

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

На правах рукопису

Болвановська Тетяна Валентинівна



УДК 656.212.5(23.01)

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПЕРЕРОБНОЇ
СПРОМОЖНОСТІ СОРТУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ**

Спеціальність 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Дисертація
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник:
Козаченко Дмитро Миколайович
доктор технічних наук,
професор

Дніпропетровськ – 2015

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ | 4 |
| ВСТУП | 6 |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК | 12 |
| 1.1 Напрямки підвищення ефективності сортувального процесу | 12 |
| 1.2 Проблеми оцінки переробної спроможності сортувальних гірок та сортувальних комплексів | 18 |
| 1.3 Методи моделювання процесу розформування составів на гірках | 26 |
| 1.4 Постановка задач дослідження. Структура, послідовність та методи їх проведення..... | 33 |
| 1.5 Висновки за розділом 1 | 36 |
| РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК | 37 |
| 2.1 Аналіз технічного забезпечення сортувального процесу | 37 |
| 2.2 Аналіз поїздо- та вагонопотоків, що надходять у розформування. | 39 |
| 2.3 Аналіз розділення відчепів на стрілочних позиціях сортувальної гірки..... | 47 |
| 2.4 Висновки за розділом 2 | 55 |
| РОЗДІЛ 3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ РОЗФОРМУВАННЯ – ФОРМУВАННЯ СОСТАВІВ ПОЇЗДІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ..... | 57 |
| 3.1 Модель процесу скочування відчепів..... | 57 |
| 3.2 Удосконалення методів вибору режимів інтервального регулювання швидкості скочування відчепів | 67 |
| 3.3 Дослідження впливу різних факторів на умови інтервального регулювання швидкості скочування відчепів | 76 |

| | |
|--|------------|
| 3.4 Дослідження впливу швидкості розпуску составів на умови прицільного регулювання швидкості скочування відчепів.. | 81 |
| 3.5 Удосконалення методів вибору режимів гальмування відчепів в умовах зміни швидкості розпуску відчепів | 89 |
| 3.6 Висновки за розділом 3 | 92 |
| РОЗДІЛ 4 ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕРОБНОЇ СПРОМОЖНОСТІ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК..... | |
| 4.1 Аналіз факторів, що впливають на переробну спроможність сортувальних комплексів | 94 |
| 4.2 Визначення переробної спроможності сортувального комплексу. | 97 |
| 4.3 Висновки за розділом 4 | 105 |
| ВИСНОВКИ | 106 |
| БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:..... | 109 |
| ДОДАТОК А АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ | |
| ДОДАТОК Б ВИХІДНІ ДАНІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПУ | 128 |
| ДОДАТОК В ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПА | |
| ДОДАТОК Г ВИХІДНІ ДАНІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ СКОЧУВАННЯ СОСТАВУ | 133 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

| | |
|------------|---|
| АРМ | — автоматизоване робоче місце; |
| АРШ | — система автоматичного регулювання швидкості скочування відчепів з сортувальної гірки; |
| АСК (АСУ) | — автоматизована система керування (автоматизована система управління); |
| В | — відчеп важкої вагової категорії; |
| ВГП | — верхня (перша) гальмова позиція; |
| ВФ | — витяжна колія формування; |
| ГАЦ | — гіркова автоматична централізація; |
| ГВП | — гірка великої потужності; |
| ГМП | — гірка малої потужності; |
| ГПП | — гірка підвищеної потужності; |
| ГСП | — гірка середньої потужності; |
| ЕОМ | — електронно-обчислювальна машина; |
| КГМ | — комплекс гірковий мікропроцесорний; |
| КР-Сортув. | — Кривий Ріг-Сортувальний; |
| Л | — відчеп легкої вагової категорії; |
| ЛС | — відчеп легко-середньої вагової категорії; |
| НД-Вузол | — станція Нижньодніпровськ-Вузол; |
| ОДР | — область допустимих режимів гальмування; |
| ОДШ | — область допустимих швидкостей виходу відчепу з гальмових позицій |
| ПГП | — паркова гальмова позиція; |
| ПОР | — порожній вагон (відчеп) |
| ПФП | — план формування поїздів; |
| С | — відчеп середньої вагової категорії; |

| | |
|-----|---|
| СВ | – відчеп середньо-важкої вагової категорії; |
| СМО | – система масового обслуговування; |
| СГП | – середня (друга) гальмова позиція; |
| СС | – сортувальна станція; |
| ст | – станція; |
| ЦНП | – Центральний науково-дослідний інститут Міністерства шляхів сполучення СРСР. |

ВСТУП

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

Зв'язок теми з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямків розвитку залізничної галузі, які визначені в Транспортній стратегії України до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010), а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Розробка вимог до інфраструктури залізничного транспорту та удосконалення методів її експлуатації в умовах розділення парку вантажних вагонів» (державний реєстраційний номер (№ ДР) 0114U002544), «Формування підходів щодо покращення використання вантажних вагонів та оперативного

управління просуванням вагонопотоків в міжнародних перевезеннях» (№ ДР 0115U002423), «Удосконалення методів оцінки та підвищення функціональної безпеки в експлуатаційній роботі на залізницях» (№ ДР 0112U003560), «Аналіз відповідності технічного оснащення залізничного транспорту ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» існуючим та перспективним обсягам роботи» (№ ДР 0111U009657), «Робочий проект «Будівництво сортувального парку та сортувальної гірки парку «Южний» станції «Хімічна» (№ ДР 0113U008346), «Розрахунок максимальної пропускної спроможності дільниці Чорноморська – Берегова (Хімічна)» (№ ДР 0115U004154), у яких автор є виконавцем та автором звітів.

