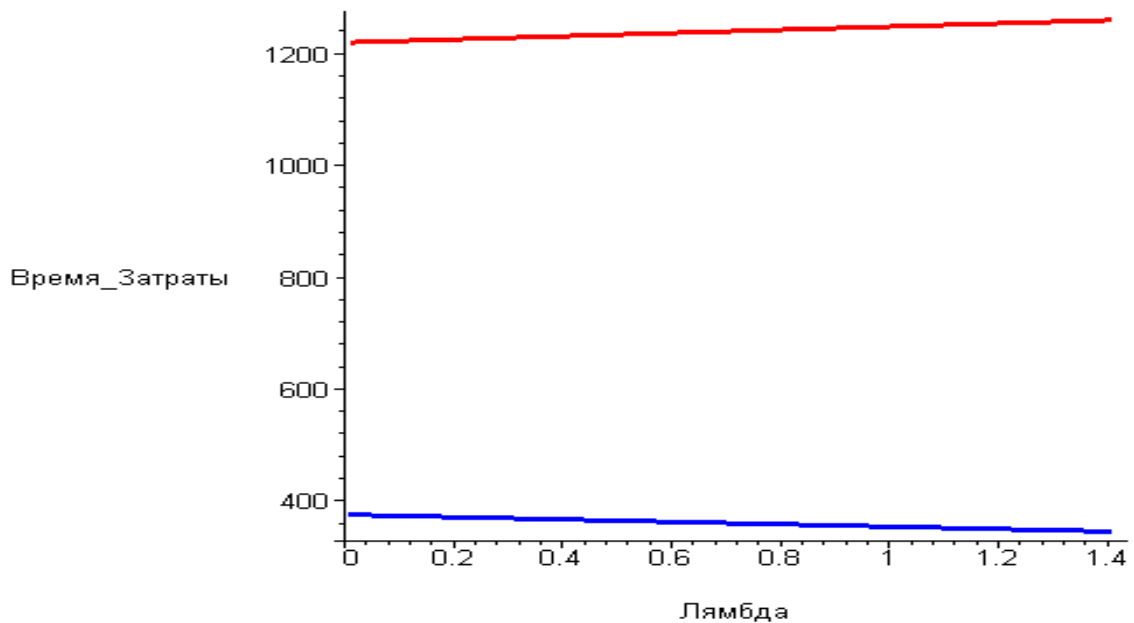
```

```

> p1:=plot([ZZ[m],YY[m],m=1..kol_res],style=line,color=blue,thickness=3):
> p2:=plot([ZZ[m],XX[m],m=1..kol_res],style=line,thickness=3):
> display({p1,p2},title=`Функції залежності часу доставки й витрат від
лямбда`,labels=[Лямбда,Час_й_Витрати]);

```

Функции зависимости времени доставки и затрат от лямбда

Рисунок Д1 График функции зависимости času обработки вагонов та грошових витрат при зміні візків від λ

