

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

КУДРЯШОВ АНДРІЙ ВАДИМОВИЧ

УДК 656.212

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОРТУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ НА
СТАНЦІЯХ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОЗФОРМУВАННЯ
СОСТАВІВ НА ГІРКАХ**

05.22.20- експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 2010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі «Станції та вузли» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор **Бобровський Володимир Ілліч**,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, завідувач кафедри «Станції та вузли»

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Ломотько Денис Вікторович**,
Українська державна академія залізничного транспорту, проректор з наукової роботи

кандидат технічних наук, **Остапець Денис Олександрович**,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, доцент кафедри «Електронно-обчислювальні машини»

Захист відбудеться «28» жовтня 2010 р. о 13⁰⁰ 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. акад. Лазаряна, 2, к. 314, зал засідань.

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

Автореферат розісланий «27» вересня 2010 р.

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

І.В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В сучасних умовах функціонування залізничного транспорту України існує тенденція до концентрації сортувальної роботи на великих сортувальних станціях. В зв'язку з цим зростає важливість проблеми підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок на таких станціях з метою збільшення переробної здатності та забезпечення необхідної якості сортувального процесу.

Основним шляхом вирішення вказаної проблеми є комплексна механізація і автоматизація процесів розформування составів на сортувальних гірках. Створення сучасної автоматизованої системи керування сортувальним процесом дозволить підвищити продуктивність гірок та якість сортувального процесу, скоротити простій вагонів на сортувальних станціях. Крім того, автоматизація сортувальних гірок сприятиме подальшому поліпшенню економічних показників роботи станцій, зниженню собівартості переробки вагонів.

В даний час ведуться роботи зі створення автоматизованих систем керування сортувальним процесом на гірках. При цьому найбільш відповідальною і складною задачею, що забезпечує ефективність та якість керування сортувальним процесом, є визначення раціональних режимів розформування составів. Вказані режими повинні встановлювати необхідні швидкості скочування відчепів, реалізація яких дозволить забезпечити максимальні інтервали на стрілках між усіма парами відчепів і, таким чином, мінімізувати ймовірність їх нерозділень при умові виконання вимог прицільного регулювання. Визначення раціональних режимів розформування составів є складною оптимізаційною задачею, що не отримала остаточного вирішення і в даний час. У зв'язку з цим тема дисертації, що присвячена підвищенню ефективності сортувального процесу на станціях за рахунок оптимізації режимів розформування составів на гірках, є досить актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку, що визначені у Державній цільовій програмі реформування залізничного транспорту (постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 №1390), а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Розробка методики оптимізації режимів гальмування відчепів на сортувальних гірках» (№ ДР 0105U001801) та «Теоретичні дослідження, розробка методів та технологічних алгоритмів керування процесом розформування составів на сортувальних гірках» (№ ДР 0107U001827), у яких автор брав участь у якості виконавця та співавтора звітів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності та якості сортувального процесу на станціях за рахунок оптимізації режимів розформування составів на гірках. Реалізація визначених режимів сприятиме зменшенню ймовірності нерозділень відчепів на стрілках і, відповідно, обсягів маневрової роботи з ліквідації їх наслідків, а також скороченню кількості та довжини вікон на сортувальних коліях. В кінцевому результаті це дозволить підвищити продуктивність гірок, скоротити витрати енергоресурсів та зменшити простій вагонів на сортувальних станціях.

Для досягнення зазначеної мети в дисертації поставлено і вирішено наступні задачі:

- аналіз сучасних напрямків підвищення ефективності процесу розформування составів;
- удосконалення імітаційної моделі скочування відчепів з гірки;
- дослідження та визначення допустимих швидкостей виходу відчепів з гальмівних позицій (ГП);
- розробка методики визначення раціонального режиму гальмування керованого відчепу розрахункової групи;
- аналіз імовірнісних характеристик процесу багатократних розділень відчепів на стрілках сортувальних гірок діючих станцій;
- розробка метода оптимізації режиму розформування составу з урахуванням розділення несуміжних відчепів;
- оцінка ефективності метода оптимізації на основі імітаційного моделювання процесу розформування потоку составів.

Об'єктом дослідження є процес розформування составів на сортувальних гірках.

Предмет дослідження – режими інтервального регулювання швидкості відчепів составу.

Методи дослідження. Методи теорії ймовірності, математичної статистики та регресійного аналізу використані для визначення ймовірностей багатократних розділень на стрілках відчепів состава та дослідження їх зв'язку з числом відчепів в составі.

Чисельні методи вирішення диференційних рівнянь та методи імітаційного моделювання були використані при дослідженнях впливу режимів гальмування на величину інтервалів між відчепами при їх скочуванні з сортувальної гірки та розробці методу пошуку оптимальних режимів гальмування відчепів составу.

Методи оптимізації були використані для визначення оптимальних режимів розформування составів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Вперше отримані імовірнісні характеристики процесу багатократних розділень відчепів составу на розділових стрілках гіркових горловин різної конструкції, які підтверджують необхідність урахування розділень несуміжних відчепів при оптимізації режиму розформування составу з метою підвищення їх надійності.

2. Вперше задачу оптимізації режиму розформування составу формалізовано та вирішено як багатокритеріальну задачу з однорідними критеріями. Це дозволило на основі системного підходу максимізувати інтервали між відчепами составу з урахуванням їх багатократних розділень і за рахунок цього підвищити якість сортувального процесу на гірках.

3. Удосконалено метод оптимізації режиму гальмування відчепів, який на відміну від існуючих, враховує інтервали на стрілках з усіма іншими відчепами составу, що мають з ним розділення і розглядаються як об'єднаний кортеж відчепів. Метод дозволяє раціонально розподілити існуючий ресурс часу між всіма інтервалами в кортежі і використовується при оптимізації режиму розформування всього составу.

4. Удосконалено математичну модель скочування відчепів з гірки, яка на відміну від існуючої, дозволяє керувати вибором зони гальмування відчепу, в тому числі, при низьких швидкостях виходу з гальмівних позицій. Це дозволило врахувати реальні умови гальмування відчепів та підвищити точність розрахунків інтервалів між відчепами складу на розділових елементах.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові результати, отримані у дисертаційній роботі, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані при створенні автоматизованої системи керування процесом розформування складів на сортувальних гірках, а також для оцінки якості конструкції сортувальних гірок, що проектуються.

Розроблено програмне забезпечення, що дозволяє вирішити задачу оптимізації режиму інтервального регулювання для складів, що розформовуються; рішення задачі здійснюється з використанням імітаційного моделювання процесу розпуску.

Запропоноване удосконалення методики імітаційного моделювання скочування відчепів з гірки реалізовано у комп'ютерній програмі «Скатывание одиночного отцепа» (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №30170).

Результати роботи використовуються у навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів зі спеціальності „Організація перевезень та управління на залізничному транспорті” в дисциплінах „Автоматизація проектування залізничних станцій”, „Розрахунок та проектування сортувальних пристроїв на станціях”.

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

Особистий внесок здобувача. Всі результати теоретичних та експериментальних досліджень, наведені в роботі, отримані автором самостійно.

Стаття [6] опублікована одноосібно. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному. В роботі [1] удосконалено методику моделювання руху відчепів з низькими швидкостями. В статті [2] розроблено методику розрахунку ймовірностей розділення на стрілках несуміжних відчепів складу. В статті [3] розроблено методику визначення кількості розділень на стрілках відчепів складів, що розформовуються на сортувальних гірках з будь-якою конструкцією. В статті [4] удосконалено модель процесу скочування відчепів з регульованою зоною гальмування та досліджено вплив параметрів режиму гальмування на тривалість їх скочування. В статті [5] досліджено діючі обмеження режимів гальмування відчепів на гірках. В статті [7] виконано імітаційне моделювання розформування потоку складів та аналіз якості отриманих показників сортувального процесу. В статті [8] запропоновано новий критерій оптимізації режиму розформування складів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 67-й, 68-й, 69-й та 70-й науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2007, 2008, 2009, 2010 рр.); на IV-й міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і

технології» (Київ, ДЕТУТ, 2008 р.); на II-й та III-й міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008, 2009 рр.); на міжнародній науково-практичній конференції «Транспортні зв'язки. Проблеми и перспективи» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008 р.); на 9-й міжнародній науковій конференції «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2009 р.); на наукових семінарах кафедри 2009, 2010 рр. У повному обсязі дисертація доповідалася та була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2010 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 22 наукових праці: 1 монографія, 7 наукових статей у фахових виданнях, затверджених ВАК України та 14 тез доповідей у матеріалах і тезах міжнародних конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і 7 додатків. Повний обсяг роботи – 203 сторінки; з них основного тексту 156 сторінок; рисунків, таблиць, список використаних джерел і додатків 47 сторінок. Список використаних джерел зі 159 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

В першому розділі виконано аналіз сучасних напрямків підвищення ефективності процесу розформування составів на сортувальних гірках.

