

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

**ЖУРАВЕЛЬ ІРИНА ЛЕОНІДІВНА**



УДК 656.212

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ  
ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі «Управління експлуатаційною роботою» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор  
**Козаченко Дмитро Миколайович**,  
Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,  
начальник науково-дослідної частини

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Лаврухін Олександр Валерійович**,  
Український державний університет залізничного  
транспорту, завідувач кафедри «Управління  
вантажною та комерційною роботою»

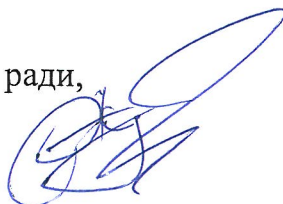
кандидат технічних наук, доцент  
**Мацюк В'ячеслав Іванович**,  
Державний економіко-технологічний університет  
транспорту, кафедра «Управління процесами перевезень»

Захист відбудеться «26» листопада 2015 р. об 11-30 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 ознайомитися в бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2.

Автореферат розісланий «26» жовтня 2015 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,  
д. т. н., професор



І. В. Жуковицький

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Залізничний транспорт є основою транспортної системи України, тому ефективність його роботи суттєво впливає на функціонування економіки всієї країни. Внаслідок переорієнтації економіки України на сировинний експорт зросло завантаження напрямків на порти Одеського регіону, а також суттєво збільшилося навантаження як на станції магістрального залізничного транспорту, які обслуговують підприємства металургійної та видобувної промисловості, так і на промислові станції відповідних підприємств, що вимагає забезпечення їх сталої роботи. Як показує аналіз, понад 50 % обігу вагони перебувають на станціях виконання вантажних операцій і на під'їзних коліях. У цьому зв'язку підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту за рахунок удосконалення їх колійного розвитку являє собою важливе науково-практичне завдання. Таким чином, тема дисертації, яка присвячена вирішенню цього завдання, є досить актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямків розвитку залізничної галузі, які визначені Транспортною стратегією України на період до 2020 р. (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10. 2010 р. за № 2174-р), а також пов'язана з науково-дослідними роботами, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Розробка і аналіз варіантів будівництва зовнішньої під'їзної залізничної колії подачі металевих брухту ТОВ «МЗ «Дніпроспецсталь» (№ держреєстрації 0108U008053), «Удосконалення методів оцінки та підвищення функціональної безпеки в експлуатаційній роботі на залізницях» (№ держреєстрації 0112U003560), «Аналіз відповідності технічного оснащення залізничного транспорту ВАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» існуючим та перспективним обсягам роботи» (№ держреєстрації 0111U009657), «Удосконалення методики оперативного управління сортувальним процесом на станціях» (№ держреєстрації 0108U000642), «Розробка технологічного процесу Одеської залізниці» (№ держреєстрації 0108U010418), «Розробка вимог до інфраструктури залізничного транспорту та удосконалення методів її експлуатації в умовах розділення парку вантажних вагонів» (№ держреєстрації 0114U002544), «Формування підходів щодо покращення використання вантажних вагонів та оперативного управління просуванням вагонопотоків в міжнародних перевезеннях» (№ держреєстрації 0115U002423), у яких автор дисертації є виконавцем і автором звітів.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту за рахунок удосконалення їх колійного розвитку в умовах зміни обсягів і характеру вагонопотоків, а також структури парку вантажних вагонів. Поставлена мета досягається в результаті вирішення таких **завдань**:

– аналіз проблем функціонування вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту України та наукових методів підвищення ефективності їх роботи;

– аналіз динаміки зміни показників функціонування вантажних станцій магістрального й промислового залізничного транспорту та встановлення основних факторів, які впливають на ефективність їх роботи;

– удосконалення методу визначення тривалості маневрових пересувань для врахування обмежень швидкості руху на окремих елементах прямування составів (окремих стрілочних переводах, стрілочних зонах, коліях);

– удосконалення функціональної моделі вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту для визначення техніко-експлуатаційних показників їх роботи;

– удосконалення методів визначення раціональних параметрів колійного розвитку вантажних станцій;

– розробка пропозицій щодо вдосконалення колійного розвитку існуючих вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту для підвищення ефективності їх експлуатації.

**Об'єктом дослідження** є процес функціонування вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту.

**Предмет дослідження** – взаємозв'язки конструкційних і технологічних параметрів вантажних станцій з показниками ефективності їх функціонування.

**Методи дослідження.** Математична статистика та кореляційний аналіз використані для аналізу динаміки зміни показників функціонування вантажних станцій і встановлення основних факторів, які впливають на ефективність їх роботи. Теорія маневрової роботи застосована для удосконалення методу визначення тривалості маневрових пересувань з урахуванням обмежень швидкості руху на окремих елементах прямування составів. Теорія скінчених автоматів, теорія масового обслуговування та теорія об'єктно-орієнтованого аналізу – для удосконалення функціональної моделі вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту для визначення техніко-експлуатаційних показників їх роботи. Теорія ймовірностей, регресійний аналіз та методи техніко-економічного аналізу використані для удосконалення методів визначення раціональних параметрів колійного розвитку вантажних станцій. Методи економіко-математичного моделювання, техніко-експлуатаційного аналізу та імітаційне моделювання використані для розробки пропозицій щодо розвитку існуючих вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту для підвищення ефективності їх експлуатації.

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає у вирішенні актуального науково-практичного завдання підвищення ефективності роботи вантажних станцій за рахунок удосконалення їх колійного розвитку, для чого в дисертації:

1) вперше отримано комплексні залежності кількості колій, їх довжини та колійної ємності вантажних станцій від характеристик вагонопотоків, які на них переробляються, що дозволяє врахувати зміни в структурі вагонного парку;

2) удосконалено метод оцінки відповідності ємності колійного розвитку вантажних станцій вагонопотокам, які на них переробляються, шляхом використання ймовірнісних методів, що, на відміну від існуючих підходів, дозволяє оцінювати використання колійного розвитку з урахуванням нерівномірності перевезень;

3) удосконалено метод нормування тривалості маневрових пересувань шляхом врахування обмежень швидкості руху на окремих елементах маршруту прямування состава, який, на відміну від існуючих підходів, дозволяє оцінювати вплив умов виконання маневрів та стану колійного розвитку на тривалість маневрових пересувань;

4) удосконалено модель функціонування вантажної станції за рахунок формалізації об'єктів сумісно з їх поведінкою, що, на відміну від існуючих моделей, дозволяє представляти функціонування окремих об'єктів незалежно від роботи інших елементів вантажних станцій та створювати на їх основі бібліотеки типових елементів технологічних процесів.

**Практичне значення отриманих результатів.** Запропоновані методи реалізовано в комп'ютерній програмі «Норми часу на маневрові операції» для вдосконалення аналітичного методу нормування тривалості маневрових напіврейсів шляхом врахування наявних обмежень швидкості руху на окремих стрілках, стрілочних зонах і коліях (свідоцтво про державну реєстрацію авторських прав № 58932).

Основні результати дисертаційної роботи використані для вдосконалення роботи промислової станції металургійного заводу та станцій «ТРАНСІНВЕСТСЕРВІС», прийняті до впровадження в службах перевезень і комерційної та вантажної роботи, а також на вантажних станціях Придніпровської залізниці. Результати роботи використовуються в навчальному процесі під час підготовки спеціалістів і магістрів спеціальності 7.07010102 (8.07010102) «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» ДНУЗТ за дисциплінами «Вантажні перевезення», «Залізничні станції та вузли» та «Управління експлуатаційною роботою».

Наукові положення, висновки та рекомендації, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані в системах підтримки прийняття рішень для оцінки варіантів удосконалення конструкції та технології роботи вантажних станцій, а також для прогнозування показників їх функціонування за різного рівня технічного оснащення, клієнтури та структури вагонопотоку.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені в додатках до дисертації.

