

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпропетровський національний університет залізничного  
транспорту імені академіка В. Лазаряна

**КУЗЬМЕНКО АЛЬБІНА ІГОРІВНА**

УДК 656.213.073.23

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

05.22.01 – транспортні системи

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Міністерство освіти і науки України

**Науковий керівник:**

кандидат технічних наук, доцент  
**Нестеренко Галина Іванівна**,  
Дніпропетровський національний  
університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна,  
професор кафедри «Управління  
експлуатаційною роботою»

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор  
**Нечаєв Григорій Іванович**,  
Східний національний університет  
ім. В. Даля, декан факультету  
«Транспортні системи і логістика»,  
завідувач кафедри «Транспортні  
системи»

кандидат технічних наук, доцент

**Прохорченко**

**Андрій**

**Володимирович,**

Українська державна академія  
залізничного транспорту,  
доцент кафедри «Управління  
експлуатаційною роботою»

Захист відбудеться «06» червня 2013 р. об 12<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, к. 314.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, ауд. 262.

Автореферат розісланий «29» квітня 2013 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради, д.т.н., професор \_\_\_\_\_ І. В. Жуковицький

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**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 I/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 010421008457), 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 різномірної 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.

**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 Międzynarodowej naukowo-praktycznej 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.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформовано основні напрямки вирішення проблеми, визначено основні завдання дослідження, обґрунтовано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів.

**У першому розділі** виконано аналіз існуючих технологій та наукових підходів до формування технологій обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини та оцінено техніко-експлуатаційні показники їх роботи з метою виявлення «вузьких місць». Сформульовані першочергові завдання технічного оснащення 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., Бутько Т.В., Ветухов Є.А., Гриневич Г.П., Губарь В.М., Губенко В.К., Дерібас А.Т., Дьомін Ю.В., Словий 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., Смахов 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. 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.

Аналіз 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): 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.

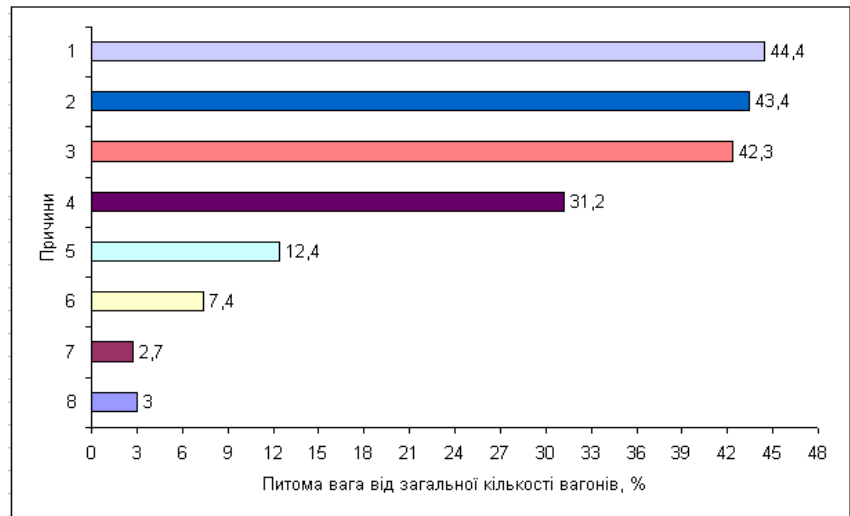


Рисунок 1. Порівняння факторів, що впливають на простій вантажних вагонів на прикордонних станціях

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.

У другому розділі вирішено завдання формування математичної моделі процесів декомпозиції вхідного потоку вагонів на станціях стикування колій різної ширини, яка дозволяє визначати вартісні та часові параметри та дає можливість запроваджувати логістичні технології обслуговування вагонопотоків, засновані на узгодженості використання наявних матеріальних та грошових ресурсів для реалізації певної технології передавання вагонопотоків з колії однієї ширини на колію іншої ширини в залежності від структури та обсягів цих вагонопотоків.

На ССКРШ використовуються наступні способи обслуговування вагонопотоків: 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 розсуву колісних пар (ПРКП).

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).

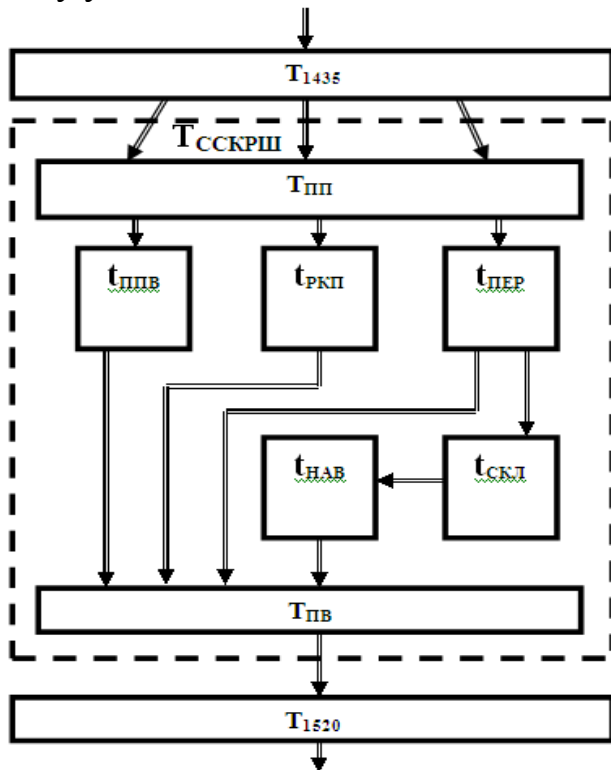
Дана схема розроблена для випадку, коли вантажі прибувають на станцію у вагонах колії 1435 мм, а відправляються у вагонах колії 1520 мм.