```
> p3:=plot([YY[m],XX[m],m=1..kol_res],style=line,color=blue,thickness=3)
:display({p3},title='График функции зависимости витрат від часу',labels=[Час,
Витрати]);
```

График функции зависимости затрат от времени

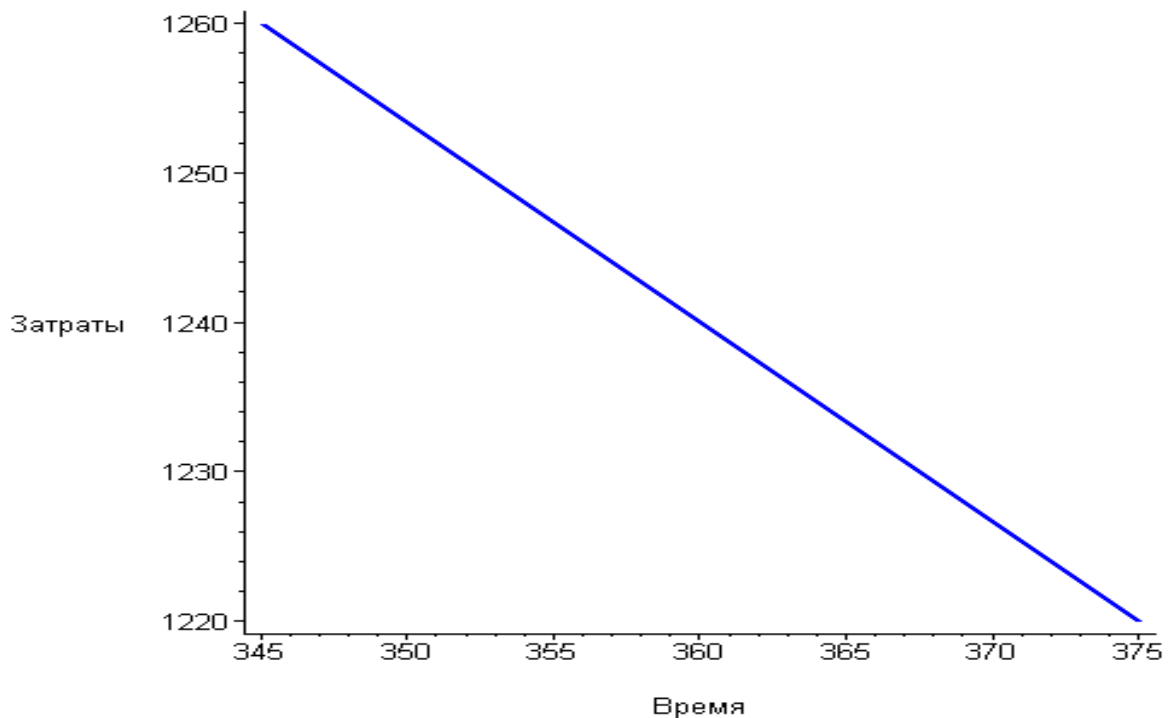


Рисунок Д2 Залежність грошових витрат від часу зміни візків при пропускній здатності пункту перестановки 5 вагонів за технологічний цикл

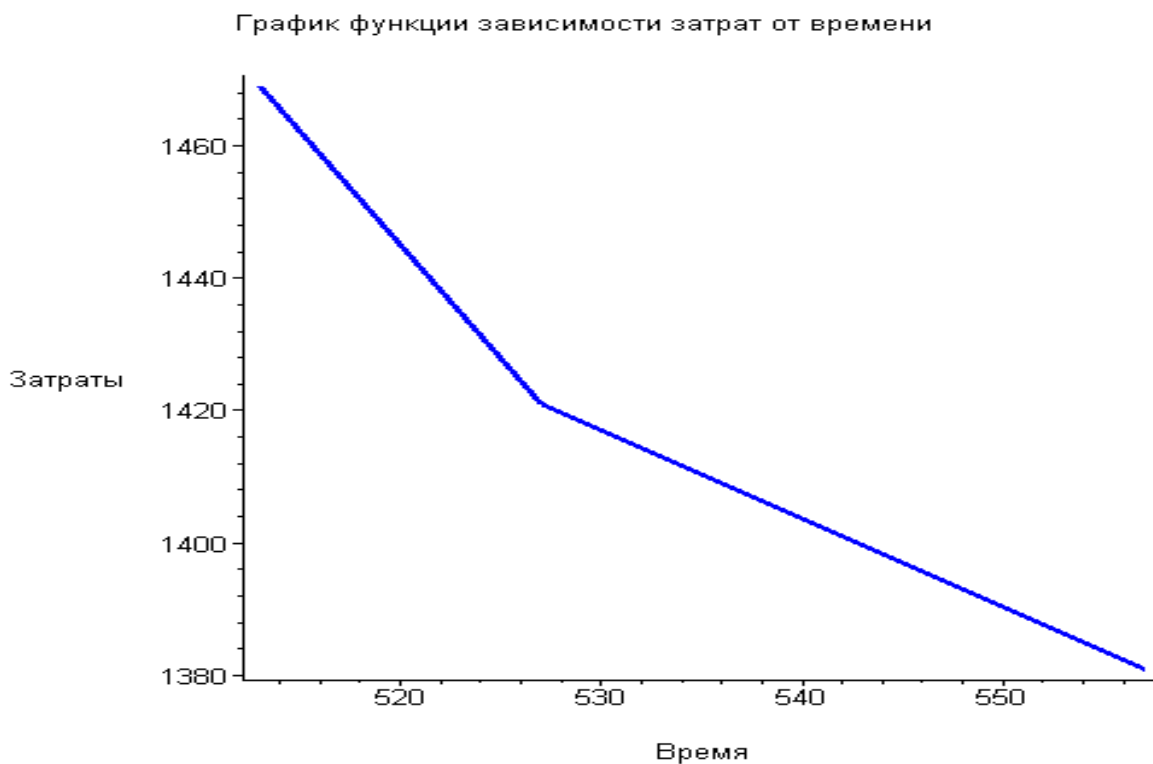


