

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

НАЗАРОВ ОЛЕКСІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ



УДК 656.212.5

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОРТУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ
НА ГІРКАХ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ
РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ**

05.22.20- Експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 2012

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі станцій та вузлів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент **Муха Юрій Опанасович**,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, доцент кафедри станцій та вузлів

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, доцент **Огар Олександр Миколайович**,
Українська державна академія залізничного транспорту Міністерства освіти і науки, молоді та спорту, завідувач кафедри «Залізничні станції та вузли»

доктор технічних наук, доцент **Козаченко Дмитро Миколайович**,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, начальник НДЧ, завідувач кафедри управління експлуатаційною роботою.

Захист відбудеться «22» листопада 2012 р. о 15³⁰ год на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, 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. Лазаряна, 2.

Автореферат розісланий «22» жовтня 2012 р.

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



І. В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах конкуренції на транспортному ринку України та Східної Європи виникає необхідність пошуку нових шляхів, спрямованих на зменшення собівартості переробки вагонів на станціях. Традиційно при проектуванні сортувальних гірок основну увагу приділяють підвищенню переробної спроможності гірки. Але останнім часом, у зв'язку зі зменшенням обсягів переробки і значним підвищенням тарифів на енергоносії, на передній план виходять інші критерії, пов'язані з енерго- і ресурсозбереженням сортувального процесу. В цих умовах проектні розробки щодо спорудження нових сортувальних пристроїв або реконструкції існуючих повинні забезпечувати енергозбереження, темп, якість і безпеку сортувального процесу, схоронність вагонного парку і вантажів, що перевозяться, ефективність капітальних вкладень.

Якість низки технологічних процесів на станціях і під'їзних коліях не повною мірою відповідає вимогам безпеки руху поїздів, вимогам охорони праці і сучасним технологіям. Так, до 50 % від усіх пошкоджених вагонів пошкоджується на сортувальних гірках при перевищенні допустимої швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях, особливо при гальмуванні ручними гальмовими башмаками.

У зв'язку з цим, актуальним для залізничного транспорту України залишається питання впровадження нових технологій і нових технічних пристроїв, які підвищують якість і зменшують вплив людського фактору на процес розпуску составів з сортувальної гірки. Тому дослідження ефективності використання на сортувальних гірках систем розподіленого регулювання швидкості відчепів з використанням точкових регуляторів є досить актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку, що визначені у постанові Кабінету Міністрів України № 1390 від 16.12.2009 «Про затвердження Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки» та у розпорядженні Кабінету Міністрів України №1555-р від 16.12.2009 «Про схвалення Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року», а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Дослідження впроваджуваних систем автоматизації» (договір № 48.06.89.89), «Аналіз та оцінка можливостей системи управління швидкістю скочування вагонів на гірках і напрямків їх удосконалення» (договір № 45.35.91.91), «Техніко-експлуатаційні характеристики роботи сортувальної гірки ст. Пенза-3, обладнаної системою КГМ-04» (договір № 43.32.91.91) та «Удосконалення інформаційних технологій на залізничному транспорті» (№ державної реєстрації 0111U007619), у яких автор є виконавцем і автором звітів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних із процесом розформування составів на сортувальних гірках, за рахунок впровадження систем розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами.

Для досягнення зазначеної мети в дисертації поставлені й вирішені наступ-

ні задачі:

- аналіз проблем регулювання швидкості скочування відчепів та досвіду використання точкових регуляторів швидкості вагонів на сортувальних гірках;
- удосконалення математичної моделі скочування відчепів з гірки та їх накопичення на сортувальній колії для урахування роботи точкових регуляторів швидкості;
- розробка методів оцінки ефективності використання точкових вагонних уповільнювачів (ТВУ) на спускній частині сортувальних гірок;
- дослідження залежності показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами від параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів;
- розробка методу визначення раціональних параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами на сортувальних коліях;
- удосконалення методу оцінки ефективності застосування систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях.

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

Предмет дослідження – параметри систем розподіленого регулювання швидкості відчепів та їх вплив на показники якості сортувального процесу.

