

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

ШЕЛЕХАНЬ ГАННА ІГОРІВНА



УДК 656.212.5(477):656.615

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВЗАЄМОДІЇ ОПОРНОЇ
СОРТУВАЛЬНОЇ ТА ПРИПОРТОВИХ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ
З МОРСЬКИМИ ПОРТАМИ**

05.22.01 – транспортні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі залізничних станцій та вузлів Українського державного університету залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Огар Олександр Миколайович,
Український державний університет залізничного транспорту, кафедра залізничних станцій та вузлів, завідувач кафедри.

Офіційні опоненти: – доктор технічних наук, доцент
Мацюк Вячеслав Іванович,
Державний університет інфраструктури та технологій, кафедра технологій транспорту та управління процесами перевезень, професор кафедри;

– кандидат технічних наук, доцент
Вернигора Роман Віталійович,
Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка Всеволода Лазаряна, факультет управління процесами перевезень, декан факультету

Захист відбудеться «31» жовтня 2019 року об 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українському державному університеті залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий «27» вересня 2019 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



А.В. Прохорченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. З метою створення умов для функціонування транспортної мережі України та її інтеграції до світової транспортної мережі, а також для вироблення скоординованої політики у транспортному середовищі України протягом останнього десятиліття законодавством України було створено та запроваджено ряд стратегічних документів, що визначають напрямки розвитку залізничного транспорту з урахуванням особливостей галузі, її ролі у процесах зовнішньоекономічних відносин та забезпечення ефективності національної економіки.

Одним із напрямків підвищення ефективності роботи залізничного транспорту є вирішення питання ефективної взаємодії морського та залізничного транспорту, оскільки залучення транзитного євразійського потоку забезпечує значну користь від експорту та імпорту транспортних послуг. Однак в умовах погіршення ситуації на транспорті внаслідок економічної кризи український транспортний ринок переживає тривалий спад обсягів перевезень. Крім того, незадовільним є підхід до питань технічних і технологічних інновацій та модернізації технічних об'єктів, що призводить до нераціонального використання технічних потужностей транспорту в умовах розвитку міжнародних перевезень та як наслідок – до збільшення непродуктивних простоїв вагонів міжнародних потоків у процесі їх обробки на станціях. Так, з 12 припортових залізничних станцій України лише 4 мають гірковий сортувальний пристрій та сортувальний парк, на решті станцій формування і розформування поїздів виконується на витяжних та приймально-відправних коліях. При цьому середня тривалість простою місцевих вагонів на припортових вантажних станціях складає 59,2 год., а на сортувальних станціях – 12,7 год. та може збільшуватись до 45,7 год.

За таких умов серед об'єктів транспортної галузі, задіяних у процесі міжнародних вантажоперевезень, потребує дослідження транспортна підсистема «сортувальна станція – вантажні станції – районні парки порту» (СС-ВС-РП), що спеціалізована для обробки вагонів призначенням у морський порт та є складовою загальної залізничної транспортної системи. Під транспортною підсистемою СС-ВС-РП розуміється технологічно узгоджений комплекс організаційних транспортних структур та технічних пристроїв з переробки та переміщення вагонопотоків, об'єктами якої є опорна сортувальна станція, припортові вантажні станції та районні парки морського порту. Оптимізація основних конструктивно-технологічних параметрів вказаної підсистеми дозволить підвищити ефективність її функціонування та зменшити непродуктивні простої місцевих вагонів, у тому числі міжнародного призначення.

Зважаючи на викладене, тема дисертації є актуальною і зорієнтованою на вирішення важливого наукового завдання удосконалення процесу обробки вагонопотоків у припортових залізничних вузлах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р) і Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року

(розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.07.2013 р. № 548-р).

Автор брала участь у якості виконавця у науково-дослідній роботі «Оптимізація технологічних параметрів припортових залізничних вузлів» (ДР № 0119U101808).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є удосконалення технології обробки вагонопотоків у припортових залізничних вузлах за рахунок раціонального розподілу сортувальної роботи з формування передач місцевих вагонів між станціями припортового вузла.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі дослідження:

- проаналізувати умови функціонування транспортної підсистеми СС-ВС-РП припортових залізничних вузлів з метою виявлення причин зниження ефективності обробки у ній місцевих вагонопотоків;

- проаналізувати теоретичні дослідження з удосконалення процесу обробки місцевих вагонопотоків у припортових вузлах;

- з урахуванням системного підходу розробити оптимізаційну модель розрахунку раціонального числа маневрових локомотивів СС для виконання технологічних операцій з формування і передачі груп вагонів призначенням на вантажні фронти;

- сформулювати оптимізаційну модель розрахунку раціональних параметрів процесу обробки вагонів у припортовому вузлі призначенням на вантажні фронти морських портів та підприємств;

- розробити процедуру відбору вагонів для обробки на опорній сортувальній станції припортового вузла з урахуванням їх пріоритетності;

- удосконалити метод розрахунку числа колій у сортувальному парку для обробки вагонопотоку на основі їх пріоритетності;

- розробити систему підтримки прийняття рішень (СППР) з формування складів передавальних поїздів для маневрового диспетчера опорної СС припортового вузла;

- обґрунтувати економічну доцільність запропонованих заходів з удосконалення процесу обробки місцевих вагонопотоків у припортових вузлах.

Об'єкт дослідження – процес обробки вагонопотоків у припортовому вузлі.

Предмет дослідження – технологія обробки місцевих вагонопотоків у припортових вузлах.

Методи дослідження. Проведення статистичних оцінок параметрів технології роботи станцій припортового залізничного вузла виконано із застосуванням методів математичної статистики, регресійного аналізу та методів візуалізації даних. Для вирішення оптимізаційних завдань було застосовано методи дослідження операцій, зокрема дискретне нелінійне програмування. Методи планування експериментів і регресійного аналізу використовувались для перевірки адекватності розробленої моделі процесу обробки вагонів у транспортній підсистемі. При побудові процедури формування груп вагонів на сортувальній станції призначенням у морські порти використано чисельні методи. Для моделювання функціонування станцій припортового вузла використано апарат мереж Петрі.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертації вирішено наукове завдання удосконалення технологічних процесів обробки місцевих вагонопотоків у залізничній транспортній підсистемі «сортувальна станція – вантажні станції – районні парки порту» шляхом розробки комплексу взаємопов'язаних оптимізаційних моделей для розрахунку раціональних конструктивно-технологічних параметрів процесу обробки вагонів призначенням на вантажні fronti на станціях припортового залізничного вузла.

Вперше:

- формалізовано технологію функціонування транспортної підсистеми СС-ВС-РП з обробки вагонів призначенням у морський порт, що базується на системному підході та дозволяє визначити раціональну кількість маневрових локомотивів для роботи у підсистемі формування опорної сортувальної станції;

- для розрахунку кількості та величини передач і подач вагонів на адресу порту, що формуються на опорній сортувальній станції, сформовано оптимізаційну математичну модель на основі мінімізації експлуатаційних витрат на обробку вагонів у транспортній підсистемі СС-ВС-РП з відповідною системою обмежень, що враховує технічні і технологічні параметри зазначеної підсистеми;

- розроблено процедуру відбору вагонів для обробки у припортовому вузлі з урахуванням їх пріоритетності, що базується на виділенні найкрупніших груп призначенням на причали морського порту з урахуванням переробної спроможності припортової станції.

Удосконалено:

- метод розрахунку кількості колій у сортувальному парку шляхом виділення із загальної кількості колій парку колій для обробки вагонів з їх пріоритетом, який, на відміну від існуючих, враховує параметри розподілу тривалості накопичення вагонів кожного призначення на состав передавального поїзда та величини составу передавального поїзда на адресу вантажної станції;

- комплекс функціональних задач АСК ВП УЗ-Є шляхом інтеграції до АРМ маневрового диспетчера сортувальної станції автоматизованої системи розрахунку поточних конструктивно-технологічних параметрів процесу обробки вагонів у припортовому вузлі призначенням на вантажні fronti морських портів та підприємств з метою підвищення ефективності функціонування транспортної підсистеми.