**Особистий внесок здобувача.** Усі результати теоретичних і експериментальних досліджень, які наведені в роботі, отримані автором самостійно. Стаття [1] опублікована без співавторів. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає в такому: у статті [2] запропоновано умову, за якої є доцільним зменшення ємності колійного розвитку сортувального парку вантажної станції; у статті [3] запропоновано секціонувати колії промислової вантажної станції з метою підвищення ефективності її функціонування та використовувати для нормування тривалості маневрових пересувань розроблену програму, яка враховує наявність обмеження швидкості руху на окремих елементах станції; у статті [4] автором обрано варіанти спеціалізації колій у сортувальному парку за різних варіантів колійного розвитку; у роботі [5] автором розроблено бібліотеку типових елементів технологічного процесу вантажних станцій з метою вдосконалення програмного комплексу, який дозволяє у автоматизованому режимі розробляти технологію роботи та скоротити витрати часу на отримання техніко-експлуатаційної оцінки станцій; у роботі [6] автором вдосконалено аналітичний метод нормування напіврейсів маневрових пересувань для імітаційного моделювання роботи вантажних станцій шляхом врахування наявних обмежень швидкості руху на окремих стрілочних переводах, стрілочних зонах і коліях, що реалізовано в [7]; у роботі [8] автором виконано імітаційне моделювання роботи вантажної станції у вузлі та за його результатом визначено показники її роботи.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на II і V Міжнародних наукових конференціях «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2002 і 2006 р.); на 68, 70, 73, 74 і 75-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008, 2010, 2013, 2014 і 2015 рр.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010 р.); II і III Міжнародних науково-практичних конференціях «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (Моршин / Кострина / Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2012 і 2013 рр.); науково-практичній конференції «Розвиток теорії та практики функціонування залізничних станцій та вузлів (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2014 р.), міжкафедральному науковому семінарі «Вдосконалення експлуатаційної роботи» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2009 р.) і наукових семінарах кафедри «Управління експлуатаційною роботою» ДНУЗТ 2006–2015 р. У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2015 р.).

**Публікації.** За результатами дисертації опубліковано 27 наукових праць, з них 7 наукових статей у фахових виданнях, що входять до переліку, затвердженого Департаментом атестації кадрів МОН України (у тому числі 1 стаття у виданні, що включене до міжнародних баз даних), 1 авторське свідоцтво, 2 статті в інших виданнях і 17 тез доповідей на наукових конференціях.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків і 6 додатків. Повний обсяг роботи становить 257 сторінок; з них основний текст на 148 сторінках, 17 рисунків і 3 таблиці на 16 сторінках, список використаних джерел зі 220 найменувань на 24 сторінках, додатки на 69 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету та завдання досліджень, відображено наукову новизну, практичне значення одержаних результатів і особистий внесок автора, наведено відомості про апробацію та публікацію результатів досліджень.

У **першому розділі** виконано аналіз сучасного стану проблеми підвищення ефективності функціонування вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту. Значний внесок у розв'язання цієї проблеми зробили вчені А. А. Абрамов, В. М. Акулінічев, В. І. Апатцев, Є. С. Альошинський, М. І. Березовий, В. І. Бобровський, Т. В. Бутько, Є. О. Ветухов, Р. В. Вернигора, А. В. Гольський, М. І. Данько, В. М. Запара, Д. М. Козаченко, А. М. Котенко, Л. С. Крохін, К. В. Крячко, Д. Ю. Левін, С. І. Логінов, Д. В. Ломотько, О. В. Лаврухін, О. М. Маслов, В. І. Мацюк, Є. В. Нагорний, В. Я. Негрей, В. М. Николашин, А. Т. Осьмінін, В. Е. Парунакян, В. О. Персіанов, В. В. Повороженко, М. В. Правдін, І. Ю. Савченко, П. П. Садиков, К. Ю. Скалов, А. О. Сметхов, Н. К. Сологуб, Є. А. Сотніков, В. Ф. Чеклов, О. Й. Шелеляєв та інші. Питанню визначення раціональної ємності колійного розвитку вантажних станцій присвячені також роботи В. І. Аксьонова, Ф. В. Бахадірова, А. Ф. Бородіна, Д. Ю. Левіна, Б. Д. Нікіфорова та ін.

На залізничній мережі України функціонує 1521 станція, з яких 26 сортувальних, 18 пасажирських, 85 дільничних, 249 вантажних і 1143 проміжних. Більше ніж 1100 станцій відкриті для виконання вантажних операцій, але переважний обсяг вантажної роботи (близько 80 %) виконують вантажні станції.

Аналіз наукових праць за темою дисертації показав, що у роботах вітчизняних та закордонних учених розроблено методи оцінки відповідності колійного розвитку вантажних станцій обсягам вагонопотоків і визначення оптимальної довжини колій вантажних станцій, методи організації роботи в умовах обмеження кількості колій, методи техніко-експлуатаційної оцінки функціонування вантажних станцій та ін. При цьому, для вантажних станцій характерною є значна дрібність і нерівномірність вагонопотоків. Порівняно з технічними станціями методи визначення раціональних параметрів колійного розвитку вантажних станцій практично не формалізовані, а нормативні документи переважно містять лише рекомендації проектувальникам.

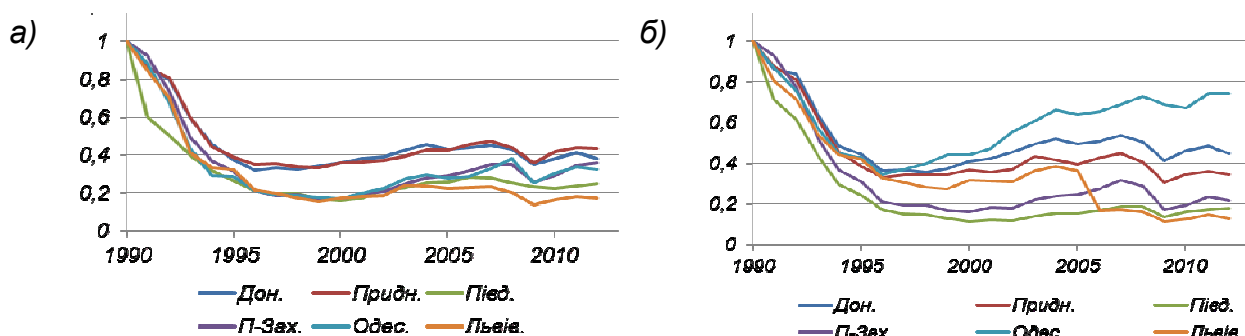
Вантажні станції магістральних залізниць та промислових підприємств України були запроектовані та побудовані здебільшого за часів Радянського Союзу. На сьогодні в роботі вантажних станцій відбулися значні зміни, що пов'язані з ринковими реформами в економіці країни, появою приватних операторів вантажних вагонів, переорієнтацією вагонопотоків, зношеністю інфраструктури залізниць та рухомого складу, зміною характеру та обсягів їх роботи. У зв'язку з цим значна кількість станцій несе додаткові експлуатаційні витрати, які пов'язані з невідповідністю технічного оснащення станцій умовам їх роботи. Окрім того, сучасний стан розвитку обчислювальної техніки створює умови для вдосконалення методів техніко-експлуатаційної оцінки роботи станцій та підвищення ефективності роботи інженерів-технологів і проектувальників.

На підставі виконаного аналізу сформульовано мету дослідження, яка полягає в підвищенні ефективності роботи вантажних станцій за рахунок удосконалення їх колійного розвитку в умовах зміни обсягів і характеру вагонопотоків, а також структури парку вантажних вагонів. Відповідно до методології системного аналізу визначено завдання дослідження, обрано порядок і методи їх розв'язання.

**У другому розділі** виконано аналіз динаміки зміни показників функціонування вантажних станцій магістрального і промислового залізничного транспорту та встановлені основні фактори, що впливають на ефективність їх роботи.