Великий внесок у вирішення теоретичних та практичних проблем оптимізації конструкції, технічних параметрів, технології роботи сортувальних гірок та підвищення ефективності процесу розформування составів на сортувальних станціях зробили такі вчені як В.М. Акулінічев, С.А. Бессоненко, В.І. Бобровський, М.П. Божко, Т.В. Бутько, П.С. Грунтов, М.І. Данько, О.М. Долаберидзе, В.М. Іванченко, І.В. Жуковицький, Д.М. Козаченко, Д.В. Ломотько, М.К. Модін, Ю.О. Муха, Є.В. Нагорний, В.Я. Негрей, Г.І. Нечаєв, В.М. Образцов, В.Є. Павлов, М.В. Правдін, Є.О. Сотніков, Л.Б. Тішков, Б.І. Торопов, Є.М. Шафіт, В.О. Шиш, В.П. Шейкін, М.Р. Ющенко, П.О. Яновський та інші.

Проведений аналітичний огляд літератури показав, що техніко-експлуатаційні показники функціонування сортувальної гірки, а також якість інтервального та прицільного регулювання швидкості відчепів, що скочуються, суттєво залежать не тільки від параметрів гірки, але і від обраних режимів гальмування відчепів составів.

Задачі визначення раціональних режимів гальмування відчепів присвячено цілий ряд наукових робіт, в яких використовувалися різні методи її рішення і різні критерії оптимальності. Як показав аналіз, для вирішення задачі оптимізації керування скочуванням відчепів необхідно розглядати состав, що розформується, як систему взаємозв'язаних відчепів.

Враховуючи, що при реалізації режимів гальмування неминуче виникають похибки пов'язані з різними факторами (недостовірність інформації про ходові властивості відчепів, умови розпуску, точність настройки системи АРШ та ін.), необхідно ще до початку процесу розформування розраховувати такі режими гальмування, що забезпечують максимальну надійність розділення всіх відчепів составу, що розформовується. Це дозволить мінімізувати ймовірність виникнення на спускній частині гірки нагонів, пов'язаних з можливими помилками регулювання швидкостей виходу відчепів з ГП.

Для теоретичних досліджень процесу розформування составів, оптимізації режимів скочування відчепів і попередньої оцінки алгоритмів керування сортувальним процесом на гірках використовують імітаційне моделювання процесу розформування. Було виконано аналіз існуючих методів імітаційного моделювання, встановлено їх недоліки та поставлені задачі їх удосконалення.

Проведений аналіз дозволив сформулювати мету дисертаційного дослідження, що полягає в удосконаленні метода оптимізації режиму розформування составу, та основні задачі, що були вирішені у процесі виконання дисертаційної роботи.

В другому розділі розроблено методику визначення раціонального режиму гальмування керованого відчепу розрахункової групи. З цією метою попередньо було удосконалено імітаційну модель скочування відчепу з гірки та на її основі досліджено області допустимих швидкостей (ОДШ) виходу відчепів з ГП.

Імітаційні моделі скочування відчепів, в яких їх гальмування здійснюється при рівномірному розподілі енергетичної висоти, що погашається, по всій зоні дії гальмівної позиції, не цілком відповідають реальному процесу гальмування. Тому в дисертації було розроблено модель, що на відміну від існуючих, дозволяє керувати вибором зони гальмування відчепу. Гальмування відчепу здійснюється номінальною потужністю уповільнювача при заданій ступені гальмування.

Як показує аналіз, в реальних умовах задану швидкість U виходу відчепу з гальмівної позиції можна реалізувати з використанням багатьох режимів, що відрізняються координатою точки початку гальмування $S_{\text{гп}}$. При цьому довжина зони гальмування $L_{\text{г}}$ однозначно визначається координатою $S_{\text{гп}}$ і заданою швидкістю U . Тому для моделювання скочування відчепу режим його гальмування представлено вектором $\mathbf{U}=(U', U'')$ швидкостей його виходу з гальмівних позицій спускної частини гірки і вектором $\mathbf{S}_{\text{гп}}=(S'_{\text{гп}}, S''_{\text{гп}})$ точок початку гальмування на відповідних ГП.

Координата $S_{\text{гп}}$ може змінюватися від мінімального $S_{\text{гпmin}}$ (див. рис. 1, в) до максимального $S_{\text{гпmax}}$ (див. рис. 1, а) значення. При цьому прийнято, що при будь-яких значеннях $S_{\text{гп}}$ ($S_{\text{гпmin}} \leq S_{\text{гп}} \leq S_{\text{гпmax}}$) задана швидкість U виходу відчепу повинна досягатися у момент виходу його останньої осі з ГП.

Вибір координати $S_{\text{гп}}$ впливає на швидкість руху відчепу в межах ГП. Граничним значенням $S_{\text{гпmin}}$ та $S_{\text{гпmax}}$ відповідають максимальна V_{max} та мінімальна V_{min} швидкості руху по ГП (див. рис. 1, б). Проміжним значенням $S_{\text{гп}}$ відповідає множина значень швидкостей в інтервалі $(V_{\text{min}}, V_{\text{max}})$.

Максимальні значення вказаних координат $S'_{\text{гпmax}}$, $S''_{\text{гпmax}}$ залежать від параметрів відчепу і умов скочування, а також від необхідної швидкості виходу з

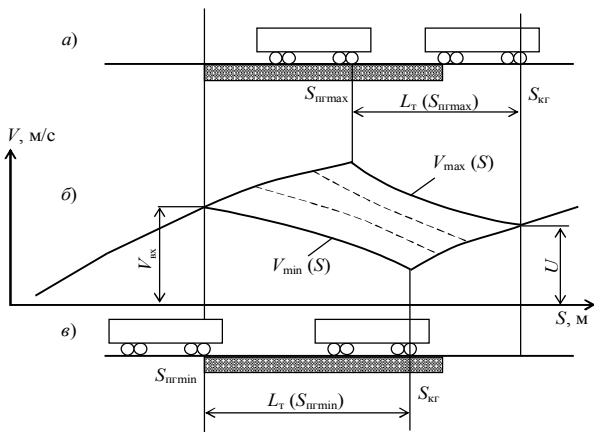


Рис. 1 Граничні режими гальмування відчепу : а) гальмування від точки $S_{\text{пгmax}}$; б) графіки швидкості скочування; в) гальмування від точки $S_{\text{пгmin}}$

Виконаний аналіз показав, що кожна з швидкостей виходу U' , U'' може мати кілька обмежень різного характеру; всі можливі значення вектора $\mathbf{U}=(U', U'')$ належать області Ω допустимих швидкостей виходу відчепу з верхньої (ВГП) та середньої (СГП) гальмівних позицій ($\mathbf{U} \in \Omega$).

Обмеження, що утворюють ОДШ, визначаються чотирма групами факторів:

- гальмівною потужністю уповільнювачів гальмівних позицій;
- допустимою швидкістю скочування відчепів на спускній частині гірки;
- вимогами прицільного регулювання швидкості відчепів;
- можливістю реалізації заданої швидкості виходу відчепу з ГП.

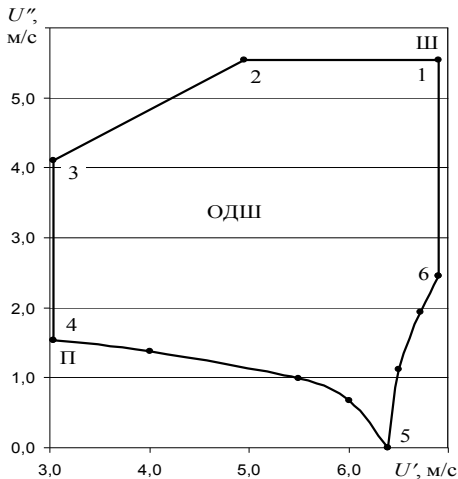


Рис. 2 ОДШ відчепу ДХ с активними обмеженнями швидкостей виходу з ГП

метрів відчепу і умов скочування. Тому була формалізована методика та розроблено алгоритм побудови ОДШ з урахуванням згаданих вище параметрів. Методика заснована на використанні імітаційного моделювання скочування відчепів з гірки; вона дозволяє також ідентифікувати і виключити неактивні обмеження швидкостей виходу відчепів з ГП до початку розв'язання задачі оптимізації.

Виконані дослідження залежності часу скочування відчепу від вибору зони регулювання його швидкості ($S_{\text{пг}}$, L_T) показали, що ці параметри істотно впливають на тривалість скочування, а, отже, і на величину інтервалу між відчепами на

ГП і можуть змінюватися в достатньо широких межах. Тому для порівняльного аналізу різних режимів гальмування було виконано масштабування вказаних координат і перехід до відповідних умовних одиниць x ($S_{\text{пгmin}}: x=0$, $S_{\text{пгmax}}: x=1$).