Практичне значення одержаних результатів. Практичні результати роботи впливають з її прикладної спрямованості, зокрема розроблений комплекс оптимізаційних моделей є основою для автоматизації технології обробки вагонопотоків призначенням у морський порт. Впровадження автоматизованої технології дозволить скоротити тривалість знаходження місцевих вагонів на сортувальній і вантажних станціях припортового вузла та за рахунок раціонального розподілу сортувальної роботи між цими станціями зменшити рівень завантаження технічних пристроїв на припортових станціях.

Результати дисертаційного дослідження використовуються у навчальному процесі Українського державного університету залізничного транспорту при підготовці фахівців усіх освітніх програм спеціальності 275 – «Транспортні технології (залізничний транспорт)» при вивченні дисциплін «Залізничні станції та

вузли» і «Проектування об'єктів залізничної інфраструктури».

Практичне значення результатів роботи з удосконалення технології обробки вагонопотоків у припортових вузлах підтверджено відповідним актом впровадження у виробничий процес на сортувальних та вантажних станціях регіональної філії «Одеська залізниця» АТ «Укрзалізниця». Акти впровадження у навчальний та виробничий процеси наведені у додатках до дисертаційної роботи.

Особистий внесок здобувача. Дослідження, що висвітлено в усіх наукових працях, проводилися в УкрДУЗТ. У наукових працях, опублікованих зі співавторами, особистий внесок полягає у такому: у [3] формалізовано задачу підвищення ефективності сортувального процесу на сортувальній станції при формуванні багатогрупних поїздів та запропоновано рішення за допомогою імітаційного моделювання у мережах Петрі; у [4] побудовано імітаційні моделі роботи сортувальної та припортової станцій за удосконаленою технологією при обробці експортних вагонопотоків; у [5] побудовано оптимальний план розподілу вагонів на полігоні за допомогою штучної нейронної мережі; у [6] описано метод знаходження максимально можливої кількості вагонів для пріоритетної обробки у транспортній підсистемі при мінімальній її тривалості; у [7] визначено основні напрямки розвитку мультимодальних перевезень в Україні; у [14] сформовано математичну модель, критерієм якої є максимізація переробки вагонопотоків на припортовій станції з урахуванням існуючих технічних потужностей; у [15] сформовано вхідні впливи та множину вихідних параметрів транспортної підсистеми з обробки вагонів призначенням на вантажні фронти морських портів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалені на таких конференціях: Десятій науково-практичній міжнародній конференції «Проблеми міжнародних транспортних коридорів та корпоративної логістики». (м. Харків, 5-7 червня 2014 р.); Науково-практичній конференції «Розвиток теорії та практики функціонування залізничних станцій та вузлів» (м. Дніпропетровськ, 11-12 грудня 2014 р.); X ювілейній Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті» (м. Київ, 30 червня – 01 липня 2015 р.); 78-й, 79-й, 80-й Міжнародній науково-технічній конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (м. Харків, 26-28 квітня 2016 р., 25-27 квітня 2017 р., 24-26 квітня 2018 р.); VI Науковій конференції «Фундаментальні та прикладні дослідження у сучасній науці» (м. Харків, 30 жовтня 2018 р.); 31-й міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» (м. Харків, 24-26 жовтня 2018 р.); 79-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (м. Дніпро, 16-17 травня 2019 р.).

У повному обсязі результати дисертаційної роботи заслухано та схвалено на розширеному засіданні кафедри залізничних станцій та вузлів Українського державного університету залізничного транспорту.

Публікації. Відповідно до теми дисертації опубліковано 15 наукових праць, з яких шість статей, опубліковані у фахових наукових виданнях, затверджених МОН України (три з них включені до міжнародних наукометричних баз, у тому числі дві – до бази Scopus), та дев'ять праць апробаційного характеру.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Повний обсяг дисертації складає 174 сторінки, з яких обсяг основного тексту – 113 сторінок, 14 рисунків за текстом, та 1 таблиця і 1 рисунок на окремих сторінках, список використаних джерел із 119 найменувань і 6 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження, відображено наукову новизну та практичну цінність, надано загальну характеристику роботи.

У **першому розділі** виконано аналіз сучасного стану проблеми удосконалення роботи з місцевими вагонами на припортових вантажних станціях. Аналіз основних кількісних і якісних показників роботи припортового вузла довів, що підвищення обсягів переробки вантажів України через різні види транспорту обумовлене, у першу чергу, збільшенням експорту з України протягом останніх 5 років, який наразі складає близько 110 млн тонн на рік. Виявлено, що прості місцевих вагонів під технологічними операціями на припортових станціях України сягають двох і більше діб і пов'язані з тим, що обслуговування десяти найбільших за обсягами переробки морських портів України відбувається припортовими станціями, шість з яких не мають гіркового сортувального пристрою та сортувального парку або окремих колій для сортування. До того ж, сортувальну роботу виконують найбільш трудомістким і непродуктивним способом – осаджуванням вагонів, що свідчить про неефективність діючої технології обробки вагонів у припортових вузлах.

Проведений аналіз етапів розвитку вітчизняної інфраструктури морських портів та прилеглих залізничних станцій довів, що має місце невідповідність між кількістю вагонів, що надходять на вітчизняні припортові станції, і рівнем стаціонарних технічних пристроїв на них. Серед можливих заходів з ліквідації зазначеної невідповідності є удосконалення технології взаємодії станцій припортового вузла з морськими портами з урахуванням характеру і розмірів вагонопотоків, які на них обробляються.

Виконаний аналіз стану і прогресивних світових тенденцій розвитку взаємодії морського і залізничного транспорту свідчить про тенденцію створення терміналів на території морських портів з синхронізацією роботи СС або локальних логістичних центрів, які дозволяють мінімізувати обсяги маневрової роботи та зменшити простій вагонів на станціях та у портах. При цьому значно менше робіт присвячено питанням удосконалення технології взаємодії об'єктів морського і залізничного транспорту.

Питаннями розвитку і удосконалення техніко-технологічної структури залізничних станцій займалися такі вчені, як О.А. Абрамов, В.І. Апатцев, Є.В. Архангельський, П.В. Бартенев, Г.Я. Бройтман, С.П. Бузанов, І.І. Васильєв, С.В. Земблінов, А.М. Козлов, В.Д. Нікітін, В.Н. Образцов, І.Е. Савченко, Н.К. Сологуб, Є.О. Сотніков, І.Б. Сотніков, Н.І. Федотов, Н.Н. Шабалін, В.О. Шаров, Ф.І. Шаульський та інші дослідники. У подальшому дослідженням

управління вагонопотоками і оптимізації технічного оснащення припортових станцій присвятили свої роботи науковці В.М. Акулінічев, К.А. Бернгард, В.І. Бобровський, В.Я. Болотний, Т.В. Бутько, Р.В. Вернигора, Є.О. Ветухов, А.К. Головніч, П.С. Грунтов, М.І. Данько, Ю.І. Єфименко, І.В. Жуковицький, Д.В. Ломотько, В.І. Мацюк, Г.І. Музикіна, О.М. Огар, А.Т. Осьмінін, В.О. Персіанов, В.В. Повороженко, М.В. Правдін, С.М. Резер, К.Ю. Скалов, А.О. Смахов, М.К. Сологуб, М.Ф. Трихунков, П.О. Яновський та інші.

Дослідженням у галузі раціональної організації залізничних перевезень вантажів у взаємодії з об'єктами інфраструктури морського транспорту приділяється багато уваги і у закордонних наукових працях. У цих працях застосовуються економіко-математичні моделі, методи імітаційного моделювання, методи інтелектуальних технологій. Розвитком теорії у галузі обробки вантажопотоків у транспортних підсистемах, що обслуговують морські порти та місця незагального користування, займалися дослідники M. Dror, M. Peschel, V. Roso, W. Hance, R. Palšaitis, I. Hansen, J. Woxenius, G. J. Peek, J.-C. Jong, L. Mussone.

Незважаючи на широке висвітлення питань взаємодії морського та залізничного видів транспорту, напрями розвитку взаємодії опорних технічних і припортових вантажних станцій, а також розподілу експортних вагонопотоків у найбільших залізничних вузлах, які наразі мають велике значення для припортових залізниць, на сьогодні недостатньо вивчені.

На підставі виконаного аналізу розвитку транспортної підсистеми обробки вантажопотоків призначенням у морські порти доведено необхідність удосконалення технології обробки вагонопотоків у припортових вузлах, що передбачає формалізацію процесу функціонування транспортної підсистеми СС-ВС-РП та є основою формування автоматизованої технології взаємодії опорної СС та припортових ВС з морськими портами.