Рисунок Д3 Залежність грошових витрат від часу зміни візків при пропускній здатності пункту перестановки 10 вагонів за технологічний цикл

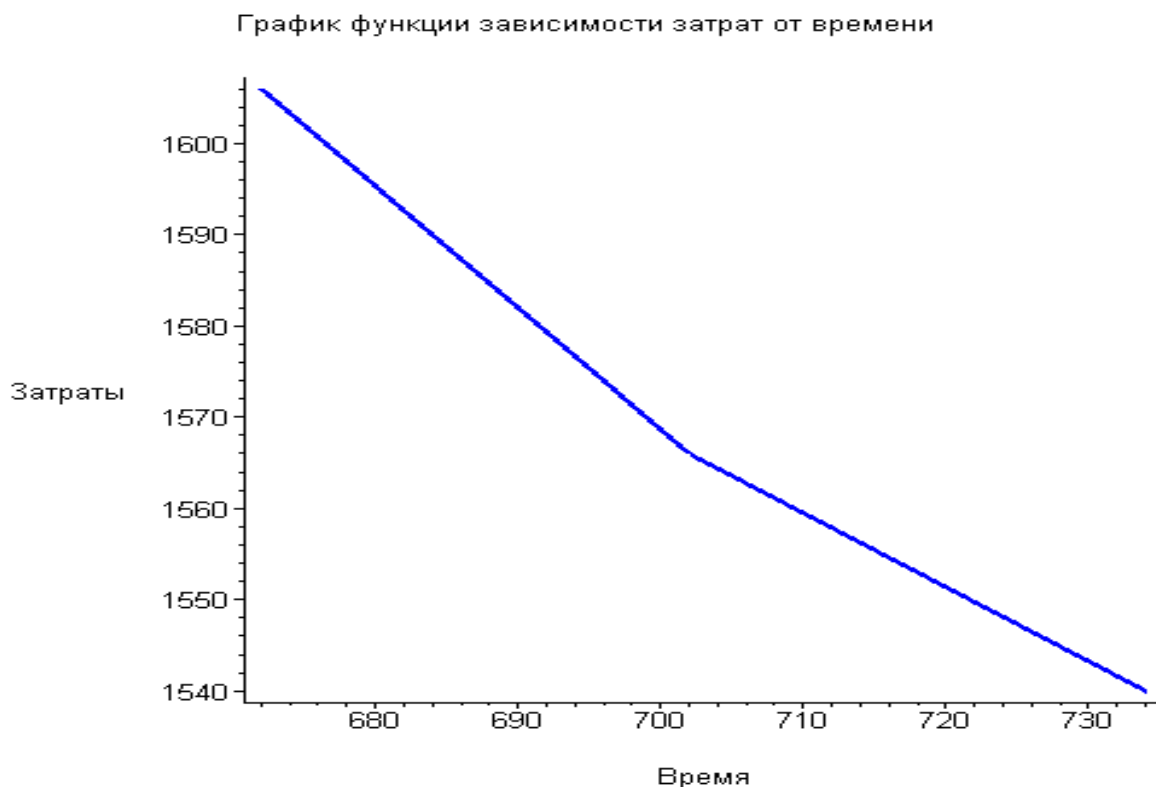


Рисунок Д4 Залежність грошових витрат від часу зміни візків при пропускній здатності пункту перестановки 15 вагонів за технологічний цикл

Програма побудови графіків залежності витрат коштів і витрат часу від кількості вагонів:

