

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

БОЛВАНОВСЬКА ТЕТЯНА ВАЛЕНТИНІВНА



УДК 656.212.5(23.01)

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПЕРЕРОБНОЇ
СПРОМОЖНОСТІ СОРТУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ**

Спеціальність 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 «Станції та вузли» 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
Огар Олександр Миколайович,
Український державний університет залізничного
транспорту, завідувач кафедри «Залізничні станції та
вузли»

кандидат технічних наук, доцент
Яновський Петро Олександрович,
Національний авіаційний університет, професор
кафедри «Організація авіаційних перевезень»

Захист відбудеться «23» жовтня 2015 р. об 11³⁰ год. 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, ауд. 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 «21» вересня 2015 р.

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



Жуковицький І. В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку економіки України залізничний транспорт зберіг за собою роль основного перевізника. Залізничні станції є одним з основних елементів в системі організації перевізного процесу, тому вирішення поставлених в роботі завдань потребує реалізації ефективних заходів, спрямованих на комплексне удосконалення їх роботи. Особливої уваги при цьому вимагають питання визначення раціональної технології роботи для більш якісного використання існуючого технічного оснащення. Залізнична транспортна система України в основному формувалася за часів Радянського Союзу і забезпечувала потреби його економіки. Після здобуття незалежності в Україні відбулися суттєві зміни в напрямку та обсягах вагонопотоків, і, як наслідок, в умовах роботи залізничних станцій. Пріоритетом розвитку залізничного транспорту, визначеним Транспортною стратегією України, є розвиток опорних сортувальних станцій, на яких буде концентруватись сортувальна робота. У цих умовах актуальним питанням для залізничного транспорту України є розрахунок переробної спроможності залізничних станцій.

Зв'язок теми з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямків розвитку залізничної галузі, які визначені в Транспортній стратегії України до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010), а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Розробка вимог до інфраструктури залізничного транспорту та удосконалення методів її експлуатації в умовах розділення парку вантажних вагонів» (державний реєстраційний номер (№ ДР) 0114U002544), «Формування підходів щодо покращення використання вантажних вагонів та оперативного управління просуванням вагонопотоків в міжнародних перевезеннях» (№ ДР 0115U002423), «Удосконалення методів оцінки та підвищення функціональної безпеки в експлуатаційній роботі на залізницях» (№ ДР 0112U003560), «Аналіз відповідності технічного оснащення залізничного транспорту ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» існуючим та перспективним обсягам роботи» (№ ДР 0111U009657), «Робочий проект «Будівництво сортувального парку та сортувальної гірки парку «Южний» станції «Хімічна» (№ ДР 0113U008346), «Розрахунок максимальної пропускної спроможності дільниці Чорноморська – Берегова (Хімічна)» (№ ДР 0115U004154), у яких автор є виконавцем та автором звітів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності функціонування сортувальних комплексів станцій за рахунок визначення раціональних техніко-технологічних параметрів. Поставлена мета досягається в результаті вирішення таких задач:

- аналіз сучасних методів розрахунку переробної спроможності сортувальних гірок та сортувальних станцій;
- дослідження технічного забезпечення сортувальних станцій України та характеристик вагонопотоків, що на них переробляються;
- удосконалення методу вибору режимів гальмування відцепів состава;

- дослідження впливу швидкості розпуску составів на умови прицільного та інтервального регулювання швидкості скочування відчепів;
- удосконалення методів вибору параметрів системи розформування-формування составів.

Об'єктом досліджень є процес розформування-формування составів поїздів на сортувальних станціях.

Предметом досліджень є взаємозв'язки параметрів вагонопотоку, що переробляється на гірці, та параметрів сортувальної гірки з показниками роботи сортувального комплексу.

Методи дослідження. Математична статистика та кореляційний аналіз використані для оцінки технічного стану сортувальних комплексів сортувальних станцій та дослідження характеристик вагонопотоків.

Імітаційне моделювання та числові методи розв'язання диференціальних рівнянь застосовувалися для моделювання процесів руху відчепів на сортувальних гірках, дослідження впливу швидкості розпуску составів на умови прицільного та інтервального регулювання швидкості скочування.

Теорія ймовірностей, теорія маневрової роботи, імітаційне моделювання, математична статистика, планування факторних експериментів, техніко-економічний аналіз – для удосконалення методів вибору режимів гальмування відчепів та вибору параметрів системи розформування-формування составів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- вперше отримано залежності конфігурації області допустимих режимів гальмування відчепа від його швидкості на вершині гірки, що дозволяє спростити оцінку впливу швидкості розпуску состава на величину інтервалів на розділових елементах;
- запропоновано новий підхід до оцінки впливу швидкості розпуску на переробну спроможність гірки, який, на відміну від існуючих, враховує неточність інформації про характеристики відчепів та неточність реалізації режимів гальмування, що виникають під час розпуску, і за рахунок цього дозволяє оцінити вплив технічного оснащення гірок на показники сортувального процесу;
- запропоновано новий метод оцінки переробної спроможності сортувальної гірки, який, на відміну від існуючих, ґрунтується на взаємозв'язку собівартості переробки вагонів та кількості перероблених вагонів і дозволяє підвищити ефективність оцінки організаційно-технічних та реконструкційних заходів зі збільшення переробної спроможності станцій;
- удосконалено метод оцінки імовірності розділення відчепів на стрілках гіркової горловини шляхом визначення вказаних ймовірностей для сполучень з різною кількістю вагонів у відчепах, що розділюються, який дозволяє враховувати характеристики вагонопотоку під час виконання техніко-експлуатаційної оцінки переробної спроможності сортувальної гірки;
- удосконалено метод вибору режимів гальмування відчепів, який за рахунок урахування фактичної тривалості руху регульованого та суміжних відчепів до моменту входу регульованого відчепа в уповільнювач дозволяє зменшити ризики нерозділення відчепів на стрілках.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові результати, які отримані в дисертаційній роботі, а також розроблені методи можуть бути використані при складанні технологічних процесів роботи станцій, розробці рекомендацій гірковим операторам, черговим по сортувальних гірках та маневровим диспетчерам. Включення таблиць, що пов'язують обсяги переробки з потрібним технічним забезпеченням гірок, до технологічних процесів роботи залізничних станцій дозволить більш повно характеризувати їх сортувальні комплекси, оцінити ефективність їх роботи в різних умовах та необхідність вживання організаційно-технічних заходів зі збільшення переробної спроможності.

Результати роботи використовуються в навчальному процесі в ході підготовки спеціалістів та магістрів зі спеціальності 7(8).07010102 «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», під час виконання дипломних робіт та в курсі лекцій з дисциплін «Станції та вузли» та «Управління експлуатаційною роботою». Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені в додатках до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Усі результати теоретичних та експериментальних досліджень, що наведені в роботі, отримані автором самостійно. Статті [4, 5] опубліковані без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному: у роботі [1] автором визначено ризик нерозділення відчепів, у статті [2] отримано залежності переробної спроможності сортувальної гірки від швидкості розпуску; у статті [3] досліджені параметри вагонопотоків. У статті [6] автором визначені параметри вагонопотоків, що прямують основними вантажними напрямками залізниць України. У роботі [7] автором досліджувався метод вибору режиму інтервального регулювання швидкості скочування відчепів, у статті [8] – тривалість простою вагонів на сортувальній станції.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 71-й, 72-й, 73-й та 74-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2011, 2012, 2013, 2014 рр.); на 2-й та 3-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (Кострина, 2013 р., та Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2014 р.), на наукових семінарах кафедри «Станції та вузли» ДНУЗТ 2011-2015 рр. У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2015 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 15 наукових праць, з них: 5 науково-технічних статей у фахових виданнях, що входять до переліку, затверджені Департаментом атестації кадрів МОН України, 2 статті в іноземних виданнях та 7 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаної літератури і 4 додатків. Повний обсяг роботи складає 141 сторінку, з яких основний зміст викладено на 108 сторінках, що містять 34 рисунки та 16 таблиць; список використаних джерел складається з 123 найменувань, викладених на 16 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність проблеми, сформульовані мета й задачі досліджень, відображені наукова новизна, практичне значення одержаних результатів та особистий внесок автора, наведено відомості про апробацію та публікацію результатів досліджень.

