

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

На правах рукопису

Журавель Вячеслав Вікторович

УДК 656.212

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ПРИЦІЛЬНОГО
РЕГУЛЮВАННЯ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ З МЕТОЮ
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ**

Спеціальність 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Дисертація
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник:
Яновський Петро Олександрович
кандидат технічних наук,
доцент

Дніпропетровськ – 2013 р.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК	11
1.1 Аналіз досвіду використання технічних засобів сортувальних гірок.....	11
1.2 Аналіз методів нормування тривалості осаджування вагонів на сортувальних коліях	24
1.3 Аналіз методів моделювання процесів розформування-формування составів на сортувальних гірках.....	27
1.4 Особливості розпуску составів за наявності вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива.....	35
1.5 Висновки до розділу 1.....	39
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗФОРМУВАННЯ-ФОРМУВАННЯ СОСТАВІВ НА СОРТУВАЛЬНІЙ ГІРЦІ	41
2.1 Загальна характеристика об'єкту дослідження	41
2.2 Структура, послідовність та методи проведення досліджень	43
2.3 Аналіз показників роботи сортувальних гірок і параметрів вагонопотоків, що підлягають переробці на них	45
2.4 Удосконалення імітаційної моделі процесу розформування составів на сортувальній гірці з метою урахування особливих умов сортування вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива	48
2.5 Оцінка адекватності моделі.....	59
2.6 Аналіз впливу основних факторів на параметри якості прицільного регулювання швидкості відчепів на сортувальній гірці.....	68
2.7 Встановлення зв'язку між основними факторами та параметрами якості прицільного регулювання швидкості відчепів на сортувальній гірці.....	74
2.8 Висновки до розділу 2.....	78

РОЗДІЛ 3 НОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПРИЦІЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНІЙ ГІРЦІ	80
3.1 Загальні принципи побудови регресійних моделей	81
3.2 Регресійні моделі для визначення параметрів якості прицільного регулювання швидкості відчепів з урахуванням окремих факторів	84
3.3 Нормування параметрів якості прицільного регулювання швидкості відчепів на сортувальній гірці	101
3.4 Тривалість осаджування вагонів на коліях сортувального парку та їх пошкодження під час зіткнень	106
3.5 Висновки до розділу 3	117
РОЗДІЛ 4 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК ЗА РАХУНОК ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИЦІЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ	119
4.1 Аналіз витрат, які впливають на ефективність функціонування сортувальних гірок	119
4.2 Визначення раціональної точності прицільного регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках	126
4.3 Рекомендації щодо практичного впровадження результатів дослідження.....	132
4.4 Висновки до розділу 4.....	138
ВИСНОВКИ	141
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	144
Додаток А Акти про впровадження результатів роботи.....	165
Додаток Б Показники процесу розформування составів на сортувальних гірках. Параметри вагонопотоків, що переробляються на них	171
Додаток В Моделювання процесу розформування составів	174
В.1 Визначення тривалості виконання операцій з направлення вагонів ЗСГ на колію сортувального парку згідно з призначенням відчепа.....	174
В.2 Приклад вихідних даних та результатів імітаційного моделювання процесу розформування составів.....	197

В.3 Вибірki випадкових величин швидкості підходу відчепів до вагонів, що знаходяться на коліях СП, та довжини «вікон», що утворюються між ними	203
В.4 Параметри сортувальної гірки великої потужності.....	205
Додаток Г Параметри якості прицільного регулювання швидкості відчепів.....	207
Додаток Д Дані для перевірки адекватності регресійних моделей.....	213
Д.1 Регресійні моделі, які розглянуто у дисертаційній роботі	213
Д.2 Регресійні моделі для визначення параметрів якості прицільного регулювання швидкості відчепів з урахуванням окремих факторів	216
Д.3 Регресійні моделі для нормування параметрів якості прицільного регулювання швидкості відчепів у залежності від похибки їх гальмування та ухилу сортувальних колій з урахуванням параметрів вагонопотоку	223
Д.4 Тривалість осаджування вагонів у розрахунку на один вагон.....	229
Д.5 Можлива кількість пошкоджених вагонів на 1000 перероблених.....	231
Д.6 Витрати, що пов'язані з розформуванням составів	233