У **другому розділі** для скорочення тривалості знаходження вагонів у підсистемі СС-ВС-РП запропоновано технологію їх обробки шляхом виділення пріоритетних вагонопотоків серед загального обсягу вагонів призначенням у морські порти та подальшого підбирання з них передач на вантажні фронти порту на виділених коліях сортувального парку СС. Це дозволить виключити повторну переробку вагонів на ВС. Під пріоритетним вагонопотоком слід розуміти вагонопотік, відібраний із загального вагонопотоку, для обробки за пріоритетною технологією на СС з урахуванням потужності призначень та кількості сортувальних колій СС для формування передач з урахуванням інформації про підхід суден до порту.

Оскільки при впровадженні вказаної технології збільшуються обсяги сортувальної роботи на СС, запропоновано для виконання операцій з формування передавальних поїздів на даній станції використовувати за необхідністю також маневрові локомотиви підсистеми формування припортової ВС.

Для реалізації запропонованих заходів на основі системного підходу формалізовано функціонування транспортної підсистеми СС-ВС-РП та розроблено оптимізаційну модель розрахунку раціонального числа маневрових локомотивів для виконання на опорній СС технологічних операцій з формування груп вагонів

призначенням у порт в умовах надання інформації про підходи суден до порту за період оперативного планування.

Єдиним керованим входним впливом на транспортну підсистему є число маневрових локомотивів у підсистемі формування СС, $M_{cc}(t)$. Множину некерованих зовнішніх входних впливів складають загальна інтенсивність надходження вагонів на СС ($\lambda_c(t)$) та інтенсивність надходження на СС вагонів призначенням на 1, 2, ..., b причали порту ($\lambda_1(t), \lambda_2(t), \dots, \lambda_b(t)$).

Параметрами керування, зміна яких впливає на ефективність роботи підсистеми, виступають число та величина передач вагонів пріоритетного та загального потоків, сформованих на сортувальній станції, відповідно $n_{nep}^{1n}(t)$, $m_{газ}^{1n}(t)$ і $n_{нод}^{2n}(t)$, $m_{газ}^{2n}(t)$.

Серед внутрішніх характеристик підсистеми, що залежать від керованих і некерованих входних впливів, слід виділити рівень навантаження маневрових локомотивів на СС та ВС, $\rho_M^{cc}(t)$, $\rho_M^{gc}(t)$; рівень завантаження сортувальних колій на СС, $\rho_s(t)$; кількість причалів для вагонів пріоритетного напрямку, $a(t)$; кількість вільних сортувальних колій СС у момент часу t , $n_s^{eil}(t)$.

Вихідними параметрами підсистеми СС-ВС-РП є множина таких параметрів: витрати дизельного пального при перевезенні вагонів пріоритетного та загального потоків з СС, $g_n^{1n}(t)$ та $g_n^{2n}(t)$; витрати електричної енергії при перевезенні вагонів пріоритетного та загального потоків з СС, $g_{el}^{1n}(t)$ і $g_{el}^{2n}(t)$; середня тривалість простою вагонів з пріоритетною переробкою на СС та припортовій ВС, $t_{np}^{cc1n}(t)$ і $t_{np}^{ec1n}(t)$; середня тривалість простою вагонів за традиційною технологією відповідно на сортувальній та на припортовій вантажній станції, $t_{np}^{cc2n}(t)$ і $t_{np}^{ec2n}(t)$.

Параметрами структурної перебудови можуть виступати: число колій у сортувальному парку сортувальної станції, виділені для обробки пріоритетного вагонопотоку (n_s^{1n}); число маневрових локомотивів сортувальної станції для обробки загального вагонопотоку (M_M^{cc2n}).

Виходячи із принципів системного підходу, закон функціонування підсистеми СС-ВС-РП буде мати вигляд

$$Y(t) = H^{\circ} \left(t, S_0, \rho_M^{cc}(t), \rho_M^{gc}(t), \rho_s(t), c(t), a(t), n_s^{вил}(t), k_1(t), n_{нод}^{1n}(t), m_{газ}^{1n}(t), n_{нод}^{2n}(t), m_{газ}^{2n}(t), m_{св}^{1n}(t), m_{св}^{2n}(t), M_{св}^{1n}(t), M_{св}^{2n}(t), \lambda_c(t), \lambda_1(t), \lambda_2(t), \dots, \lambda_b(t), R(t) \right), \quad (1)$$

де H° – оператор виходу; $R(t)$ – вектор структурної перебудови.

Як відзначалося вище, підвищення якості функціонування підсистеми може бути забезпечено шляхом зміни таких параметрів, як $n_{nep}^{1n}(t)$, $m_{газ}^{1n}(t)$, $n_{нод}^{2n}(t)$, $m_{газ}^{2n}(t)$. Елементарним періодом часу, для якого потрібно розраховувати поточні раціональні конструктивно-технологічні параметри підсистеми, t_p , може бути період, що відповідає тривалості оперативного планування роботи на технічних станціях (4-6 год.), який залежить від часу надання попередньої інформації про характер, структуру й обсяги вагонопотоків, що надходять на станцію.

Складовою частиною комплексу оптимізаційних моделей визначення раціональних параметрів процесу обробки вагонів у припортовому вузлі є модель розрахунку раціонального числа маневрових локомотивів для виконання на СС технологічних операцій з формування груп вагонів призначенням на вантажні фронти порту на основі максимізації продуктивності зазначених локомотивів (W) за розрахунковий період t_p

$$W = \frac{\sum_{i=1}^{n_{nep}^1} m_{\text{ваз}i}^{1n} + \sum_{j=1}^{n_{нод}^2} m_{\text{ваз}j}^{2n}}{M_{cc} (t_p - t_{ек})} \rightarrow \max, \quad (2)$$

при дотриманні наступних умов:

$$\begin{cases} 0 \leq M_{cc} \leq M_{заг} - M_{\text{вс}}^{\min}; \\ \rho_{\min}^{МЛ} \leq \rho_1^{cc} \leq \rho_{\max}^{МЛ}; & \rho_{\min}^{МЛ} \leq \rho_1^{вс} \leq \rho_{\max}^{МЛ}; \\ \dots; & \dots; \\ \rho_{\min}^{МЛ} \leq \rho_{M_{cc}}^{cc} \leq \rho_{\max}^{МЛ}; & \rho_{\min}^{МЛ} \leq \rho_{M_{\text{вс}}^{\min}}^{вс} \leq \rho_{\max}^{МЛ}, \end{cases} \quad (3)$$

де M_{cc} – потрібне число маневрових локомотивів у підсистемі формування СС; $t_{ек}$ – тривалість екіпірування маневрових локомотивів протягом розрахункового періоду, год.; $M_{заг}$ – загальне число маневрових локомотивів у підсистемах формування СС та ВС; $M_{\text{вс}}^{\min}$ – мінімально необхідне число маневрових локомотивів на припортовій ВС для забезпечення виконання поточного обсягу робіт; $\rho_1^{cc}, \rho_2^{cc}, \dots, \rho_{M_{cc}}^{cc}$ – рівень завантаження відповідно 1, 2, ..., M_{cc} маневрових локомотивів; $\rho_{\min}^{МЛ}, \rho_{\max}^{МЛ}$ – відповідно мінімально та максимально можливе значення рівня завантаження маневрових локомотивів у підсистемі формування станцій.

Рішення зазначеної оптимізаційної задачі проводиться методом спрямованого перебору варіантів на основі результатів імітаційного моделювання процесу функціонування транспортної підсистеми СС-ВС-РП у середовищі мереж Петрі, наведених у розділі 3.

Формалізація функціонування підсистеми СС-ВС-РП на основі оптимізаційної моделі (2, 3) дозволяє визначити раціональне число маневрових локомотивів на СС для виконання технологічних операцій з формування груп вагонів призначенням на вантажні фронти, яке використовується при проведенні оптимізаційних розрахунків числа та величини передач і подач вагонів у порт.