```
> restart: with(plots):  
Warning, the name changecoords has been redefined  
  
> X1:=array(1..3,[1220,1381,1540]); масив витрат грошей  
  
> Y1:=array(1..3,[375,557,734]); масив витрат часу  
  
> Z:=array(1..3,[5,10,15]);  
  
> p1:=plot([Z[i],X1[i],i=1..3],color=blue): p2:=plot([Z[i],Y1[i],i=1..3],color=blue):  
> X2:=array(1..3,[1260,1469,1606]); масив витрат грошей  
  
> Y2:=array(1..3,[345,513,672]); масив витрат часу  
  
> p3:=plot([Z[i],X2[i],i=1..3]): p4:=plot([Z[i],Y2[i],i=1..3]):  
> display({p2,p4},title=`Залежність витрат часу від кількості вагонів`,labels=[  
Вагони,Час]);  
  
> display({p1,p3},title=`Залежність витрат грошей від кількості вагонів`,labels  
=[Вагони,Гроші]);
```

Додаток Е

Програми розрахунку та результати моделювання раціональних параметрів
для технології роботи системи SUW – 2000

Метод фаз

> restart;

```
> t:=[0.5,0.83];Z:=[98.71,163.85];n:=2;
> for j from 1 to n-1 do for i from 1 to n-1 do
if t[i]>t[i+1] then rab:=t[i+1]; t[i+1]:=t[i]; t[i]:=
rab; fi; od;od; print(t);
```

```
> for j from 1 to n-1 do for i from 1 to n-1 do
if Z[i]>Z[i+1] then rab:=Z[i+1]; Z[i+1]:=Z[i]; Z[i]:=
rab; fi; od;od; print(Z);
```

>

```
> a:=t;b:=Z;
```

```
> for i from 1 to n do phi[i]:=1; od:
```

```
> for i from 1 to n-1 do
if (phi[i] = 1)
then
for j from (i+1) to n do
mu[i,j]:=(a[i]-a[j])/(b[i]-b[j]);
if (mu[i,j] < 0)
then phi[j] := 0;
fi;
od;
j := i+1;
while ((mu[i,j] < 0) and (j<=n))do
j := j+1;
od;
m := j; if (mu[i,j] > 0)
then
mum[i] := mu[i,j];
for j from m to n-1 do
if (mu[i,j+1] > 0)
```

```

then
if (mu[i,j+1] < mum[i])
then  mum[i] := mu[i,j+1];
fi;
fi;
od;
fi;
fi;
od;
print (phi); print (mu); print(mum);

```

**Побудова залежності витрат енергії від витрат часу у фазі з
континуумом операцій**

```

> restart:
> with(plots):
> A:=0.00027;B:=0.045;C:=1.5;e:=7;

```

```

> v:=s->s*(1-s)+e;

```

```

> plot(v(s),s=0..1);

```

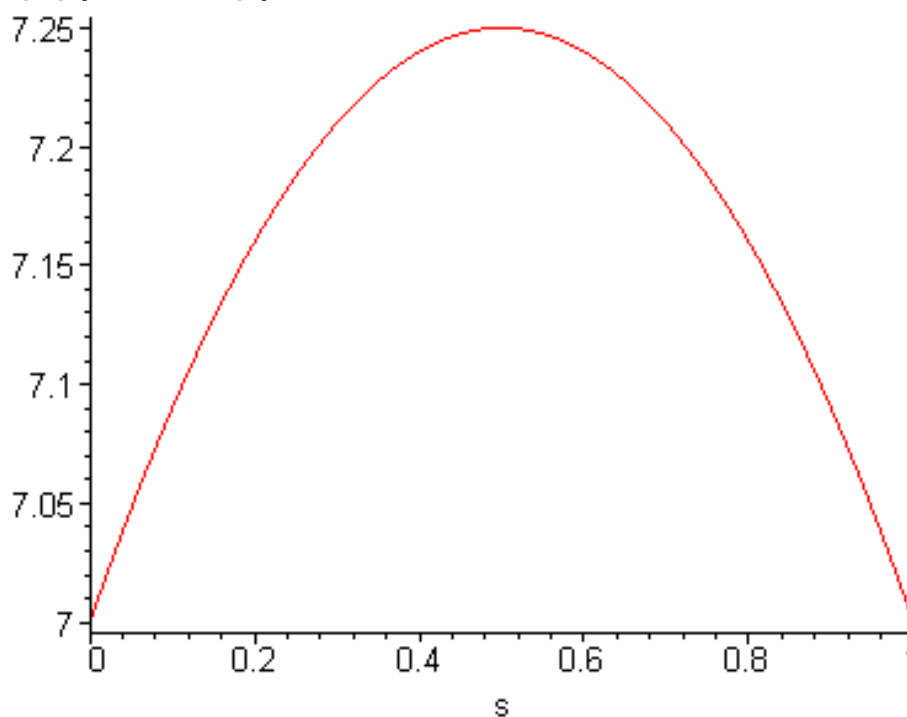


Рисунок Е1 Крива енергетичних витрат при русі поїзда через колісперевідний пристрій SUW-2000

```

> tau := [solve(v(s)=7.1, s)];

> print(tau[1]);

> v0 := v(tau[1]);

> t := int(1/v(s), s=0..tau[1]) + (tau[2] - tau[1])/v0 + int(1/v(s), s=tau[2]..1);

> Ar := int(A*v(s)^2+B*v(s)+C, s=0..tau[1]) + (tau[2] - tau[1]) * (A*v0^2+B*v0+C) + int(A*v(s)^2+B*v(s)+C, s=tau[2]..1);

> tmin := evalf(int(1/v(s), s=0..1), 7);