Обсяги вантажної роботи залізниць України наразі складають близько 35 % від обсягів 1990 р. (рис. 1). Найбільші обсяги навантаження характерні для Донецької та Придніпровської залізниць, а вивантаження – для Донецької, Одеської та Придніпровської залізниць. У порівнянні з 1990 р. спад обсягів навантаження для Львівської залізниці склав близько 83 %. За обсягами вивантаження найбільш кризовою є ситуація на Львівській, Південно-Західній та Південній залізницях, де цей показник зменшився відповідно на 87, 82 і 78 %. На Одеській залізниці, завдяки розвитку портів, обсяги вивантаження зростають і складають 75 % від обсягів роботи 1990 р. При цьому аналіз динаміки зміни експлуатаційної довжини залізниць України показує, що за роки незалежності вона зменшилася з 22,8 до 21,6 тис. км, тому в цілому існуючий колійний розвиток залізниць має значні резерви.





*a* – навантаження; *б* – вивантаження

Рисунок 1 – Динаміка зміни обсягів вантажної роботи залізниць

На тлі загального спаду обсягів перевезень на окремих вантажних станціях спостерігається різке зростання обсягів вантажної роботи: на вугле- та рудонавантажувальних станціях відбувся приріст навантаження (переважно 5–30 %); на станціях, які обслуговують металургійні комбінати та підприємства хімічної промисловості, приріст обсягів вантажної роботи подекуди сягнув 20–50 %; на деяких портових станціях переробка зросла на 60–600 %. Крім цього, орієнтація клієнтів залізничного транспорту на експортні перевезення призводить до появи на вантажних станціях додаткових простоїв, пов'язаних з виконанням митних операцій та отриманням інших дозвільних документів.

Суттєві зміни в умовах експлуатації вантажних станцій пов'язані зі зміною структури парку вагонів за власниками та значною диференціацією вагонів за їх технічним станом, у зв'язку з чим зменшився коефіцієнт здвоєних операцій і зросли зустрічні пробіги однотипних порожніх вагонів. Збільшення частки приватних вагонів і кількості операторів вагонного парку привело до появи додаткових обсягів маневрової роботи під час добірки вагонів під навантаження та під час формування составів.

Колійний розвиток вантажних станцій включає приймально-відправні, сортувальні, сортувально-відправні та інші колії. У роботі досліджено технічне оснащення ряду вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту та характеристики вагонопотоків, які на них перероблюються. Зокрема, виконано аналіз колійного розвитку вантажних станцій Придніпровської залізниці та ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг». Узагальнені результати аналізу колійного розвитку вантажних станцій Придніпровської залізниці наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Підсумки аналізу стану колійного розвитку вантажних станцій Придніпровської залізниці (у т. ч. по дирекціях)

Дирекція / кількість станцій	Загальна корисна довжина, м / загальна кількість колій	Кількість і довжина, м (абсолютна та відносна, % від загальної) за типами колій					
		приймально-відправні		сортувальні		сортувально-відправні	
		кількість	довжина, м	кількість	довжина, м	кількість	довжина, м
ДН-1 / 20	94706/146	89/61	65703/69	27/18	8421/9	30/21	20582/22
ДН-2 / 16	106532/131	69/53	59339/56	17/13	11169/10	45/34	36024/34
ДН-3 / 12	51616/69	43/62	35641/69	4/6	1325/3	22/32	14650/28
ПЗ / 48	252854/335	201/58	160683/64	48/14	20915/8	97/28	71256/28



Сучасний технічний стан інфраструктури вантажних станцій характеризується суттєвою зношеністю. Так, на 16 коліях і на 60 стрілочних переводах вантажних станцій Придніпровської залізниці встановлені обмеження швидкості руху 25 км/год, а на 17 коліях і 27 стрілочних переводах – 15 км/год. Крім цього, на більшості вантажних станцій закриті для руху окремі стрілочні переводи (в одному або в обох напрямках), стрілочні з'їзди, колії або їх частини, що суттєво погіршує умови роботи станції в цілому. Дані про наявність закритих стрілочних переводів і колій на вантажних станціях дирекцій Придніпровської залізниці наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Підсумки аналізу стану закритого для руху колійного розвитку вантажних станцій Придніпровської залізниці (у т. ч. по дирекціях)

Дирекція / кількість станцій	Кількість закритих для руху елементів колійного розвитку			
	стрілочних переводів		колій	
	в одному напрямку	в обох напрямках	кількість	корисна довжина, м/ % до загальної
ДН-1 / 14	44	9	36	15108 / 16,7 %
ДН-2 / 14	33	6	22	11388 / 10,7 %
ДНЗ / 11	8	2	20	6316 / 12,2 %
ПЗ / 39	85	17	78	32812 / 13,2 %

На станціях ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» обмеження швидкості руху встановлені ще більші: на 126 коліях – 15 км/год, на 56 коліях – 10 км/год, на 128 коліях – 5 км/год, а на 3 коліях і на 9 стрілочних переводах – 3 км/год.

Добові обсяги прибуття та відправлення вагонів, середньої кількості вагонів, які перебувають одночасно на вантажній станції, а також тривалості виконання на них технологічних операцій, є випадковими величинами, тому для вирішення поставленої задачі використовуються методи математичної статистики. Аналіз роботи вантажних станцій показав, що умови їх роботи значно погіршуються внаслідок виконання непритаманних їм функцій (зокрема, відстою транзитних вагонів, наявності на станціях вагонів довгострокового відстою тощо).

Для вантажних станцій Придніпровської залізниці побудовано графіки динаміки зміни середньої кількості вагонів, які одночасно перебувають на станційних і під'їзних коліях, протягом 2014 р., на підставі чого встановлено, що відповідна випадкова величина розподілена переважно за гама- та нормальним законом. Аналіз статистичних даних щодо елементів тривалості знаходження вагонів на вантажній станції протягом аналізованого періоду в 2014 р. і 2015 р. показав, що випадкові величини інтервалу між надходженням груп вагонів призначенням на під'їзні колії, тривалості знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту відправлення, тривалості знаходження груп вагонів на станції від моменту закінчення розформування (відчеплення) вагонів до моменту передавання на під'їзні колії, а також від моменту передавання груп вагонів на під'їзні колії до моменту повернення з під'їзних колій розподілені за експоненціальним законом, а тривалості знаходження груп вагонів на станції від моменту повернення з під'їзних колій до моменту відправлення зі станції – за нормальним законом. Перевірка гіпотези про приналежність вибірок до однієї генеральної сукупності, яка виконана за *U*-критерієм Уїлкоксона, довела, що дана гіпотеза не суперечить експериментальним даним і може бути прийнятою для порівняння.

У роботі досліджені елементи технологічного процесу та параметри функціонування промислових вантажних станцій ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг».

У другому розділі виконано деталізацію факторів, які впливають на необхідну ємність колійного розвитку вантажних станцій і ефективність її використання. Усі основні фактори при цьому поділено на три групи: конструкційні, технологічні та кількісні. До конструкційних факторів віднесено кількість колій станції та їх довжину, їх спеціалізацію, тип сортувального пристрою та характеристику колійного розвитку вантажних пунктів. Технологічними факторами є види поїздопотоків, які перероблюються на станції, наявність, приналежність і тривалість роботи маневрового локомотива на станції, спосіб подавання вагонів на вантажні фронти, існуючі обмеження швидкості руху на станційних і під'їзних коліях, обмеження маси чи довжини маневрових составів, тривалість технологічних операцій на станції та вантажних пунктах. До кількісних факторів віднесені кількість вантажних пунктів і фронтів, кількість призначень і вагонів кожного призначення з урахуванням існуючої нерівномірності, розміри транзитного вагонопотоку, рівень маршрутизації вагонопотоків станції з відправлення та прибуття, кількість операторів вагонного парку, який перероблюється на станції, та частка приватних вагонів у загальній кількості. Визначення величини впливу кожного із вказаних факторів на розміри необхідного колійного розвитку конкретної вантажної станції є основним завданням під час пошуку шляхів підвищення ефективності її роботи.

На основі отриманих результатів аналізу параметрів роботи вантажних станцій виконано ідентифікацію їх імітаційних моделей.

**У третьому розділі** удосконалено аналітичний метод нормування тривалості виконання маневрових напіврейсів з урахуванням наявних обмежень швидкості руху по маршруту прямування та удосконалено функціональну модель вантажної станції для визначення техніко-експлуатаційних показників їх роботи.