У першому розділі виконано всебічний аналіз сучасного стану проблеми функціонування сортувальних комплексів станцій та визначення їх переробної спроможності.

Технічне оснащення залізничних станцій України склалося за часів СРСР і, у зв'язку зі спадом обсягів перевезень, їх інфраструктура має певні запаси переробної спроможності. У той же час старіння основних засобів залізниць, зміна характеру роботи сортувальних станцій, перерозподіл роботи між ними викликає необхідність перегляду величини їх переробної спроможності. Тому проблеми, що розглядаються в дисертації, є актуальними для залізничного транспорту України.

Значний внесок у вирішення проблем удосконалення роботи сортувальних станцій та сортувальних гірок зробили вчені Акулінічев В. М., Березовий М. І., Бессоненко С. А., Берестов І. В., Бобровський В. І., Божко М. П., Бутько Т. В., Грунтов П. С., Єфименко Ю. І., Журавель В. В., Жуковицький І. В., Козаченко Д. М., Колесник А. І., Кудряшов А. В., Ломотько Д. В., Муха Ю. О., Нагорний Є. В., Негрей В. Я., Образцов В. М., Огар О. М., Правдін М. В., Сотніков Є. А., Торопов Б. І., Шафіт Є. М., Шабалін М. М., Ющенко М. Р., Яновський П. О. та інші.

У працях цих науковців розроблені методичні підходи, математичні моделі та методи для оцінки техніко-експлуатаційних характеристик залізничних станцій у цілому та сортувальних гірок зокрема. Однак проблема оцінки переробної спроможності сортувальних станцій та сортувальних гірок залишається остаточно не вирішеною. Переробна спроможність сортувальних станцій та сортувальних гірок є одним з основних показників, що характеризують продуктивність їх роботи. У той же час, як теорія визначення переробної спроможності, так і методи її розрахунку мають суттєві недоліки. Так, показник «переробна спроможність сортувальної гірки» враховує значну кількість факторів, що не є характеристиками сортувальної гірки як пристрою. Чинна методика не встановлює зв'язку між такими характеристиками процесу розформування, як швидкість розпуску, частота осаджування та додаткові витрати часу на ліквідацію наслідків відправлення вагонів на колії, що не відповідають їх призначенню, і не дозволяє встановлювати зв'язки між технічним оснащенням сортувальних гірок і їх переробною спроможністю. Сучасна методика визначення переробної спроможності станції полягає в підсумовуванні переробних спроможностей окремих технічних засобів і не враховує взаємозв'язки між окремими технічними елементами та технологічними лініями.

На підставі виконаного аналітичного огляду сформульована мета дослідження, що полягає в пошуку методики визначення переробної спроможності сортувального комплексу станції для підвищення експлуатаційної ефективності

функціонування за рахунок вибору раціональної технології роботи. Також були визначені задачі дослідження та обрано методи їх вирішення.

У другому розділі виконано дослідження параметрів вагоно- та поїздопотоків, що надходять у розформування, технічного оснащення сортувальних гірок та показників функціонування сортувальних станцій.

Переважна частина роботи з розформування та формування составів вантажних поїздів на залізницях України виконується на сортувальних станціях. На сьогодні на магістральній мережі Укрзалізниці функціонують 35 сортувальних станцій, з яких 31 за обсягами роботи віднесена до позакласних станцій.

Основним технічним засобом сортувальних станцій для переробки вагонопотоків є сортувальна гірка. Усього на станціях Укрзалізниці їх нараховується 49. Сортувальна гірка – це система, у якій тісно взаємодіє велика кількість факторів, пов'язаних між собою прямим та зворотним зв'язком. Сортувальна гірка є підсистемою сортувального комплексу і тісно взаємодіє з парком прибуття, сортувальним парком та витяжками формування.

Вхідним потоком для системи вважається вагонопотік, що підлягає переробці на гірці, та умови роботи сортувальної гірки. Вхідний потік надходить з парку прибуття та із сортувального парку (повторна переробка).

Сортувальні станції однієї залізниці суттєво відрізняються за потужністю та кількістю призначень плану формування поїздів (ПФП) (рис. 1, 2).

Найбільша кількість призначень плану формування на Придніпровській залізниці належить станції Нижньодніпровськ-Вузол (НД-Вузол), найменша – станції Верхівцеве, оскільки ця станція є дільничною. При цьому ст. Верхівцеве переробляє найбільший за обсягом вагонопотік. На рис. 3 наведено структуру вагонопотоку, що розформується на непарній сортувальній гірці станції НД-Вузол та на ст. Верхівцеве.

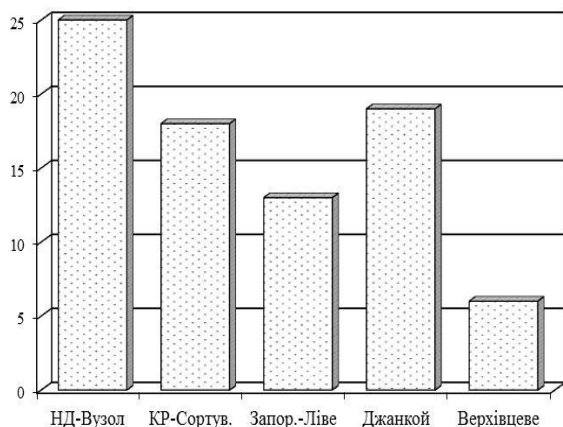


Рисунок 1 – Кількість призначень ПФП на станціях Придніпровської залізниці

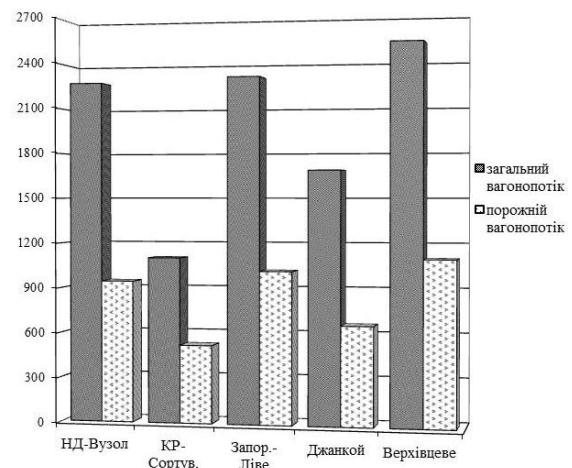
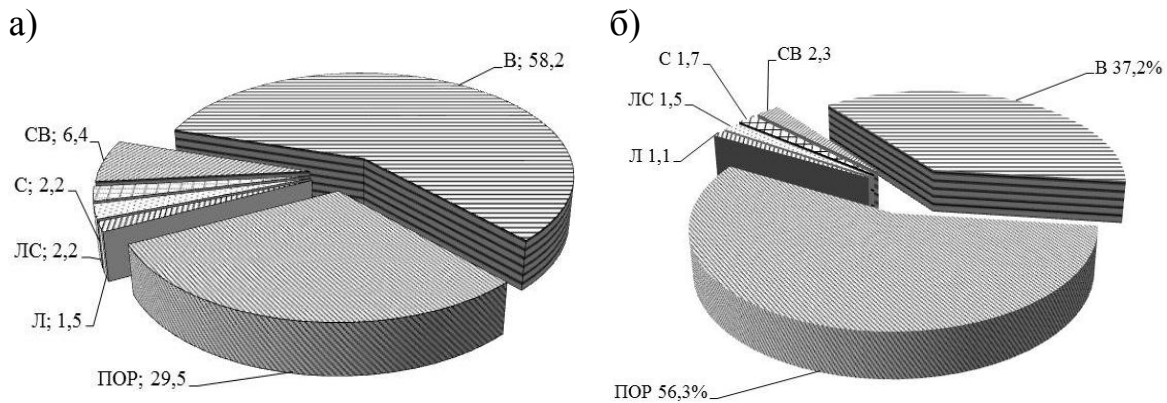