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АРШ	– система автоматичного регулювання швидкості скочування відчепів з сортувальної гірки;
АСК	– автоматизована система керування;
Вагони ЗСГ	– вагони, які заборонено спускати з гірки без локомотива
ГАЦ	– гіркова автоматична централізація;
ГП	– гальмова позиція;
ДПБ	– дуже поганий бігун;
ДХБ	– дуже хороший бігун;
ЕМСП	– електромагнітний вагонний сповільнювач-прискорювач;
КГМ	– комплекс гірковий мікропроцесорний;
КЗК	– контроль заповнення колій;
ЛО	– людина-оператор;
ПГП	– паркова гальмова позиція;
РІЖТ	– Ростовський інститут інженерів залізничного транспорту;
РФ	– Російська Федерація;
СГ	– сортувальна гірка;
СП	– сортувальний парк;
СС	– сортувальна станція;
ТВС	– точковий вагонний сповільнювач;
ЦНІІ	– Центральний науково-дослідний інститут Міністерства шляхів сполучення СРСР.

ВСТУП

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку економіки України актуальними задачами для залізничного транспорту є підвищення його конкурентоспроможності на ринках транспортних послуг, забезпечення безпеки маневрової роботи та термінів доставки вантажів, їх схоронності під час перевезень, впровадження ресурсозберігаючих технологій.

Якість регулювання швидкості скочування відчепів з сортувальної гірки і, насамперед, прицільного регулювання суттєво впливає на довжину «вікон», які утворюються між групами вагонів на коліях сортувального парку, та кількість операцій осаджування вагонів і, як наслідок, на тривалість виконання маневрових операцій з їх осаджування на сортувальних коліях, що певною мірою визначає час знаходження вагонів на сортувальних станціях, термін доставки вантажів, обіг і робочий парк вагонів. Крім того, точність гальмування відчепів впливає на швидкість їх підходу до вагонів, що знаходяться на коліях сортувального парку, перевищення нормованої величини якої може викликати пошкодження вагонів і вантажів.

Вагонопотоки, що переробляються на сортувальних гірках, різняться ваговою категорією вагонів, кількістю вагонів у відчепі тощо, що суттєво впливає на показники їх функціонування.

У цьому зв'язку підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок шляхом визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості скочування відчепів на основі науково обґрунтованих методів їх комплексної оцінки, що дозволяють мінімізувати витрати на розформування составів на сортувальних гірках, являє собою важливе науково-прикладне завдання. Таким чином, тема дисертації, що присвячена вирішенню даного завдання, є досить актуальною.

Зв'язок теми з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності до пріоритетних напрямків розвитку залізничної галузі, які визначені у Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 р. (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16. 12. 2009 р. за № 1555-р), а та-

кож пов'язана з науково-дослідними роботами, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Автоматизація проектування залізничних станцій» (державний реєстраційний номер (№ держреєстрації) 0105U001800), «Удосконалення методики оперативного управління сортувальним процесом на станціях» (№ держреєстрації 0108U000642), «Удосконалення конструкції та технології роботи сортувальних комплексів на станціях» (№ держреєстрації 0109U000480), «Розробка технологічного процесу Одеської залізниці» (№ держреєстрації 0108U010418), у яких автор дисертації є виконавцем та автором звітів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок шляхом визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості на основі науково обґрунтованих методів їх комплексної оцінки.

Поставлена мета досягається в результаті вирішення наступних задач:

- аналіз проблем підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок;
- аналіз показників роботи сортувальних гірок і дослідження вагонопотоків, що підлягають переробці на них;
- удосконалення імітаційної моделі процесу розформування составів поїздів на сортувальній гірці з метою урахування особливих умов сортування вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива;
- визначення параметрів якості прицільного регулювання швидкості відчепів;
- отримання залежностей, факторами яких є похибка гальмування відчепів та ухил сортувальних колій, які з урахуванням параметрів вагонопотоку дозволяють нормувати якісні показники прицільного регулювання швидкості відчепів на сортувальній гірці;
- отримання залежностей для нормування середньої тривалості осаджування на коліях сортувального парку у розрахунку на один вагон;
- удосконалення методу визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості відчепів, які дозволяють мінімізувати витрати на розформування составів на сортувальних гірках.

Об'єктом дослідження є процес розформування-формування составів на сортувальній гірці.

Предметом досліджень є взаємозв'язки конструкційних і технологічних параметрів сортувальної гірки та параметрів вагонопотоку, що переробляється на ній, з показниками прицільного регулювання швидкості скочування відчепів.