Таким чином, деякий варіант реалізації заданого режиму $\mathbf{U}=(U', U'')$ може бути визначений вектором $\mathbf{x}=(x', x'')$ координат відповідної точки області Ω_x ; тоді довільний режим гальмування відчепу, що скочується, може бути однозначно визначений вектором $\mathbf{r}_r=(\mathbf{U}, \mathbf{x})$.

На рис. 2 наведена ОДШ для відчепу ДХ, яка є неправильним шестикутником з вершинами 1-2-3-4-5-6; при цьому вершині 1 відповідає швидкий режим скочування відчепу (Ш), а вершині 4 - повільний (П). Зазначені режими забезпечують, відповідно, мінімальний та максимальний час скочування відчепу з гірки. Всі сторони вказаного шестикутника являють собою обмеження, що можуть бути активними, тобто на них може бути розташований оптимальний режим гальмування.

Результати досліджень показали, що конфігурація, розміри і положення ОДШ істотно залежать від конструкції гірки, а також від параметрів

розділових елементах. При цьому вказаний вплив збільшується для багатовагонних відцепів, а також при зменшенні швидкостей виходу U' та U'' . Тому для пошуку раціонального режиму гальмування відцепів була розроблена методика, що базується на аналізі інтервалів в розрахунковій групі з трьох відцепів та дозволяє врахувати всі керовані змінні U' , U'' , x' , x'' середнього відцепу групи. Таким режимом, що забезпечує найкращі умови розділення відцепів, є режим, при якому менший з двох інтервалів (δt_{12} , δt_{23}) між парами відцепів групи на розділових стрілках досягає максимуму $\overline{\delta t} = \min(\delta t_{12}, \delta t_{23}) \rightarrow \max$.

На першому етапі були виконані дослідження і встановлені правила вибору параметрів (x' , x'') для груп відцепів з різними параметрами, при різних номерах розділових стрілок та варіюванні швидкостей U' , U'' . Було встановлено, що інтервал $\overline{\delta t}$ досягає максимуму, коли параметри (x' , x'') знаходяться в одній з вершин області Ω_x ($x'=(0; 1)$, $x''=(0; 1)$). При цьому конкретні значення (x' , x'') можуть бути однозначно визначені на основі аналізу взаємного розташування ділянки розділення відцепів групи і координат точок початку $S_{\text{пг}}$ та кінця $S_{\text{кг}}$ гальмування відцепу на ВГП і СГП, всі випадки якого можуть бути класифіковані за чотирма варіантами (див. табл. 1). Ділянка розділення відцепів групи обмежується координатами точок входу керованого відцепу на ізолювану ділянку стрілки σ_1 розділення з першим $s_{\text{вх}}(\sigma_1)$ і виходу цього відцепу з ізолюваної ділянки стрілки σ_2 розділення з третім відцепами $s_{\text{вих}}(\sigma_2)$.

Таблиця 1. Оптимальні значення вектора x по варіантам

Варіант	Умови, якими характеризуються варіанти	Значення x' , x''
1	$s_{\text{вих}}(\sigma_2) \leq S'_{\text{пг}} \wedge s_{\text{вх}}(\sigma_1) < s_{\text{вих}}(\sigma_2)$, або $s_{\text{вх}}(\sigma_1) \leq S'_{\text{пг}} \wedge s_{\text{вих}}(\sigma_2) < s_{\text{вх}}(\sigma_1)$.	$x' \in [0, 1]$, $x'' \in [0, 1]$.
2	$S'_{\text{пг}} < s_{\text{вих}}(\sigma_2) < S''_{\text{пг}} \wedge s_{\text{вх}}(\sigma_1) < s_{\text{вих}}(\sigma_2)$, або $S'_{\text{пг}} < s_{\text{вх}}(\sigma_1) < S''_{\text{пг}} \wedge s_{\text{вих}}(\sigma_2) < s_{\text{вх}}(\sigma_1)$.	$x'=0$, $x'' \in [0, 1]$.
3	$s_{\text{вх}}(\sigma_1) < S''_{\text{кг}} \wedge s_{\text{вих}}(\sigma_2) > S''_{\text{пг}} \wedge s_{\text{вх}}(\sigma_1) < s_{\text{вих}}(\sigma_2)$, або $s_{\text{вих}}(\sigma_2) < S''_{\text{кг}} \wedge s_{\text{вх}}(\sigma_1) > S''_{\text{пг}} \wedge s_{\text{вих}}(\sigma_2) < s_{\text{вх}}(\sigma_1)$	$x'=0 \wedge x''=1$; $x'=1 \wedge x''=0$.
4	$s_{\text{вх}}(\sigma_1) \geq S''_{\text{кг}} \wedge s_{\text{вх}}(\sigma_1) < s_{\text{вих}}(\sigma_2)$, або $s_{\text{вих}}(\sigma_2) \geq S''_{\text{кг}} \wedge s_{\text{вих}}(\sigma_2) < s_{\text{вх}}(\sigma_1)$.	$x' \in [0, 1]$, $x'' \in [0, 1]$.

У випадках, коли вибір параметрів (x' , x'') не впливає на величину інтервалів ($x \in [0, 1]$), то він може здійснюватися з урахуванням інших факторів; зокрема, вибір може здійснюватись за умовами розділення керованого відцепу з іншими (несуміжними) відцепами складу.

Отриманий висновок дозволив скоротити число керованих змінних з чотирьох (U' , U'' , x' , x'') до двох (U' , U'') і істотно спростити методику оптимізації режиму гальмування керованого відцепу групи.

Для визначення раціональних швидкостей (U' , U'') в ОДШ керованого відцепу були отримані залежності $U'=f(U'')$ між значеннями швидкостей U' і U'' , реалізація яких забезпечує рівні інтервали $\overline{\delta t}$ між відцепами групи. Вказані залежності при різних варіантах розташування координат ділянки розділення відцепів групи наведені на рис.3 (лінії 1,2).

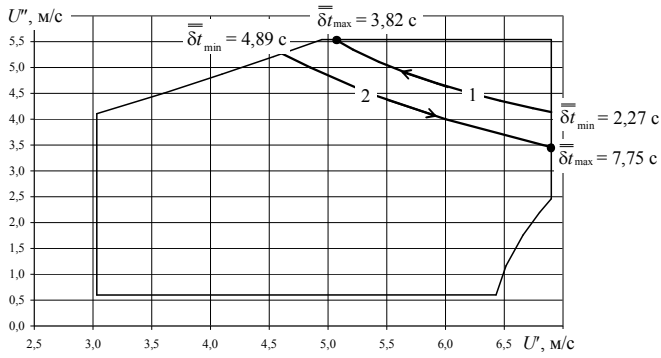


Рис. 3 Положення ліній $U''=f(U')$ в ОДШ керованого відчепу

$s_{\text{вих}}(\sigma_2) < s_{\text{вих}}(\sigma_1)$ – на нижній ділянці границі (лінія 2, $\overline{\delta t}_{\text{max}} = 7,75$ с).

Третій розділ присвячений дослідженням імовірнісних характеристик процесу багатократних розділень на стрілках відчепів складу. В роботі встановлено, що в процесах розділення на стрілках приймають участь не тільки суміжні відчепи

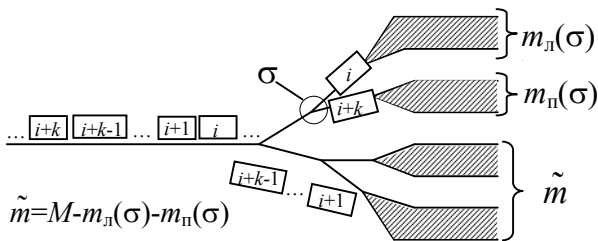


Рис. 4 Схема визначення імовірності вторинного розділення крайніх відчепів групи i та $(i+k)$ на розділовій стрілці σ

складу, але також і відчепи, що розділені в складі одним або декількома іншими відчепами (несуміжні відчепи). При цьому показано, що умови розділення несуміжних відчепів не менш впливають на якість сортувального процесу, ніж зазвичай контрольовані умови розділення суміжних відчепів складу.

Аналіз розділень відчепів на стрілках з використанням ймовірнісного підходу дозво-

лив отримати аналітичний вираз для визначення ймовірності розділення довільної пари відчепів складу i та $(i+k)$ на деякій стрілці σ (див рис. 4)

$$P_{i,i+k}(\sigma) = \frac{2m_l(\sigma) \cdot m_r(\sigma) \cdot (M - m_l(\sigma) - m_r(\sigma))^{k-1}}{M(M-1)^k}, \quad (1)$$

де M – кількість колій у парку;

m_l, m_r – кількість колій, на які відчеп може слідувати у разі відхилення на стрілці σ , відповідно, вліво та вправо.