> Amax := int(A*v(s)^2+B*v(s)+C, s=0..1);

> d:=0:for i from 7 by 0.05 to 7.25 do tau:=[solve(v(s)=i,s)]; d:=d+1: end do;print(d);

> v1:=7;

> vk:=7.25;

> shag:=0.05;j:=1;

> Ar:=array(1..6);

> t:=array(1..6);

```

```
> while v1<=vk do tau:=[solve(v(s)=v1,s)]; v0:=v(tau[1
]): t[j]:=int(1/v(s),s=0..tau[1])+(tau[2]-tau[1])/v0+
int(1/v(s),s=tau[2]..1); Ar[j]:=int(A*v(s)^2+B*v(s)+C,s
=0..tau[1])+(tau[2]-tau[1])*(A*v0^2+B*v0+C)+int(A*v(s)^
2+B*v(s)+C,s=tau[2]..1); j := j+1; v1 := v1 + shag; od;
print(Ar);print(t);
```

```
> Xt:= [1/7, .1418963331, .1410611648, .1403657200, .
1398360526, .1395500806]; YA:= [1.82823, 1.830543273, 1.
832583824, 1.834307929, 1.835640060, 1.836369000];
```

```
> pare:= (YA, Xt) -> [YA, Xt];
```

```
> CoorXY:=zip(pare, YA, Xt, 2);
```

```
> pointplot (CoorXY);
```

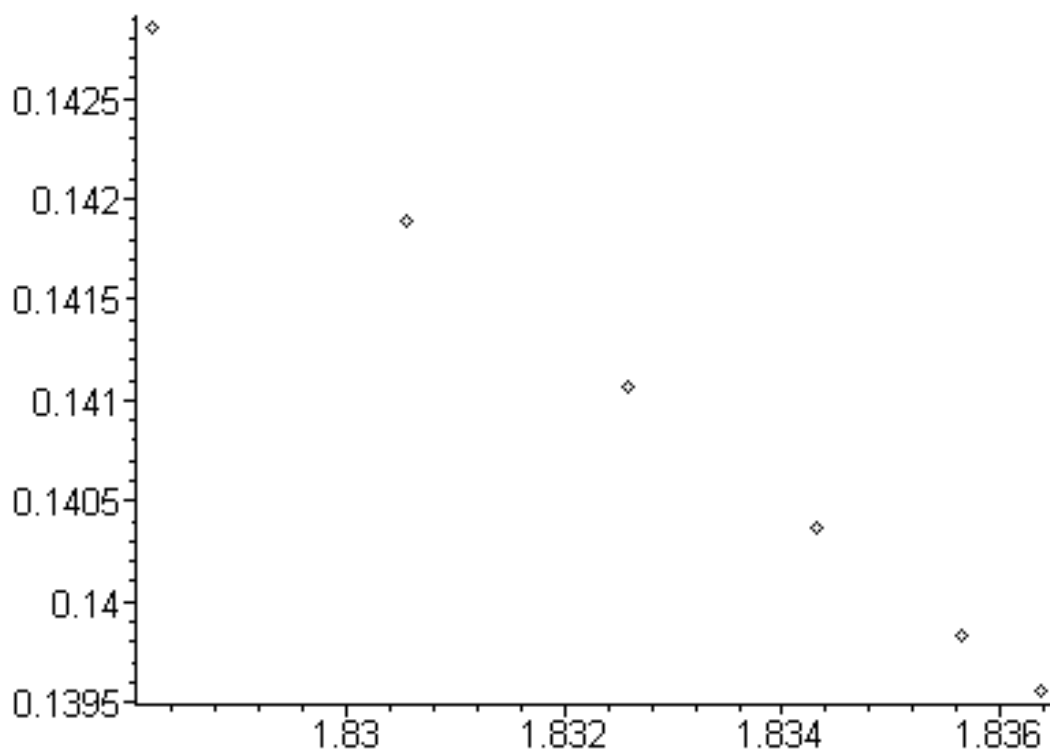


Рисунок Е2 Залежність витрат грошей від витрат часу під час переведення маневрового складу через колійний стенд SUW-2000

Метод фаз (фаза з континуумом операцій)

```
> restart:
```

```
> t:=[1/7, .1418963331, .1410611648, .1403657200, .
1398360526, .1395500806];Z:=[1.82823, 1.830543273, 1.
832583824, 1.834307929, 1.835640060, 1.836369000];n:=6;
```

```
> for j from 1 to n-1 do for i from 1 to n-1 do
if t[i]>t[i+1] then rab:=t[i+1]; t[i+1]:=t[i]; t[i]:=
rab; fi; od;od; print(t);
```