Методи дослідження. Методи імітаційного моделювання, чисельні методи вирішення диференціальних рівнянь були використані для розробки моделі процесу заповнення вагонами сортувальної колії та удосконалення моделі скочування відчепів з гірки, а також для аналізу доцільності використання ТВУ на спускній частині сортувальних гірок. Методи теорії імовірності, математичної статистики та регресійного аналізу використовувалися для дослідження залежності показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами від параметрів систем розподіленого регулювання швидкості відчепів. Метод векторної оптимізації використано для визначення функціональних залежностей між параметрами систем розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами, що забезпечують раціональні показники якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами. Метод витратних ставок використаний для оцінки ефективності застосування системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Вперше розроблено метод визначення параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на спускній частині сортувальної гірки, який дозволяє оцінити доцільність використання точкових вагонних уповільнювачів замість балкових.
2. Вперше отримані залежності показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами від параметрів системи розподіленого регулювання, які дозволяють розробити нормативи для проектування сортувальних гірок, обладнаних такими системами.
3. Вперше сформульовано та розв'язано задачу векторної оптимізації із ви-

значення раціональних параметрів систем розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами, що забезпечують ефективні значення показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами.

4. Удосконалено математичну модель скочування відчепів з гірки, яка на відміну від існуючої, дозволяє враховувати процеси гальмування та прискорення відчепів точковими регуляторами, а також удосконалено модель процесу заповнення вагонами сортувальної колії, яка обладнана системою розподіленого регулювання швидкості, при розформуванні составів з гірки.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані при створенні системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках, які дозволять суттєво зменшити вплив людського фактору на сортувальний процес та підвищити його якість. Також на ці дані можна спиратися під час розробки нормативних документів з проектування сортувальних гірок, обладнаних системами розподіленого регулювання швидкості відчепів.

Розроблене програмне забезпечення дозволяє аналізувати показники якості сортувального процесу в залежності від зміни параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів; вирішення завдання здійснюється з використанням імітаційного моделювання процесу розпуску розрахункових відчепів з гірки, а також моделювання процесу заповнення сортувальної колії вагонами.

Результати роботи розглянуті на технічній нараді Придніпровської залізниці, щодо доцільності їх експериментального впровадження на сортувальній гірці станції Кривий Ріг – Сортувальний; також вони використовуються в навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів зі спеціальності 7(8).100403 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» при виконанні дипломних магістерських робіт та в курсі лекцій з дисципліни «Розрахунок та проектування сортувальних пристроїв на станціях», а також під час підвищення кваліфікації фахівців служби перевезень. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені у додатках до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Усі результати теоретичних і експериментальних досліджень, наведені в роботі, отримані автором самостійно.

Статті [1, 3, 5] опубліковані одноосібно. У роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає в наступному. У роботі [2] розроблений алгоритм математичного моделювання процесу заповнення сортувальних колій вагонами та наведені результати моделювання. У статті [4] обґрунтована необхідність відмовитися від позиційного гальмування відчепів на сортувальних гірках і запропоновано новий підхід до розв'язання цієї проблеми за допомогою точкових вагонних уповільнювачів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 2-й міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління» (Київ, КУЕТТ, 2004 р.); на 65-й, 67-й, 68-й, 69-й, 70-й, 71-й та 72-й міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та

перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 та 2012 рр.); на 4-й міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми й перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: керування, економіка й технології» (Київ, ДЕТУТ, 2008 р.); на міжнародній науково-практичній конференції «Транспортні зв'язки. Проблеми й перспективи» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008 р.); на 7-й міжнародній науковій конференції «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008 р.); на 2-й і 3-й міжнародних науково-технічних конференціях «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010, 2011 рр.); на науковому семінарі кафедри у 2010 р.

У повному обсязі дисертація доповідалася і була схвалена на між кафедральному науковому семінарі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна 12 квітня 2012 р.

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 20 наукових праць, у тому числі 5 наукових статей у фахових виданнях, затверджених ВАК України, 1 додаткова наукова стаття і 14 тез доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків і 6 додатків. Повний обсяг роботи – 202 сторінки; з них основного тексту 157 сторінок; 2 рисунки і додатки на 43 сторінках. Список використаних джерел з 102 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

В першому розділі виконано аналіз сучасного стану і проблем механізації та автоматизації процесу регулювання швидкості вагонів на сортувальних гірках.