В результаті виконаних досліджень були отримані вирази для оцінки загального числа розділень відчепів R_n в складах з n відчепів та їх середня питома кількість r_n , що припадає на одну пару суміжних відчепів складу.

У результаті аналізу отриманих виразів встановлено, що зі зростанням числа відчепів в складі збільшується складність аналітичних розрахунків зазначених параметрів. У зв'язку з цим була розроблена методика статистичної оцінки частоти розділень відчепів для довільних складів і конструкцій сортувальних гірок.

Для зручності аналізу розділень маршрутів конкретного складу їх було представлено верхньою трикутною матрицею $\|\sigma\|$ (див. рис. 5), рядкам i стовпцям якої поставлено у відповідність номери колій призначення його відчепів. Елементами матриці σ_{ij} , $i < j$ є номери стрілочних позицій, на яких розділяються маршрути i -го

та j -го відчепів, що слідує, відповідно, на колії W_i, W_j . Всі елементи матриці $\|\sigma\|$ для конкретної гірки і складу визначаються за допомогою булевих функцій:

$$\sigma_{ij} = \varphi(\zeta_i, \zeta_j),$$

де ζ_i, ζ_j – коди колій призначення i -го и j -го відчепів.

Аналіз матриці $\|\sigma\|$ дозволяє встановити загальну кількість розділень відчепів складу, а також їх розподіл по окремих стрілочним позиціям.

В результаті досліджень встановлено, що при достатньо великому числі відчепів у складі (10 і більше) число розділень R_n має нормальний розподіл (див. рис. 6). Для аналізу впливу числа колій у сортувальному парку на частоту розділень відчепів на рис. 7 наведені залежності середньої питомої кількості розділень $\bar{r}_n = f(n, M)$ для різного числа колій M у парку ($M = 8, 16, 32$).

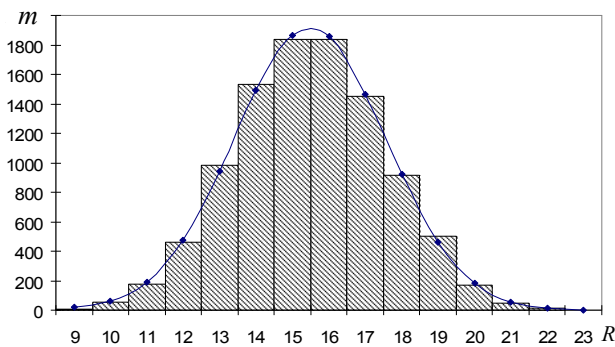


Рис. 6 Гістограма розподілу числа розділень R_n у складах з 10 відчепів, що розформовуються на гірці з 32 сортувальними коліями

	W_1	W_2	W_3	...	W_{n-1}	W_n
W_1	0	σ_{12}	σ_{13}	...	$\sigma_{1,n-1}$	$\sigma_{1,n}$
W_2		0	σ_{23}	...	$\sigma_{2,n-1}$	$\sigma_{2,n}$
W_3			0	...	$\sigma_{3,n-1}$	$\sigma_{3,n}$
...			
W_{n-1}					0	$\sigma_{n-1,n}$
W_n						0

Рис. 5 Верхня трикутна матриця номерів розділових стрілок відчепів складу

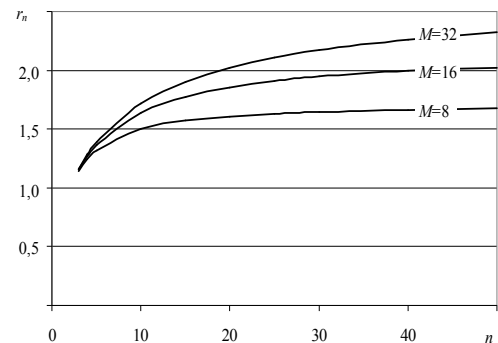


Рис. 7 Залежності середньої питомої кількості розділень від числа відчепів в складах

Як видно з рис. 7, питома кількість розділень помітно зростає зі збільшенням числа колій у парку, отже, на великих станціях необхідність врахування багатократних розділень зростає.

Результати статистичної обробки сортувальних листків на ряді сортувальних станцій України (Нижньодніпровськ-Вузол (парна та непарна системи), Знам'янка,

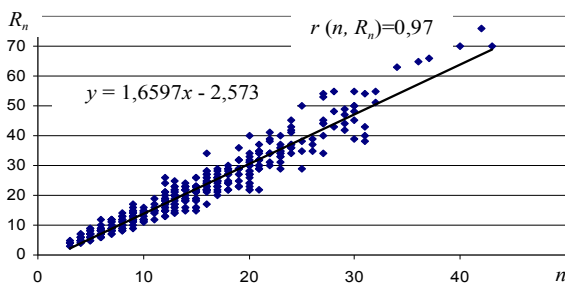


Рис. 8 Кореляційна залежність між кількістю розділень R_n і числом відчепів n в складі на ст. Знам'янка

Кривий Ріг Сортувальний) показали, що загальна кількість розділень R_n в середньому в 1,5–1,8 рази перевищує число розділень суміжних пар відчепів. При цьому величина R_n має лінійну залежність від числа відчепів в складі (див. рис. 8); коефіцієнт кореляції між числом відчепів і числом розділень дорівнює 0,95–0,97.

Виконаний аналіз розділень відчепів составу показав, що кількість відчепів, що мають багаторазові розділення, перевищує число відчепів, що мають тільки суміжні розділення; доля відчепів з багаторазовими розділеннями складає більше 60% від їх загальної кількості (див. рис. 9).

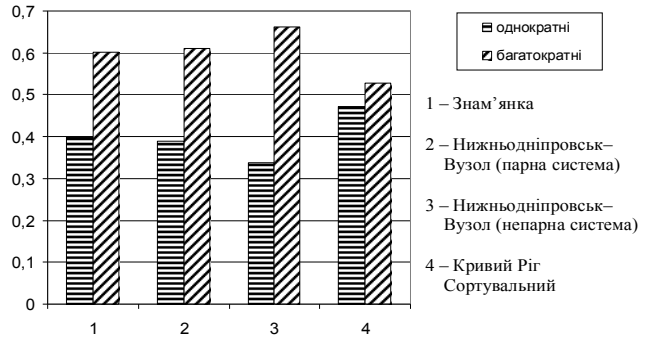


Рис. 9 Діаграма співвідношення між кількістю розділень суміжних та несуміжних відчепів.

хідно враховувати при вирішенні задач підвищення ефективності сортувального процесу на гірках, в т. ч. і при оптимізації режимів розформування составів.

В четвертому розділі розроблено метод оптимізації режиму розформування составу, що враховує умови розділення між несуміжними відчепами.

Метою оптимізації режиму розформування є підвищення якості інтервального регулювання швидкості відчепів за рахунок максимізації інтервалів на розділових стрілках між усіма парами відчепів составу

$$(\delta t_1, \delta t_2, \dots, \delta t_c) \rightarrow \max, \tag{2}$$

де c – загальна кількість розділень відчепів в составі з урахуванням вторинних.

Як показав аналіз, інтервали δt_i в (2) не є незалежними, тому що зміна режиму гальмування деякого відчепу призводить до зміни значень декількох інтервалів у (2); змінюються інтервали з тими відчепами, з якими він має розділення на стрілках, в т. ч. із несуміжними. У зв'язку з цим очевидна необхідність контролю всіх зазначених інтервалів в процесі розв'язання задачі оптимізації. З цією метою при виборі режиму гальмування керованого i -го відчепу було запропоновано розглядати кортеж всіх відчепів составу, що мають розділення з цим відчепом (див. рис. 10). У даний кортеж, крім i -го відчепу і суміжних з ним відчепів з номерами $p_1=(i-1)$ і $q_1=(i+1)$ необхідно включити відчепи з номерами p_2, \dots, p_N , що розташовані в составі до i -го ($p_N < \dots < p_2 < p_1$), а також відчепи з номерами q_2, \dots, q_N , що розташовані після нього ($q_1 < q_2 < \dots < q_N$); тут N – число стрілочних позицій на гірці.

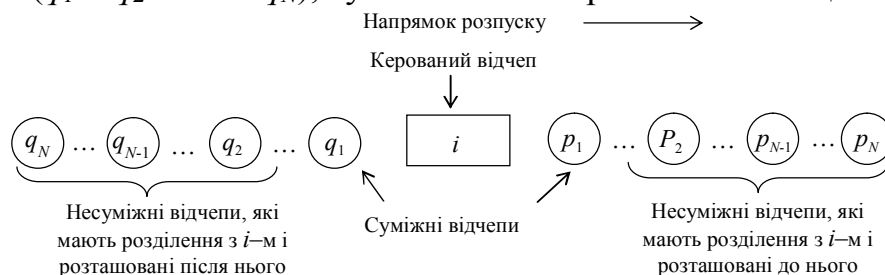


Рис. 10 Схема кортежу керованого відчепу

Число відчепів в кортежі залежить від комбінації їх призначень в составі і від конструкції гірочної горловини; максимальне число відчепів, що можуть мати розділення з керованим і розташовані до і після нього, дорівнює $2N$. Склад кортежу i -го відчепу може бути однозначно визначено за даними матриці $\|\sigma\|$ номерів розділових стрілок відчепів составу.

