

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

На правах рукопису

Дорош Андрій Сергійович

УДК 656.212.5

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗФОРМУВАННЯ
СОСТАВІВ НА ГІРКАХ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ
ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ**

05.22.20- експлуатація та ремонт засобів транспорту

Дисертація

на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник

Бобровський Володимир Ілліч
доктор технічних наук, професор

Дніпропетровськ – 2016

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ КЕРУВАННЯ СКОЧУВАННЯМ ВІДЧЕПІВ ПРИ РОЗФОРМУВАННІ СОСТАВІВ НА ГІРКАХ.....	13
1.1 Підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок за рахунок впровадження систем автоматизації процесу розформування.....	13
1.2 Аналіз методів оптимізації режимів розформування составів на сортувальних гірках	18
1.3 Аналіз методів керування швидкістю скочування відчепів на сортувальній гірці	27
1.4 Аналіз конструкції плану гіркових горловин.....	34
1.5 Постановка задач дисертаційного дослідження	38
1.6 Висновки за розділом 1	40
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ КЕРОВАНОВОГО СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПІВ З СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ.....	41
2.1 Модель сортувальної гірки	41
2.2 Модель відчепа, що скочується з сортувальної гірки	46
2.3 Моделювання процесу скочування відчепів на сортувальній гірці.....	48
2.4 Моделювання роботи уповільнювачів гальмових позицій спускної частини гірки	51
2.5 Дослідження впливу параметрів керування уповільнювачами на показники сортувального процесу	58
2.6 Висновки за розділом 2	76
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ОБЛАСТІ ДОПУСТИМИХ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ.....	78

3.1 Обмеження допустимих режимів гальмування граничними швидкостями виходу відчепа з гальмових позицій	78
3.2 Обмеження допустимих режимів гальмування по умовам розділення суміжних відчепів на стрілочних переводах	83
3.3 Обмеження допустимих режимів гальмування по умовам розділення суміжних відчепів на уповільнювачах гальмових позицій.....	88
3.4 Висновки за розділом 3	95
РОЗДІЛ 4 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ СОСТАВА, ЩО РОЗФОРМОВУЄТЬСЯ НА ГІРЦІ.....	97
4.1 Формування розрахункової групи відчепів состава, що розділяються на стрілках і уповільнювачах сортувальної гірки.....	98
4.2 Оптимізація режиму гальмування керованого відчепа розрахункової групи	103
4.3 Удосконалення ітераційного методу оптимізації режимів гальмування відчепів состава	112
4.4 Висновки за розділом 4	118
РОЗДІЛ 5 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ГОРЛОВИН СОРТУВАЛЬНИХ ПАРКІВ НА АВТОМАТИЗОВАНИХ ГІРКАХ.....	120
5.1 Характеристика конструкції сортувальних гірок залізничних станцій України	120
5.2 Розробка варіантів конструкції плану гіркових горловин і розміщення гальмових позицій.....	125
5.3 Аналіз умов розділення відчепів на розділових елементах гірок різної конструкції.....	130
5.4 Дослідження конструкції гіркових горловин на основі імітаційного моделювання сортувального процесу.....	133

5.5 Вибір раціональної конструкції плану гіркової горловини сортувального парку для автоматизованих гірок	139
5.6. Висновки за розділом 5	142
ВИСНОВКИ.....	144
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	146
ДОДАТКИ.....	166

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

1РСП – перший розділовий стрілочний перевід

АРШ – система автоматичного регулювання швидкості скочування відчепів з сортувальної гірки

ВГП – верхня (перша) гальмова позиція

ГАЦ – гіркова автоматична централізація

ГВП – гірка великої потужності

ГМП – гірка малої потужності

ГП – гальмова позиція

ГПП – гірка підвищеної потужності

ГСП – гірка середньої потужності

ДП – дуже поганий бігун

ДХ – дуже хороший бігун

ЕПК – електропневматичний клапан

ІД – ізольована ділянка стрілочного переводу

КГМ – комплекс гірковий мікропроцесорний

КЗП – система контролю заповнення колій

ОДР – область допустимих режимів гальмування;

ОДШ – область допустимих швидкостей виходу відчепа з гальмових позицій

П – поганий бігун

ППП – паркова (третя) гальмова позиція

РГ – режим гальмування

РК – рейкове коло

СГ – сортувальна гірка

СГП – середня (друга) гальмова позиція

Х – хороший бігун

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасних умовах функціонування залізничного транспорту України одним з найважливіших елементів у системі організації перевізного процесу є сортувальні станції, від ефективності роботи яких залежать показники роботи галузі в цілому. Першочерговим завданням роботи сортувальних станцій є переробка составів, що прибувають у розформування. У зв'язку з цим зростає актуальність проблеми підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок, як основного технічного засобу розформування-формування составів вантажних поїздів на станціях.