Значний внесок у вирішення теоретичних та практичних проблем механізації та автоматизації процесу регулювання швидкості вагонів на сортувальних гірках 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, І. В. Жуковицький, В. М. Іванченко, Д. М. Козаченко, Г. Кениг, Д. В. Ломотько, Г. Й. Мейер, М. К. Модін, Ю. О. Муха, Є. В. Нагорний, В. Я. Негрей, Г. І. Нечаєв, В. М. Образцов, О. М. Огар, В. Є. Павлов, М. В. Правдін, Є. О. Сотніков, Л. Б. Тішков, Н. М. Фонарьов, Є. М. Шафіт, В. П. Шейкін, В. І. Шелухін, В. О. Шиш, Г. Й. Штейн, М. Р. Ющенко, П. О. Яновський та інші.

Проведений аналітичний огляд літератури показав, що проблема якості регулювання швидкості скочування відцепів до кінця не вирішена. Особливо це стосується прицільного регулювання швидкості відцепів.

На основі аналізу наявного закордонного досвіду використання точкових регуляторів швидкості вагонів зроблено висновок, що системи розподіленого ре-

гулювання швидкості відчепів здатні поліпшити якість сортувального процесу, підвищити схоронність рухомого складу і вантажів, ліквідувати важку й небезпечну працю регулювальників швидкості руху вагонів. Однак, щоб реалізувати ефект від їх застосування, треба враховувати характер вагонопотоку та реальні профілі гірок і сортувальних колій.

На підставі виконаного аналітичного огляду наукових робіт сформульовані мета і задачі дослідження, а також порядок і методи їх розв'язання.

В другому розділі удосконалена математична модель скочування відчепа з гірки, в якій врахована можливість регулювання швидкості відчепів точковими вагонними уповільнювачами (ТВУ) або точковими вагонними прискорювачами-уповільнювачами (ТВПУ). Принципова схема роботи ТВУ представлена на рис. 1.

Протягом часу, коли колесо вагона повертається на кут α_1 , на нього чинить вплив вертикальна сила опору переміщенню капсуля уповільнювача $F_{\text{шт}}$, яка в свою чергу спричиняє додатковий опір руху вагона \vec{W} і залежить від контрольної швидкості спрацьовування ТВУ $V_{\text{контр}}$ та від швидкості руху вагона під час набігання його колеса на уповільнювач V . Робота сили опору руху вагона, чинена одним точковим регулятором на одне колесо $a = f(R, R_1, r_1, F_{\text{шт}})$ є функцією від радіусу колеса вагона по колу катання R , радіусу по гребеню колеса вагона R_1 , радіусу капелюшка капсуля уповільнювача r_1 та вертикальної сили опору капсуля упові

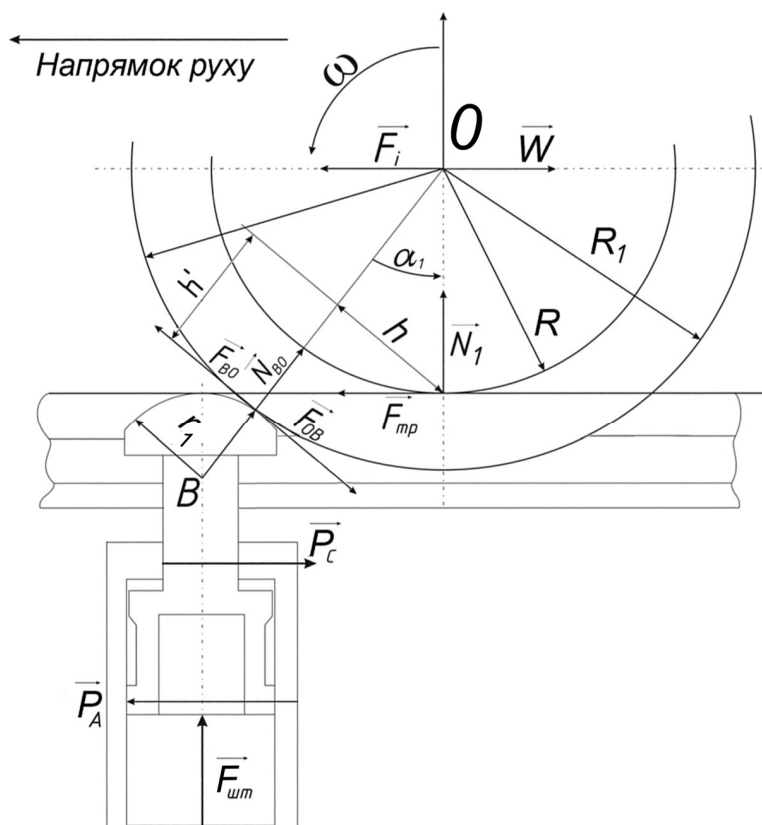


Рисунок 1 – Схема відносного розташування ТВУ, колеса вагона та рейки в момент набігання колеса на голівку капсуля уповільнювача