Сукупність інтервалів δt_i між відчепами кортежу використовується для побудови критерію оптимізації Δt_i режиму гальмування \mathbf{r}_i керованого i -го відчепу, у якості якого прийнято абсолютну величину різниці мінімальних інтервалів i -го відчепу з відчепами, що розташовані у складі до і після нього

$$\Delta t_i(\mathbf{r}_i) = \left| \min \{ \delta t_{p_1}, \delta t_{p_2}, \dots, \delta t_{p_N} \} - \min \{ \delta t_{q_1}, \delta t_{q_2}, \dots, \delta t_{q_N} \} \right| \rightarrow \min. \quad (3)$$

Вибір такого критерію дозволяє забезпечити найкращі умови розділення всіх відчепів у кортежі за рахунок вирівнювання інтервалів у його найбільш несприятливих парах. Критерії Δt_i , $i=2, n-1$, використовуються для побудови цільової функції для оптимізації режиму розформування складу

$$\Delta \mathbf{T} = \{ \Delta t_2, \Delta t_3, \dots, \Delta t_{n-1} \} \rightarrow \min. \quad (4)$$

Компоненти Δt_i вектора $\Delta \mathbf{T}$ пов'язані з відповідними відчепами і впорядковані за їхнім розташуванням у складі. Вони мають однакову природу та однаково впливають на показники якості процесу розформування і тому сформульовану задачу оптимізації можливо розглядати як багатокритеріальну з однорідними критеріями.

У якості обмежень в даній задачі розглядаються швидкості виходу з гальмівних позицій. З цією метою при визначенні режиму гальмування i -го відчепу контролюється належність швидкостей виходу з ВГП та СГП до його ОДШ ($\mathbf{U}_i \in \Omega_i$). Зазначені області Ω_i повинні бути визначені для кожного відчепу складу до початку розв'язання задачі оптимізації. Пошук оптимального режиму розформування складу виконується при фіксованій швидкості розпуску складу V_0^* ; її значення належить області допустимих значень для гірок відповідної потужності.

У загальному вигляді запропонований метод розв'язання сформульованої задачі оптимізації режиму розформування складу можна представити у вигляді наступної ітеративної схеми.

Крок 1. Упорядкувати частинні критерії Δt_i вектора $\Delta \mathbf{T}$ за спаданням. В отриманому векторі $\Delta \mathbf{T}'$ всі частинні критерії суворо ранжовані за важливістю:

$$\Delta \mathbf{T}' = \{ \Delta t_{z_j}^{(j)} \}, \quad j = 1, n-2,$$

$$\Delta t_{z_1}^{(1)} > \Delta t_{z_2}^{(2)} > \dots > \Delta t_{z_j}^{(j)} > \dots > \Delta t_{z_{n-2}}^{(n-2)},$$

де z_j – номер відчепу, у якого різниця мінімальних інтервалів $\Delta t_{z_j}^{(j)}$ має j -й ранг ($z_j \in [2, n-1]$).

Крок 2. Вибрати відчеп z_j для оптимізації режиму гальмування. Номер відчепу z_j визначається по частинному критерію, що має максимальний ранг. Оптимізація режиму гальмування відчепу z_j можлива в тому випадку, якщо для обраних в (3) мінімальних інтервалів $\delta t_{p,i}$ і $\delta t_{i,q}$, $i=z_j$, виконується умова:

$$(\delta t_{p,i} < \delta t_{i,q} \wedge \mathbf{r}_i < \mathbf{r}_{i,\max}) \vee (\delta t_{p,i} > \delta t_{i,q} \wedge \mathbf{r}_i > \mathbf{r}_{i,\min}). \quad (5)$$

Процедура вибору починається з відчепу z_1 і продовжується до тих пір, поки для чергового відчепу z_j не буде виконана умова (5). У випадку, якщо умова (5) не виконується і для відчепу z_{n-2} , то це означає, що всі відчепи складу мають екстремальні режими скочування, що не можуть бути змінені, тому оптимізація режиму розформування даного складу припиняється.

Крок 3. Виконати перевірку величини частинного критерію $\Delta t_{z_j}^{(j)}$ для вибраного відчепу z_j . Якщо $\Delta t_{z_j}^{(j)} < \varepsilon$, то оптимізація режиму розформування даного составу припиняється. При цьому необхідна точність визначення режиму розформування ε визначається метою вирішення завдання і повинна бути задана до його початку.

Крок 4. Виконати оптимізацію режиму r_i вибраного відчепу z_j для забезпечення мінімуму частинного критерію $\Delta t_{z_j}^{(j)}$ (див. рис. 11).

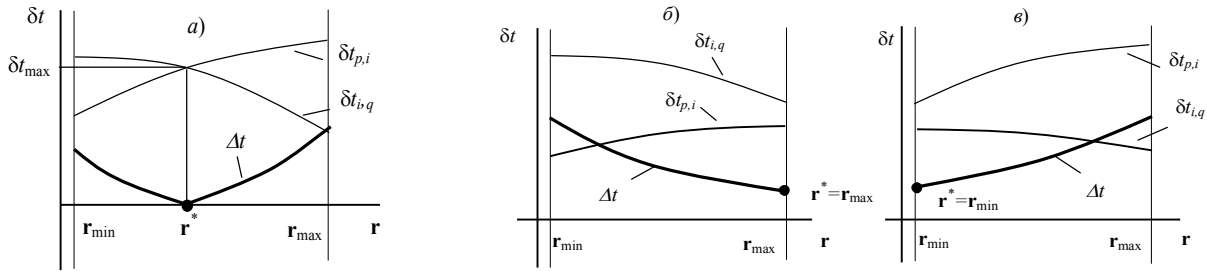


Рис. 11 Оптимізація режиму гальмування керованого відчепу по частинному критерію Δt :
 а) $\delta t_{i,q}(r_{\min}) > \delta t_{p,i}(r_{\min}) \wedge \delta t_{i,q}(r_{\max}) < \delta t_{p,i}(r_{\max})$; б) $\delta t_{i,q}(r_{\max}) > \delta t_{p,i}(r_{\max})$;
 в) $\delta t_{i,q}(r_{\min}) < \delta t_{p,i}(r_{\min})$.

Крок 5. Розрахувати нові значення частинних критеріїв Δt_i вектора ΔT і виконати перехід до кроку 1.

У процесі оптимізації состав поступово розбивається на групи, в яких відбувається вирівнювання величин суміжних інтервалів (див. рис. 12). Даний результат досягається за рахунок використання резервів інтервалів між відчепами составу, що знаходяться в групах зі сприятливими умовами розділення, і перерозподілу цих резервів між відчепами составу, що знаходяться в групах із несприятливими умовами розділення. В результаті оптимізації встановлюються такі режими гальмування відчепів составу, при яких забезпечуються максимально можливі інтервали на розділових стрілках для всіх несприятливих за умовами розділення груп відчепів (див. рис. 13). Межами груп є відчепи з екстремальними режимами скоочування (швидкий (Ш), повільний (П)).

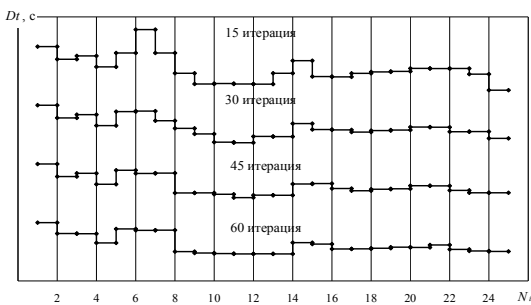


Рис. 12 Зміна величини суміжних інтервалів в процесі оптимізації

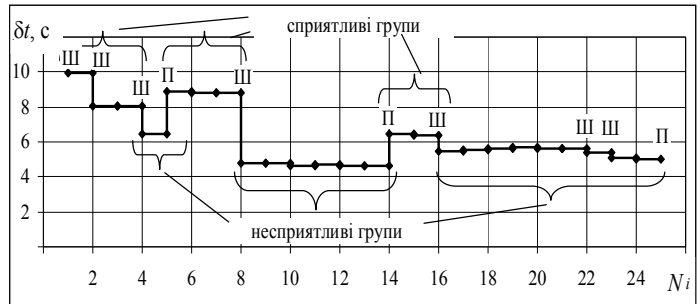


Рис. 13 Розподіл інтервалів між відчепами після закінчення оптимізації

Для реалізації запропонованого методу було розроблено програмне забезпечення (див. рис. 14), що дозволяє встановити оптимальний режим розформування составу; рішення задачі здійснюється з використанням імітаційного моделювання процесу розпуску.