```
for j from 1 to n-1 do for i from 1 to n-1 do
if Z[i]>Z[i+1] then rab:=Z[i+1]; Z[i+1]:=Z[i]; Z[i]:=
rab; fi; od;od; print(Z);
```

```
>
> a:=t;b:=Z;
```

```
> for i from 1 to n do phi[i]:=1; od:
> for i from 1 to n-1 do
if (phi[i] = 1)
then
for j from (i+1) to n do
mu[i,j]:=(a[i]-a[j])/(b[i]-b[j]);
if (mu[i,j] < 0)
then phi[j] := 0;
fi;
od;
j := i+1;
while ((mu[i,j] < 0) and (j<=n))do
j := j+1;
od;
m := j; if (mu[i,j] > 0)
then
mum[i] := mu[i,j];
for j from m to n-1 do
if (mu[i,j+1] > 0)
then
if (mu[i,j+1] < mum[i])
then mum[i] := mu[i,j+1];
fi; fi; od; fi; fi; od;
print (phi); print (mu); print(mum);
```


Додаток Є

Опис пристрою для очищення фіксаторів розсувних колісних пар

Запропонована очисна система відноситься до пристроїв для очищення транспортних засобів, що не належать до елементів обладнання транспортних засобів і призначена для очищення фіксаторів розсувних колісних пар від налиплого снігу, криги та бруду перед зміною відстані між колесами за допомогою системи SUW- 2000 з метою підвищення ймовірності спрацювання цих фіксаторів та усунення необхідності повторного прогону вагонів через систему SUW-2000. Очисна система є простою за конструкцією, надійною, технологічною при виготовленні й у роботі, безпечною в експлуатації, придатною для роботи у складних погодних умовах.

Найбільш близьким по технічній суті до очисної системи, що пропонується до впровадження, є пневмоочисний пристрій для стрілочних переводів (див. а. с. СРСР № 1289937, Е 01 В 7/00, 1987 г.). Цей пристрій призначений для очищення стрілочного переводу від снігу та криги. Він включає корпус, в середині якого розташовані нагрівальний елемент та сопло, з'єднаний через магістраль з компресорною установкою. Спосіб очищення за допомогою вищезазначеного пристрою здійснюється за рахунок тепла, що виділяється нагрівальним елементом, шляхом обдавання повітряним струменем. Недоліком цього пристрою є низька надійність очищення при заметілях, а також неможливість застосування для очищення розсувних колісних пар перед проходженням через систему SUW-2000.

Використання запропонованої очисної системи дозволяє у русі очищувати фіксатори колісних пар при прямуванні составу до системи SUW-2000 шляхом обдавання цілеспрямованим струменем гарячої рідини розсувних колісних пар у місцях налипання криги, снігу, часточок піску та бруду, гарантуючи спрацювання фіксаторів з першого разу. Це усуває додаткові простой вагонів на станції, зумовлені операціями повторного пропуску составу через систему SUW-2000 у випадку неспрацювання фіксаторів колісних пар.

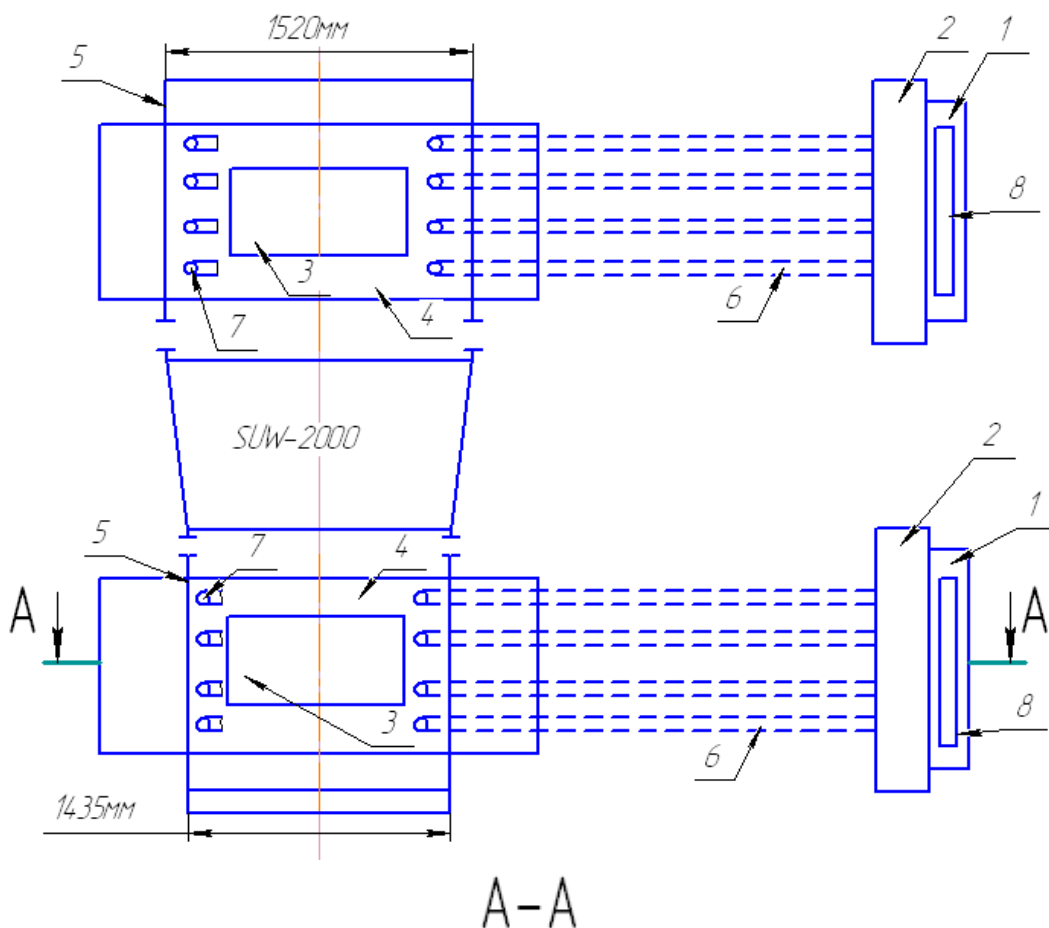