Виходячи із закону збереження енергії, встановлено взаємозв'язок між ухилом колії та потрібною щільністю розташування точкових регуляторів швидкості відчепів

$$(i - \Sigma w) 10^{-3} = r \frac{na}{mg}, \quad (1)$$

де m – маса відчепа, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; i – ухил колії, ‰; Σw – сумарний питомий опір руху відчепа, Н/кН; n – кількість осей у відчепі; a – робота одного ТВУ або ТВПУ за одне спрацьовування, Дж; r – потрібна щільність розташування точкових регуляторів швидкості на ділянці колії

$$r = N / L,$$

де L – довжина ділянки колії, м; N – кількість точкових регуляторів швидкості на ділянці.

Модель маршруту скочування відчепа з гірки, що характеризується планом та профілем сортувальної колії, доповнена масивом координат розташування точкових регуляторів швидкості вагонів. Координата чергового точкового регулятора швидкості на k -й ділянці профілю шляху визначається за формулою

$$S_{\text{тр } j} = \frac{L_k}{N_k} \cdot \frac{2 \cdot \left(j - \sum_{m=1}^{k-1} N_m \right) + 1}{2} + \sum_{m=1}^{k-1} L_m, \quad (2)$$

де L – довжина ділянки профілю, м; N – кількість точкових регуляторів швидкості на ділянці профілю; j – наскрізний лічильник точкових регуляторів в порядку збільшення координат; m – лічильник ділянок профілю.

Моделювання скочування відчепа виконується з кроком переміщення ΔS , що відповідає мінімальній відстані між віссю відчепа та розташованим попереду точковим регулятором $\Delta S = \min(S_{\text{тр } j} - S_i)$. Якщо координата будь-якої осі відчепа S_i виявиться рівною координаті певного точкового регулятора $S_{\text{тр } j}$, тоді моделюється гальмування, прискорення або холосте спрацьовування точкового регулятора. Швидкість відчепа після спрацьовування точкового регулятора V_j^* розраховується за формулою

$$V_j^* = \sqrt{V_j^2 - Z \frac{2g'}{Q_0}}, \quad (3)$$

де V_j – швидкість відчепа до спрацьовування точкового регулятора, м/с; Z – робота ТВУ (робота ТВПУ береться із зворотним знаком), Дж; g' – коефіцієнт, що враховує інерцію обертальних частин відчепа, м/с²; Q_0 – вага відчепа, Н.

Для оцінювання якості процесу заповнення сортувальної колії вагонами при розпуску составів з гірки обрано два показники: ступінь заповнення сортувальної колії вагонами та ймовірність підходу відцепів до вагонів в сортувальному парку з безпечною швидкістю.

Для визначення показників якості процесу на сортувальній колії, що обладнана системою розподіленого регулювання швидкості відцепів, використовувалася імітаційна модель заповнення вагонами сортувальної колії.

Модель містить дані про поздовжній профіль колії та схему розташування точкових регуляторів швидкості на ній, що дозволяє моделювати рух відцепів після виходу з паркової гальмової позиції (ППП), накопичення, осаджування та підтягування вагонів, а також прибирання составів, накопичення яких завершилося. Дані про сортувальну колію містять також інформацію про стан заповнення колії вагонами. Ця інформація оновлюється після розпуску чергового відчепа, а також після виконання маневрових операцій з осаджування, підтягування та прибиран-

ня вагонів. Масив координат розташування точкових регуляторів швидкості вагонів на сортувальній колії формується за виразом (2).

Модель відчепа побудована на основі осової моделі, доповненої параметрами вагонів в його складі, та швидкістю виходу з ПГП.

Швидкість відчепа V_{i+1} в кінці кроку переміщення ΔS розраховується за формулою

$$V_{i+1} = \sqrt{V_i^2 + 2g' \cdot \int_{S_i}^{S_{i+1}} (i - \sum w) dS}. \quad (4)$$

Після скочування відчепа визначається нова координата точки прицілювання для наступного відчепа довжиною l_i за формулою $S_{\text{приц}_{i+1}} = S_{\text{приц}_i} - l_i$, якщо відцеп докотився до точки прицілювання з координатою $S_{\text{приц}_i}$ або за формулою $S_{\text{приц}_{i+1}} = S_i - l_i$, якщо відцеп не докотився до точки прицілювання.