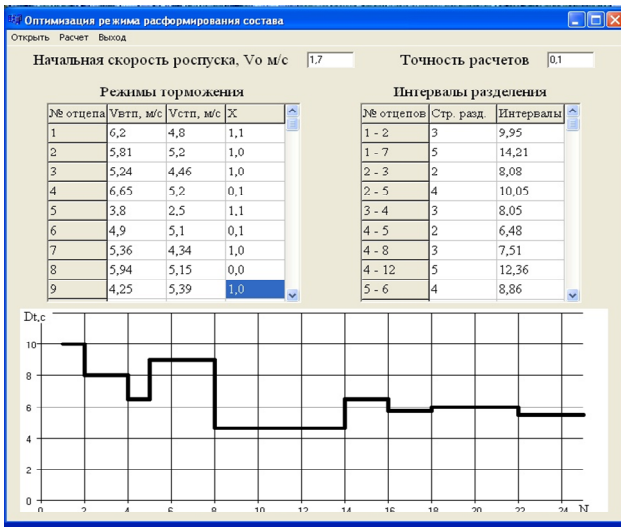


Рис. 14 Інтерфейс програми визначення оптимального режиму розформування составу

відчепів, помилки регулювання швидкостей виходу відчепів з ГП та ін.) та мінімізувати ймовірність нерозділення відчепів составу. У разі, якщо деякий інтервал буде менше допустимого у цьому випадку необхідно зменшити задану швидкість розпуску.

В п'ятому розділі була виконана оцінка ефективності розробленого методу оптимізації на основі імітаційного моделювання процесу розформування потоку составів. В результаті було визначено показники, що характеризують якість сортувального процесу при оптимальних режимах гальмування відчепів.

Для досліджень була використана імітаційна модель процесу розформування составів на автоматизованих гірках. Модель імітує процеси насуву составу і керуваного скочування всіх його відчепів; в результаті моделювання отримують основні показники якості сортувального процесу. Вона забезпечує розрахунок сил, що діють на відчепи в процесі їх скочування з гірки, імітацію роботи уповільнювачів та переведення стрілок, контроль нерозділень і нагонів відчепів, а також моделювання проштовхування вагонів на сортувальних коліях. Для реалізації заданих швидкостей виходу відчепів з ГП в моделі використовуються алгоритми функціонування існуючих автоматизованих систем.

В імітаційній моделі процесу розформування було удосконалено модель плану гірочної горловини, яка відображає її конструкцію і служить інформаційною базою для побудови імітаційної моделі процесу розформування составів.

З використанням вказаної моделі було виконане розформування групи з 30 составів, для яких попередньо були визначені швидкості виходу відчепів з ГП за допомогою розробленого методу оптимізації режимів гальмування. По результатах моделювання був виконаний статистичний аналіз основних показників якості сортувального процесу (інтервалів δt між відчепами на розділових елементах, похибок реалізації інтервалів Δt та заданих швидкостей ΔU виходу з ГП, швидкостей зіткнення V_3 відчепів на коліях сортувального парку та довжин вікон L_B).

Статистична обробка величини інтервалів (див. рис. 15), отриманих в результаті оптимізації режимів розформування множини составів, показала, що значення математичного очікування величини інтервалу між суміжними відчепами становить $M[\delta t_{cm}] = 6,24$ с. Найбільш вірогідне значення δt_{cm} становить 5,0 с; при цьому 94% зазначених інтервалів перевищують 4,5 с.

Таким чином, отримані значення інтервалів дають можливість компенсувати дію випадкових факторів (недостовірність інформації про ходові властивості

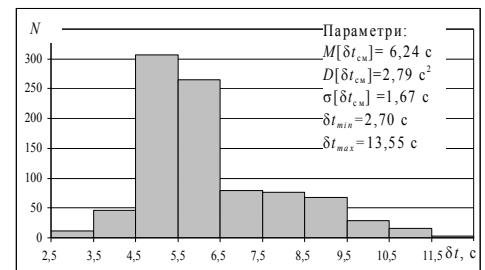


Рис. 15 Гістограма розподілу величини інтервалів між суміжними відчепами

Як показав аналіз розподілу інтервалів між відчепами на розділових елементах (рис. 16, а), в цілому якість інтервального регулювання на гірці задовільна, тому що негативні значення δt в отриманій вибірці відсутні. Величина δt має близьке до нормального симетричне розподілення.

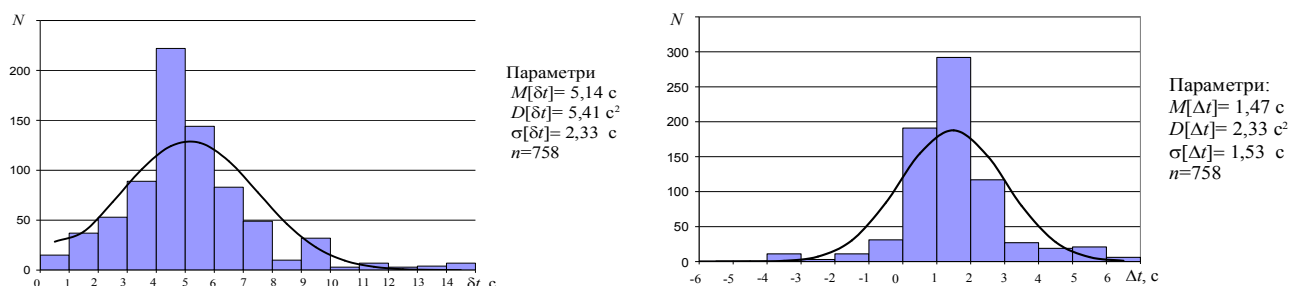


Рис. 16 Гістограма і теоретична функція щільності розподілу: а) фактичної величини інтервалів між суміжними відчепами; б) похибки реалізації інтервалів між суміжними відчепами

У той же час в отриманій вибірці близько 2% інтервалів мають значення $\delta t < 1$ с. Такі інтервали ускладнюють процес функціонування системи ГАЦ на гірці і можуть послужити причиною нерозділення відчепів. Слід зауважити, що в сукупності інтервалів δt , отриманих при оптимізації режимів гальмування для розглянутих составів, такі малі значення δt відсутні. Це означає, що вони були отримані в результаті помилок реалізації заданих режимів гальмування відчепів. На підтвердження був виконаний аналіз похибок реалізації заданих швидкостей ΔU виходу з ВГП ($\sigma_{\Delta U'} = 0,44$ м/с) та СГП ($\sigma_{\Delta U''} = 0,46$ м/с), що є близькими до результатів експериментальних досліджень систем АРШ і свідчать про необхідність удосконалення системи керування уповільнювачами ГП. Про це також свідчить аналіз різниці $\Delta t = \delta t_p - \delta t_\phi$ між розрахунковими інтервалами δt_p , що отримані в результаті оптимізації режимів гальмування, і фактичними інтервалами δt_ϕ (див. рис. 16, б).

Аналіз якості показників прицільного регулювання показав, що середнє значення швидкості зіткнення відчепів з вагонами на сортувальних коліях становить 1,37 м/с. У той же час досить велике число відчепів (38%) мають швидкість зіткнення вище допустимої величини 1,5 м/с. Середня довжина вікна дорівнює 54,4 м, що становить 4,7 м у розрахунку на один перероблений вагон. При цьому слід зазначити, що при оптимізації режиму розформування составу вимоги прицільного регулювання швидкості відчепів забезпечувалися, що свідчить про необхідність підвищення якості прицільного регулювання в системах АРШ.

Таким чином, виконаний аналіз отриманих показників сортувального процесу показав достатню ефективність розробленого методу оптимізації режимів розформування составів, і тому він може бути рекомендований для розрахунку швидкостей виходу відчепів з ГП в системах автоматизації сортувального процесу.

У додатках наведено параметри сортувальної гірки, що використовується в імітаційних моделях скочування відчепу та розформування составів; результати досліджень впливу режимів гальмування на тривалість скочування відчепу; ОДШ для різних відчепів в різних умовах скочування; результати статистичної обробки сортувальних листків для різних станцій; приклади повторного коригування режиму гальмування керованого відчепу кортежу, а також довідки про використання результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі отримане нове вирішення актуальної науково-практичної задачі підвищення ефективності сортувального процесу на станціях. Розроблений метод визначення оптимальних режимів розформування составів на гірках забезпечує найкращі умови розділення відчепів составу на розділових елементах, а також можливість реалізації безпечної швидкості співударяння вагонів на сортувальних коліях.