Залізнична вантажна станція являє собою багатофазну багатоканальну керувану систему масового обслуговування, вхідний потік якої утворюють об'єкти, що вимагають обслуговування на станції (поїзди, состави, локомотиви, вагони). Обслуговуючими пристроями на вантажній станції є виконавці – маневрові локомотиви, сортувальні пристрої, оглядачі вагонів, приймальники поїздів тощо. Фазами обслуговування є окремі операції (закріплення состава, огороження, технічний і комерційний огляд, розформування состава, подавання вагонів на під'їзні колії, вантажні операції тощо). Послідовність виконання операцій встановлюється технологічним процесом роботи вантажної станції. Тривалість операцій визначається кількістю вагонів у составі або подачі, характеристикою технічних засобів, які використовуються для здійснення операції та ін.

Значна частина технологічних операцій на вантажних станціях пов'язана з виконанням маневрової роботи. Основними методами нормування тривалості маневрових напіврейсів є метод розрахункових параметрів, метод тягових розрахунків і метод аналітичних розрахунків, кожен з яких має недоліки та переваги. Зокрема, метод розрахункових параметрів не враховує діючі обмеження швидкості та специфіку конкретної станції. Тягові розрахунки для маневрових умов руху є громіздкими й практично не використовуються.

Сучасні аналітичні методи нормування тривалості виконання маневрової роботи не повною мірою враховують обмеження швидкості, які діють під час

маневрів, що унеможливило виконання аналізу впливу технічного стану колії на показники роботи станції. Для подолання вказаної проблеми в дисертації удосконалено аналітичний метод визначення тривалості маневрових напіврейсів, що полягає в розбитті маршруту пересувань маневрового состава на елементи «розгін», «уповільнення», «розгін-уповільнення», «рух з постійною швидкістю». До розрахунку тривалості кожного напіврейсу необхідно визначити його тип. Максимальна відстань, яку маневровий состав із  $m_c$  вагонів може пройти у режимі розгін-уповільнення, складає

$$l_{py} = \frac{(\alpha_{py} + \beta_{py} m_c) v_{max}^2}{7,2}, \quad (1)$$

де  $\alpha_{py}$  – коефіцієнт, який враховує час, що є необхідним для зміни швидкості руху локомотива на 1 км/год під час розгону, і час на зміну швидкості руху локомотива на 1 км/год під час гальмування;  $\beta_{py}$  – коефіцієнт, який враховує додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона в маневровому составі на 1 км/год під час розгону та додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона в маневровому составі на 1 км/год під час гальмування;  $v_{max}$  – допустима швидкість руху під час маневрів, км/год.

Якщо довжина напіврейсу  $l_{np}$  є меншою за  $l_{py}$ , то його тривалість визначається за формулою

$$t_{np} = \frac{\sqrt{20l_{np}(\alpha_{py} + \beta_{py} m_c)}}{100}, \quad (2)$$

інакше

$$t_{np} = \frac{(\alpha_{py} + \beta_{py} m_c) v_{max}}{120} + \frac{0,06l_{np}}{v_{max}}. \quad (3)$$

З метою визначення тривалості маневрових напіврейсів в умовах зміни обмеження швидкості руху на маршруті прямування маневрового состава весь маршрут подрібнюється на окремі ділянки з постійною величиною обмеження швидкості, а потім для кожної з них фіксуються початкова  $v_p$ , кінцева  $v_k$  і максимально допустима швидкість руху  $v_{max}$ . Тривалість маневрового напіврейсу визначається як загальна тривалість руху состава окремими ділянками  $t_{д.i}$  у кількості  $n$

$$t_{np} = \sum_{i=1}^n t_{д.i}. \quad (4)$$

У межах кожної окремої ділянки руху можуть бути виділені елементи, на яких відбувається уповільнення, розгін, розгін-уповільнення і рух з постійною швидкістю, відповідно довжиною  $l_y$ ,  $l_p$ ,  $l_{py}$  і  $l_{п'}$ . Тривалість руху маневрового состава  $i$ -ю ділянкою складає

$$t_{д.i} = t_y + t_p + t_{py} + t_{п'}. \quad (5)$$

В дисертації вдосконалено методи визначення довжини окремих елементів та тривалості прямування ними маневрових составів з урахуванням обмежень швидкості руху на окремих елементах маршруту прямування состава. Вдосконалені методи реалізовані у вигляді комп'ютерної програми «Норми часу на маневрові операції» [7]. Головне вікно програми в процесі розрахунку тривалості маневрового напіврейса зображено на рис. 2.

За відсутності обмеження швидкості руху на окремих елементах прямування маневрового состава різниця між результатами розрахунків, виконаних за вдосконаленим аналітичним методом і за методом розрахункових параметрів, є несуттєвою (до 3 %), але в разі наявності відповідних обмежень ця різниця є досить значною (близько 40 %).



Рисунок 2 – Програма для розрахунку тривалості маневрових напіврейсів

Одним з основних завдань, які вирішуються на етапі проектування та удосконалення технології роботи вантажних станцій, є визначення техніко-експлуатаційних показників їх функціонування. Ефективним методом оцінки роботи станцій є імітаційне моделювання її функціонування, але воно вимагає значних витрат часу на опис технології роботи станцій, особливо вантажних і промислових.

На відміну від умов роботи технічних станцій, де обробляється велика кількість однотипних об'єктів, для вантажних і промислових станцій характерною є обробка порівняно невеликої кількості об'єктів, але кожен з яких має складну та унікальну технологію. Вирішення цієї проблеми може бути здійснено шляхом удосконалення методів, які дозволяють формалізувати технологію роботи станцій з використанням бібліотеки типових елементів і спеціалізованих програмних засобів для побудови технології роботи станцій у автоматизованому режимі.

Згідно з об'єктно-орієнтованою парадигмою кожен окремий об'єкт характеризується властивостями та поведінкою. Як об'єкти вантажної станції розглядаються окремі її елементи – такі, як сортувальна гірка або витяжна колія, колія накопичення, пункт виконання вантажних операцій тощо. Під поведінкою об'єкта розглядаються технологічні операції, які виконуються за його участю, а також передбачений технологічним процесом порядок виконання цих операцій.

Технологічний процес об'єкта вантажної станції представляється у вигляді детермінованого скінченного автомата, кожен стан якого відповідає певному стану об'єкта. Кожен виконавець, що працює на вантажній станції, із загальної кількості виконавців  $n_B$  в моделі технологічного процесу, описується структурою

$$B_r = \{I_B, \gamma, \varepsilon_B\}, r = 1, 2, \dots, n_B \quad (6)$$

де  $I_B$  – ідентифікатор виконавця;  $\gamma$  – спеціалізація виконавця (перелік робіт, які ним можуть виконуватися);  $\varepsilon_B$  – показник активності конкретного виконавця.

Властивості об'єктів вантажної станції та їх поведінка описуються в шаблонах  $O_z$ , які представляються у вигляді структур

$$O_z = \{I_o, P_o, W_o, B_o, C\}, z = 1, 2, \dots, n_o \quad (7)$$

де  $I_o$  – ідентифікатор шаблону об'єкта вантажної станції;  $P_o$  – множина властивостей об'єкта вантажної станції;  $W_o$  – шаблони технологічних операцій, які виконуються з об'єктом станції;  $B_o$  – список виконавців для обслуговування об'єкта вантажної станції;  $C$  – скінченний автомат, який описує порядок виконання технологічних операцій з об'єктом вантажної станції.

У разі додавання нового шаблону об'єктів до моделі вантажної станції з бібліотеки встановлюється відповідність між виконавцями об'єкта  $B_o$  і виконавцями станції  $B_r$ . Враховуючи те, що на різних вантажних станціях на одних і тих же об'єктах виконуються подібні операції, то така структура моделі дозволяє формувати бібліотеку шаблонів об'єктів і за рахунок цього скоротити час на побудову моделі вантажної станції в цілому. У процесі моделювання на підставі шаблонів класів об'єктів  $O_z$  при ініціалізації моделі вантажної станції по командах, які надходять від генератора вхідного потоку або від інших об'єктів, проводиться створення екземплярів об'єктів  $O_y$ . Технологічний процес окремого об'єкта моделюється послідовністю переходів скінченного автомата з одного стану до іншого в міру виконання передбачених операцій.