Так моделюється послідовне скочування відцепів із гірки i , якщо відцеп докотився до вагонів на сортувальній колії, тоді фіксується швидкість $V_{\text{підх}}$ з'єднання відчепа з вагонами, якщо ні, то фіксується довжина вікна $l_{\text{вікн}} = S_{\text{приц}_i} - S_i - l_i$. Якщо ця координата виявиться менше за довжину наступного відчепа $S_{\text{приц}_{i+1}} \leq l_i$, тоді моделюється операція осаджування. Після завершення накопичення состава на колії за нормою маси або довжини состава моделюється прибирання вагонів з колії та підтягування групи вагонів, що залишаються на колії, в хвіст сортувального парку.

Адекватність отриманої моделі заповнення сортувальної колії вагонами підтверджена на основі статистичного аналізу вибірок значень швидкості підходу відцепів до вагонів в сортувальному парку, які були отримані за результатами натурних спостережень на реальній станції та за результатами моделювання заповнення сортувальної колії вагонами. За допомогою критерію Уїлкоксона встановлено, що ці вибірки належать до однієї генеральної сукупності, внаслідок чого можна стверджувати, що розроблена математична модель адекватно відображує процес заповнення сортувальної колії вагонами.

В третьому розділі виконаний аналіз доцільності застосування систем розподіленого регулювання швидкості відцепів на вітчизняних сортувальних гірках. Перевірка доцільності використання систем розподіленого регулювання швидкості відцепів на спускній частині виконана для сортувальних гірок малої (ГМП), середньої (ГСП) і великої потужності (ГВП), поздовжній профіль яких відповідає чинним нормативам (нормативний профіль).

На спускній частині сортувальної гірки перевірена доцільність застосування ТВУ. При обладнанні спускної частини гірки ТВУ необхідно визначити, з якою щільністю (r) їх потрібно розташовувати на шляху скочування відцепів, а також визначити ухил цієї колії (i). Щільність розташування ТВУ визначалася з врахуванням обмежень щодо неможливості розташування ТВУ в межах хрестовин та гостряків стрілочних переводів, а також можливості розташування не більше двох ТВУ в одному міжшпальному ящику.

Виконане порівняння сортувальних гірок з балковими вагонними уповільнювачами на гальмових позиціях спускної частини та сортувальних гірок, обладнаних системами розподіленого регулювання швидкості відчепів. Порівняння виконане за критерієм реалізації максимально можливої швидкості розпуску V_0^{\max} , за умов розділення на всіх розділювальних елементах несприятливої послідовності скочування розрахункової пари відчепів з дуже поганими (ДП) і дуже хорошими (ДХ) ходовими властивостями, які скочуються один за одним.

$$V_0^{\max} = \sum_{j=1}^k \min(V_{0j}^{\max}) P_j, \quad (5)$$

де V_{0j}^{\max} – максимально можлива швидкість розпуску за умов розділення розрахункової послідовності відчепів на стрілочній позиції, визначається для кожної послідовності скочування розрахункової пари відчепів за формулою

$$V_{0j}^{\max} = \frac{l_{B1} + l_{B2}}{2(I_0 - \Delta t_j + \Delta t_{\min})}; \quad (6)$$

P_j – ймовірність розділення розрахункової послідовності відчепів на стрілочній позиції

$$P_j = \frac{2m_{\text{Л}}m_{\text{П}}}{m_{\text{СК}}(m_{\text{СК}} - 1)}, \quad (7)$$

де l_B – довжина розрахункового відчепа, м; I_0 – інтервал між розрахунковими відчепами на вершині гірки, с; Δt_j – інтервал між розрахунковими відчепами на розділювальному стрілочному переводі, с; Δt_{\min} – мінімальний резерв інтервалу між розрахунковими відчепами на розділювальному стрілочному переводі, с; $m_{\text{Л}}$, $m_{\text{П}}$ – кількість сортувальних колій, що примикають відповідно до лівого та правого відхилення стрілочного переводу; $m_{\text{СК}}$ – кількість колій накопичення в сортувальному парку.

Дослідження показало, що обладнання спускної частини гірок з нормативним профілем системами розподіленого регулювання швидкості відчепів не призводить до збільшення розрахункової швидкості розпуску (табл. 1). Отже, потрібна реконструкція поздовжнього профілю спускної частини.