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



$$\sum_1^s t_{\text{ССКРШ}} = \sum_1^a t_{\text{ПП}} + \sum_1^b t_{\text{СП}} + \delta \sum_1^f t_{\text{ППВ}} + \epsilon \sum_1^q t_{\text{РКП}} + \varrho [3 \sum_1^r t'_{\text{пер}} + \psi (\sum_1^e t''_{\text{пер}} + \sum_1^u t_{\text{СКЛ}} + \sum_1^y t_{\text{НАВ}})] + \sum_1^d t_{\text{ПВ}}, \quad (1)$$

де  $\sum_1^a t_{\text{ПП}}$  – сумарний час знаходження вагонів з вантажем у парку приймання;  
 $\sum_1^b t_{\text{СП}}$  – у сортувальному парку;  $\sum_1^d t_{\text{ПВ}}$  – у парку відправлення;  $\sum_1^f t_{\text{ППВ}}$  – у ППВ;  
 $\sum_1^q t_{\text{РКП}}$  – у ПРКП;  $\sum_1^r t'_{\text{пер}}$ ,  $\sum_1^e t''_{\text{пер}}$  – сумарний час перевантаження вантажів відповідно у вагони іншої колії або на склад;  $\sum_1^u t_{\text{СКЛ}}$  – сумарний час знаходження вантажу на складі;  $\sum_1^y t_{\text{НАВ}}$  – сумарний час перевантаження вантажу із складу у вагони.



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;

$t_{\text{РКП}}$  – час знаходження вагонів у пункті розсуву 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. Схема розгалуження часових елементів логістичного ланцюжка доставки вантажів міжнародного призначення при їх обробці на ССКРШ

У рівнянні (1) 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.

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  $b$ );
- вагони з розсувними колісними парами ( $e$ );

- вагони, з яких вантажі перевантажуються у вагони колії іншої ширини на тих чи інших фронтах в залежності від роду вантажів ( $z$ ).

У свою чергу, вагони, що потрапляють на перевантажувальні фронти, 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  $z$  та  $u$ . Для часток вагонів будуть справедливими наступні припущення:

$$0 \leq b \leq 1; 0 \leq v \leq 1; 0 \leq z \leq 1; \\ b+v+z = 1; 0 \leq z \leq 1; 0 \leq u \leq 1; z+u = 1.$$

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. Із системи звичайних диференціальних рівнянь Колмогорова визначено таку характеристику вхідного потоку, як  $p_k(\tau, t)$  – імовірність того, що на інтервалі часу  $[t, t + \tau]$  прибуде  $k$  поїздів з інтенсивністю потоку поїздів  $\lambda$ .

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

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  $\mu$ . Розраховано сталий режим такої системи і визначено раціональні параметри з позиції мінімізації втрат від простою СМО і перебування поїздів у черзі на обслуговування.

Спочатку розглядається потік Ерланга з  $k = 3$ , 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. 3), які позначені наступними цифрами: 1 - поїзд, що прибуває; 2 - приймально-відправлювальний парк; 3 - сортувальна гірка (витяжна колія); 4 - фронти передавання вагонопотоків на іншу колію (ППер, ППВ, ПРКП); 5 - парк відправлення; 6 - поїзд, що відправляється.

На рисунку 3 кружками позначені стани найпростішого потоку, а квадратики відбивають стани СМО.

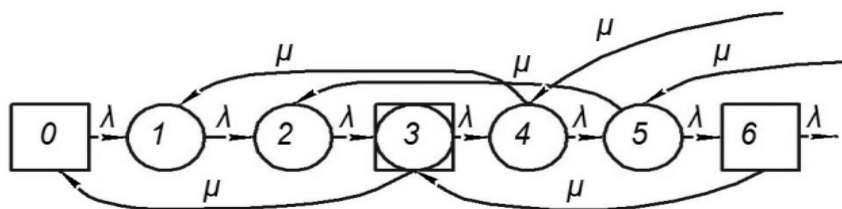


Рисунок 3. Модель процесу обслуговування вагонопотоків на технічних пристроях ССКРШ

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

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_0}{\partial t} &= -\lambda P_0 + \mu P_k ; \\ \frac{\partial P_m}{\partial t} &= -\lambda P_m + \lambda P_{m-1} + \mu P_{m+k}, m < k ; \\ \frac{\partial P_m}{\partial t} &= -(\lambda + \mu)P_m + \lambda P_{m-1} + \mu P_{m+k}, m \geq k . \end{aligned} \quad (2)$$

Витрати від простою СМО та перебування поїздів у черзі розраховуються за формулою

$$Z = nP_0 + cm, \quad (3)$$

де  $c$  – відношення вартості вагоно-години до СМО-години;  
 $n$  – кількість вагонів у поїздах, що прибувають за одиницю часу;  
 $m$  – 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. 4. Як видно з рисунка 4, при фіксованих значеннях  $k$  та  $c$  функція  $Z(r)$  має мінімум.