У роботі вдосконалено програмний комплекс для функціонального моделювання станцій шляхом деталізації та вдосконалення бібліотеки операцій, які можуть виконуватися на вантажних станціях магістрального і промислового транспорту. У процесі описання технології роботи вантажної станції формується скінченний автомат, налаштовуються функції виходів і переходів, описуються параметри конкретних об'єктів станції.

**У четвертому розділі** запропоновано удосконалені методи підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту. У зв'язку зі зміною обсягів роботи на станціях та тривалості перебування вагонів під технологічними операціями виникає необхідність перевірки відповідності колійного розвитку станцій умовам їх функціонування.

На відміну від технічних станцій, які працюють переважно з поїздами і потужність колійного розвитку яких визначається у коліях, вантажні станції працюють переважно з окремими вагонами та групами вагонів. Аналіз експлуатаційної роботи вантажних станцій показує, що для компенсації нерівномірності перевезень використовується вся вільна колійна ємність станцій. У зв'язку з цим оцінку використання колійної ємності станцій запропоновано здійснювати шляхом аналізу випадкової величини  $\xi$ , яка визначається за формулою

$$\xi = \frac{L_{кр}}{\sum_{j=1}^n n_j l_{в,j}}, \quad (8)$$

де  $L_{кр}$  – загальна корисна довжина колій станції;  $n_j$  – кількість вагонів  $j$ -го типу;  $l_{в,j}$  – довжина вагонів  $j$ -го типу;  $n$  – кількість типів вагонів.

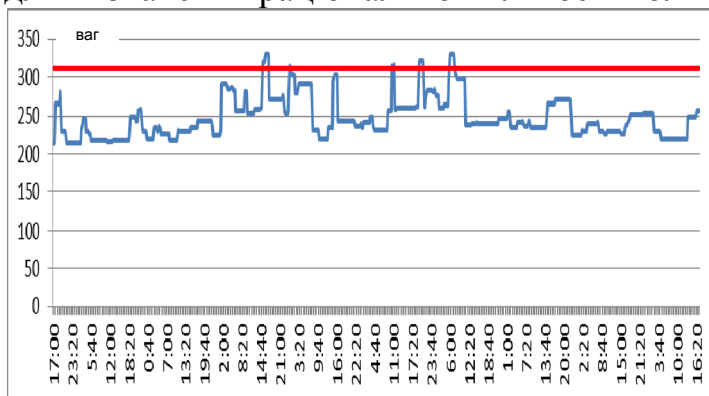
Під час аналізу за даними номерного обліку вагонів за АСК ВП УЗ-Є та форм статистичної звітності ДО-2 визначається кількість вагонів на станції на початок кожної години й виконується статистична обробка даної величини. Завантаження колійного розвитку станції оцінюється ймовірністю  $p_k$  перевищення критичного завантаження  $k=0,7$  протягом року. Запропоновано таку шкалу для оцінки колійної ємності вантажних станцій:

1)  $p_k > 0,1$  – недостатня колійна ємність і, як наслідок, виникають простой поїздів на підходах до станції та систематично виконуються маневри з метою звільнення колій від вагонів для виконання технологічних операцій;

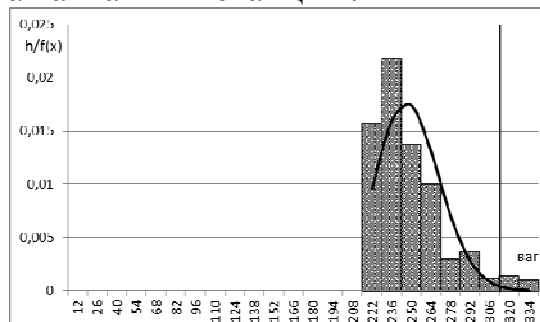
- 2)  $0,1 > p_k > 0,01$  – суттєве завантаження колій станції, що викликає додаткові простой та збільшує обсяги маневрової роботи в окремі періоди року;
- 3)  $0,01 > p_k > 0,003$  – допустиме завантаження колій станції;
- 4)  $0,003 > p_k$  – колійний розвиток станції має резерви, які не використовуються для роботи.

У дисертації виконано оцінку відповідності колійного розвитку вантажних станцій розмірам вагонопотоків, які на них обробляються. У результаті побудови графіка динаміки зміни вагонів на станційних коліях вантажної станції, фрагмент якого наведено на рис. 3, визначено ймовірність того, що кількість вагонів перевищить критичне значення. Гістограма та графік щільності ймовірності для випадкової величини середньої кількості вагонів, які перебувають на коліях вантажної станції НД протягом 2014 р., наведено на рис. 4. Ймовірність перевищення критичного значення становить 0,0354, тобто колійний розвиток вантажної станції має суттєве завантаження протягом року, що вимагає розробки пропозицій щодо підвищення ефективності роботи.

У результаті кореляційного аналізу виявлено наявність помітного зв'язку між ємністю станційних колій та можливою максимальною кількістю вагонів, які одночасно розташовуються на станційних і під'їзних коліях, що дозволило визначити регресійну модель і побудувати область допустимих розв'язків для визначення раціональної кількості колій на вантажних станціях.



Рисунки 3 – Фрагмент графіка динаміки зміни кількості вагонів, які перебувають на коліях вантажної станції НД, порівняно з критичним значенням допустимої кількості вагонів



Рисунки 4 – Гістограма та графік щільності ймовірності для випадкової величини середньої кількості вагонів, які перебувають на коліях вантажної станції НД протягом аналізованого періоду

У роботі встановлені комплексні залежності кількості колій, їх довжини та колійної ємності вантажних станцій від характеристик вагонопотоків, що на них переробляються, які дозволяють врахувати зміни в структурі вагонного парку.

Приймально-відправні колії вантажних станцій повинні забезпечити приймання поїздів на станцію і відправлення їх зі станції, включаючи маршрутні поїзди, а сортувальні колії таких станцій призначені для розформування составів поїздів й добірки вагонів за пунктами подачі та вантажними фронтами. Сучасні умови експлуатації вантажних станцій характеризуються збільшенням кількості призначень вагонів із урахуванням диференціації за їх приналежністю, технічним станом тощо.

Отже, необхідна кількість сортувальних колій залежить від кількості призначень, а ємність кожної колії – від кількості вагонів, що надходять у певному поїзді на окремий вантажний пункт або фронт чи належать певному оператору вагонного парку, яка є випадковою величиною. При цьому ємність окремої колії має значний розкид, що дозволяє розглянути питання щодо об'єднання окремих призначень на одній сортувальній колії (рис. 5).