Рисунок 2 – Потужність вагонопотоків на станціях Придніпровської залізниці

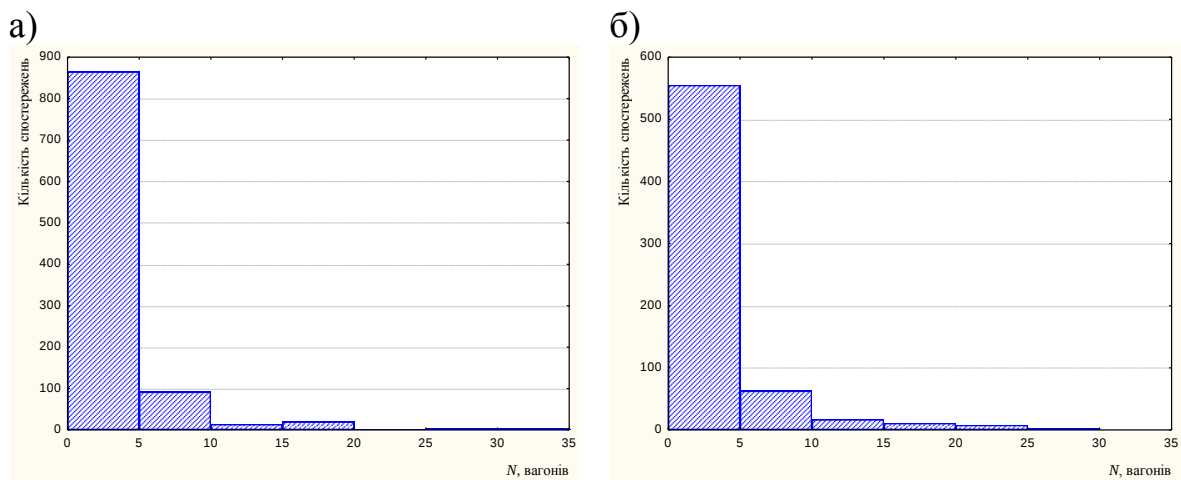
Відповідно до встановленого розподілу за ваговими категоріями на ст. НД-Вузол переважають відчепи важкої вагової категорії (58,2 %), що зумовлено прямуванням з Донецького вугільного басейну завантажених вагонів з вугіллям; на ст. Верхівцеве, навпаки, переважають порожні відчепи (56,3 %), що зу-

мовлено прямуванням вагонів під завантаження до Донецького вугільного басейну та до Кривбасу для завантаження рудою (див. рис. 3).



а) – станція НД-Вузол; б) – станція Верхівцеве
Рисунок 3 – Розподіл вагонів за ваговими категоріями

Для моделювання відчепів составів було виконано обробку сортувальних листків станцій НД-Вузол та Верхівцеве та отримано гістограми розподілу випадкової величини кількості вагонів у відчепі. У результаті статистичної обробки наведених гістограм встановлено, що кількість вагонів у відчепі має експоненціальний закон розподілу. Це означає, що в основному відчепи складаються з малої кількості вагонів (рис. 4).



а) – станція НД-Вузол; б) – станція Верхівцеве
Рисунок 4 – Гістограма розподілу випадкової величини кількості вагонів у відчепі

Існують розбіжності між величиною ймовірності розділення на стрілочних позиціях сортувальної гірки, яка отримана за допомогою обробки сортувальних листів та за класичними формулами. На непарній сортувальній гірці ст. НД-Вузол найбільша кількість розділень припадає на стрілочні позиції, що розташовані між першою та другою гальмовими позиціями, що покращує умови розділення відчепів. Для гірки станції Верхівцеве характерна велика кількість розділень на першій розділовій стрілці та на стрілочній позиції, що розташована за другою гальмовою позицією.

У результаті аналізу даних сортувальних листів розрахована частота появи трійки одновагонних відчепів у составі, яка склала для непарної сортувальної системи НД-Вузол 0,134, а для ст. Верхівцеве частота розділення на стрілках одновагонної трійки складає 0,143. Найгіршими за умови розділення є сполучення одновагонних відчепів, найгіршим сполученням стрілок є сполучення 5-5, 4-5, 4-4 та 5-4, тобто стрілки, що розташовані якнайдалі від вершини гірки. Для ст. НД-Вузол ймовірність розділення одновагонної трійки на найвіддаленіших стрілках складає 0,004, для ст. Верхівцеве – 0. Отримані статистичні дані суттєво відрізняються від теоретичних значень, що розраховуються за встановленими формулами.

У цілому за результатами досліджень встановлено, що характеристика вагонопотоку, який переробляється, та характер роботи станцій суттєво впливають на їх переробну спроможність. В умовах спаду обсягів роботи сортувальні станції мають резерви переробної спроможності, але через зношеність та скорочення кількості маневрових локомотивів вони не відповідають сучасному рівню ефективності сортувального процесу. У зв'язку з цим методи оцінки переробної спроможності сортувальних гірок та станцій вимагають удосконалення.

У третьому розділі удосконалено методи вибору режимів гальмування відчепів состава з урахуванням швидкості їх розпуску.

Дослідження гіркових процесів в дисертації виконувалися на основі математичного моделювання скочування відчепів на ЕОМ. Модель скочування містить опис маршруту скочування й осьову модель відчепа. Маршрут скочування в моделі розбитий на елементи, межами яких є характерні точки плану колійного розвитку: вершина гірки, межі стрілочних переводів, кривих, гальмових уповільнювачів та ізольованих ділянок. Поздовжній профіль маршруту представлений за допомогою кубічного сплайна. Процес скочування відчепа описується диференціальним рівнянням $v' = f(s, v)$, яке розв'язується методом Рунге-Кутта. Керівними параметрами в моделі є енергетичні висоти, що погашаються на гальмових позиціях спускної частини гірки h' та h'' , або швидкості відчепів при виході з них v' та v'' . Режим гальмування відчепа на парковій гальмовій позиції h''' (або v''') визначається з умови забезпечення вимог прицільного регулювання швидкості. Програмний комплекс «Скатывание одиночного отцепа «VS» дозволяє моделювати скочування трійки відчепів. Було виконано моделювання скочування 300 відчепів. Результатами моделювання є ряд залежностей тривалості $t(s)$ скочування відчепа, приклад якого наведено на рис. 5. Величина інтервалу між відчепами на розділовому елементі визначається за формулою

$$\delta t = t_0 + t_{\text{вх}2} - \tau_{\text{вих}1}, \quad (1)$$

де t_0 – початковий інтервали на вершині гірки; $t_{\text{вх}2}$ – тривалість скочування другого відчепа в парі від моменту відриву до моменту зайняття ізольованої ділянки (ІД) стрілки розділення; $\tau_{\text{вих}1}$ – тривалість скочування першого відчепа в парі від моменту відриву до моменту звільнення ІД стрілки.

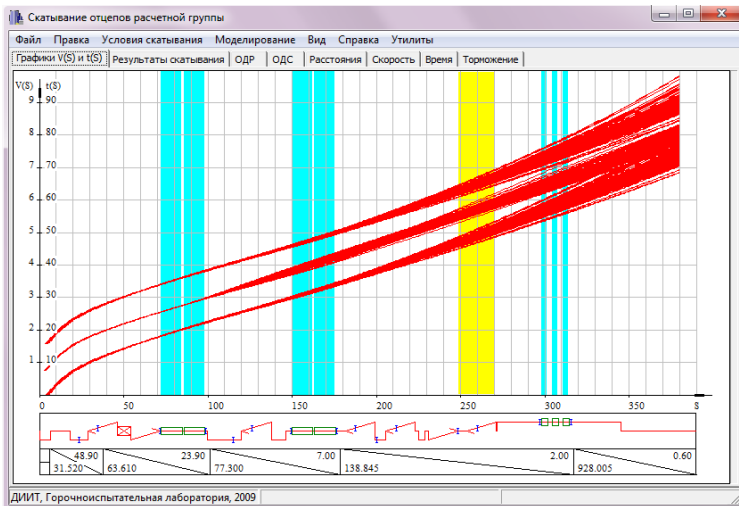


Рисунок 5 – Криві тривалості скочування відчепів розрахункової групи

відчепів – на підставі ризику нерозділення відчепів, що характеризує імовірну кількість вагонів, які прямуватимуть на колії не за призначенням.