На рис. 5 представлена залежність параметру  $r$  як функції  $c$ , при якому  $Z$  приймає мінімальне значення. На рис. 6 представлена залежність мінімальних витрат як функція від параметру  $c$ .

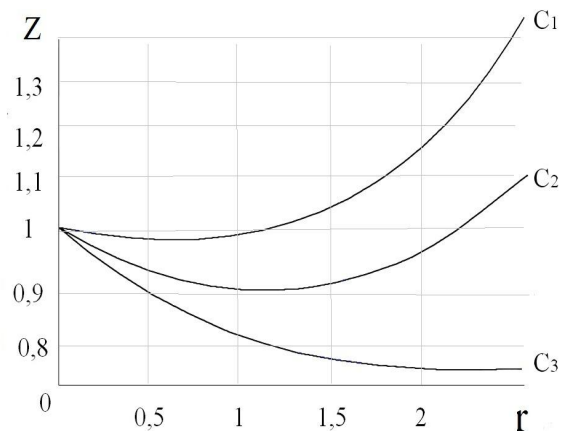


Рисунок 4. Залежність функції витрат  $Z$  від параметра завантаженості системи  $r$

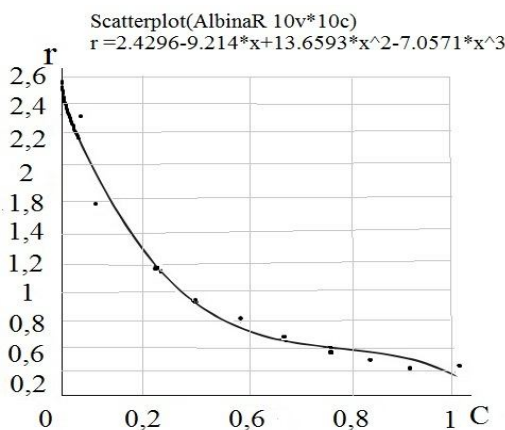


Рисунок 5. Залежність параметра завантаженості  $r(c)$ , при якому реалізується  $\min Z(r)$

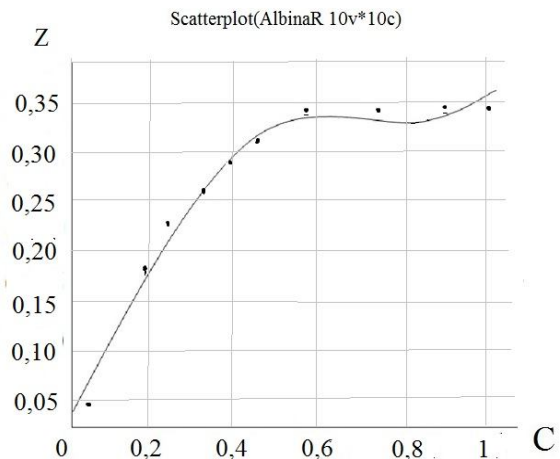


Рисунок 6. Залежність мінімальних витрат  $Z$  від відношення вартості вагоно-години до СМО-години  $c$

З достатнім ступенем вірогідності дана залежність може бути описана поліномом третього ступеню

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

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 вирішення завдання позбавлення від простоїв СМО формалізовано процес декомпозиції вхідного потоку та розраховано основні характеристики математичної моделі функціонування станцій стикування колій різної ширини. У ході досліджень виявлено, що закон розподілення прибуття поїздів є пуасонівським, а інтервали між прибулими вагонами, що надходять у парк перевантаження вагонів, пункт перестановки візків, або на колісперевідну систему SUW-2000, мають показовий розподіл. Параметри  $b$ ,  $v$  та  $z$  розглядаються як керуючі параметри, що дозволяють оцінити роботу парку перевантаження вагонів, пункту перестановки візків, або системи SUW-2000.

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.

У **третьому розділі** сформовано комплекс моделей для дослідження способів передавання вагонопотоків з колії 1435 мм на колію 1520 мм та у зворотному напрямку, а також вирішено задачу удосконалення функціональної схеми інформаційно-керуючої системи прикордонної станції, що надає можливість визначення раціональної технології передавання вагонопотоків за допомогою пристроїв АРМ оперативних працівників станції.

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. Проаналізовано вірогідність математичних моделей функціонування прикордонних станцій за умов безперевантажувальних перевезень (перестановки візків та використання вагонів із розсувними колісними парами).

Для розв'язання задачі визначення раціональної технології обслуговування вагонопотоків технологічний процес обраного способу передавання вагонів запропоновано розбити на  $n$  фаз  $\omega_i$ ,  $i=1, n$  та визначати його у вигляді списку  $\Omega = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n]$ . Кожній фазі  $\omega_i$  можна поставити у відповідність деякий набір технологічних операцій  $\Xi_i = \{\theta_{i1}, \theta_{i2}, \dots, \theta_{ik}\}$ ,  $i=1, n$ . Схема вибору раціональної технології обслуговування вагонопотоків методом фаз (рис. 7) представлена послідовністю фаз  $\omega_i$  та набором технологічних операцій  $\theta$  у кожній фазі; суцільною лінією показано оптимальний селектор, а пунктирними лініями – можливі варіанти технології перевантаження.