Для визначення раціональних параметрів процесу обробки вагонів у припортовому вузлі призначенням на вантажні фронти розроблено оптимізаційну модель, що базується на мінімізації експлуатаційних витрат на обробку вагонів у підсистемі з урахуванням їх пріоритетності з моменту закінчення розпуску составів на СС до моменту передачі груп вагонів у районні парки портів:

$$\begin{aligned}
E = & e_{np}^{cc} \left(\sum_{i=1}^a t_{np\ i}^{cc\ 1n} (n_{nep}^{1n}, m_{газ}^{1n}, n_{нод}^{2n}, m_{газ}^{2n}) + \sum_{j=1}^b t_{np\ j}^{cc\ 2n} (n_{nep}^{1n}, m_{газ}^{1n}, n_{нод}^{2n}, m_{газ}^{2n}) \right) + \\
& + e_{np}^{ec} \left(\sum_{f=1}^c t_{np\ f}^{ec\ 1n} (n_{nep}^{1n}, m_{газ}^{1n}, n_{нод}^{2n}, m_{газ}^{2n}) + \sum_{h=1}^d t_{np\ h}^{ec\ 2n} (n_{nep}^{1n}, m_{газ}^{1n}, n_{нод}^{2n}, m_{газ}^{2n}) \right) + \\
& + e_n (g_n^{1n} (n_{nep}^{1n}, m_{газ}^{1n}) + g_n^{2n} (n_{нод}^{2n}, m_{газ}^{2n})) + e_{el} (g_{el}^{1n} (n_{nep}^{1n}, m_{газ}^{1n}) + g_{el}^{2n} (n_{нод}^{2n}, m_{газ}^{2n})) \rightarrow \min,
\end{aligned} \tag{4}$$

де e_{np}^{cc} – вартість простою транзитного вагону з переробкою на СС, грн; $t_{np\ i}^{cc\ 1n}, t_{np\ j}^{cc\ 2n}$ – доля загальної тривалості простою на СС вагонів відповідно потоків за пріоритетною технологією обробки та за діючою, год.; a, b – кількість технологічних операцій, у тому числі міжопераційних простоїв, на СС з вагонами відповідно потоків за пріоритетною технологією обробки та за діючою; $n_{nep}^{1n}, m_{газ}^{1n}$ – відповідно число та величина передач вагонів на адресу порту, сформованих на СС за пріоритетною технологією; $n_{нод}^{2n}, m_{газ}^{2n}$ – відповідно число та величина подач вагонів, сформованих на СС за діючою технологією; e_{np}^{ec} – вартість простою вагонів на ВС, грн; $t_{np\ f}^{ec\ 1n}, t_{np\ h}^{ec\ 2n}$ – тривалість простою на ВС вагонів відповідно потоків за пріоритетною технологією обробки та за діючою, год.; c, d – кількість технологічних операцій на ВС, у тому числі міжопераційних простоїв, відповідно з вагонами потоків за пріоритетною технологією обробки та за діючою; e_i – вартість дизельного палива, грн/кг; g_n^{1n}, g_n^{2n} – доля витрат дизельного палива при виконанні технологічних операцій у підсистемі СС-ВС-РП відповідно з вагонопотоками за пріоритетною технологією обробки та за діючою, кг; e_{el} – вартість електроенергії, грн/кВт; g_{el}^{1n}, g_{el}^{2n} – доля витрат електроенергії локомотивами ВС при виконанні технологічних операцій у підсистемі СС-ВС-РП відповідно з вагонопотоками за пріоритетною технологією обробки та за діючою, кВт.

Задача вирішується при обмеженнях за допустимими обсягами вагонопотоків для обробки за пріоритетною та за діючою технологією, а також за умовною місткістю вантажних фронтів на причалах порту.

Запропонована математична модель визначення числа і величини передач вагонів на адресу порту за пріоритетною технологією та числа і величини подач вагонів за діючою технологією дозволяє врахувати поточні умови функціонування станцій припортового вузла на період оперативного планування їх роботи та підвищує точність результатів моделювання.

Для розрахунку раціональних параметрів процесу обробки вагонів у припортовому вузлі необхідно визначити величину пріоритетного вагонопотоку та число сортувальних колій для обробки вагонів за пріоритетною технологією.

У **третьому розділі** для визначення величини пріоритетного вагонопотоку було розроблено процедуру виділення вагонів для обробки з урахуванням їх пріоритетності, узагальнену блок-схему якої наведено на рисунку 1.

Вихідними даними для розрахунку є: кількість причалів (маневрових районів), N ; кількість вантажних фронтів на причалах, M ; переробна спроможність припортової станції, SE ; кількість колій сортувального парку на СС, ns . Спочатку проводиться ініціалізація матриці подач на причали порту $A(i;j)$ (блок 3), яка

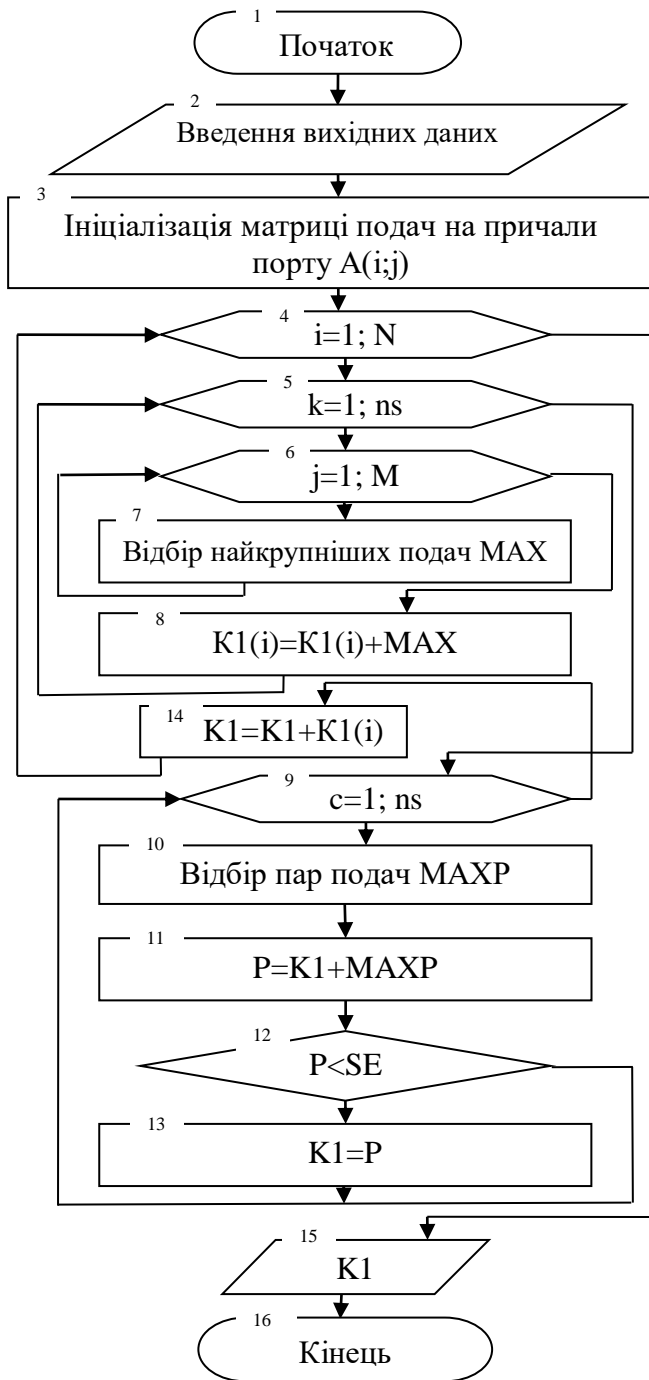


Рисунок 1 – Узагальнена процедура визначення величини вагонопотоку з обробкою за пріоритетною технологією

складається з рядків, що відповідають причалам порту, і стовпців, що відповідають вантажним фронтам цих причалів. Блоки 4, 5, 6 задають цикли для перебору відповідно кількості причалів у порту, кількості колій у сортувальному парку на СС і величин подач на вантажні фронти на кожному причалі для вибору найкрупніших подач на вантажні фронти MAX (блок 7). У блоці 8 відбувається накопичення таких подач, після чого задається цикл перебору кількості колій у сортувальному парку СС (блок 9) для формування пар подач вагонів $MAXP$ (блок 10), які буде приєднано до раніше сформованого вагонопотоку у блоці 11. Якщо відібраний вагонопотік не перевищує переробну спроможність припортової станції (блок 12), то йому присвоюють значення $K1$ у блоці 13 і об'єднують з найбільшими подачами (блок 14), формуючи кінцеве значення величини вагонопотоку $K1$ з обробкою за пріоритетною технологією (блок 15).