Показники роботи сортувальної гірки суттєво залежать від обраних режимів гальмування відчепів. Вибір швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій в дисертації здійснювався на підставі вирішення задачі оптимізації. При цьому пошук оптимального режиму гальмування в двовимірному просторі $M[v_2]$ і $M[v_2'']$ виуонувався за допомогою методу координатного спуску.

Для прикладу було виконано моделювання скочування трійки одновагонних відчепів відповідно легкої, важкої та легкої вагової категорії. Як розділова стрілка кожної пари відчепів обрано п'ятий стрілочний перевід. Швидкості виходу відчепів з першої і другої гальмової позиції моделювалися як випадкові величини з нормальним законом розподілу. Режими гальмування першого та третього відчепів розрахункової групи прийняті фіксованими. Відчепа скочуються без гальмування на верхній гальмовій позиції (ВГП). Математичне очікування швидкості виходу із середньої гальмової позиції (СГП) встановлено рівним 6,0 м/с, а середнє квадратичне відхилення прийнято рівним 0,3 м/с. На величину математичного очікування швидкості виходу другого (керованого) відчепа з першої гальмової позиції накладено обмеження $M[v_2] \leq 6,15 \text{ м/с}$ для забезпечення його входу в уповільнювач другої гальмової позиції з допустимою швидкістю з імовірністю не менше 0,95.

Зважаючи на те що характеристики відчепів, умови їх скочування під час вибору режимів точно не відомі, а гальмові позиції реалізують задані швидкості виходу відчепів з похибками, то час руху відчепів по маршрутах, а відповідно й інтервали між ними, є випадковими величинами (рис. 6).

Тому оцінка ефективності режимів гальмування пари відчепів здійснюється на підставі імовірності нерозділення відчепів, а для більшої кількості

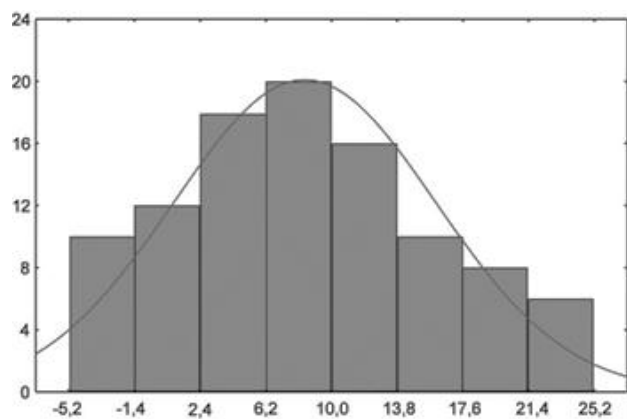


Рисунок 6 – Гістограма та функція щільності розподілу випадкової величини інтервалу між відчепами на 5-й розділовій стрілці за маршрутом скочування

На першому етапі дослідження виконана оптимізація режиму гальмування середнього відчепа для умов, коли рішення про швидкості його виходу з гальмових позицій приймається до початку скочування. Було знайдено величини ризиків нерозділення в першій та другій парі відчепів при різних швидкостях виходу керованого відчепа із СГП та визначено загальний ризик нерозділення розрахункової групи відчепів.

У результаті виконаних досліджень встановлено, що оптимальні умови розділення відчепів досягаються при заданих значеннях математичного очікування швидкості виходу другого (керованого) відчепа з першої гальмової позиції 6 м/с, з другої – 5,9 м/с. Величина ризику нерозділення відчепів при цьому становить 0,028. На другому етапі досліджень розглянуто випадок, коли вибір режиму гальмування відчепа здійснюється в момент його входу на гальмову позицію.

Зменшення середньоквадратичного відхилення швидкості скочування першого і другого відчепів розрахункової групи, а також знання точного часу їх руху до моменту прийняття рішення створює умови для підвищення якості інтервального регулювання швидкості скочування відчепів.

Для оцінки ефективності запропонованого методу встановлені оптимальні режими гальмування для різних сполучень тривалостей входу регульованого відчепа на СГП і попереднього відчепа на певну ділянку маршруту скочування. У кожному окремому випадку пошук оптимального режиму гальмування відчепа на СГП здійснювався за умови забезпечення мінімального ризику нерозділення. Відкориговані значення v_i'' перебувають у межах [5,3-6,15] м/с.

Також у результаті обчислювальних експериментів встановлено ймовірності поєднань тривалості входу регульованого відчепа на СГП і попереднього йому відчепа на певну ділянку маршруту скочування (приклад див. на рис. 7).

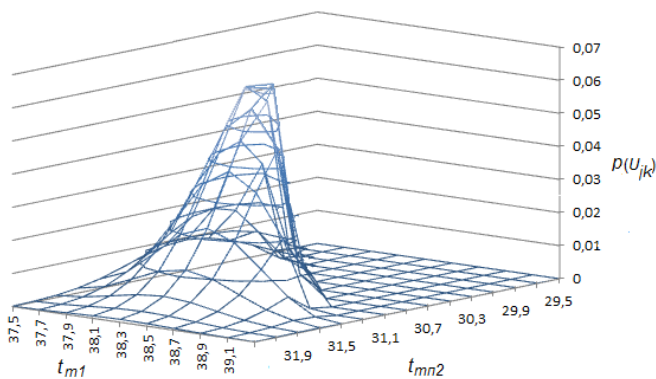


Рисунок 7 – Ймовірності поєднань тривалості руху керованого відчепа від відриву до входу на СГП і відчепа, що йому передує, від відриву до входу на ІД СП4

при сполученні U_{jk} часу входу регульованого відчепа на ВГП і попереднього відчепа на ділянку L_i .

У результаті ризик нерозділення відчепів у розглянутій групі вдалося змен-

Ризик нерозділення відчепів розрахункової групи можна оцінити за допомогою формули

$$r_n = p_y(L_i) p_c(U_{jk} | L_i) r_{n,ijk}, \quad (2)$$

де $p_y(L_i)$ – ймовірність того, що в момент входу керованого відчепа на ВГП відчеп, що йому передує, буде розміщуватися на ділянці L_i ; $p_c(U_{jk} | L_i)$ – умовна ймовірність поєднання часів входу регульованого відчепа на СГП і попереднього відчепа на ділянку L_i ; $r_{n,ijk}$ – ризик нерозділення відчепів

шити в 3,6 разу, а саме до 0,0077. Враховуючи, що збір інформації про зайняття і звільнення відчепами окремих ділянок за маршрутом скочування проводиться системами управління розпуском для завдань ведення протоколів, то пропонуване удосконалення не вимагає додаткового розвитку технічних засобів автоматизованої системи.

Із застосуванням удосконаленого методу визначені показники інтервального регулювання швидкості скочування відчепів при різній швидкості розпуску. Зокрема, на рис. 8 наведено залежності ймовірності нерозділення відчепів на 5-й розділовій стрілці від швидкості розпуску состава при різній точності роботи гальмових позицій, що характеризуються середнім квадратичним відхиленням фактичної швидкості виходу відчепів з уповільнювачів від заданої $\sigma_{\text{пн}}$.

Аналіз отриманих залежностей показує, що швидкість розпуску суттєво впливає на ймовірність нерозділення відчепів і відповідно на обсяг додаткової роботи з ліквідації їх наслідків.

З метою виконання умов прицільного регулювання швидкості скочування відчепів пошук режимів гальмування необхідно виконувати в області $\Omega_{\text{п}}$.