Основні наукові результати і висновки дисертації полягають у наступному:

1. Аналіз наукових праць, присвячених підвищенню ефективності процесу розформування составів на сортувальних гірках показав, що інтервальне регулювання швидкості відчепів є складною оптимізаційною задачею, остаточно в даний час не вирішеною. Для вирішення задачі оптимізації режиму розформування составу необхідний системний підхід для врахування взаємозв'язків всіх відчепів составу та можливих їх багатократних розділень на стрілках.

2. Для вирішення задачі оптимізації режимів гальмування необхідно врахувати їх можливі обмеження. З цією метою введено поняття області допустимих швидкостей виходу відчепу з гальмівних позицій, якій належать всі можливі значення швидкостей виходу відчепу з верхньої та середньої ГП. Встановлено, що конфігурація, розміри і положення ОДШ суттєво залежать від конструкції гірки, а також від параметрів відчепу та умов скочування. Розроблена методика побудови ОДШ заснована на використанні імітаційного моделювання скочування відчепу з гірки; вона забезпечує також ідентифікацію і виключення неактивних обмежень швидкостей виходу відчепів з ГП до початку розв'язання задачі оптимізації.

3. Встановлено, що час скочування відчепу з гірки, а, отже, і якість інтервального регулювання істотно залежить від вибору зони гальмування. Різниця в часі скочування при гальмуванні відчепу головною і хвостовою частиною сповільнювача може досягати 8 с для одновагонних відчепів та 15 с для відчепів з 3-х вагонів. Отже, для забезпечення найкращих умов розділення відчепів на стрілках, необхідно враховувати положення зони гальмування при виборі режимів гальмування.

4. Доведено, що вибір координат точок початку гальмування, який забезпечує найкращі умови розділення розрахункової групи з трьох відчепів, є однозначним і визначається взаємним розташуванням координат ділянки розділення відчепів групи та зон гальмування відчепу на ВГП і СГП. Цей висновок дозволив скоротити число керованих змінних з чотирьох до двох та суттєво спростити метод оптимізації режиму гальмування керованого відчепу групи.

5. Встановлено, що оптимальний режим гальмування керованого відчепу в групі з трьох відчепів знаходиться на верхній або на нижній ділянці границі його ОДШ; вибір ділянки залежить від співвідношення координат ($s_{\text{вх}}(\sigma_1)$, $s_{\text{вих}}(\sigma_2)$) ділянки розділення відчепів групи.

6. В процесах розділення на стрілках беруть участь не тільки суміжні відчепи составу, але також і відчепи, що розділені в составі одним або кількома іншими відчепами (несуміжні відчепи). Число розділень відчепів в составі є випадковою величиною з нормальним законом розподілу. Загальна кількість розділень в реальних составах в середньому в 1,5–1,8 рази перевищує кількість розділень суміжних пар відчепів. При цьому кількість розділень в составі має лінійну залежність

від числа відчепів; коефіцієнт кореляції між числом відчепів і числом розділень дорівнює 0,95–0,97. Середнє значення питомого числа розділень, що припадає на одну пару суміжних відчепів складу, нелінійно залежить від числа відчепів в складі. Склади, в яких відчепають тільки суміжні розділення складають менше 4–5% від їх загальної кількості. Кількість відчепів, що мають багатократні розділення, перевищує кількість відчепів, що мають тільки суміжні розділення і становить близько 60% від їх загальної кількості. Доведено, що умови розділення несуміжних відчепів не менш впливають на якість сортувального процесу, ніж зазвичай контрольовані умови розділення суміжних відчепів складу, тому їх необхідно враховувати при вирішенні широкого кола практичних задач, спрямованих на підвищення ефективності сортувального процесу на гірках, в т. ч. і при оптимізації режимів розформування складів.

7. Розроблений метод оптимізації режимів розформування складів, побудований на основі системного підходу, дозволяє встановити такі режими гальмування відчепів складу, при яких забезпечуються максимально можливі інтервали на розділових стрілках для всіх несприятливих за умовами розділення груп відчепів. При цьому враховуються умови розділення як суміжних, так і несуміжних відчепів складу.

8. Результати оптимізації режимів гальмування відчепів множини складів показали, що величину близько 5% інтервалів між суміжними відчепами необхідно зменшувати для забезпечення розділення несуміжних відчепів складу.

9. Кількісна оцінка показників сортувального процесу при використанні розробленого методу оптимізації для керування процесом розформування складів на автоматизованих сортувальних гірках виконана на основі моделювання розформування потоку складів. Встановлено, що інтервали між відчепами у більшості випадків забезпечують їх надійне розділення на стрілках ($M[\delta t] = 5,14$ с); в той же час близько 2% інтервалів мають величину менше 1 с. Середня швидкість зіткнення вагонів у сортувальному парку становить 1,37 м/с; при цьому 38% відчепів мають швидкість зіткнення вище допустимої величини. Середня довжина вікна на один перероблений вагон дорівнює 4,7 м. Отримані показники свідчать про необхідність підвищення точності реалізації заданих швидкостей виходу відчепів з ГП та якості прицільного регулювання в системах АРШ.

10. Розроблений метод оптимізації режимів розформування складів може бути рекомендований для розрахунку швидкостей виходу відчепів з гальмівних позицій в системах автоматизації сортувального процесу. Отримані в результаті оптимізації режими гальмування забезпечують достатньо високу якість інтервального регулювання, а також можливість реалізації безпечної швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Бобровский В.И. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках / В.И. Бобровский, Д.Н. Козаченко, Н.П. Божко, Н.В. Рогов, Н.И. Березовий, А.В. Кудряшов // Монография, Дн-ск: Изд-во Маковецкий, 2010, с. 260.

2. Бобровский В.И. Вероятностные характеристики разделений отцепов состава на стрелках / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, Ю.В. Чибисов // Вісник ДПТУ, Вип. 18. – Д.: ДПТ, 2007. – с. 146-150.
3. Бобровский В.И. Статистический анализ числа разделений отцепов на стрелках при расформировании составов / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, Л.О. Ефимова // Вісник ДПТУ, Вип. 20 – Д.: ДПТ, 2008. – с. 13-19.
4. Бобровский В.И. Вплив режимів гальмування на тривалість скочування відчепів з гірки / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, Л.О. Єльнікова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 102. – С. 147-156.
5. Бобровский В.И. Ограничения режимов торможения отцепов на сортировочных горках / В.И. Бобровский, Р.В. Вернигора, А.В. Кудряшов, Л.О. Ельнікова // Вісник ДПТУ, Вип. 27 – Д.: ДПТ, 2009. – с. 30-35.
6. Кудряшов А.В. Определение рациональных режимов скатывания отцепов с сортировочных горок / А.В. Кудряшов // Вісник ДПТУ, Вип. 28 – Д.: ДПТ, 2009. – с. 149-154.
7. Бобровский В.И. Кудряшов А.В., Колесник А.И. Оценка влияния режимов торможения на качество процесса расформирования составов на сортировочных горках / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, А.И. Колесник // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 113. – с. 121-127.
8. Бобровский В.И. Оптимизация режимов расформирования составов на сортировочных горках / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов // Вісник ДПТУ, Вип. 32 – Д.: ДПТ, 2010. – с. 224-229.

Додаткові праці:

9. Бобровский В.И. Оптимізація режимів гальмування відчепів з урахуванням вторинних нерозділень / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, Ю.В. Чибисов // Тези LXVII Міжнародної науково - практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДПТ. – 2007. – с. 119.
10. Бобровский В.И. Исследование вероятностных характеристик разделений на стрелках совокупности отцепов состава / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, Ю.В. Чибисов // Тези LXVII Міжнародної науково – практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДПТ, 2007. – с. 120.
11. Бобровский В.И. Моделирование торможения отцепов на замедлителях при их скатывании с сортировочных горок / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, Л.О. Ефимова // Матеріали IV Міжнародної науково – практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» Серія «Техніка, технологія» Київ: ДЕТУТ, 2008. – с. 118-119.
12. Бобровский В.И. Стохастический процесс разделения на стрелках совокупности отцепов состава / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, Л.О. Ефимова // Матеріали IV Міжнародної науково – практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» Серія «Техніка, технологія», Київ, ДЕТУТ, 2008. – с. 119-121.
13. Бобровский В.И. Выбор рациональных режимов скатывания отцепов с сор-