З метою деталізації сформованої моделі розрахунку поточних раціональних параметрів обробки вагонів у припортовому вузлі удосконалено метод розрахунку числа колій у сортувальному парку, розроблений к. т. н. А. М. Сухопяткіним.

Необхідність удосконалення методу розрахунку числа колій зумовлена тим, що надходження вагонів у підсистему СС-ВС-РП протягом доби має нерівномірний характер, потужності призначень вагонів відрізняються у рази та мають сезонний характер. З метою наближення величини необхідної кількості сортувальних колій до реальних умов функціонування об'єктів транспортної підсистеми запропоновано застосування формули для розрахунку необхідного колійного розвитку на СС для обробки вагонів пріоритетного вагонопотоку з урахуванням математичного очікування тривалості накопичення пріоритетних вагонів кожного призначення на

состав передавального поїзда та величини составу передавального поїзда, що формується на адресу ВС. Отже, удосконалена формула набуває вигляду

$$n_s^{ln} = \frac{\left(\int_0^{t_p} t_{нак} f(t_{нак}) dt \right) \cdot \sum_{i=1}^b N_{вази}^{np}}{t_p \cdot \mu_c} + 1, \quad (5)$$

де t_p – період оперативного планування роботи на сортувальній станції, год.; b – кількість пріоритетних призначень, з яких формуються передавальні поїзди на припортову ВС за період t_p ; $t_{нак}$ – тривалість накопичення вагонів кожного призначення на состав передавального поїзда, що формується на адресу ВС, год.; $f(t_{нак})$ – функція щільності розподілу тривалість накопичення пріоритетних вагонів кожного призначення на состав передавального поїзда; $N_{вази}^{np}$ – добовий обсяг вагонів, які надходять з кожного i -го пріоритетного призначення; μ_c – математичне очікування составу передавального поїзда, що формується на адресу ВС, ваг.

З метою визначення параметрів розподілу складових формули (5) проведено дослідження технологічних показників роботи станцій Одеса-Сортувальна та Одеса-Порт Одеського припортового залізничного вузла. У результаті статистичного аналізу визначено закони розподілу та основні числові характеристики випадкових величин тривалості накопичення вагонів на коліях сортувального парку СС і кількості вагонів у составі передавальних поїздів на адресу припортової станції. Встановлено, що тривалість накопичення вагонів на коліях сортувального парку опорної сортувальної станції Одеса-Сортувальна підпорядковується гамма-розподілу, а розподіл кількості вагонів у составі передавальних поїздів на адресу припортової станції Одеса-Порт – нормальному закону (рис. 2). Перевірка відповідності гіпотез про характер розподілу заданим видам імовірнісних законів проводилась за критеріями Пірсона і Романовського.

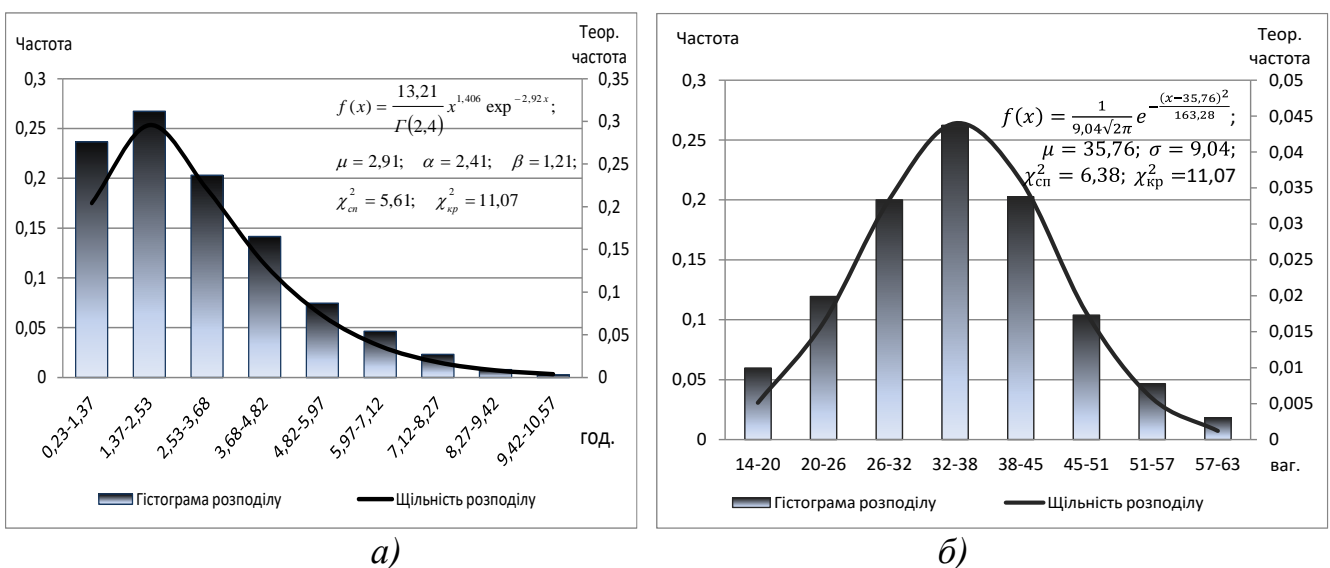


Рисунок 2 – Розподіл випадкових величин: а) – тривалості накопичення вагонів на коліях сортувального парку СС, б) – кількості вагонів у составі передавальних поїздів на адресу припортової станції

Застосування удосконаленої формули з розрахунку числа сортувальних колій та процедура виділення вагонів пріоритетного вагонопотоку є необхідними складовими для рішення задачі з розрахунку раціональних параметрів процесу обробки вагонів у припортовому вузлі.

З метою реалізації та дослідження сформованих оптимізаційних моделей розрахунку конструктивно-технологічних параметрів обробки вагонів у підсистемі СС-ВС-РП та отримання значень її показників побудовано імітаційні моделі роботи станцій вказаної підсистеми у мережах Петрі. Фрагмент імітаційної моделі транспортної підсистеми з обробки вагонопотоків наведено на рисунку 3.

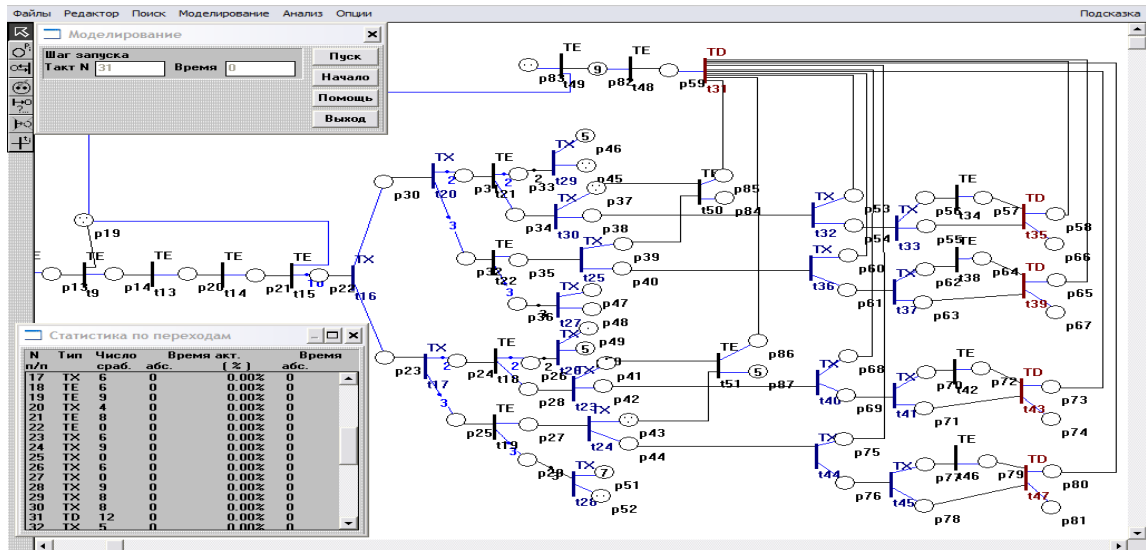


Рисунок 3 – Фрагмент імітаційної моделі роботи транспортної підсистеми

Дослідження функціонування підсистеми доцільно проводити у два етапи: спочатку проводити моделювання роботи СС з аналізом отриманих значень, а потім окремо припортової ВС. Такий спосіб зумовлений особливостями побудови моделей у мережах Петрі при необхідності отримання результатів моделювання на кожному його етапі, що має принципове значення у роботі.