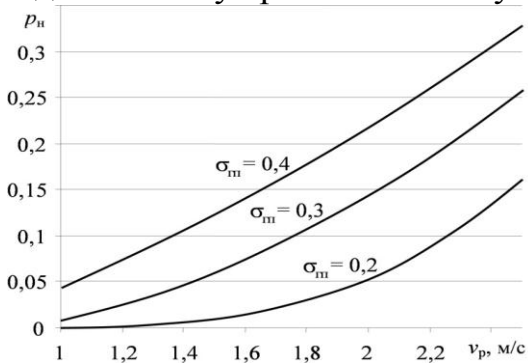
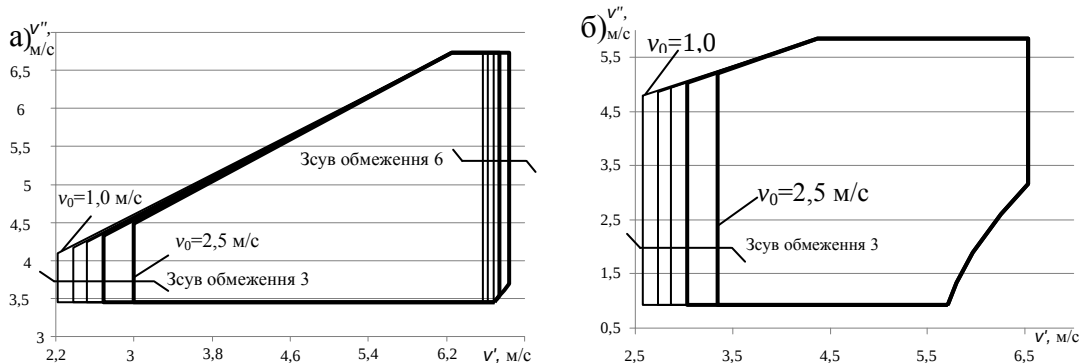


Рисунок 8 – Залежності ймовірності нерозділення відчепів від швидкості розпуску состава

Для відчепів з різними ходовими характеристиками конфігурація області допустимих швидкостей $\Omega_{\text{п}}$ також буде різною. Для встановлення впливу початкової швидкості розпуску на конфігурацію області допустимих швидкостей відчепів різних вагових категорій було виконано ряд експериментів, які показали, що зміна швидкості розпуску впливає на розташування обмежень 3 – за потужністю першої гальмової позиції та 6 – за ймовірністю перевищення встановленої швидкості входу

відчепу на уповільнювач СГП (рис. 9). Дослідження виконано для $v_0 = 1,0; 1,4; 1,7; 2,0; 2,5$ м/с.



а) – легка вагова категорія; б) – важка вагова категорія

Рисунок 9 – Конфігурація області допустимих швидкостей одновагонного відчепу

При збільшенні швидкості розпуску спостерігається зсув положень 3 та 6, що призводить до зменшення площі області. Оптимізація режимів гальмування

відчепів показала, що на обмеження 3 припадає не більше 20 % оптимальних режимів. Як видно з рисунка, площа області допустимих швидкостей відчепів важкої вагової категорії набуває менших змін. Причиною цього є те, що відчепи набирають достатньо високу швидкість і виникає необхідність їх гальмування на СГП. Для відчепів, що складаються з 3 та 4 вагонів легкої вагової категорії, це відбувається при швидкості розпуску 1,7 м/с та більше.

Режим гальмування відчепа на спускній частині гірки визначається швидкостями його виходу з ВГП і СГП. При цьому для заданих швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій при зміні швидкості розпуску змінюється швидкість та тривалість скочування на ділянці від горба гірки до виходу з ВГП (рис. 10). Тому можна зробити висновок, що швидкість розпуску впливає в основному на показники інтервального регулювання швидкості скочування відчепів і менше – на показники прицільного регулювання швидкості скочування.

Факторами, від яких залежить величина інтервалів на розділових стрілках, згідно з (1) є величина початкового інтервалу на вершині гірки та час скочування відчепів до розрахункових точок. Оскільки момент відриву відчепа від состава на вершині гірки та час його скочування до першої гальмової позиції не залежить від обраних режимів гальмування, а тривалість скочування відчепів від першої гальмової позиції до розділових елементів визначається переважно роботою гальмових позицій, то можна суттєво скоротити обсяги моделювання скочування составів, замінивши його аналітичним розрахунком.

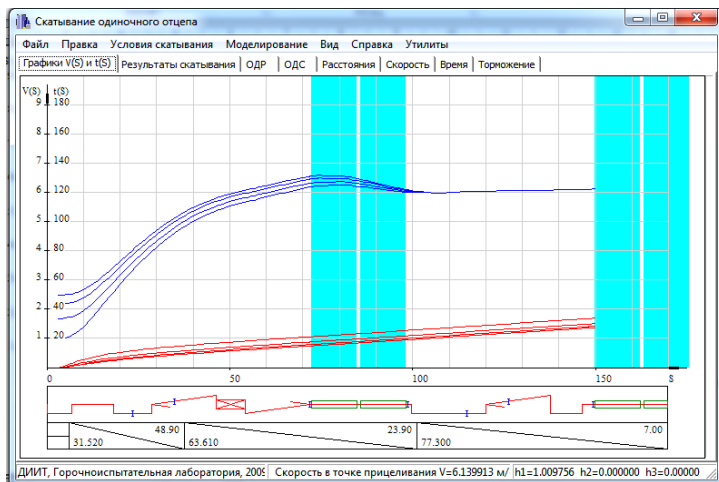


Рисунок 10 – Криві швидкості та тривалості скочування відчепа при зміні швидкості розпуску состава

Для визначення тривалості скочування відчепа до будь-якої точки при довільній швидкості розпуску состава достатньо знати тривалість скочування відчепа при встановленій швидкості та тривалість скочування при довільній швидкості до виходу з ВГП:

$$t_d = t_{\text{норм}} - (t_{\text{вих ВГП}}^{\text{норм}} - t_{\text{вих ВГП}}^d), \quad (3)$$

де $t_{\text{норм}}$ – тривалість скочування до будь-якої точки при встановленій швидкості розпуску; $t_{\text{вих ВГП}}^{\text{норм}}$ – тривалість скочування до точки виходу з ВГП при встановленій швидкості розпуску; $t_{\text{вих ВГП}}^d$ –

тривалість скочування до точки виходу з ВГП при довільній швидкості розпуску.

У четвертому розділі виконано удосконалення методів оцінки переробної спроможності сортувальних комплексів та вибору параметрів системи розформування-формування составів.

Визначення раціональної швидкості розпуску составів на сортувальних гір-

ках пропонується здійснювати за допомогою виразу, у якому тривалість гіркового технологічного інтервалу t_r , та коефіцієнт, що враховує повторне сортування вагонів $\alpha_{\text{повт}}$, розглядаються як функції, що залежать від швидкості розпуску v_p

$$N = \max_{v_{p,\min} \leq v_{p,i} \leq v_{p,\max}} \left[\frac{\alpha_n \alpha_{\text{повт}}(v_{p,i}) (1440 - \sum T_{\text{пер}}^r)}{t_r(v_{p,i})} \right] m_c, \quad (4)$$

де α_n – коефіцієнт, який враховує відмови технічних засобів; $v_{p,\min}$, $v_{p,\max}$ – відповідно мінімально та максимально допустимі швидкості розпуску состава; $\sum T_{\text{пер}}^r$ – загальна тривалість перерв у роботі гірки, що виникають через ворожість маршрутів, забезпечення технічного обслуговування гіркових пристроїв, виконання операцій з вагонами, які заборонені до розпуску з гірки й т.ін.

При цьому величина $v_{p,\min}$ визначається з умови докочування поганого (дуже поганого) бігуна до розрахункової точки; величина $v_{p,\max}$ визначається з умови забезпечення безпечного розчеплення вагонів, допустимої швидкості входу відчепів на уповільнювачі та підходу відчепів до вагонів, що перебувають на сортувальних коліях. Функціональні залежності $t_r(v_p)$, та $\alpha_{\text{повт}}(v_p)$ можуть бути визначені на підставі імітаційного моделювання процесу розформування формування составів поїздів на сортувальній гірці. При цьому до складу імітаційної моделі входять моделі розформування, накопичення вагонів на сортувальних коліях та закінчення формування составів поїздів.