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

- аналіз сучасних методів розрахунку переробної спроможності сортувальних гірок та сортувальних станцій;
- дослідження технічного забезпечення сортувальних станцій України та характеристик вагонопотоків, що на них переробляються;
- удосконалення методу вибору режимів гальмування відцепів состава;
- дослідження впливу швидкості розпуску составів на умови прицільного та інтервального регулювання швидкості скочування відцепів;
- удосконалення методів вибору параметрів системи розформування-формування составів.

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

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

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

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

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

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- вперше отримано залежності конфігурації області допустимих режимів гальмування відчепа від його швидкості на вершині гірки, що дозволяє спростити оцінку впливу швидкості розпуску состава на величину інтервалів на розділових елементах;

- запропоновано новий підхід до оцінки впливу швидкості розпуску на переробну спроможність гірки, який, на відміну від існуючих, враховує неточність інформації про характеристики відчепів та неточність реалізації режимів гальмування, що виникають під час розпуску, і за рахунок

цього дозволяє оцінити вплив технічного оснащення гірок на показники сортувального процесу;

– запропоновано новий метод оцінки переробної спроможності сортувальної гірки, який, на відміну від існуючих, ґрунтується на взаємозв'язку собівартості переробки вагонів та кількості перероблених вагонів і дозволяє підвищити ефективність оцінки організаційно-технічних та реконструкційних заходів зі збільшення переробної спроможності станцій;

– удосконалено метод оцінки ймовірності розділення відчепів на стрілках гіркової горловини шляхом визначення вказаних ймовірностей для сполучень з різною кількістю вагонів у відчепах, що розділюються, який дозволяє враховувати характеристики вагонопотоку під час виконання техніко-експлуатаційної оцінки переробної спроможності сортувальної гірки;

– удосконалено метод вибору режимів гальмування відчепів, який за рахунок урахування фактичної тривалості руху регульованого та суміжних відчепів до моменту входу регульованого відчепа в уповільнювач дозволяє зменшити ризики нерозділення відчепів на стрілках.

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

Результати роботи використовуються в навчальному процесі в ході підготовки спеціалістів та магістрів зі спеціальності 7(8).07010102 «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», під час виконання дипломних робіт та в курсі лекцій з дисциплін «Станції та вузли» та «Управління експлуатаційною роботою».

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

Особистий внесок здобувача. Всі результати теоретичних та експериментальних досліджень, що наведені у роботі, отримані автором самостійно. Статті [27, 24] опубліковані без співавторів. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному: в роботі [21] автором визначено ризик нерозділення відчепів, у статті [51] автором отримано залежності переробної спроможності сортувальної гірки від швидкості розпуску; у статті [52] досліджені параметри вагонопотоків. У статті [66] автором визначені параметри вагонопотоків, що прямують основними вантажними напрямками залізниць України. У роботі [50] автором досліджувався метод вибору режиму інтервального регулювання швидкості скочування відчепів, у статті [65] – тривалість простою вагонів на сортувальній станції.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 71-й, 72-й, 73-й та 74-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2011, 2012, 2013, 2014 рр.); на 2-й та 3-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (Кострина, 2013 р., та Дніпропетровськ, ДНУЗТ,

2014 р.), на наукових семінарах кафедри «Станції та вузли» ДНУЗТ 2011-2015 рр. У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2015 р.).

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

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК

Конкурентоспроможність залізничного транспорту в значній мірі залежить від швидкої та якісної роботи залізничних станцій. За тривалість свого обороту вагони близько 55 % часу знаходяться на технічних станціях, основними з яких є сортувальні. Покращення роботи сортувальних станцій, дає можливість досягнути скорочення тривалості знаходження вагонів на них, що зменшить термін доставки вантажів, експлуатаційні витрати на перевезення, дозволить збільшити переробну спроможність елементів станції та покращить якість використання існуючого технічного оснащення.

1.1 Напрямки підвищення ефективності сортувального процесу

У сучасній науці існує декілька напрямів покращення якості та ефективності сортувального процесу. Основні з них спрямовані на підвищення безпеки при виконанні розформування-формування составів, зниження експлуатаційних витрат, пов'язаних з виконанням станційних процесів, підвищення інтенсивності обробки составів поїздів на станціях, широке впровадження автоматизації технологічних процесів і, як наслідок, зростає пропускна та переробна спроможності залізничних станцій та їх елементів. Оцінити ефект від впровадження удосконалень не завжди можливо.

Розвиток сортувальних станцій України відбувався в основному за часів Радянського Союзу. Економічна криза початку 90-х років призвела до різкого скорочення перевезень залізничним транспортом. Сучасні обсяги перевезень залізничним транспортом складають близько 40 % від