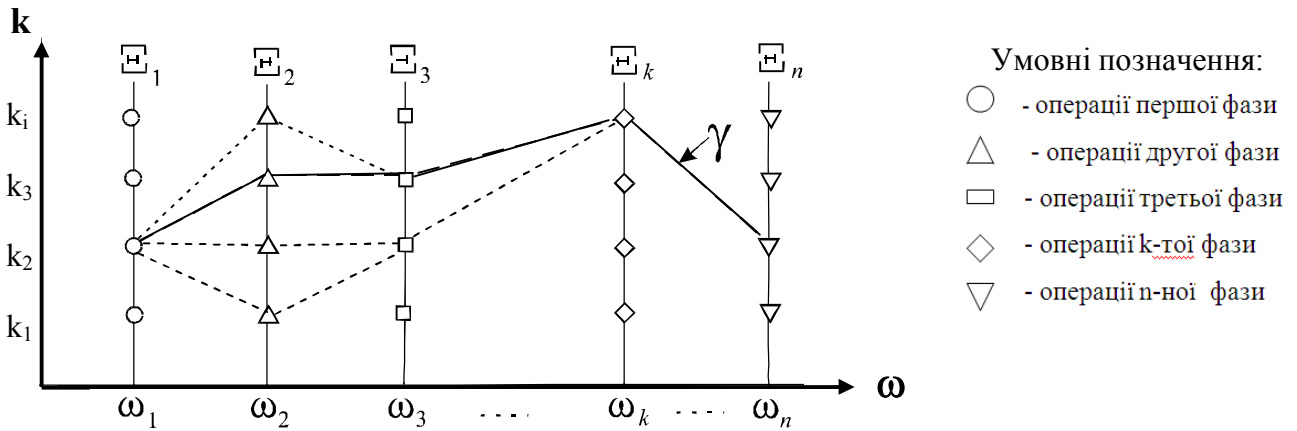


Рисунок 7. Схема вибору раціональної технології обслуговування вагонопотоків методом фаз

В даному розділі введено наступні визначення. Селектором  $\gamma$  пропонується називати список

$$\gamma = \left[ [\omega_1, \theta_{1j_1}], [\omega_2, \theta_{2j_2}], \dots, [\omega_n, \theta_{nj_n}] \right]. \quad (4)$$

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

$$|\Gamma| = \prod_{i=1}^n k_i, \quad (5)$$

де  $k_i$  - число технологічних операцій у фазі  $\omega_i$ .

Надалі прийнято, що будь-який селектор  $\gamma \in \Gamma$  характеризується двома показниками: грошовими витратами на реалізацію селектора –  $F_1(\gamma, m)$  і витратами часу на його реалізацію –  $F_2(\gamma, m)$ .

Функції  $F_1(\gamma, m)$  і  $F_2(\gamma, m)$  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:

$$\left( \begin{array}{l} F_1(\gamma, m) \\ F_2(\gamma, m) \end{array} \right) \rightarrow \min \quad \text{при } \gamma \in \Gamma. \quad (6)$$

Функції  $F_1(\gamma, m)$  і  $F_2(\gamma, m)$  відповідно дорівнюють:

$$F_1(\gamma, m) = \sum_{\theta \in \gamma} f_1(\theta, m); \quad (7)$$

$$F_2(\gamma, m) = \sum_{\theta \in \gamma} f_2(\theta, m), \quad (8)$$

де  $f_1(\theta, m)$  – грошові витрати на виконання  $\theta$  технологічної операції;

$f_2(\theta, m)$  – затрати часу на виконання  $\theta$  технологічної операції.

Особливість вирішуваної задачі (6) полягає в тому, що показники  $F_1(\gamma)$  і  $F_2(\gamma)$  є адитивними функціями. Розв'язком задачі є множина селекторів  $\Gamma_* \subseteq \Gamma$ , у якій будь-які два селектори  $\gamma'_*$  й  $\gamma''_*$  порівнюються між собою за

відношенням Паретто. При цьому вважається, що два селектори  $\gamma_1$  і  $\gamma_2$  порівняні між собою за відношенням Паретто (символічно записані у вигляді  $\gamma_1 P \gamma_2$ ), якщо

$$\gamma_1 P \gamma_2 \leftrightarrow \left( \begin{array}{l} F_1(\gamma_1, m) \leq F_1(\gamma_2, m) \\ F_2(\gamma_1, m) \leq F_2(\gamma_2, m) \end{array} \right), \quad (9)$$

причому одна з нерівностей виконується суворо.

Ураховуючи, що функції  $F_1$  і  $F_2$  мають вигляд (7), (8), отримано рівняння контролінгу показників витрат часу та коштів:

$$\sum_{\theta \in \gamma} f_1(\theta(i, \bar{j}), m) - \sum_{\theta \in \gamma} f_1(\theta(i, j), m) = -\lambda \left( \sum_{\theta \in \gamma} f_2(\theta(i, \bar{j}), m) - \sum_{\theta \in \gamma} f_2(\theta(i, j), m) \right). \quad (10)$$

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.

Результати обчислення для перевантаження вагонів наведені на рисунку 8 у вигляді графіка залежності експлуатаційних витрат від часу знаходження вагонів на ССКРШ. На підставі цього графіка залежно від резервів часу або коштів можна ухвалити рішення щодо вибору певної технології перевантаження вантажу.

Аналогічним чином метод фаз застосовано для дослідження технології перестановки візків та розсування колісних пар за допомогою системи SUW-2000. Сформовано оптимізаційна модель енергетичних витрат при проходженні поїзда через систему SUW-2000, в якій за аргументи прийнято швидкість та час. 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 спрацювання.

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.