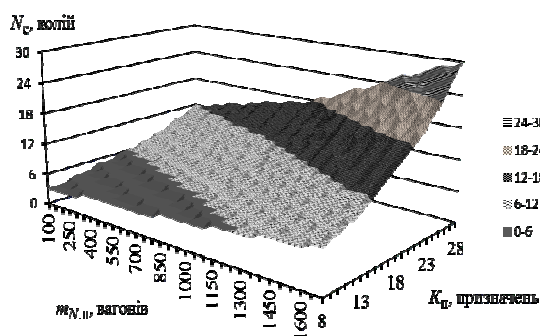


Рисунок 5 – Кількість сортувальних колій на вантажній станції

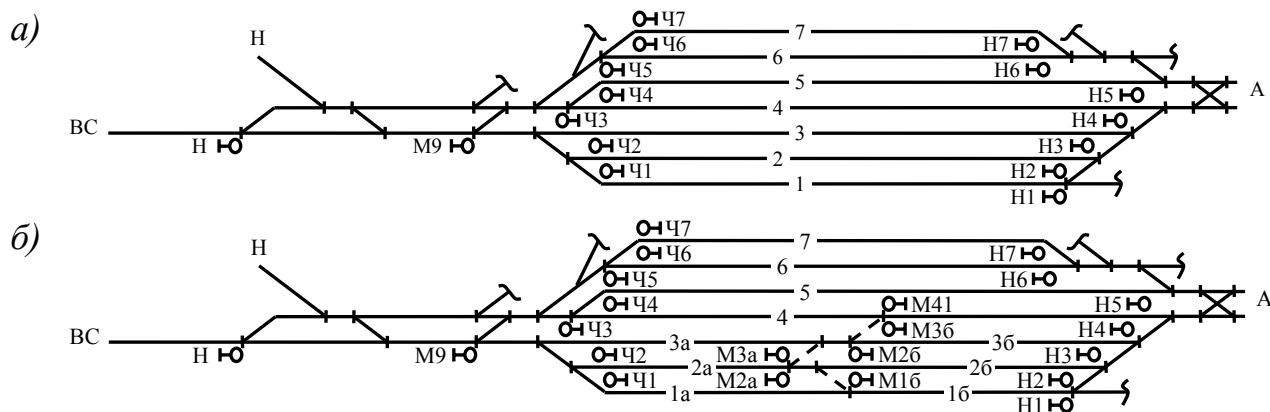
У даному випадку зменшуються витрати, які пов'язані зі спорудженням колій за рахунок скорочення надлишків їх довжини, укладкою стрілочних переводів й обладнанням їх пристроями електричної централізації, а також витрати на їх подальше утримання. Але при цьому виникають додаткові витрати, які пов'язані із повторним сортуванням вагонів для добірки груп за окремими вантажними пунктами, фронтами або операторами вагонного парку, а також можливим збільшенням кількості маневрових локомотивів.

Одним зі шляхів приведення плану колійного розвитку існуючих станцій до нових умов їх функціонування є секціонування колій, які мають нормативну довжину, з метою одержання групи колій меншої довжини для добірки та накопичення вагонів за відповідними вантажними пунктами, фронтами або операторами вагонного парку без втрати загальної ємності колій. Це дозволяє уникнути повторного сортування вагонів і відповідних експлуатаційних витрат, а також можливо збільшення кількості маневрових локомотивів.

Як приклад в дисертаційній роботі замість існуючої конструкції промислової вантажної станції П (рис. 6,а) ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» запропоновано виконати секціонування трьох її колій шляхом укладання трьох з'їздів і встановлення 6 додаткових маневрових світлофорів (рис. 6,б). Для визначення тривалості маневрових напіврейсів під час імітаційного моделювання роботи станції використано програму [7], яка враховує наявність обмежень швидкості руху на окремих елементах станції та прискорює виконання розрахунків. Враховано, що на вантажну станцію П під завантаження залізничного концентрату надходять вагони двох операторів вагонного парку. З метою обґрунтування доцільності впровадження секціонування колій визначено показники функціонування станції для обох варіантів конструкції, зокрема щодо завантаження колій станції та річної тривалості виконання маневровими локомотивами операцій, пов'язаних з передачею груп вагонів із залізничним концентратом, а також формуванням составів, яка за запропонованої конструкції колійного розвитку порівняно з існуючою зменшилася на 386 год/рік зі зменшенням відповідних експлуатаційних витрат.

При збільшенні кількості операторів вагонного парку для існуючого варіанта колійного розвитку станції зростає необхідність в окремих коліях для накопичення маршрутів різних призначень, збільшується тривалість маневрової роботи, вона суттєво ускладнюється. У цьому випадку секціонування колій дозволяє більш раціонально завантажити їх у цілому та забезпечити сталу роботу станції.





*a* – існуюча, *б* - запропонована

Рисунок 6 – Принципова схема колійного розвитку промислової вантажної станції П для накопичення маршрутів із залізородним концентратом

У додатках наведено схеми вантажних станцій, показники їх функціонування та параметри вагонопотоків, які переробляються на них, дані для перевірки адекватності регресійних моделей, а також довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи.

## ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують науково-практичне завдання підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту за рахунок удосконалення їх колійного розвитку на основі науково обґрунтованих методів їх комплексної оцінки. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити такі висновки та пропозиції:

1. Виконаний аналіз наукових праць показав, що питання підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту за рахунок обґрунтування раціонального колійного розвитку є актуальним. Існуючі методи визначення раціональних параметрів колійного розвитку вантажних станцій на відміну від технічних практично не формалізовані, а нормативні документи переважно містять рекомендації проектувальникам.

2. Аналіз показників роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту й параметрів вагонопотоків, що підлягають переробці на них, дозволив встановити, що на тлі загального зменшення обсягів перевезень залізницями країни на окремих вантажних станціях спостерігається різке зростання обсягів вантажної роботи: на вугле- та рудонавантажувальних станціях відбувся приріст навантаження (переважно 5–30 %); на станціях, які обслуговують металургійні комбінати та підприємства хімічної промисловості, приріст обсягів вантажної роботи подекуди сягнув 20–50 %; на деяких портових станціях переробка зросла на 60–600 %. При цьому збільшується частка виконання операцій, які є нехарактерні для таких станцій (відстій вагонів тривалого резерву, відстій залишених поїздів, операції з транзитними вагонами тощо), а рівень технічної зношеності їх колійного розвитку є значним. Збільшення частки приватних вагонів і кількості операторів вагонного парку суттєво ускладнило роботу вантажних станцій, зокрема призвело до подрібнення вагонопотоку, який перероблюється, за більшою кількістю призначень. При цьому фактори, які впливають на необхідну ємність колійного розвитку таких станцій, раніше розглядалися переважно

знеособлено, без комплексного підходу. Для розв'язання цієї проблеми розроблено деталізовану структуру основних факторів, які впливають на ємність колійного розвитку вантажних станцій і ефективність її використання в сучасних умовах функціонування залізничного транспорту: конструкційні, технологічні та кількісні. Деталізація вказаних факторів дозволить під час аналізу роботи вантажних станцій виділяти найбільш впливові з них і значно підвищить адекватність імітаційного моделювання їх роботи.

3. Традиційна методика нормування маневрових напіврейсів не враховує існуючих на багатьох станціях обмежень швидкості руху окремими елементами, що може призводити до суттєвих похибок під час визначення тривалості маневрових напіврейсів. Для розв'язання вказаної задачі вдосконалено аналітичний метод нормування тривалості маневрових напіврейсів, який дозволяє врахувати наявні обмеження швидкості руху окремими стрілочними переводами, стрілочними зонами та коліями. Вдосконалений метод реалізовано у вигляді програмного продукту. За відсутності обмеження швидкості руху на окремих елементах прямування маневрового состава різниця між результатами розрахунків, виконаних за вдосконаленим аналітичним методом і за методом розрахункових параметрів, є несуттєвою (до 3 %), але в разі наявності відповідних обмежень вона досить значна (близько 40 %).

4. Для вдосконалення функціональної моделі вантажної станції формалізовано її технологію роботи з використанням деталізованої бібліотеки типових елементів і спеціалізованих програмних засобів для побудови технології роботи станцій у автоматизованому режимі.

5. Оцінка відповідності ємності колійного розвитку вантажних станцій вагонопотокам, які на них переробляються, може здійснюватися шляхом використання ймовірнісних методів, що, на відміну від існуючих підходів, дозволяє характеризувати використання колійного розвитку з урахуванням нерівномірності перевезень. У роботі наведено комплексні залежності кількості колій, їх довжини та колійної ємності вантажних станцій від характеристик вагонопотоків, які на них переробляються, що дозволяє врахувати зміни в структурі вагонного парку.

6. З метою підвищення ефективності функціонування вантажних станцій запропоновано використовувати секціонування колій, внаслідок чого є можливим скорочення тривалості виконання маневрових пересувань протягом року (на прикладі однієї з промислових вантажних станцій ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» склало 386 год/рік) зі зменшенням відповідних експлуатаційних витрат, підвищення ефективності використання колійного розвитку та функціонування станцій в цілому. Особливо актуальним секціонування колій є для станцій, які характеризуються суттєвою дрібністю вагонопотоку, що перероблюється, з урахуванням диференціації за операторами вагонного парку, технічним станом тощо.

#### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Журавель І. Л. Проблеми регулювання ємності колійного розвитку залізничних станцій [Текст] / І. Л. Журавель // Зб. наук. пр. ДНУЗТ «Транспортні системи та технології перевезень». – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 8. – С. 51–57.

2. Журавель В. В. Визначення необхідної ємності колій станції в сучасних умовах [Текст] / В. В. Журавель, І. Л. Журавель // Транспорт: зб. наук. пр. Дніпропетр. держ. техн. ун-ту залізн. трансп. – 2002. – Вип. 12. – С. 79–80.

3. Журавель В. В. Підвищення ефективності функціонування промислової станції шляхом вдосконалення її конструкції [Текст] / В. В. Журавель, І. Л. Журавель // Вост.-Европ. журн. передових технологій. – 2015. – № 2/3 (74). – С. 61–67.

4. Журавель І. Л. Расчет емкости и количества путей в сортировочном парке грузовой станции [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель // Транспорт: зб. наук. пр. Дніпропетр. держ. техн. ун-ту залізн. трансп. – Вип. 9. – 2001. – С. 92-95.

5. Козаченко Д. М. Програмні засоби для функціонального моделювання залізничних станцій [Текст] / Д. М. Козаченко, І. Л. Журавель, О. М. Пасічний // Зб. наук. пр. Дон. ін-ту залізн. трансп. – 2013. – Вип. 36. – С. 25–33.

6. Козаченко Д. М. Нормування тривалості виконання маневрових пересувань з врахуванням обмеження швидкості руху на окремих елементах прямокутних складів [Текст] / Д. М. Козаченко, І. Л. Журавель, І. Ю. Левицький // Залізн. трансп. України. – 2014. – № 6 (109). – С. 30–36.

7. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 58932 – комп'ютерна програма «Норми часу на маневрові операції» від 16.03.2015 р. / Д. М. Козаченко, Р. Г. Коробйова, І. Л. Журавель. // Рішення про реєстрацію авторського права на твір № 1-9/2291 від 23.03.2015 р.

8. Музикіна С. І. Вплив розподілу роботи з обслуговування морського порту у вузлі на показники роботи вантажної станції [Текст] / С. І. Музикіна, Г. І. Переста, І. Л. Журавель, В. В. Журавель // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – № 35. – С. 57–61.

#### **Додаткові праці:**

9. Журавель В. В. Дослідження поїздо- та вагонопотоків гірничо-збагачувального комбінату [Текст] / В. В. Журавель, І. Л. Журавель, П. О. Яновський // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2012. – Вип. 4. – С. 35–39.

10. Журавель І. Л. Дослідження впливу технічного оснащення сортувального парку вантажної станції на показники її функціонування [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель, П. О. Яновський, О. А. Лучук // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2012. – Вип. 3 – С. 35–39.

11. Журавель І. Л. Расчет потребной емкости путевого развития станций в современных условиях функционирования железных дорог Украины [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель // «Проблеми економіки транспорту» (квітень 2002 р.): тези доповідей II міжнар. наук. конф. / Мін-во інфраструктури України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2002. – С. 119.

12. Журавель І. Л. Обґрунтування технічного забезпечення сортувального парку вантажної станції [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель, Г. І. Музикіна // «Проблеми економіки транспорту» (квітень 2006 р.): тези доповідей V міжнар. наук. конф. / Мін-во інфраструктури України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2006. – С. 79.

13. Журавель І. Л. Вибір спеціалізації сортувальних колій вантажної станції [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель, В. В. Хитрик, О. О. Дудка // «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (22.05 - 23.05. 2008 р.): тези доповідей 68-ї міжнар. наук.-практ. конф. / Мін-во інфраструктури України, Дніп-

ропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2008. – С. 25–26.

14. Журавель І. Л. Вплив спеціалізації колій сортувального парку вантажної станції на експлуатаційні показники [Текст] / І. Л. Журавель // «Вдосконалення експлуатаційної роботи» (18.02 – 19.02. 2009 р.): матеріали семінару / Мін-во інфраструктури України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2009. – С. 35–38.

15. Журавель І. Л. Дослідження впливу параметрів вагонопотоків під'їзної колії заводу на показники роботи вантажної станції [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель, М. О. Дудка // «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (15.04 – 16.04. 2010 р.): тези доповідей 70-ї міжнар. наук.-практ. конф. / Мін-во інфраструктури України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2010. – С. 127–128.

16. Журавель І. Л. Дослідження елементів переробки вагонів на вантажній станції [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель, М. О. Дудка, О. М. Цвелих // «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» (27.05 – 28.05. 2010 р.): матеріали II міжнар. науч.-практ. конф. / Мін-во інфраструктури України, Дніпропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2010. – С. 39–40.

17. Журавель В. В. Дослідження поїздопотоків гірничо-збагачувального комбінату [Текст] / В. В. Журавель, І. Л. Журавель, П. О. Яновський // «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (23.02 – 24.02. 2012 р.): тези доповідей I міжнар. наук.-практ. конф. / Мін-во освіти і науки, молоді та спорту України: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Моршин: ДНУЗТ, 2012. – С. 47–48.

18. Журавель В. В. Дослідження роботи промислової вантажної станції, яка обслуговує аглофабрику гірничо-збагачувального комбінату [Текст] / В. В. Журавель, І. Л. Журавель, П. О. Яновський // «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (21.02 – 23.02. 2013 р.): тези доповідей II міжнар. наук.-практ. конф. / Мін-во освіти і науки України: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Кострина: ДНУЗТ, 2013. – С. 48–50.

19. Журавель І. Л. Дослідження параметрів функціонування станцій стикування металургійного підприємства з магістральним залізничним транспортом [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель // «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (21.02 – 23.02. 2013 р.): тези доповідей II міжнар. наук.-практ. конф. / Мін-во освіти і науки України: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Кострина: ДНУЗТ, 2013. – С. 51–53.

20. Журавель І. Л. Актуальність вдосконалення роботи вантажних станцій [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель, П. О. Яновський // «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (23.05 – 24.05. 2013 р.): тези доповідей 73-ї міжнар. наук.-практ. конф. / Мін-во освіти і науки України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2013. – С. 148–149.

21. Журавель В. В. Анализ технического оснащения и вагонопотоков промышленной станции А, обслуживающей ГОК [Текст] / В. В. Журавель, І. Л. Журавель // «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (27.02 – 28.02. 2014 р.): тези доповідей III міжнар. наук.-практ. конф. /

Мін-во освіти і науки України: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. – С. 32–35.

22. Журавель В. В. Анализ технологии работы промышленной грузовой станции А, обслуживающей горно-обогатительный комбинат [Текст] / В. В. Журавель, И. Л. Журавель // «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (27.02 – 28.02. 2014 р.): тези доповідей III міжнар. наук.-практ. конф. / Мін-во освіти і науки України: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. – С. 35–37.

23. Журавель І. Л. Актуальні проблеми функціонування вантажних станцій у взаємодії з під'їзними коліями підприємств [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель, А. П. Олькевич // «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (27.02 – 28.02. 2014 р.): тези доповідей III міжнар. наук.-практ. конф. / Мін-во освіти і науки України: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. – С. 38–39.

24. Журавель І. Л. Роль вантажних станцій мережі залізниць України в забезпеченні існуючих обсягів перевезень вантажів [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель, А. П. Олькевич // «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (15.05 – 16.05. 2014 р.): тези доповідей 74-ї міжнар. наук.-практ. конф. / Мін-во освіти і науки України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. – С. 178–179.

25. Козаченко Д. М. Вдосконалення аналітичного методу нормування тривалості маневрових напіврейсів на станційних коліях шляхом врахування обмеження швидкості на окремих елементах [Текст] / Д. М. Козаченко, І. Ю. Левицький, І. Л. Журавель, В. В. Журавель // «Розвиток теорії та практики функціонування залізничних станцій і вузлів» (11.12 – 12.12. 2014 р.): тези наук.-практ. конф. / Мін-во освіти і науки України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. – С. 39–41.