Застосування даної очисної системи передбачає лише фінансові вкладання на її побудову та утримання, але ніяк не впливає на технологію роботи станції, оскільки операція очищення відбувається у русі. Таким чином, впровадження очисної системи націлено не тільки на зменшення часу переставляння вагонів, але й на окупність коштів, що були витрачені на встановлення цієї системи, за рахунок позбавлення від випадків повторного пропуску составу через систему SUW- 2000.

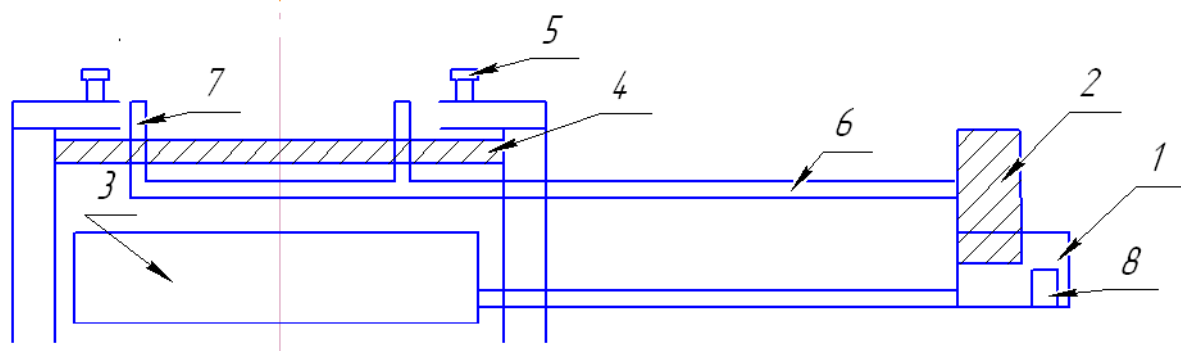
На користь економічності запропонованої системи свідчить також той факт, що її робота базується на прогоні одного й того ж об'єму рідини, яка після відпрацювання пропускається через очисні споруди нескладної конструкції, нагрівається та використовується повторно.

З метою досягнення максимального ефекту пропонується розташування очисних пристроїв на підходах до системи SUW-2000 як з боку колії 1435 мм, так і з боку колії 1520 мм.

На рисунку Е1 зображено конструктивну схему очисного пристрою. Очисна система складається з резервуару для рідини 1 в середині якого знаходиться нагрівальний елемент 8, труб 6 з форсунками 7, компресорної установки 2, фільтру-сітки 4, стокового резервуару 3 та рейок 5 відповідної ширини колії.

Очищення здійснюється за допомогою того пристрою, який розташований на підході до системи SUW-2000 з боку надходження составу. Робота очисної системи полягає у наступному. Вагони з розсувними колісними парами, що проходять по рейках 5 із швидкістю 3-10 км/год, прямують до колієперевідної системи SUW-2000. Під час руху составу по розташованих у земляному полотні трубах 6 через форсунки 7 під тиском подається гаряча рідина з парою за допомогою компресорної установки 2 з резервуару 1.





Умовні позначення:

1 - Резервуар для рідини

2 - Компресарна установка

3 - Стоковий резервуар

4 - Фільтр-сітка

5 - Рейки

6 - Труби

7 - Форсунки

8 - Нагрівальний елемент

Рисунок Є1 конструктивна схема пристрою для очищення фіксаторів розсувних колісних пар

Конструктивно форсунки, з яких під тиском виходитиме вода, розташовані таким чином, щоб струм попадав саме на фіксатори колісних пар, що сприяє їх якісному очищенню. Відпрацьована вода поступає в стоковий резервуар 3 через фільтр-сітку 4, повертається по трубах у резервуар 1 та нагрівається елементом 8 для виконання повторного циклу. Таким чином, для роботи очисної системи необхідна відносно невелика кількість води, що повторно буде використана при подальших прогонах.

Далі пропонується приблизний розрахунок собівартості запроваджуваної очисної системи, що обчислюється за наступною формулою:

(€1)

де S – вартість окремих деталей системи,
 m – кількість складових елементів системи,
 n – кількість однакових деталей певного виду у складовому елементі,
 r – встановлена вартість монтувально-монтажних робіт,
 b – кількість робіт різних видів,
 k – кількість виконуваних операцій певного встановленого типу.