- тировочных горок / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, Л.О. Ефимова // Тези II Міжнародної науково – практичної конференції «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» – Д.: ДПТ, 2008. – с. 6-7.
14. Бобровский В.И. Исследование параметров области допустимых скоростей выхода отцепа из тормозных позиций / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, Л.О. Ефимова // Тези LXVIII Міжнародної науково – практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДПТ, 2008. – с. 11-12.
 15. Бобровский В.И. Исследование влияния параметров режимов торможения на величину интервалов между отцепами / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, Л.О. Ефимова // Тези LXVIII Міжнародної науково – практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДПТ, 2008. – с. 13-14.
 16. Бобровский В.И. Анализ режимов торможения отцепов на сортировочных горках / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, Л.О. Ефимова // Транспортные связи. Проблемы и перспективы: Тезисы Международной научно-практической конференции. – Д.: ДИИТ, 2008. – с. 30-31.
 17. Бобровский В.И. Економічна ефективність оптимізації режимів розформування составів на сортувальних гірках / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов // Тези IX Міжнародної науково – практичної конференції «Проблеми економіки транспорту» Д.: ДИИТ, 2009. – с. 20.
 18. Бобровский В.И. Повышение качества интервального регулирования скорости отцепов на горках / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, Л.О. Ельникова // Тези III Міжнародної науково – практичної конференції «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» – Д.: ДПТ, 2009. – с. 6-7.
 19. Бобровский В.И. Оптимизация интервального регулирования скорости отцепов расформируемого состава / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, А.И. Колесник // Тези LXIX Міжнародної науково – практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДПТ, 2009. – с. 66.
 20. Бобровський В.І. Вплив режимів гальмування на динаміку скочування відчепів з гірки / В.І. Бобровський, Л.О. Єльнікова, А.В. Кудряшов // Тези LXIX Міжнародної науково – практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДПТ, 2009. – с. 63-64.
 21. Бобровский В.И. Оценки эффективности итерационного метода оптимизации режима расформирования состава / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов, А.И. Колесник // Тези LXIX Міжнародної науково – практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДПТ, 2009. – с. 64-65.
 22. Бобровский В.И. Оценка влияния режимов торможения отцепов на качество сортировочного процесса / В.И. Бобровский, А.В. Кудряшов // Тези LXX Міжнародної науково - практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДПТ, 2010. – с. 64-65.

АНОТАЦІЯ

Кудряшов А. В. Підвищення ефективності сортувального процесу на станціях шляхом оптимізації режимів розформування составів на гірках. – 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, 2010

Дисертація присвячена питанням підвищення якості сортувального процесу за допомогою розробленого метода визначення раціональних режимів розформування составів. Зазначені режими забезпечують найкращі умови розділення відчепів составу на розділових елементах, а також можливість реалізації безпечної швидкості зіткнення вагонів на сортувальних коліях.

Вперше досліджені імовірнісні характеристики процесу багатократних розділень відчепів составу на розділових стрічках; розроблена методика, яка дозволяє встановити загальну кількість розділень відчепів составу, а також їх розподіл по окремим стрілочним позиціям

Удосконалено математичну модель скочування відчепів з гірки, яка на відміну від існуючої, дозволяє керувати вибором зони гальмування відчепу, в тому числі, при низьких швидкостях виходу з гальмівних позицій.

Був розроблений метод оптимізації режиму гальмування керованого відчепу, який дозволяє врахувати умови його розділення не тільки с суміжними відчепами, а й з усіма іншими, що входять в кортеж керованого.

Розроблено метод оптимізації режиму розформування составу з урахуванням багатократних розділень, що дозволило підвищити якість сортувального процесу за рахунок виключення нерозділень між несуміжними відчепами та маневрової роботи по їх ліквідації.

Наукові результати, отримані у дисертаційній роботі, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані при створенні автоматизованої системи керування процесом розформування составів на сортувальних гірках, а також для оцінки якості конструкції сортувальних гірок, що проектуються.

Ключові слова: режими гальмування, відчеп, сортувальна гірка, метод оптимізації, автоматизована система.

АННОТАЦИЯ

Кудряшов А. В. Повышение эффективности сортировочного процесса на станциях путем оптимизации режимов расформирования составов на горках. – 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, 2010

Диссертация посвящена вопросам повышения качества сортировочного процесса с помощью разработанного метода определения рациональных режимов расформирования составов. Указанные режимы обеспечивают наилучшие условия

разделения отцепов состава на разделительных элементах, а также возможность реализации безопасной скорости соударения вагонов на сортировочных путях.

В работе была усовершенствована математическая модель скатывания отцепов с горки, позволяющая реализовать заданные скорости выхода из ТП при регулировании зоны торможения отцепа. Моделирование торможения осуществляется с учетом реально действующих на отцеп сил сопротивления, реализуемых замедлителями разных типов с учетом их номинальной мощности, а также используемой ступени торможения.

Установлено, что выбор зоны торможения существенно влияет на время скатывания отцепа с горки, а, следовательно, и на качество интервального регулирования. Выполнены исследования влияния выбора зоны торможения на динамику регулируемого скатывания отцепа с горки при разных параметрах отцепа, скоростях движения, условиях скатывания.

Выполнены исследования области допустимых режимов торможения отцепов. Предложено в моделях с регулируемой зоной торможения отцепов эту область представлять предельными значениями скоростей выхода из ВТП и СТП; выполнены исследования влияния параметров отцепа и условий скатывания на размеры и форму ОДС.

Исследованы закономерности интервального регулирования скорости отцепов при варьировании координат точек начала и окончания торможения на ТП.

Выполненные исследования разделений отцепов состава на стрелках показали необходимость учета вторичных разделений при интервальном регулировании скорости скатывающихся отцепов. С этой целью была разработана методика анализа назначений отцепов состава, которая позволяет определять все их разделения на стрелках сортировочных горок с любой конструкцией горочной горловины.

Разработан метод определения оптимального режима торможения управляемого отцепа в контрольной группе из трех отцепов. Метод позволяет найти скорости выхода отцепа из ВТП и СТП, а также соответствующие зоны торможения, при реализации которых величины интервалов на разделительных стрелках группы достигают максимума.

Разработан метод оптимизации режима расформирования составов. В результате оптимизации устанавливаются такие режимы торможения отцепов состава, при которых обеспечиваются максимально возможные интервалы на разделительных стрелках для всех неблагоприятных по условиям разделения групп отцепов. При этом учитываются условия разделения как смежных, так и несмежных отцепов состава.

Была выполнена количественная оценка показателей сортировочного процесса при использовании разработанного метода оптимизации режимов торможения отцепов для управления процессом расформирования составов на автоматизированных сортировочных горках. Для исследований была использована имитационная модель процесса расформирования составов на автоматизированной горке.

Выполненный анализ результатов показал достаточную эффективность разработанного метода, который может быть рекомендован для расчета скоростей выхода отцепов из тормозных позиций в системах автоматизации сортировочного процесса. Полученные в результате оптимизации режимы торможения могут

обеспечить достаточно высокое качество интервального регулирования, а также возможность реализации безопасной скорости подхода отцепов к вагонам на сортировочных путях автоматизированных горок.

Научные результаты, полученные в диссертационной работе, а также разработанные модели и методы могут быть использованы при создании автоматизированной системы управления процессом расформирования составов на сортировочных горках, а также для оценки качества конструкции проектируемых сортировочных горок.

Ключевые слова: режимы торможения, отцеп, сортировочная горка, метод оптимизации, автоматизированная система.

THE SUMMARY

Kudryashov A. V. Increase of effectiveness of sorting process at the stations by means of the optimization of the retarding regimes. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a speciality 05.22.20 – exploitation and repair of transport means. Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Dnipropetrovsk, 2010.

The thesis is dedicated to improving the quality of sorting process using the developed method to determine rational regimes of the train breaking up. These modes provide maximum of reliability division of the wagon cuts at switches, as well as the possibility of implementing a safe speed collision of wagons in marshalling tracks.

In order to improve the accuracy interval of speed regulation, these has been improved mathematical model of the running wagon cut from sorting hump and the method of modeling the movement of cuts with low speeds.

For the first time these have been investigated separation conditions of non-contiguous cuts and the technique of determining their position in arbitrary combinations of stocks for any construction of sorting hump.

There has developed a method of braking mode optimization of controlled cut, allowing to take into account the conditions of its division not only with adjacent cuts but also with all the others, which are included in cortege of dirigible cut.

There has also been developed a method of optimizing the conditions of the breaking up of the stock of multiple divisions, which improved the quality of sorting process by eliminating the undivisions between nonadjacent cuts and reduced shunting operations on their elimination.

Scientific results of the thesis as well as developed models and methods can be used to create an automated process control system for breaking up of the stocks on sorting humps, as well as to assess the quality of the construction of projected sorting humps.

Key words: braking modes, cut, sorting hump, optimization, automated system.

КУДРЯШОВ АНДРІЙ ВАДИМОВИЧ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОРТУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ НА
СТАНЦІЯХ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОЗФОРМУВАННЯ
СОСТАВІВ НА ГІРКАХ

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку 20.09.2010 р.

Надруковано згідно з оригіналом автора

Формат 60x84 1/16. Ум. др. арк. 0,9. Обл.-вид. л.1,0.

Замовлення № _____. Тираж 100 екз.

Видавництво Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК №1315 від 31.03.03

Адреса видавництва і дільниці оперативної поліграфії:
вул. акад. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010.
www.ditrvv.dp.ua