Задача мінімізації експлуатаційних витрат від простою вагонів у транспортній підсистемі відноситься до задач цілочисельного нелінійного дискретного програмування з системою лінійних обмежень. Враховуючи велику розмірність поставленої задачі, запропоновано її розв'язання за допомогою методу узагальненого приведенного градієнта, який є окремим випадком методу можливих напрямків, у середовищі Microsoft Excel.

На рисунку 4 зображено поверхню відгуку величини сукупних експлуатаційних витрат на обробку вагонопотоків у транспортній підсистемі СС-ВС-РП при у залежності від числа та величини передач пріоритетних вагонів на фронті порту, що доводить існування оптимальних керуючих параметрів.

Результати моделювання свідчать про можливість отримання раціональних конструктивно-технологічних параметрів процесу обробки вагонопотоків у підсистемі СС-ВС-РП, що забезпечують виконання заданих обсягів обробки вагонів з мінімальними витратами часу та матеріальних ресурсів за заданий період планування. За результатами моделювання економія часу на обробку вагонів склала близько 13% у порівнянні з традиційною технологією.

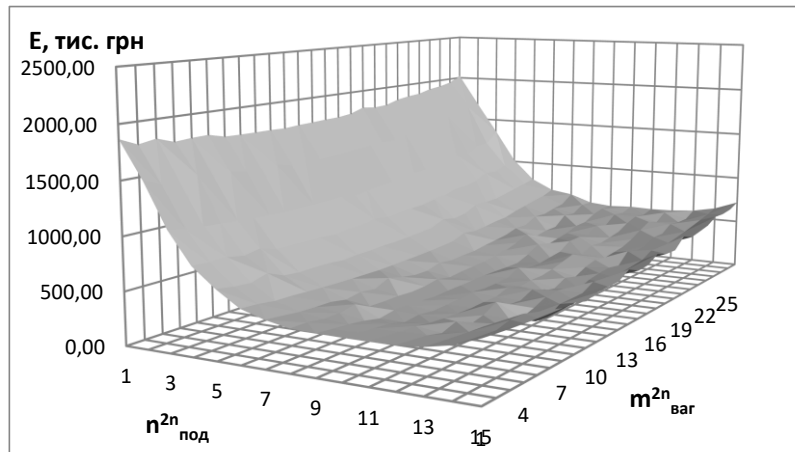
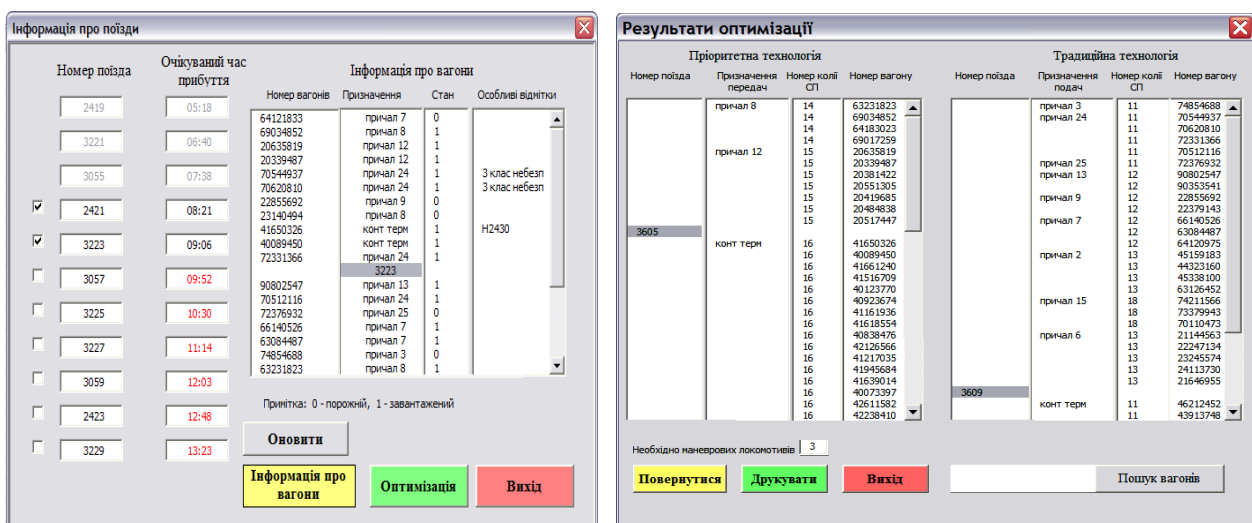


Рисунок 4 – Залежність експлуатаційних витрат на обробку вагонів у підсистемі СС-ВС-РП від числа та величини передач з вагонів пріоритетного потоку при $n_{пер}^{1n} = 4$, $m_{ваг}^{1n} = 18; 24; 17; 29$ ваг.

При перевірці математичної моделі на адекватність за критерієм рангів Вілкоксона доведено, що умова приймання гіпотези про однорідність функцій розподілу тривалості простоїв вагонів у транспортній підсистемі виконується на рівні значущості 0,05.

Таким чином, сформований комплекс оптимізаційних моделей розрахунку раціональних конструктивно-технологічних параметрів обробки вагонопотоків у підсистемі СС-ВС-РП є основою для розробки системи підтримки прийняття рішень з формування складів передавальних поїздів на адресу припортової станції.

У четвертому розділі запропоновано інтегрувати до АРМ маневрового диспетчера СС розроблену СППР з формування складів передавальних поїздів. Передбачається, що зазначена система працюватиме на основі обробки даних, які, окрім інформації про вагони із АСК ВП УЗ-Є, будуть містити дані про судна, що надходять до порту із системи стандартів UN/EDIFACT, зокрема стандартів UIC 912 і EANCOM. Інтерфейс СППР наведено на рисунку 5.



а)

б)

Рисунок 5 – Вікно інтерфейсу СППР, що відображає а) інформацію про поїзди; б) результати оптимізації параметрів процесу обробки вагонів

З метою економічного обґрунтування доцільності впровадження запропонованої технології обробки місцевих вагонопотоків у транспортній підсистемі було розраховано показники економічного ефекту за розрахунковий період 5 років. Економічну ефективність впровадження технології було оцінено шляхом співставлення очікуваного ефекту і сукупних витрат на реалізацію проекту в Одеському припортовому вузлі на станціях Одеса-Сортувальна та Одеса-Порт. Визначено, що впровадження пріоритетної технології обробки вагонів дозволить скоротити тривалість простою вагонів на станціях припортового вузла на 13% та отримати економічний ефект з наростаючим підсумком близько 75 млн. грн.

ВИСНОВКИ

У дисертації удосконалено технологічні процеси обробки вагонів у припортових вузлах призначенням на вантажні фронти за рахунок розподілу сортувальної роботи з формування груп місцевих вагонів між станціями припортового вузла. Це дозволить зменшити рівень завантаження технічних пристроїв на припортових станціях та скоротити тривалість простою місцевих вагонів на них в очікуванні виконання маневрових операцій з формування груп вагонів на вантажні фронти морських портів та підприємств, що обслуговуються на під'їзних коліях припортових станцій. Отримані результати дають підстави сформулювати наступні висновки:

1. Незважаючи на загальну тенденцію зменшення обсягів вантажних перевезень залізницею, аналіз динаміки обсягу експортних вагонопотоків за період з 2014 по 2018 роки свідчить про зростання їх обсягів на 2-2,5% щорічно. У зв'язку з цим на залізницях різко збільшилися обсяги сортувальної і маневрової роботи зі збірки і розстановки вагонів на численних фронтах. Переробна спроможність припортових станцій значно нижче переробної спроможності самих портів. Виявлено невідповідності в технічному оснащенні більшості припортових станцій характеру і обсягам переробки вагонів. Основними причинами невідповідності є розміри і структура вагонопотоків, застаріла технологія обслуговування вантажних фронтів порту, відсутність спеціалізації сортувальних колій припортових станцій або самих колій, нераціональне використання маневрових локомотивів та інфраструктури припортових станцій,

2. Аналіз наукових досліджень з питань взаємодії сортувальних і припортових станцій, розподілу експортних вагонопотоків у залізничних вузлах свідчить про важливість удосконалення процесу обробки місцевих вагонопотоків на станціях припортових вузлів і дозволяє виявити низку наступних недоліків: значно менша увага приділяється пошуку рішень з раціонального розподілу сортувальної роботи між станціями припортового вузла та питанням формування з урахуванням повторної переробки вагонів у пунктах перевалки з різних видів транспорту; недостатнім є рівень автоматизації робочих місць оперативних працівників припортових вузлів; недостатньо досліджені питання ефективного використання маневрових засобів; методи розрахунку колійного розвитку сортувальних парків сортувальних станцій не враховують обмежень за переробною спроможністю кінцевих станцій прямування вагонів, зокрема припортових, та наявність на цих станціях колій для розформування составів.