26. Журавель І. Л. Проблеми регулювання ємності колійного розвитку залізничних станцій [Текст] / І. Л. Журавель, Д. М. Козаченко, В. В. Журавель // «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (14.05 – 15.05. 2015 р.): тези доповідей 75-ї міжнар. наук.-практ. конф. / Мін-во освіти і науки України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2015. – С. 179–180.

27. Журавель І. Л. Фактори, що впливають на ємність колійного розвитку вантажних станцій [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель // «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (14.05 – 15.05. 2015 р.): тези доповідей 75-ї міжнар. наук.-практ. конф. / Мін-во освіти і науки України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2015. – С. 193–194.

#### АНОТАЦІЯ

Журавель І. Л. Підвищення ефективності роботи вантажних станцій за рахунок удосконалення їх колійного розвитку. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України, Дніпропетровськ, 2015.

Дисертація присвячена питанням підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту за рахунок удосконалення конструкції та розмірів їх колійного розвитку на основі науково обґрунтованих методів їх комплексної оцінки.

У роботі виконано аналіз проблем функціонування вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту України та наукових методів підвищення ефективності їх роботи. На сьогодні робота вантажних станцій характеризується значними змінами.

Удосконалений метод визначення тривалості маневрових пересувань дозволяє враховувати наявність обмежень швидкості руху на окремих елементах прямування составів. У роботі удосконалено функціональну модель вантажних станцій шляхом формалізації технології роботи з використанням бібліотеки типових елементів і спеціалізованих програмних засобів для побудови технології в автоматизованому режимі та визначення техніко-експлуатаційних показників роботи.

Оцінка відповідності ємності колійного розвитку вантажних станцій вагонопотокам, які на них переробляються, може здійснюватися з використанням ймовірнісних методів, що, на відміну від існуючих підходів, дозволяє характеризувати використання колійного розвитку з урахуванням нерівномірності перевезень.

У роботі наведено комплексні залежності кількості колій, їх довжини та колійної ємності вантажних станцій від характеристик вагонопотоків, які на них переробляються, що дозволяє врахувати зміни в структурі вагонного парку. З метою підвищення ефективності функціонування таких станцій запропоновано використовувати секціонування колій, що дозволить скоротити тривалості маневрових пересувань та відповідні експлуатаційні витрати, підвищити ефективність використання колійного розвитку та функціонування станцій в цілому.

**Ключові слова:** вантажна станція, промислова станція, ємність колійного розвитку, нормування маневрових операцій, ефективність роботи станції

#### АННОТАЦИЯ

Журавель И. Л. Повышение эффективности работы грузовых станций за счет усовершенствования их путевого развития. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна Министерства образования и науки Украины, Днепропетровск, 2015.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности работы грузовых станций магістрального и промышленного железнодорожного транспорта за счет усовершенствования конструкции и размеров их путевого развития на основе научно обоснованных методов их комплексной оценки.

В работе выполнен анализ проблем функционирования грузовых станций магістрального и промышленного железнодорожного транспорта Украины и научных методов повышения эффективности их работы. В современных условиях работа грузовых станций характеризуется значительными изменениями, связан-

ными с переориентацией экономики страны на сырьевой экспорт, увеличением количества операторов вагонного парка, износом инфраструктуры железных дорог и подвижного состава, изменением характера и объемов их работы. Изменение структуры парка вагонов по собственникам и значительная дифференциация вагонов по техническому состоянию вызвали уменьшение коэффициента сдвоенных операций на станциях и увеличение встречных пробегов однотипных порожних вагонов. Кроме этого, вагонопотоки, перерабатываемые на грузовых станциях, являются дробными в связи с большим количеством назначений.

Анализ динамики изменения показателей функционирования грузовых станций магистрального и промышленного железнодорожного транспорта показал, что на фоне общего падения объемов перевозок железными дорогами страны на отдельных грузовых станциях наблюдается резкий рост объемов грузовой работы. При этом степень технического износа их путевого развития является значительной. Разработана детальная структура основных факторов, которые влияют на емкость путевого развития грузовых станций и эффективность ее использования в современных условиях. При детализации факторы разделены на конструкционные, технологические и количественные, что позволяет при анализе работы грузовых станций выделять наиболее влиятельные из них и существенно повысить адекватность имитационного моделирования работы станций.

Усовершенствованный метод определения продолжительности маневровых передвижений учитывает наличие ограничений скорости движения по отдельным элементам следования составов (отдельным стрелочным переводам, стрелочным зонам, путям), что позволяет определить влияние технического состояния путевого развития на показатели работы грузовых станций. При отсутствии ограничения скорости движения на отдельных элементах следования маневрового состава разница между результатами расчетов, выполненных с использованием усовершенствованного аналитического метода и по методу расчетных параметров, является несущественной (до 3 %), но при наличии соответствующих ограничений данная разница значительна (около 40 %).

В работе усовершенствована функциональная модель грузовых станций путем формализации их технологии работы с применением библиотеки типовых элементов и специализированных программных средств для построения технологии работы станций в автоматизированном режиме и определения технико-эксплуатационных показателей их функционирования.

Оценка соответствия емкости путевого развития грузовых станций вагонопотокам, которые на них перерабатываются, может выполняться путем применения вероятностных методов, которые в отличие от существующих подходов, позволяют охарактеризовать использование путевого развития с учетом неравномерности перевозок. В работе приведены комплексные зависимости количества путей, их длины и путевой емкости грузовых станций от характеристик вагонопотоков, перерабатываемых на них, что позволяет учесть изменения в структуре вагонного парка.



С целью повышения эффективности функционирования грузовых станций предложено использовать секционирование путей, что позволит сократить продолжительность маневровых передвижений в течение года (на примере одной из промышленных грузовых станций ПАТ «Арселор Миттал Кривой Рог» на 386 ч/год) с уменьшением соответствующих эксплуатационных расходов, повысить эффективность использования путевого развития и работы станций в целом. Особенно актуальным секционирование путей является для станций, которые характеризуются существенной дробностью перерабатываемого вагонного потока с учетом дифференциации по операторам вагонного парка, техническому состоянию и т. д.

**Ключевые слова:** грузовая станция, промышленная станция, емкость путевого развития, нормирование маневровых операций, эффективность работы станции

#### THE SUMMARY

Zhuravel I. L. Effectiveness increase of freight stations processing by their track construction improvement – Manuscript.

Thesis for Ph.D. degree in the speciality 05.22.20 – maintenance and repair of transport facilities. – Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Dnipropetrovsk, 2015.

The thesis is devoted to increase the efficiency of freight stations processing of main and industrial rail transport by improving the design and number of the tracks based on scientific methods of integrated assessment.

The analysis of the functioning problems of the freight stations of Ukrainian main and industrial railway transport and scientific methods of their processing efficiency increasing was done. In modern conditions freight stations functioning is characterized by significant changes. The analysis of indicators dynamics of the main and industrial freight stations processing has showed that on the background of falling volumes of rail transportation there is increasing of freight processing at particular stations.

Improved method of shunting movements length determining takes into account the speed limits on individual route elements. The functional model of freight stations was improved by formalizing their technology with library of standard elements and specialized software for automated stations technology creation and determination of the technical and operational performance of their operation.

Conformance evaluation of freight station track capacity and processing car flows can be performed using probabilistic methods, which in contrast to the existing approaches allows characterizing the of track using, taking into account the traffic irregularity. The thesis presents the comprehensive dependencies of freight station tracks number, length and capacity on the characteristics of car flows, which take into account the rolling stock structure changes.

The track partitioning was proposed to improve the efficiency of freight stations. It allows to increase the efficiency of tracks usage and stations functioning in general.

**Keywords:** freight station, industrial station, tracks number, shunting operations rationing, station processing effectiveness.

**ЖУРАВЕЛЬ ІРИНА ЛЕОНІДІВНА**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ  
ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку 22.10. 2015 р.  
Формат 60x84 1/16. Ум. др. арк. 0,9. Обл.-вид. арк.1,0.  
Тираж 100 пр. Замовлення № 612.

Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003

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