Обсяг роботи з ліквідації наслідків нерозділення відчепів визначається за допомогою моделі накопичення вагонів у сортувальному парку. У цій моделі кожній сортувальній колії у відповідність поставлено список призначень вагонів, які на ній перебувають. Після моделювання кожного розпуску состава здійснюється розподіл його вагонів між сортувальними коліями з урахуванням нерозділень відчепів. Повторне сортування вагонів на сортувальній колії моделюється у випадку наявності на ній вагонів інших призначень та необхідності формування поїздів з цими вагонами чи недостатності корисної довжини колії для подальшого накопичення составів.

Отримані залежності переробної спроможності для сортувальної гірки великої потужності наведено на рис. 11. Аналіз цих залежностей показує, що вони мають екстремальну форму. Максимальна переробна спроможність сортувальної гірки досягається при швидкості розпуску 1,85-2,13 м/с залежно від точності реалізації гальмовими позиціями заданих швидкостей виходу відчепів з уповільнювачів.

Досягти підвищення переробної спроможності сортувальної гірки можливо не лише за рахунок збільшення швидкості розпуску составів, а і за рахунок збільшення кількості локомотивів, перерозподілу роботи між маневровими районами сортувального парку та ін.

Можливі варіанти організації сортувальної роботи відрізняються кількістю маневрових локомотивів, що працюють на гірці. Варіанти розподілу роботи для

основних технічних станцій Придніпровської залізниці наведені в табл. 1.

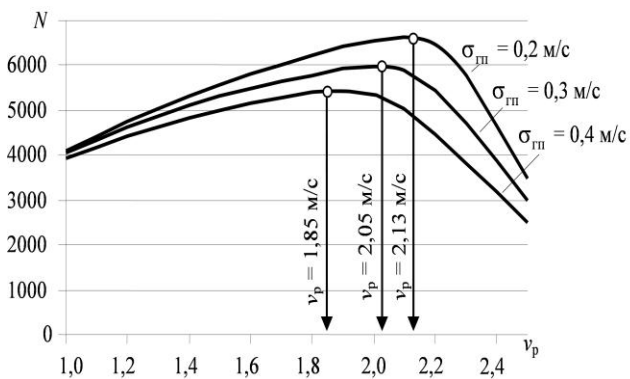


Рисунок 11 – Залежності переробної спроможності гірки від швидкості розпуску составів

виконання паралельного заїзду та насуву составів дозволяє скоротити тривалість гіркового інтервалу на 12 % за умови виконання формування составів на гірці та на 17 % при формуванні составів у вихідній горловині сортувального парку. Додатковою можливістю скорочення гіркового інтервалу є організація паралельного розпуску.

Таблиця 1 – Варіанти розподілу роботи сортувального комплексу та відповідна їм переробна спроможність, вагонів

Станція	Оснащення і технологія роботи					№ варіанту
	Кількість локомотивів	Закінчення формування	Ліквідація «вікон»	Режим розпуску	Переробна спроможність	
НД-Вузол, непарна система	1/2	Основна гірка	Осаджування	Послідовний / Частково паралельний	2441/2898	1/4
		Додатковий СП	Підтягування		2751/3280	2/5
			3081/3804		3/6	
НД-Вузол, парна система		Основна гірка	Осаджування		2686/2993	1/4
		Додатковий СП	Підтягування		3048/3405	2/5
			3496/3997		3/6	
Кривий Ріг–Сортувальний		Основна гірка	Осаджування		2204/3069	1/4
		Додатковий СП	Підтягування		2519/3513	2/5
			2892/4297		3/6	
Запоріжжя–Ліве		Основна гірка	Осаджування		2798/3780	1/4
		Додатковий СП	Підтягування		3179/4323	2/5
			3722/5400		3/6	
Джанкой		Основна гірка	Осаджування		2301/3496	1/4
		Додатковий СП	Підтягування		2548/3899	2/5
			2835/4736		3/6	
Верхівцеве		Основна гірка	Осаджування		2704/3912	1/4
		Додатковий СП	Підтягування		3009/4379	2/5
			3394/5364		3/6	

У зв'язку з вищезазначеним пропонується застосовувати показник «переробна спроможність сортувального комплексу». При цьому, інфраструктура сортувального комплексу розглядається як постійна величина, а кількість локомотивів та технологія можуть змінюватися.

У загальному вигляді витрати, пов'язані з перерозподілом роботи, можна визначити

$$E = e_{\text{вг}} \sum Nt + C_{\text{ман}} M_{\text{ман}}, \quad (5)$$

де $e_{\text{вг}}$ – витратна ставка на 1 вагоно-годину простою на станції; $\sum Nt$ – вагоно-години простою вагонів в очікуванні розформування - формування; $C_{\text{ман}}$ – приведена вартість роботи 1 маневрового локомотива за добу; $M_{\text{ман}}$ – кількість маневрових локомотивів.

На рис. 12 наведено графіки залежностей добових витрат від обраної технології розформування - формування составів на непарній системі ст. НД-Вузол.

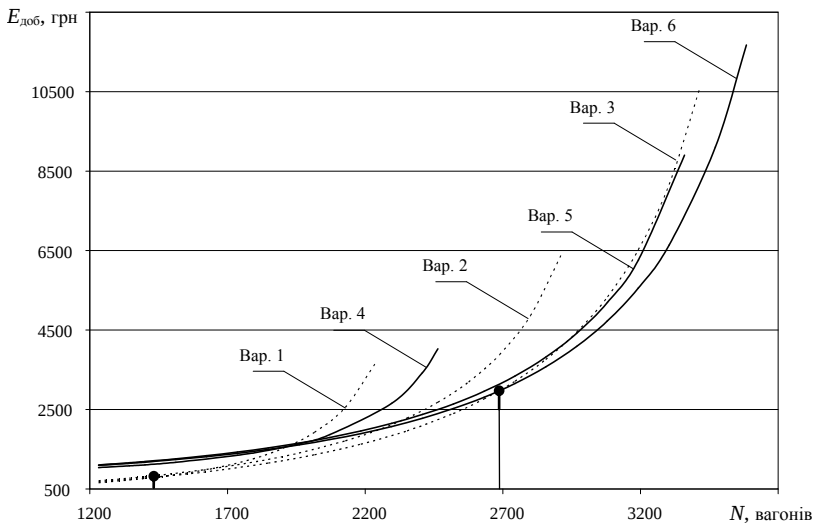


Рисунок 12 – Залежність добових витрат від перерозподілу роботи між маневровими районами

Для забезпечення допустимого рівня завантаження об'єктів (гірки та маневрових локомотивів) досягти максимального значення переробної спроможності, отриманого за розрахунковими формулами, можливо лише для одного варіанта розподілу роботи: на гірці та у вихідній горловині працює по 2 маневрових локомотиви, гірковий локомотив виконує осаджування вагонів, а формування составів виконується у вихідній горловині сортувального парку.

За даними досліджень можна зробити висновок, що при потужності вагонопотоку розформування до 1460 вагонів доцільно застосовувати варіант розподілу роботи № 1, де всю роботу з розформування - формування составів виконує гірковий локомотив. При зростанні вагонопотоку до 2680 вагонів раціональним буде виконання формування составів локомотивом вихідної горловини та ліквідація «вікон» за допомогою підтягування, гірковий локомотив виконує лише розформування составів, при зростанні вагонопотоку раціональне застосування при розформуванні 2 гіркових локомотивів, а локомотиви вихідної горловини виконують підтягування та формування составів.

Для оцінки продуктивності сортувальних комплексів пропонується застосовувати показники «технічна» та «максимальна» переробна спроможність. Під технічною переробною спроможністю сортувального комплексу пропонується розуміти максимальну кількість вагонів, що може бути ним перероблено протягом доби, при перевищенні якої доцільним є вживання організаційно-технічних заходів для нарощування переробної спроможності. Під максимальною переробною спроможністю пропонується розуміти максимальну кількість вагонів, що може бути перероблена сортувальним комплексом при певному технічному оснащенні та технології (табл. 2).