Методи дослідження. Математична статистика використана для дослідження показників роботи сортувальних гірок і вагонопотоків, що підлягають переробці на них.

Чисельні методи розв'язання диференційних рівнянь і теорія маневрової роботи використані для удосконалення імітаційної моделі процесу розформування составів поїздів на сортувальній гірці з метою урахування особливих умов сортування вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива.

Імітаційне моделювання використано для визначення параметрів якості прицільного регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках.

Кореляційний аналіз використаний для встановлення зв'язку між параметрами якості прицільного регулювання швидкості відчепів та основними факторами, що на них впливають.

Математична статистика, імітаційне моделювання, регресійний аналіз та планування експериментів використані для нормування параметрів якості прицільного регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках.

Математична статистика, теорія маневрової роботи, регресійний аналіз використані під час нормування середньої тривалості осаджування на коліях сортувального парку у розрахунку на один вагон та можливої кількості пошкоджених вагонів на 1000 перероблених.

Методи економіко-математичного моделювання та техніко-економічного аналізу використані для визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості скочування відчепів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у вирішенні актуального науково-прикладного завдання підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок шляхом визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості скочування відчепів, для чого у дисертаційній роботі:

– вперше отримано залежності параметрів якості прицільного регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках, факторами яких є похибка гальмування відчепів і ухил сортувальних колій, що дозволяють нормувати тривалість виконання маневрових операцій у сортувальних парках станцій;

– удосконалено метод визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості відчепів, що, на відміну від існуючих, дозволяє встановити точність прицільного регулювання та ухил сортувальних колій, за яких мінімізуються загальні витрати на розформування составів на сортувальних гірках;

– удосконалено математичну модель процесу розформування составів поїздів на сортувальній гірці, яка, на відміну від існуючих, дозволяє врахувати особливі умови розпуску составів за наявності вагонів, що заборонено спускати з гірки без локомотива.

Практичне значення отриманих результатів. Основні результати дисертаційної роботи прийняті до впровадження в службі перевезень, у відділах перевезень та на технічних станціях Придніпровської залізниці, на сортувальних станціях Одеської залізниці. Результати роботи використовуються в учбовому процесі при підготовці спеціалістів та магістрів спеціальності 7.07010102 (8.07010102) «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» ДНУЗТу в дисциплінах «Залізничні станції та вузли» та «Управління експлуатаційною роботою».

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

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені у додатку А.

Особистий внесок здобувача. Всі результати теоретичних та експериментальних досліджень, що наведені у роботі, отримані автором самостійно. Статті [49, 50, 51, 53, 54] опубліковані без співавторів. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному: у статті [52] автором визначено вплив похиб-

ки гальмування відчепів на показники роботи сортувальної гірки та отримано регресійні моделі для їх розрахунку; у статті [55] автором отримано регресійні моделі для визначення середньої швидкості підходу відчепів до вагонів на коліях сортувального парку, довжини «вікна» або кількості операцій осаджування на один перероблений вагон, тривалості осаджування у розрахунку на один вагон та можливої кількості пошкоджених вагонів на 1000 перероблених у залежності від похибки гальмування та ухилу сортувальних колій з урахуванням параметрів вагонопотоку, що переробляється на гірці.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на Міждержавній науково-методичній конференції «Комп'ютерне моделювання» (Дніпродзержинськ, Дніпродзержинський державний технічний університет, 2000 р.); на IV Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» (Київ, ДЕГУТ, 2008 р.); на VII Міжнародній науковій конференції «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008); на Всероссийской научно-технической конференции «Транспорт, наука, бизнес: проблемы и стратегия развития» (Екатеринбург, УрГУПС, 2008); на 68-й, 70-й, 71-й та 72-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008, 2010, 2011 і 2012 рр.); на II-й та III-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010, 2011 рр.); на наукових семінарах кафедри «Станції і вузли» ДНУЗТ 2006 - 2011 рр. У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2012 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 20 наукових праць, з них 7 наукових статей у фахових виданнях, затверджених ВАК України, та 13 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків і п'яти додатків. Повний обсяг роботи складає 239 сторінок; з них основний текст на 139 сторінках, 8 рисунків на 4 сторінках, список використаних джерел зі 198 найменувань на 21 сторінці, додатки на 75 сторінках.