Результати досліджень впроваджені в схему організації інформаційного обміну даними між автоматизованими системами різних рівнів. Запропоновано підхід до вирішення задач автоматизованого управління роботою

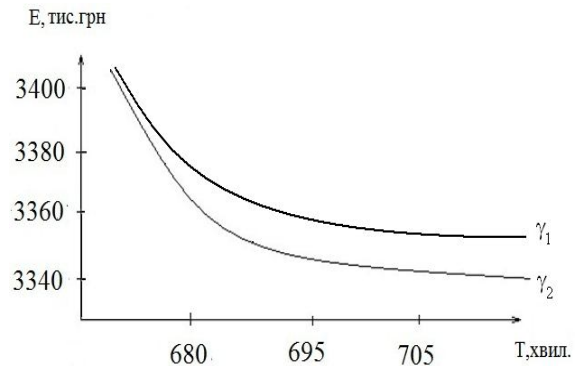


Рисунок 8. Графік залежності експлуатаційних витрат від часу знаходження вантажних вагонів на ССКРШ

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). 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. 9).

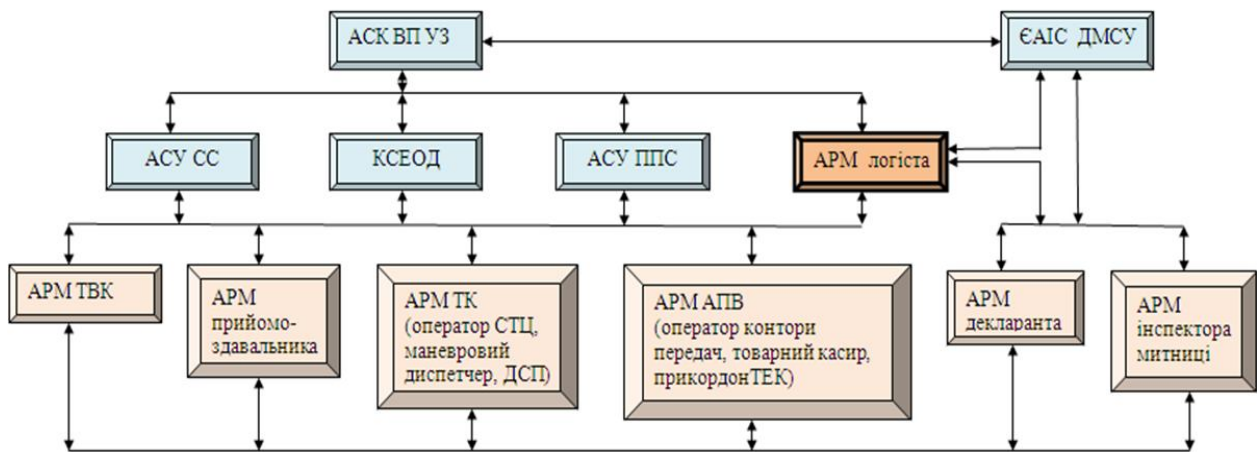


Рисунок 9. Схема організації інформаційного обміну даними між автоматизованими системами різних рівнів в умовах функціонування АСУ ППС

Аналіз функціонування САІ довів, що впровадження АРМ 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.

У четвертому розділі обґрунтовано економічну доцільність впровадження логістичної технології в процеси обробки вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини та визначено раціональний час знаходження вагонів на цих станціях.

Дослідження проводилися на прикладі перевезень руди, зерна та нафтопродуктів. 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 простоїв вагонів з обраними вантажами у ППер, ППВ та ПРКП на основі розрахунку експлуатаційних витрат. Для пункту зміни візків вантажних вагонів експлуатаційні витрати 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. Кожен елемент витрат визначався з урахуванням специфічних особливостей конкретної станції.

Аналогічно були визначені експлуатаційні витрати при перевантаженні з вагону у вагон, до яких 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.

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 стенду, 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.

У результаті розрахунків отримані залежності вартості простоїв на ССКРШ вагонів, з якими виконують операції з перевантаження або перестановки візків, та які обладнані розсувними колісними парами, від річного обсягу перевезень (рис. 10).

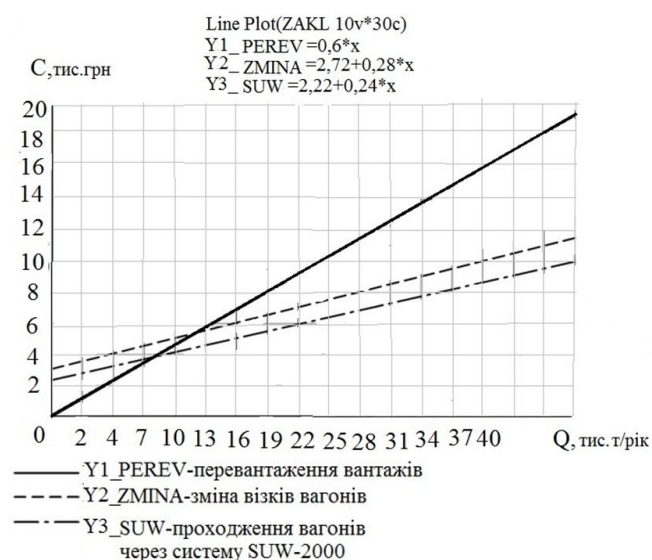


Рисунок 10. Залежність вартості простоїв вагонів на ССКРШ від річного обсягу перевезень