Таблиця 2 – Переробна спроможність сортувального комплексу

Оснащення і технологія роботи		НД-Вузол парна система		НД-Вузол непарна система	
Кількість локомотивів	Гірка	1	2	1	2
	Вихідна горловина парку (ВФ)	2		2	
Ліквідація «вікон»		Гірка	ВФ	ВФ	
Закінчення формування		Гірка	ВФ	ВФ	
Технічна переробна спроможність		1460	2680 3584	2140	3640
Максимальна переробна спроможність		2240	3416 3584	2912	3640

Включення відповідних таблиць до технологічних процесів роботи залізничних станцій дозволить більш повно характеризувати їх сортувальні комплекси, оцінити ефективність їх роботи в різних умовах і необхідність вживання організаційно-технічних заходів зі збільшення переробної спроможності.

Також рис. 12 дозволяє оцінити можливість адаптації сортувальної гірки до зміни обсягів роботи. Зокрема, автоматизовані сортувальні гірки з високою вартістю інфраструктури можуть бути неефективні в умовах коливання вагонопотоків, оскільки вони мають значні постійні витрати на експлуатацію, що не залежать від обсягів роботи.

У додатках наведені дані для розрахунків, результати досліджень, а також довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують наукове завдання удосконалення методу розрахунку переробної спроможності сортувальних комплексів.

1. Виконаний аналіз наукових праць, присвячених проблемі визначення переробної спроможності сортувальних станцій та сортувальних гірок, показав, що вона є остаточно не вирішеною. Зокрема, для визначення поняття «сортувальна гірка» враховується частина параметрів, які не характеризують сортувальну гірку як пристрій; також методи визначення переробної спроможності сортувальних гірок і станцій недостатньо враховують взаємозв'язок між технічним оснащенням і переробною спроможністю.

2. Імовірності нерозділення відцепів суттєво залежать від кількості вагонів у відцепі та їх ходових характеристик. У зв'язку з цим при аналізі вагонопотоків, що розформовуються на сортувальних гірках, необхідно визначати не імовірності розділень відцепів на стрілочних зонах, а імовірності появи несприятливих розділових груп із трьох відцепів для різних сполучень стрілочних переводів. В умовах спаду обсягів роботи сортувальні станції мають резерви переробної спроможності, але через зношеність та скорочення кількості маневрових локомотивів вони не відповідають сучасному рівню ефективності сортувального процесу.

3. Важливим напрямком підвищення ефективності автоматизованих систем управління сортувальним процесом є розробка більш досконалих методів управління роботою гальмових позицій в умовах відсутності повної інформації

про умови скочування та характеристики відчепів. Виконані дослідження показали, що методи вибору режимів гальмування можуть бути удосконалені за рахунок перерахування та коригування заданих швидкостей виходу відчепів з уповільнювачів у момент їх входу на гальмові позиції з урахуванням інформації щодо часу входу та виходу відчепів на ділянки маршруту скочування. Застосування удосконаленого методу забезпечує зменшення ризику нерозділення відчепів у групах з несприятливим сполученням відчепів в 3,6 разу.

4. Початкова швидкість розпуску составів впливає переважно на умови інтервального гальмування відчепів через зміну величини початкового інтервалу на вершині гірки та часу руху відчепу від вершини гірки до першої гальмової позиції. Підвищення початкової швидкості розпуску составів призводить також до зменшення площі області допустимих швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій за умовами прицільного регулювання та швидкості руху відчепів по спускній частині гірки. Переважно, збільшення швидкості розпуску відчепів призводить до зміщення обмеження за потужністю першої гальмової позиції. Враховуючи, що в більшості випадків це обмеження не є активним, то початкова швидкість розпуску состава незначним чином впливає на умови прицільного регулювання. Запропонована методика аналітичного перерахунку тривалості скочування відчепів до розрахункової точки при зміні швидкості розпуску.

5. Переробна спроможність сортувальних комплексів суттєво залежить не лише від їх інфраструктурного розвитку, а й від кількості маневрових локомотивів, маневрової роботи й т.ін. У зв'язку з цим запропоновано розрізняти поняття «технічної» та «максимальної» переробної спроможності. Під технічною переробною спроможністю сортувального комплексу пропонується розуміти максимальну кількість вагонів, яка може бути ним перероблена протягом доби, при перевищенні якої доцільним є вживання організаційно-технічних заходів з нарощування пропускної спроможності. Під максимальною переробною спроможністю пропонується розуміти максимальну кількість вагонів, що може бути перероблена сортувальним комплексом при певному технічному оснащенні та технології.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Бобровский, В. И. Исследование влияния режимов торможения отцепов на условия их разделения на стрелках [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Т. В. Болвановская // *Залізничний транспорт України*. – 2011. – № 3. – С. 3-6.

2. Козаченко, Д. М. Дослідження впливу швидкості розпуску составів на переробну спроможність сортувальних гірок [Текст] / Д. М. Козаченко, І. Ю. Левицький, Т. В. Болвановська // *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту* – 2012. – Вип. 41. – С. 61-63.

3. Козаченко, Д. М. Дослідження параметрів вагонопотоків, що розформовуються на сортувальних гірках [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Т. В. Болвановська // *Збірник наукових праць ДНУЗТ «Транспортні системи і*

технології перевезень» – 2012. – Вип. 4. – С. 44-48.

4. Болвановська, Т. В. Розрахунок переробної спроможності сортувальних комплексів [Текст] / Т. В. Болвановська // Збірник наукових праць ДНУЗТ «Транспортні системи і технології перевезень. – 2014. – Вип. 8 – С. 27-34.

5. Болвановская, Т. В. Исследование влияния скорости распуска на конфигурацию области допустимых режимов торможения отцепов [Текст] / Т. В. Болвановская // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. – 2015. – Вып. 7. – С. 30–34.

6. Музикіна, Г. І. Визначення заходів, необхідних для підвищення провізної спроможності залізниць України [Текст] / Г. І. Музикіна, О. О. Мазуренко, Т. В. Болвановська // Вісник ДНУЗТ. – 2009. – Вип. 26 – С. 23-27.

7. Козаченко, Д. Н. Совершенствование выбора режимов торможения отцепов при решении задачи интервального регулирования скорости их скатывания [Текст] / Д. Н. Козаченко, Т. В. Болвановская, Н. Д. Дудок // Вестник РГУПС. – 2015. – Вып. 2 – С. 89-97.

8. Музикіна, Г. І. Вплив параметрів накопичення вагонів на їх простій на сортувальній станції [Текст] / Г. І. Музикіна, Т. В. Болвановська, Є. М. Жорова // Вісник ДНУЗТ. – 2008. – Вип. 20 – С. 198-201.

Додаткові праці:

1. Бобровский, В.И. Исследование влияния режимов торможения на условия разделения отцепов на стрелках [Текст] / В.И. Бобровский, Д.Н. Козаченко, Т.В. Болвановская // Тезисы 71-й Международной научно-практ. конф. «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта». – Дніпропетровськ : ДПТ, – 2011. – С. 124-125.

2. Козаченко, Д.М. Дослідження ризиків нерозділення відцепів на сортувальних гірках [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Т. В. Болвановська // Тези 72-ї Міжнародної науково-практ. конф. «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту». – Дніпропетровськ : ДПТ, 2012. – С.119-120.

3. Козаченко, Д. М. Дослідження вагонопотоків, що розформовуються на сортувальних гірках залізниць України [Текст] / Д. М. Козаченко, Т. В. Болвановська, Ю. С. Карпенко // тези 2-ї Міжнародної науково-практ. конф. «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств». – Кострина, 2013. – С. 56-58.

4. Болвановська, Т. В. Дослідження впливу умов розпуску составів на конфігурацію області допустимих швидкостей виходу відцепів з гальмових позицій [Текст] / Т. В. Болвановська, Р. Г. Коробйова, В. О. Брень // Перспективы взаимодействия железных дорог и промышленных предприятий: тезы 3-й Международ. научно-практ. конф. – Дніпропетровськ : ДПТ, – 2014. – С. 18–19.