Вирішення вказаної проблеми можливе за рахунок впровадження систем комплексної механізації та автоматизації процесів розформування составів на сортувальних гірках. Розробка та впровадження системи автоматизації сортувального процесу дозволить підвищити якість сортувального процесу за рахунок мінімізації нерозділень відчепів на стрілках, скорочення числа випадків пошкоджень вагонів і вантажів, а також підвищення якості заповнення сортувальних колій. Все це сприятиме економії витрат енергоресурсів на гальмування відчепів і на маневрову роботу з ліквідації вікон між вагонами на сортувальних коліях, а також по перестановці вагонів, викликаній помилками в керуванні маршрутами скочування відчепів.

Слід відмітити, що найбільш відповідальною і складною задачею, вирішення якої забезпечить ефективність та якість автоматизованого керування процесом розформування составів на сортувальних гірках, є визначення раціональних режимів гальмування відчепів. Вказані режими повинні забезпечувати необхідні швидкості скочування відчепів, реалізація яких дозволить досягти надійного розділення сукупності відчепів состава на всіх розділових елементах по маршруту скочування і, таким чином, мінімізувати ймовірність їх нерозділень. Підвищенню якості інтервального регулювання швидкості відчепів состава сприяє і конструкція плану сортувальної гірки. Таким чи-

ном, проблема визначення ефективних режимів гальмування відчепів состава є складною оптимізаційною задачею, що не отримала остаточного вирішення і в даний час. У зв'язку з цим тема дисертації, що присвячена підвищенню ефективності процесу розформування составів на сортувальних гірках за рахунок визначення раціональних режимів гальмування відчепів є достатньо актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку залізничної галузі, що визначені у Транспортній стратегії України до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 №2174-р), а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Удосконалення конструкції та технології роботи сортувальних комплексів на станціях» (№ ДР 0109U000480), «Удосконалення інформаційних технологій на залізничному транспорті» (№ ДР 0111U003613) та «Визначення умов та розробка рекомендацій з безпечної організації розпуску составів на сортувальних гірках станції Нижньодніпровськ-Вузол для різних ступенів зменшення гальмової потужності уповільнювачів спускної частини гірки та паркової гальмової позиції» (№ ДР 0115U007067), 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 удосконалення вибору режимів гальмування відчепів при розформуванні составів на гірках.

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

– аналіз сучасних напрямків підвищення ефективності процесу розформування составів на сортувальних гірках;

- удосконалення імітаційної моделі розформування составів на автоматизованих сортувальних гірках;
- дослідження та визначення області допустимих швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій (ГП);
- розробка методу оптимізації режиму гальмування керованого відчепа розрахункової групи;
- удосконалення методу оптимізації режимів гальмування відчепів состава з урахуванням їх розділення на всіх розділових елементах (стрілках, уповільнювачах) та оцінка його ефективності;
- дослідження та вибір раціональної конструкції колійного розвитку гіркової горловини сортувального парку, що забезпечує підвищення ефективності регулювання швидкості скочування відчепів з гірки.

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

Предмет дослідження – взаємозв'язки режимів гальмування відчепів состава, що розформується, з показниками функціонування сортувальної гірки.

Методи дослідження. Методи імітаційного моделювання та чисельні методи вирішення диференціальних рівнянь були використані при дослідженнях впливу режимів гальмування на величину інтервалів між відчепами при їх скочуванні з сортувальної гірки.

Методи оптимізації були використані при розробці методу пошуку оптимального режиму гальмування керованого відчепа розрахункової групи, а також для визначення оптимальних режимів скочування відчепів составів.

Методи аналітичної геометрії були використані для автоматизованого проектування плану гіркових горловин сортувальних парків.

Методи теорії ймовірності та математичної статистики були використані при аналізі показників сортувального процесу на гірках з різною конструкцією.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Вперше сформульовано та вирішено задачу оптимізації режиму гальмування керованого відчепа на основі системного аналізу розділення відчепів розрахункової групи на розділових стрілках і уповільнювачах гальмових позицій спускної частини гірки, що дозволяє підвищити надійність розділення відчепів під час розформування состава.