3. На основі системного аналізу проведено формалізацію функціонування транспортної підсистеми «сортувальна станція – вантажні станції – районні парки порту». Системний підхід дозволив визначити керований вплив на зазначену підсистему (число маневрових локомотивів у підсистемі формування сортувальної станції), множину некерованих вхідних впливів (загальна інтенсивність надходження вагонів на сортувальну станцію та інтенсивність надходження на неї вагонів призначенням на причали порту), параметри керування (число і величина передач і подач вагонів на адресу порту), внутрішні характеристики підсистеми (рівень завантаження маневрових локомотивів на сортувальній і вантажних станціях, рівень завантаження сортувальних колій, кількість причалів для пріоритетних вагонів, кількість вільних сортувальних колій на сортувальній станції у момент часу t), множину вихідних параметрів (витрати дизельного пального та електричної енергії при перевезенні вагонів пріоритетного та загального потоків, середня тривалість простою вагонів з пріоритетом на станціях припортового вузла, середня тривалість простою вагонів за традиційною технологією) і множину параметрів структурної перебудови (число колій у сортувальному парку сортувальної станції для обробки пріоритетного вагонопотоку і число маневрових локомотивів сортувальної станції для обробки загального вагонопотоку). Окрім можливості отримання комплексного рішення щодо раціонального числа маневрових локомотивів у підсистемі формування сортувальної станції системний підхід дозволяє також у динаміці оцінити ефективність удосконаленої технології.

4. Розроблено комплекс взаємопов'язаних оптимізаційних моделей, що вирішують завдання визначення раціонального числа маневрових локомотивів для виконання на опорній сортувальній станції технологічних операцій з формування груп вагонів призначенням на вантажні фронти, а також числа та величини передач і подач вагонів на адресу порту, враховує поточні умови функціонування станцій припортового вузла на період оперативного планування їх роботи, що підвищує точність результатів моделювання.

5. Для визначення величини вагонопотоку для обробки за пріоритетною технологією розроблено процедуру виділення вагонів із загального вагонопотоку, яка дає можливість враховувати такі параметри транспортної підсистеми «сортувальна станція – вантажні станції – районні парки порту», як кількість причалів порту, кількість вантажних фронтів на причалах, переробну спроможність припортової станції, кількість колій сортувального парку на СС, що має визначальне значення при формуванні подач вагонів на СС.

6. З метою реалізації пріоритетної технології обробки вагонів у транспортній підсистемі «сортувальна станція – вантажні станції – районні парки порту» удосконалено метод розрахунку числа колій у сортувальному парку, запропонований к. т. н. А. М. Сухопяткіним. Удосконалений метод дозволяє врахувати параметри розподілу тривалості накопичення вагонів кожного призначення на состав передавального поїзда та величини составу передавального поїзда на адресу вантажної станції, що сприяє зменшенню непродуктивних простоїв вагонів на станціях припортового вузла.

7. Розроблена СППР з формування составів передавальних поїздів для маневрового диспетчера СС дозволяє визначити поточні раціональні

конструктивно-технологічні параметри процесу обробки вагонів у припортовому вузлі призначенням на вантажні фронти. Застосування вказаної СППР є основою для автоматизації процесу обробки вагонів у припортовому вузлі.

8. Економічне обґрунтування доцільності впровадження запропонованої технології обробки вагонопотоків у транспортній підсистемі «сортувальна станція – вантажні станції – районні парки порту» шляхом співставлення очікуваного ефекту і сукупних витрат на реалізацію проекту в Одеському залізничному вузлі довело, що впровадження пріоритетної технології обробки вагонів дозволить скоротити тривалість простою вагонів на станціях припортового вузла на 13% та отримати протягом п'яти років економічний ефект з наростаючим підсумком близько 75 млн. грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні наукові праці:

1. Шелехань Г.І. Застосування принципів системного аналізу для раціоналізації функціонування припортових вантажних станцій з обслуговуванням контейнерних вантажопотоків. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2013. Вип. 137. С. 130-134.

2. Шелехань Г.І. Удосконалення підходу до розрахунку раціональних параметрів процесу обробки вагонопотоків у системі «сортувальна станція – вантажна станція – районні парки порту». *Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Транспортні системи та технології перевезень*. 2015. Вип. 9. С. 72-78.

3. Шаповал Г.В., Шелехань Г.І., Занік І.В. Дослідження впливу поїздоутворення на ефективність сортувального процесу. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. Вип. 166. 2016. С. 68-78.

Публікації у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

4. Шелехань Г.І., Продащук М.В. Удосконалення процесу взаємодії сортувальної та припортової станцій при обслуговуванні експортних вагонопотоків. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. Вип. 168. 2017. С. 10-18. (видання індексується у базі *Index Copernicus*).

5. Butko T., Prodashchuk S., Bogomazova G., Shelekhan G., Prodashchuk M., Purii R. Improvement of technology for management of freight rolling stock on railway transport. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 87. № 3. 2017. P. 4-11. doi: 10.15587/1729-4061.2017.99185. (видання індексується у базі *Scopus*).

6. Panchenko S., Ohar O., Shelekhan G., Skrebutene E. Optimization of transport system operation using ranking method. *Procedia Computer Science*. Vol. 149, 2019. P. 110-117. doi: 10.1016/j.procs.2019.01.114. (видання індексується у базі *Scopus*).

Праці апробаційного характеру:

7. Шаповал Г.В., Шелехань Г.І. Удосконалення контейнерних вагонопотоків у складі мультимодальних перевезень територією України. *«Проблеми*

міжнародних транспортних коридорів та корпоративної логістики»: тези доповідей Десятої наук.-практ. міжнар. конф. Вісник економіки транспорту і промисловості. Збірник наукових праць УкрДАЗТ (Харків, 5-7 червня 2014). Харків: УкрДАЗТ, 2014. Вип. 46. С. 36.

8. Шелехань Г.І. Підвищення ефективності функціонування морських портів та припортових станцій. *Розвиток теорії та практики функціонування залізничних станцій та вузлів*: тези наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 11-12 грудня 2014 р.) Дніпропетровськ: ДНУЗТ. 2014. С. 87-88.

9. Шелехань Г.І. Удосконалення технології обробки вагонопотоків у системі «Сортувальна станція – вантажна станція – районні парки порту». *Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті*: матеріали X ювілейної міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 30 червня – 01 липня 2015). Київ: ДЕУТ, 2015. С. 167-168.

10. Шелехань Г.І. Дослідження ефективності застосування удосконаленої технології обробки вагонопотоків у системі «сортувальна станція – вантажна станція – районні парки порту». *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті*: тези доповідей 78-ї Міжнар. наук.-техн. конф. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. (Харків, 26–28 квітня 2016 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. 160 (додаток). С. 119-120.

11. Шелехань Г.І. Удосконалення технології роботи системи «Сортувальна станція – припортова станція – районні парки порту» при обслуговуванні експортних вагонопотоків. *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті*: тези доповідей 79-ї Міжнар. наук.-техн. конф. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. (Харків, 25–27 квітня 2017 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2017. Вип. 169 (додаток). С. 223-225.

12. Шелехань Г.І. Розроблення моделі функціонування транспортної системи у нечітких умовах. *Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті*: тези доповідей 80-ї Міжнар. наук.-техн. конф. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. (Харків, 24–26 квітня 2018 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2018. Вип. 177. С. 166-167.