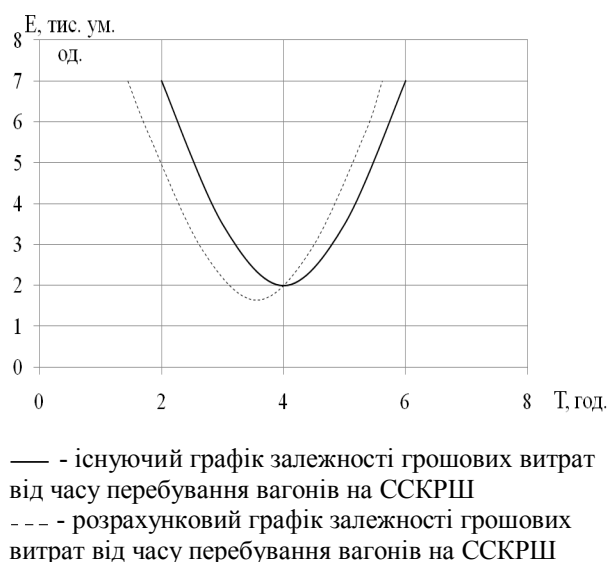


Рисунок 11. Порівняльний аналіз залежності грошових витрат від часу перебування вагонів на ССКРШ



На рис. 11 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.

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.

### **ОСНОВНІ 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 процеси 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 ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Монографії:**

1. Сучасні транспортно-митні технології міжнародних перевезень товарів [Текст]: монографія / за ред. А.М. Пасічника. Кузьменко А.І.– розд. 10. – Дн-ськ: АМСУ, 2012. – 304 с.

### **Статті у наукових фахових виданнях:**

2. Головінов, Г.Г. Щодо вдосконалення роботи прикордонних перевантажувальних станцій [Текст] / Г.Г. Головінов, Г.І. Музикіна, А.І. Кузьменко // Вісник Академії митної служби України. – Дн-ськ: АМСУ, 2004. – № 4 (24). – С. 52-56.

3. 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. – Дн-ськ: ДНУЗТ, 2007. – № 14. –С. 94-98.

4. 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. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – № 85. –С. 244-252.

5. Кузьменко, А.І. Удосконалення технології перевезення вантажів у міжнародному сполученні [Текст] / А.І. Кузьменко // Вісник Академії митної служби України. – Дн-ськ: АМСУ, 2008. – № 2 (38). – С. 77-82.

6. Головінов, Г.Г. Підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів на основі вибору раціонального варіанта передавання вантажів на прикордонних станціях [Текст] / Г.Г. Головінов, А.І. Кузьменко // Вісник Акад. митної служби України. – Дн-ськ: АМСУ, 2008. – № 4 (40). – С. 142-147.

7. 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 // Вісн. Акад. митної служби України. Серія “Технічні науки”. – Дн-ськ: АМСУ, 2009. – № 2 (42). – С. 129-135.

8. 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”. – Дн-ськ: АМСУ, 2010. – № 1 (43). – С. 52-57.

9. 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”. – Дн-ськ: АМСУ, 2011. – № 1 (45). – С. 42-47.

10. Кузьменко, А.І. Удосконалення інформаційного забезпечення роботи прикордонних станцій [Текст] / А.І. Кузьменко // Вісник СНУ ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ, 2011. – № 5 (176). Ч.1 – С. 103-108.

11. 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”. – Дн-ськ: АМСУ, 2011. – № 2 (46). – С. 23-29.

12. 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. – Луганськ: СНУ, 2012. – № 6 (177). Ч.1 -С. 49-54.

13. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір №45272. Дослідження експлуатаційних проблем функціонування системи SUW-2000 в процесі організації міжнародних вантажних перевезень / Г.І. Нестеренко, А.І. Кузьменко, С.І. Музикіна. Дата реєстрації 21.08.2012 р.

#### **Тези доповідей наукових конференцій:**

14. Кузьменко, А.І. Прикордонні перевантажувальні станції у логістичних системах транспортування міжнародних вантажопотоків [Текст] / А.І. Кузьменко // Тези 65-ї Міжнар. наук.-практ. конф. „Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту”. – Дн-ськ: ДНУЗТ, 2005. – С. 110-111.

15. Кузьменко, А.І. Удосконалення процесу перетину кордонів міжнародними вантажопотоками [Текст] / А.І. Кузьменко // Тези LXVI Міжнар. наук.-практ. конф. „Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту”. – Дн-ськ: ДНУЗТ, 2006. – С. 171-172.

16. Кузьменко, А.І. Математична модель декомпозиції вхідного потоку вагонів в системі управління транспортними потоками [Текст] / А.І. Кузьменко, Н. А. Мухіна // Тези доп. 5-ї МНПК „Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем” (MPZIS-2007). – Дн-ськ: ДНУ, 2007. – С. 114-115.

17. Кузьменко, А.І. Удосконалення технології просування міжнародних вантажопотоків через прикордонні станції [Текст] / А.І. Кузьменко // Тези доповідей 67-ї Міжнар. наук.-практ. конф. „Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту”. – Дн-ськ: ДНУЗТ, 2007. – С. 135-136.

18. Кузьменко, А.І. Вибір оптимального варіанту передачі вантажів через стики колій різної ширини [Текст] / А.І. Кузьменко, Г.І. Музикіна // Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. „Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології”. К.: ДЕТУТ, 2008. – С. 139-141.