5. Козаченко, Д. М. Области допустимих режимів регулювання швидкості скочування відцепів на сортувальних гірках [Текст] / Д. М. Козаченко, Б. І. Торопов, Т. В. Болвановська // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : тези 74-ї науково-практ. конф. – Дніпропетровск, 2014. – С. 189–190.

6. Болвановська, Т. В. Аналіз умов розділення відчепів на сортувальних гірках залізниць України [Текст] / Т. В. Болвановська, О. В. Ванжа // Тези 73-ї науково-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». – Дніпропетровськ: ДПТ. – 2013 – С. 139-140.

7. Болвановська, Т. В. Аналіз потужності вагонопотоків, що формуються на технічних станціях Придніпровської залізниці [Текст] / Т. В. Болвановська, А. А. Гирба // тези 2-ї Міжнародної науково-практ. конф. «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» – Кострина, 2013. – С. 37-38.

АНОТАЦІЯ

Болвановська Т. В. Удосконалення методів розрахунку переробної спроможності сортувальних комплексів. – Рукопис.

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, Дніпропетровськ, 2015.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню наукового завдання підвищення ефективності функціонування сортувальних комплексів станцій за рахунок визначення їх раціональних техніко-технологічних параметрів.

У дисертації отримано залежності конфігурації області допустимих режимів гальмування відчепа від його швидкості на вершині гірки, запропоновано новий підхід до оцінки впливу швидкості розпуску составів, удосконалено метод вибору режимів гальмування відчепів. Для оцінки умов розділення доцільно використовувати показник «ризик нерозділення», для визначення якого запропоновано метод, де враховується тривалість руху відчепів до точки розділення та поєднання тривалості руху в розрахункових групах.

Виконано аналіз впливу початкової швидкості розпуску на величину переробної спроможності сортувальної гірки. Запропоновано використовувати показник «переробна спроможність сортувального комплексу».

Результати роботи впроваджені в навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при підготовці спеціалістів і магістрів за спеціальністю «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті».

Ключові слова: сортувальна станція, відчеп, переробна спроможність, режим гальмування, швидкість розпуску.

АННОТАЦИЯ

Болвановская Т. В. Усовершенствование методов расчета перерабатывающей способности сортировочных комплексов. – Рукопись.

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, Днепропетровск, 2015.

В диссертации выполнен анализ научных работ, посвященных проблеме определения перерабатывающей способности сортировочных станций и сорти-

ровочных горок, который показал, что данная проблема окончательно не решена. При определении понятия «сортировочная горка» учитывается часть параметров, которые не характеризуют сортировочную горку как устройство. Методы определения перерабатывающей способности недостаточно учитывают взаимосвязь между техническим оснащением сортировочной горки и её перерабатывающей способностью.

Проведено исследование вагонопотоков, поступающих в расформирование, и условий разделения отцепов на сортировочных горках реальных станций железных дорог Украины. Вагонопотоки сортировочных станций одной дороги существенно отличаются, их характеристики зависят от основных направлений грузопотоков и от перераспределения вагонов между пунктами погрузки и выгрузки. Отцепы составов, которые расформировываются на сортировочных горках, преимущественно состоят из небольшого количества вагонов. Случайная величина количества вагонов в отцепках распределена по экспоненциальному закону.

Выполненный анализ сортировочных листов показал, что статистическая частота разделения отцепов на стрелочных позициях не совпадает со значениями, которые определены теоретически. Для оценки условий разделения отцепов на стрелочных позициях сортировочной горки целесообразно использовать вероятность появления неблагоприятных групп из трёх отцепов для различных сочетаний стрелок разделения.

Важным направлением повышения эффективности автоматизированных систем управления сортировочным процессом является разработка более совершенных методов управления работой тормозных позиций. С использованием имитационного моделирования получены зависимости конфигурации области допустимых режимов торможения отцепа от его скорости на вершине горки, предложен новый подход к оценке влияния скорости роспуска составов, усовершенствован метод выбора режимов торможения отцепов. При изменении скорости роспуска составов наблюдается смещение ограничений области допустимых скоростей выхода, что приводит к изменению условий разделения отцепов на стрелках. В большинстве случаев при изменении скорости роспуска изменяет положение ограничение области допустимых скоростей выхода из тормозных позиций по мощности первой тормозной позиции. Учитывая, что это ограничение преимущественно является неактивным, то начальная скорость роспуска незначительным образом влияет на условия прицельного регулирования скорости скатывания.

Для оценки условий разделения целесообразно использовать показатель «риск неразделения», для определения которого предложен метод, где учитывается продолжительность скатывания отцепов до точки разделения и сочетания времени скатывания в расчетных группах. Исследования показали, что методы выбора режимов торможения могут быть усовершенствованы за счет перерасчета и корректировки заданных скоростей выхода отцепов из замедлителей в момент их входа на замедлитель.

Установлено, что при изменении скорости роспуска составов для заданных скоростей выхода отцепов из тормозных позиций изменяется только время скатывания отцепа до выхода из первой тормозной позиции. Это позволяет определить время скатывания отцепов до любой точки маршрута и величину интервалов на разделительных элементах, зная только время скатывания при любой скорости до выхода из первой тормозной позиции и продолжительность скатывания отцепов при нормативной скорости роспуска.

Выполнен анализ влияния начальной скорости роспуска на величину перерабатывающей способности сортировочной горки. Установлено, что зависимость перерабатывающей способности от скорости роспуска состава нелинейная и имеет экстремальную форму.

Предложено использовать показатель «перерабатывающая способность сортировочного комплекса», при этом необходимо различать понятие технической и максимальной перерабатывающей способности. Под технической перерабатывающей способности сортировочного комплекса подразумевается максимальное количество вагонов, которое может быть им переработано в течение суток, при превышении которого целесообразно принятие организационно-технических мероприятий по увеличению перерабатывающей способности. Под максимальной перерабатывающей способностью предлагается понимать максимальное количество вагонов, которое может быть переработано сортировочным комплексом при определенном техническом оснащении и технологии.

Получены зависимости, позволяющие определить момент переноса маневровой работы в другой маневровый район сортировочного парка, а также объемы переработки вагонов, при которых необходимо увеличивать техническое оснащение станции. Включение соответствующих таблиц в технологические процессы работы станций позволит более полно характеризовать сортировочные комплексы и оценить эффективность их работы.

Результаты работы внедрены в научной работе и учебном процессе Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна при подготовке специалистов и магистров по специальности «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте».

Ключевые слова: сортировочная станция, отцеп, перерабатывающая способность, режим торможения, скорость роспуска.

THE SUMMARY

Bolvanovska T. V. Improved methods of calculation reprocessing ability sorting complex. – Manuscript.

Thesis is devoted to solving the scientific problem of the functioning improvement of sorting station complexes by determining their rational technical and technological parameters.

In the thesis the dependencies of the configuration of the cut allowed braking modes area on its speed at the hump crest were found, new approach of the train breaking-up speed influence evaluation was proposed, the method of cuts braking modes selection was improved. To evaluate the separation conditions it is advisable to use the indicator "risk of non-separation". To determine the indicator the method

which takes into account the duration of cut rolling to the separation point and the combining the rolling duration for the settlement groups was proposed.

The analysis of the initial breaking-up speed effect on the hump processing capacity value was done. It was proposed to use the indicator "sorting complex processing capacity".

Work results were implemented into educational process of Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan for the specialists and masters training on the specialty «Organization of transportation and management on railway transport»

Keywords: sorting station, cut, processing capacity, braking mode, breaking-up speed.

БОЛВАНОВСЬКА ТЕТЯНА ВАЛЕНТИНІВНА

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПЕРЕРОБНОЇ
СПРОМОЖНОСТІ СОРТУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ**

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку «17» вересня 2015 р. Формат 60х84 1/16
Ум. друк. арк. 1,45. Обл.-вид. арк. 1,4. Тираж 100 пр. Замовлення № 599

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК № 1315 від 31.03.2003

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