13. Шелехань Г.І. Підвищення ефективності використання колійного розвитку сортувальних парків на сортувальних станціях припортових вузлів. *«Фундаментальні та прикладні дослідження у сучасній науці»*. Збірник наукових праць VI наук. конф. (Харків, 18 жовтня 2018 р.). Харків: Державний вищий заклад «Університет менеджменту освіти». ПП «Технологічний центр», 2018. С. 70.

14. Шаповал Г.В., Шелехань Г.І., Собина А.В. Удосконалення технології просування вагонопотоків у припортовому вузлі. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*: тези стендових доповідей та виступів учасників 31-ї міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 24-26 жовтня 2018 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2018. № 4 (додаток). С. 38-39.

15. Огар О.М., Берестов І.В., Шелехань Г.І., Осадча Ю.В. Формалізація функціонування транспортної системи з обробки вагонів призначенням на вантажні fronti морських портів та підприємств. *«Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»*: тези 79-ї Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпро, 16-17 травня 2019 р.). Дніпро: ДНУЗТ, 2019. С.184-186.

АНОТАЦІЯ

Шелехань Г. І. Удосконалення технології взаємодії опорної сортувальної та припортових вантажних станцій з морськими портами. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Український державний університет залізничного транспорту МОН України, Харків, 2019.

Дисертацію присвячено питанню удосконалення технологічних процесів обробки місцевих вагонопотоків у залізничній транспортній підсистемі шляхом розробки комплексу взаємопов'язаних оптимізаційних моделей для розрахунку раціональних конструктивно-технологічних параметрів процесу обробки вагонів на станціях припортового залізничного вузла призначенням на вантажні фронти. На основі системного підходу формалізовано технологію функціонування транспортної підсистеми з обробки вагонів призначенням у морський порт, що дозволяє визначити потрібну кількість маневрових локомотивів для роботи у підсистемі формування опорної сортувальної станції. Сформовано математичну модель оптимізації експлуатаційних витрат на обробку вагонів у транспортній підсистемі з урахуванням пріоритетності обробки вагонів, що надає можливість розрахунку кількості та величини передач і подач на адресу порту, що формуються на опорній сортувальній станції. Розроблена процедура відбору пріоритетних вагонів дозволяє визначити обсяг вагонопотоку шляхом виділення найкрупніших груп вагонів призначенням на причали порту з урахуванням переробної спроможності припортової станції. Набув подальшого розвитку метод розрахунку кількості колій у сортувальному парку, запропонований к. т. н. А. М. Сухопяткіним, який враховує параметри розподілу тривалості накопичення вагонів на состав передавального поїзда та величини составу такого поїзда на адресу припортової станції.

На основі комплексу розроблених моделей створено систему підтримки прийняття рішень з формування составів передавальних поїздів, інтегровану в АРМ маневрового диспетчера сортувальної станції автоматизованої системи розрахунку поточних конструктивно-технологічних параметрів процесу обробки вагонів у припортовому вузлі призначенням на вантажні фронти морських портів та підприємств.

Ключові слова: припортові вантажні станції, передавальні поїзди, морські порти, пріоритетна обробка вагонів, колійний розвиток сортувального парку.

АННОТАЦИЯ

Шелехань А. И. Совершенствование технологии взаимодействия опорной сортировочной и припортовых грузовых станций с морскими портами. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. – Украинский государственный университет железнодорожного транспорта МОН Украины, Харьков, 2019.

Диссертация посвящена вопросу совершенствования технологических процессов обработки местных вагонопотоков в железнодорожной транспортной подсистеме путем разработки комплекса взаимосвязанных оптимизационных

моделей для расчета рациональных технологических параметров обработки вагонов на станциях припортового железнодорожного узла назначением на грузовые фронты.

Проведенный анализ условий функционирования транспортной подсистемы «сортировочная станция – припортовая грузовая станция – районные парки порта» (СС-ВС-РП) припортовых железнодорожных узлов позволил выявить причины снижения эффективности обработки в ней местных вагонопотоков.

С помощью методов системного анализа проведена формализация функционирования транспортной подсистемы СС-ВС-РП. Системный подход позволил определить множество управляемых и неуправляемых входных воздействий на исследуемую подсистему, ее параметров управления, внутренних характеристик подсистемы, а также множество выходных параметров и параметров структурной перестройки. Это дало возможность получить комплексное решение относительно рационального числа маневровых локомотивов в подсистеме формирования сортировочной станции в заданных условиях эксплуатации на основе сформированной математической модели максимизации производительности маневровых локомотивов в подсистеме формирования.

Предложено внедрение приоритетной технологии обслуживания вагонопотоков назначением в морские порты на основе распределения сортировочной работы между станциями припортового узла и усовершенствования станционных технологических процессов. Для определения величины вагонопотока для обслуживания по приоритетной технологии разработана процедура выделения вагонов из общего вагонопотока, которая дает возможность учитывать такие технологические параметры, как количество причалов порта, количество грузовых фронтов на причалах, перерабатывающая способность припортовой станции, количество путей сортировочного парка на СС. Сформированная математическая модель по определению числа и величины передач вагонов в адрес порта по приоритетной технологии, а также числа и величины подач вагонов по действующей технологии позволяет минимизировать эксплуатационные затраты от простоя местных вагонов в транспортной подсистеме с момента их прибытия на СС до момента подачи групп вагонов на фронты.

Усовершенствованный метод расчета числа путей в сортировочном парке, предложенный к. т. н. А.М. Сухопяткиным, позволяет учесть параметры распределения продолжительности накопления вагонов каждого назначения на состав передаточного поезда и величины состава такого поезда в адрес грузовой припортовой станции, что обеспечивает приближенность результатов расчетов к реальным условиям функционирования транспортных объектов.

Для практического применения разработанной автоматизированной технологии расчета текущих технологических параметров процесса обработки вагонов в припортовом узле назначением на грузовые фронты портов и предприятий предложено интегрировать ее в АРМ маневрового диспетчера СС с целью повышения эффективности функционирования транспортной подсистемы.

Ключевые слова: припортовые грузовые станции, передаточные поезда, морские порты, приоритетная обработка вагонов, путевое развитие сортировочного парка.

ABSTRACT

G. Shelekhan. Improvement of the interaction technology between base cargo sorting stations and port cargo stations and seaports. – Manuscript.

Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.22.01 – transport systems. – Ukrainian State University of Railway Transport of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2019.

The dissertation is devoted to the issue of improvement of technological processes of local car traffic handling in the railway transport subsystem by developing a complex of interconnected optimization models to design rational technological parameters of the car handling process at the stations of the port railway junction with the destination to cargo fronts. The systemic approach was used to formalize the functioning technology of the transport car handling subsystem for cars destined to a seaport, which allows determining the required number of shunting locomotives for operation in the composing subsystem of the base sorting station. A mathematical model of operating cost optimization for car handling in the transport subsystem was formed, taking into account the priority of car handling, which provides the possibility to calculate the number and magnitude of transfers and trains to the port, which are composed at the base sorting station. The developed priority car selection procedure allows determining the volume of car traffic by allocating the largest groups of cars destined to the berths of the port, taking into account the handling capacity of the port station. The method of calculating the number of tracks in the sorting yard proposed by the PhD Sci. Eng. A.M. Sukhopyatkin was further developed; the method takes into account parameters of distribution of the duration of accumulation of cars for a transfer train and the size of such a train destined for a port station.

The complex of developed models was used as the basis for a decision support system for transfer train composition. As a result, the automated car handling management technology for cars destined for a seaport was integrated into the automated workplace of the shunting station operator.

Keywords: port cargo stations, transfer trains, seaports, priority car handling, track development of the sorting station.

ШЕЛЕХАНЬ ГАННА ІГОРІВНА

УДК 656.212.5(477):656.615

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВЗАЄМОДІЇ ОПОРНОЇ
СОРТУВАЛЬНОЇ ТА ПРИПОРТОВИХ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ
З МОРСЬКИМИ ПОРТАМИ**

05.22.01 – транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск



доц. Кулешов В.В.

Підписано до друку 16.09.2019.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір для множних апаратів
Друк цифровий. Умовн. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,1
Тираж 100 прим.

Надруковано у копії-центрі «Panda-Print»
(ФОП Панарін В.С.)
61050 м. Харків, м. Фейєрбаха, 11-б