19. Кузьменко, А.І. Удосконалення технології перевезення вантажів у міжнародному сполученні [Текст] / А.І. Кузьменко // Тези I Міжнар. наук.-практ. конф. „Інтеграція України в міжнародну транспортну систему”. – Дн-ськ: ДНУЗТ, 2009. – С. 33-34.

20. Кузьменко, А.І. Дослідження функціонування та розвитку Львівської залізниці в умовах світової фінансової кризи [Текст] / А.І. Кузьменко, Ю.В. Медведюк // Тези II Міжнар. науково-практичн. конф. курсантів, студентів та молодих учених „Митна політика та актуальні проблеми економічної безпеки України на сучасному етапі”. – Дн-ськ: АМСУ, 2009. – С. 218-220.

21. Кузьменко, А.І. Математична модель процесу заміни візків вагонів під час переходу з колії 1435 мм на 1520 мм та навпаки [Текст] / А.І. Кузьменко // Тези доповідей 69-ї Міжнар. наук.-практ. конф. „Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту” – Дн-ськ: ДНУЗТ, 2009. – С. 82-83.

22. Кузьменко, А.І. Аналіз швидкісних показників міжнародних транспортних коридорів Львівської залізниці [Текст] / А.І. Кузьменко, Ю.В. Медведюк // Тези III МНПК молодих учених „Митна політика та актуальні проблеми економічної безпеки України”. – Дн-ськ: АМСУ, 2010. – С. 46-47.

23. Кузьменко, А.І. Обґрунтування безперевантажувальних технологій і технічних засобів для організації міжнародних вантажних перевезень [Текст] / А.І. Кузьменко // Тези 2-ї Міжнар. наук.-практ. конф. „Інтеграція України в міжнародну транспортну систему”. – Дн-ськ: ДНУЗТ, 2010. – С. 59-60.

24. Пасічник, А.М. Удосконалення технології переробки експортно-імпортного вантажопотоку в пунктах пропуску [Текст] / А.М. Пасічник, А.І. Кузьменко, Ю.В. Медведюк // *Materialy VII Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji „Perspektywiczne opracowania sa nauka i technikami – 2011”*. – Przemysl: Nauka i studia, 2011. – С. 9-11.

25. Переста, Г.І. Реорганізація технології функціонування прикордонних станцій в умовах впровадження інтероперабельних перевезень [Текст] / Г.І. Переста, А.І. Кузьменко // Тези доп. 71-ї МНПК „Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту” – Дн-ськ: ДНУЗТ, 2011. – С.149.

26. Нестеренко, Г.І. Оцінювання економічної ефективності логістичних систем безперевантажувальних перевезень [Текст] / Г.І. Нестеренко, А.І. Кузьменко, Ю.В. Медведюк // Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. „Перспективи розвитку інформаційних та транспортно-митних технологій у митній справі, зовнішньоекономічній діяльності та управлінні організаціями”. – Дн-ськ: АМСУ, 2011. – С. 302-304.

27. Пасічник, А.М. Методика оптимізації процесів взаємодії вітчизняних і європейських транспортних систем [Текст] / А.М. Пасічник, А.І. Кузьменко, Ю. В. Медведюк // Тези доп. IX МНПК „Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем” (MPZIS-2011). – Дн-ськ: ДНУ, 2011. – С. 213-214.

28. Нестеренко, Г.І. Удосконалення процесу переходу вагонів через стики колій різної ширини на прикордонних станціях [Текст] / Г.І. Нестеренко, А.І. Кузьменко, С.І. Музикіна // Матеріали III МНПК “Проблеми розвитку транспортних систем і логістики”. – Луганськ: СЛУ, 2012. – С. 4-5.

### АНОТАЦІЯ

Кузьменко А.І. Удосконалення технології обробки вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. Дніпропетровський державний університет залізничного транспорту ім. В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2013 р.

Дисертація присвячена питанням удосконалення технологій обслуговування вагонопотоків на прикордонних станціях стикування колій ширини 1435 мм та 1520 мм на основі вибору раціональних вартісних та часових параметрів логістичного ланцюга доставки вантажів у міжнародному сполученні.

У роботі проведено аналіз існуючих технологій обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини та виявлено їх недоліки, на підставі чого розроблено комплекс моделей для удосконалення технології роботи цих станцій, спрямований на скорочення часових і вартісних витрат під час здійснення міжнародних вантажних перевезень.

Виконано математичне моделювання різних технологій передавання вагонопотоків з колії 1435 мм на колію 1520 мм та у зворотному напрямку з використанням методу фаз та векторної оптимізації. Проаналізовано часові та вартісні витрати на реалізацію операцій з перевантажування вагонів, зміни візків вантажних вагонів та зміни відстані між гребенями коліс розсувних колісних пар за окремими технологічними фазами. Сформований комплекс моделей дозволяє реалізувати автоматизовані логістичні технології передавання вагонів у середовищі інформаційно-керуючої системи прикордонної станції.

Запропоновано технічні заходи для ефективного використання системи SUW-2000 для вантажних перевезень та 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.

**Ключові слова:** прикордонні станції стикування колій різної ширини, перевантажування, зміна візків, SUW – 2000, математичне моделювання.

### АННОТАЦИЯ

Кузьменко А.И. Усовершенствование технологии обработки вагонопотоков на станциях стыкования колеи разной ширины. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук за специальностью 05.22.01 – транспортные системы. Днепропетровский государственный университет железнодорожного транспорта им. В. Лазаряна, Днепропетровск, 2013 г.