2. Вперше виконано комплексну оцінку впливу конструкції гіркових горловин на ефективність сортувального процесу на основі імітаційного моделювання процесу розформування составів, що дозволяє вибрати раціональну конструкцію горловини для впровадження системи автоматизації сортувальної гірки.

3. Удосконалено імітаційну модель процесу розформування составів на автоматизованих сортувальних гірках за рахунок реалізації модуля керування рухом відчепів, що, на відміну від існуючих, враховує реальні умови гальмування відчепів та дозволяє оцінити вплив параметрів керування уповільнювачами на показники сортувального процесу.

4. Удосконалено ітераційний метод оптимізації режиму гальмування відчепів состава, який на відміну від існуючих, крім інтервалів на стрілках враховує інтервали і на уповільнювачах між суміжними відчепами состава. Метод дозволяє раціонально розподілити існуючий ресурс часу між всіма відчепами состава і за рахунок цього підвищити ефективність та якість процесу його розформування.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані для вирішення задачі керування швидкістю скочуван-

ня відчепів при створенні систем автоматизації сортувального процесу на гірках, а також для оцінки якості конструкції сортувальних гірок, що проектуються.

Розроблене програмне забезпечення дозволяє вирішити задачу оптимізації режимів гальмування відчепів состава, що розформовується на гірці. Вирішення вказаної задачі виконується з використанням імітаційного моделювання процесу розпуску. В даний час отримані результати використані:

1. При розробці проектної документації для будівництва сортувального парку та сортувальної гірки парку «Южний» станції «Хімічна» (ТОВ з П «Трансінвестсервіс»);

2. У навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів зі спеціальності 7(8).07010102 «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті» та під час дипломного проектування.

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

Особистий внесок здобувача. Всі наукові положення, розробки та результати теоретичних та експериментальних досліджень, що виносяться на захист, отримані автором самостійно.

Стаття [142] опублікована одноосібно. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному. В роботі [115] виконано розробку та дослідження конструкції гіркових горловин з різним колійним розвитком та розміщенням гальмових позицій. В статті [28] доведено, що при виборі режимів гальмування необхідно враховувати умови розділення відчепів як на стрілочних переводах, так і на уповільнювачах гальмових позицій. В статті [35] виконано дослідження впливу керування уповільнювачами гальмових позицій на показники сортувального процесу. В статтях [31, 32] удосконалено модель процесу розформування составів на авто-

матизованих сортувальних гірках. В статті [139] досліджено існуючі обмеження режимів гальмування відчепів на сортувальних гірках.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 70-й, 72-й, 73-й, 74-й та 75-й міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015 рр.); на II-й та III-й міжнародних науково-практичних конференціях «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010, 2011 рр.); на VI-й міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2012 р.); на I-й та III-й науково-практичних конференціях «Інноваційні технології на залізничному транспорті» (Луганськ, СНУ ім. В. Даля, 2010, 2012 рр.); на V міжнародній науково-практичній конференції «Енергозбереження на залізничному транспорті та в промисловості» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2014 р.); на міжнародній науково-технічній конференції «Современные проблемы развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом» (Москва, МПТ, 2014 р.); на науково-практичній конференції «Розвиток теорії та практики функціонування залізничних станцій та вузлів» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2014 р.); на 77-й міжнародній науково-практичній конференції «Развитие научной и инновационной деятельности на транспорте» (Харків, УкрДАЗТ, 2015 р.); на наукових семінарах кафедри «Станції та вузли» 2011-2014 рр. У повному обсязі дисертація доповідалась та була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (2015 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 29 наукових праць: 1 монографія, 8 наукових статей, з яких 1 стаття в іноземному виданні, включеному до наукометричної бази *Scopus*, 4 статті у фахових виданнях,

затверджених Департаментом атестації кадрів МОН України та включених до міжнародних наукометричних баз, 3 статті в інших виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз, 19 тез доповідей у матеріалах і тезах міжнародних конференцій, а також патент на корисну модель №56315 «Пристрій для формування багатогрупних составів».

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і 4 додатків. Повний обсяг роботи – 180 сторінок, з яких основного тексту – 145 сторінок, які містять 38 рисунків та 30 таблиць; список використаних джерел із 155 найменувань викладено на 20 сторінках; додатки викладені на 15 сторінках.