Необхідно врахувати, що запропонованих очисних споруд є дві – для кожної ширини колії окремо. Знаючи приблизну вартість основних елементів та монтажно-будівельних робіт, можна визначити собівартість очисної споруди (див. табл. €1).

За приблизними оцінками річні витрати на утримання очисної споруди становитимуть біля 950000 грн./рік.

Проаналізувавши випадки повторних прогонів составів через систему SUW-2000, можна підрахувати приблизну вартість витрат грошових ресурсів. Приймаємо, що потребу у повторному проходженні отримують 8 составів на добу, а витрати на один повторний прогін складають 2650 грн. Таким чином, Укрзалізниця витрачає біля 7738000 грн./рік з причини неспрацьовування фіксаторів колісних пар.

Таблиця €1 – Розрахунок собівартості запровадження очисної споруди

№ п/п	Складові системи та виконувані операції	Опис	Кількість, шт.	Вартість, грн.	Сумарна вартість, грн.
<i>Складові системи</i>					
1.	Резервуар для води	1. $V=70 \text{ м}^3$	1	104608	1046080
		2. $V=15 \text{ м}^3$	2	33625	672500
2.	Компресорна установка	Застосовується для одноступінчатого самовсмоктуючого горизонтально цетробіжного	1	3174	31740

		насосу, напір – 42 м ³			
3.	Труби	Довжина 3 м	30	105	31350
4.	Інші елементи, в тому числі кріпильні матеріали	–	–	–	57220
<i>Виконувані операції та монтажно-будівельні роботи</i>					
1.	Земляні роботи	–	–	3616	69290
2.	Встановленн я певних конструктив них елементів	–	–	383	27030
<i>Загальна сума впровадження очисної системи</i>					
Σ					1935210

Очікуваний економічний ефект від впровадження запропонованого пристрою полягає у зменшенні собівартості прогону вагонів через систему SUW-2000 та скороченні часових показників роботи прикордонної станції за рахунок позбавлення від випадків повторного прогону составів через систему SUW-2000. Початкові розрахунки економічного ефекту від впровадження очисної системи з урахуванням капітальних вкладань можна виконати наступним чином:

(Є2)

- де
- вартість повторних прогонів составів через SUW-2000, грн./рік,
 - вартісна оцінка утримання очисної системи за рік,
 - вартісна оцінка витрат на спорудження очисної системи.

По закінченні терміна окупності кошти будуть витрачатись тільки та утримання та амортизацію, а річна ефективність роботи очисної системи (RGP) буде складати:

(Є3)

де

- вартість витрат на повторні прогони составів через SUW-2000, грн./рік,

- вартісна оцінка утримання очисної системи за рік.

Таким чином, очікувана ефективність від впровадження системи по закінченню терміну окупності становитиме біля 6,8 млн. грн./рік, так як кошти будуть витрачатись тільки на утримання та амортизацію. Якщо кількість повторних прогонів составів через SUW-2000 прийняти більшою, то, відповідно, і річна ефективність роботи системи також буде більшою.