Диссертация посвящена вопросам усовершенствования технологий обслуживания вагонопотоков на пограничных станциях стыкования железных дорог с разной шириной колеи (1435 мм и 1520 мм) на основе выбора рациональных стоимостных и временных параметров логистической цепи доставки грузов в международном сообщении. Решение данных вопросов позволит минимизировать время пребывания вагонов на пограничных станциях и улучшить эксплуатационные показатели их работы. Дальнейшее развитие этих станций и усовершенствование технологии их работы на логистических началах, а также обновление подвижного состава за счет специализированных вагонов для организации бесперегрузочных перевозок, обеспечат эффективное функционирование национальной транспортной инфраструктуры в системе международных транспортных коридоров.

В работе проведен анализ существующих технологий обслуживания вагонопотоков на станциях стыкования железных дорог с разной шириной колеи и выявлены их недостатки, на основании чего разработан комплекс моделей для усовершенствования технологии работы этих станций, направленный на сокращение временных и стоимостных затрат во время осуществления международных грузовых перевозок. Сформирована математическая модель процессов декомпозиции неоднородного входного потока вагонов, которая позволяет минимизировать эксплуатационные затраты и время пребывания вагонов на пограничных станциях. Рассчитаны основные характеристики данной модели.

Выполнено математическое моделирование разных технологий передачи вагонопотоков с колеи 1435 мм на колею 1520 мм и в обратном направлении с использованием метода фаз и векторной оптимизации. Проанализирована достоверность математических моделей функционирования пограничных станций при реализации бесперегрузочных перевозок (смена тележек у грузовых вагонов и использования вагонов с раздвижными колесными парами). Выполнен анализ временных и стоимостных затрат на реализацию операций по перегрузке вагонов, смене тележек грузовых вагонов или изменению расстояния между гребнями колес раздвижных колесных пар по отдельным технологическим фазам. В результате построены графики зависимости затрат средств от затрат времени, анализ которых позволяет утвердить решение относительно выбора эффективной технологии обслуживания вагонопотоков на станциях стыкования железных дорог с разной шириной колеи.

Усовершенствована функциональная схема организации информационного обмена данными между автоматизированными системами железнодорожного транспорта разных уровней в локальной информационно-управляющей системе пограничной станции, которая отличается возможностью выбора рациональной технологии передачи вагонопотоков с помощью устройств автоматизированных рабочих мест оперативных работников станции.

Предложены технические меры для эффективного использования системы SUW-2000 для грузовых перевозок. Разработана конструкция устройства для очистки фиксаторов раздвижных колесных пар от снега, льда и грязи. Данное устройство размещается на подходах к системе SUW-2000 и

обеспечивает безотказное срабатывание фиксаторов. Проведенные экономические расчеты позволили сделать вывод о целесообразности использования вагонов с раздвижными колесными парами для грузового движения.

Исследовано влияние эксплуатационных факторов на экономические показатели работы станций стыкования железных дорог с разной шириной колеи. Определено рациональное время нахождения вагонов на пограничных станциях. Обоснована экономическая целесообразность внедрения логистической технологии в процессы обслуживания вагонопотоков на этих станциях.

**Ключевые слова:** пограничные станции стыкования колеи разной ширины, перегрузка, смена тележек, SUW – 2000, математическое моделирование.

### THE SUMMARY

Kuzmenko A.I. Improvement of treatment technologies of wagon traffic at stations of splicing track of different width. – Manuscript.

Dissertation for the scientific degree, of Candidate of Technical Sciences, by specialty 05.22.01 – transport systems. Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan of Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine, Dnepropetrovsk, 2013.

Dissertation is devoted to improvement of services technologies of wagon traffic at the border stations splicing railways with different track width (1435 mm and 1520 mm), based on the rational choice of cost and time parameters of the logistic chain of delivery of freights in the international traffic.

It was conducted an analysis of existing services technologies of wagon traffic at the border stations splicing railways with different track width and determined its disadvantages, therefore it was developed the complex of models for improvement of work's technologies of these stations, which directed on reduction of time and cost expenditure during implementation of the international freight transportation in the dissertation.

Mathematical modeling of different technologies of transfer of wagon traffics from a track of 1435 mm on a track of 1520 mm and in the opposite direction with using a method of phases and vector optimization was executed. The analysis of time and cost expenditure on realization of operations on an overload of wagons, changing carts of freight wagons or changing distance between crests of wheels of sliding wheel couples on separate technological phases was made. The created complex of models allows to realize the automated logistic technologies of transfer of wagons in the environment of management information system of border station.

Technical measures for effective use of SUW–2000 system for freight transportation are offered an economic feasibility of introduction of logistic technology in processes of service of wagon traffics at stations of splicing the railways with a different track width with definition of rational time of finding of wagons at border stations was proved.

**Keywords:** border stations of a splicing track of different width, an overload, change of carts, SUW – 2000, mathematical modeling.

**КУЗЬМЕНКО АЛЬБІНА ІГОРІВНА**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

---

Підписано до друку «16» квітня 2013 р.  
Формат паперу 60x84/16. Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0.  
Тираж 100 пр. Замовлення. № 464.

---

Видавництво Дніпропетровського національного університету  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК № 1315 від 31.03.2003

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2; Дніпропетровськ, 49010.