Спираючись на результати аналізу потенційних можливостей обладнання сортувальних гірок з нормативним профілем системою розподіленого регулювання швидкості відчепів, розроблено метод розрахунку спеціального профілю спускної частини гірок і схеми розташування ТВУ.

Для забезпечення запасу інтервалу між відчепами на першому розділювальному стрілочному переводі перший елемент профілю спускної частини гірки слід проектувати якомога більш крутим, але не більше за 50 ‰ ($47 \leq i_1 \leq 50$ ‰). Довжина його повинна бути достатньою для того, щоб ДХ розігнався до швидкості спрацьовування ТВУ (бажано до 5 м/с).

Ухил наступної ділянки профілю спускної частини гірки повинен забезпечувати постійну швидкість скочування ДП, а щільність розташування ТВУ пови-

нна бути такою, що гарантує утримання постійної швидкості скочування ДХ на рівні контрольної швидкості спрацьовування ТВУ. Цей ухил залежить від контрольної швидкості спрацьовування ТВУ, від можливостей їх розташування на ділянці ($22 \leq i_2 \leq 25\%$).

Таблиця 1 – Порівняння сортувальних гірок з балковими вагонними уповільнювачами та гірок з ТВУ на спускній частині

	ГМП		ГСП		ГВП	
	Розрахункова послідовність відчепів	Швидкість розпуску, м/с	Розрахункова послідовність відчепів	Швидкість розпуску, м/с	Розрахункова послідовність відчепів	Швидкість розпуску, м/с
Сортувальна гірка з нормативним профілем та балковими вагонними уповільнювачами на спускній частині	ДП-ДХ-ДП (2,02)	1,83	ДП-ДХ-ДП (3,02)	2,17	ДП-ДХ-ДП (4,13)	1,75
Сортувальна гірка з нормативним профілем та ТВУ на спускній частині	ДП-ДХ-ДП (2,02)	1,05	ДП-ДХ-ДП (3,02)	1,15	ДП-ДХ-ДП (4,13)	1,4
Сортувальна гірка зі спеціальним профілем та ТВУ на спускній частині	ДП-ДХ-ДП (3,27)	2,05	ДП-ДХ-ДП (4,07)	1,84	ДП-ДХ-ДП (4,74)	1,7
Нормативні параметри	П-Х-П	1,2	ДП-Х-ДП	1,4	ДП-ДХ-ДП	1,7

Примітка: в дужках наведено висоту сортувальної гірки. Низька максимально можлива швидкість розпуску на ГВП пов'язана з невдалою конструкцією плану гіркової горловини, що не дає змоги розташувати вершину гірки ближче ніж на відстані 90 м від першої гальмової позиції.

Таким чином, значення ухилу колії другої ділянки повинне бути не більше за 25 % в залежності від ухилу першої ділянки профілю спускної частини гірки, від кількості стрілочних переводів і суми кутів поворотів кривих ділянок колії на ділянці ($i_1 - i_2 \leq 25\%$). Довжина та ухил другої ділянки повинні забезпечувати розгін ДП до контрольної швидкості спрацьовування ТВУ наприкінці цієї ділянки.

Третю ділянку протягом всієї стрілочної зони слід проектувати ухилом, який забезпечує постійну швидкість скочування ДП ($8 \leq i_3 \leq 12\%$). Щільність розташування ТВУ на цій ділянці повинна гарантувати утримання постійної швидкості скочування ДХ на рівні контрольної швидкості спрацьовування ТВУ. Наприклад, для утримання швидкості скочування відчепів на рівні 5 м/с на ухилі 10 % ТВУ слід розташовувати зі щільністю трохи більшою за один уповільнювач на метр колії.

Для ілюстрації на рис. 2 наведено нормативний та спеціальний профілі ГСП.

Як бачимо, головним чином за рахунок істотного збільшення ухилу стрілочної зони висота ГСП приблизно на 1 м вище за аналогічну гірку з нормативним профілем. Так само ГМП та ГВП зі спеціальним профілем вище за аналогічні гірки з нормативним профілем відповідно на 1,25 м та 0,6 м. Причому, лише на

ГМП зі спеціальним профілем реалізується підвищення максимально можливої швидкості розпуску на 0,22 м/с до $V_0^{\max} = 2,05$ м/с (табл. 1) по відношенню до гірки аналогічної потужності з нормативним профілем та балковими вагонними уповільнювачами на спускній частині. В решті варіантів максимально можлива швидкість розпуску на гірках зі спеціальним профілем та ТВУ на спускній частині нижче за гірки з нормативним профілем.

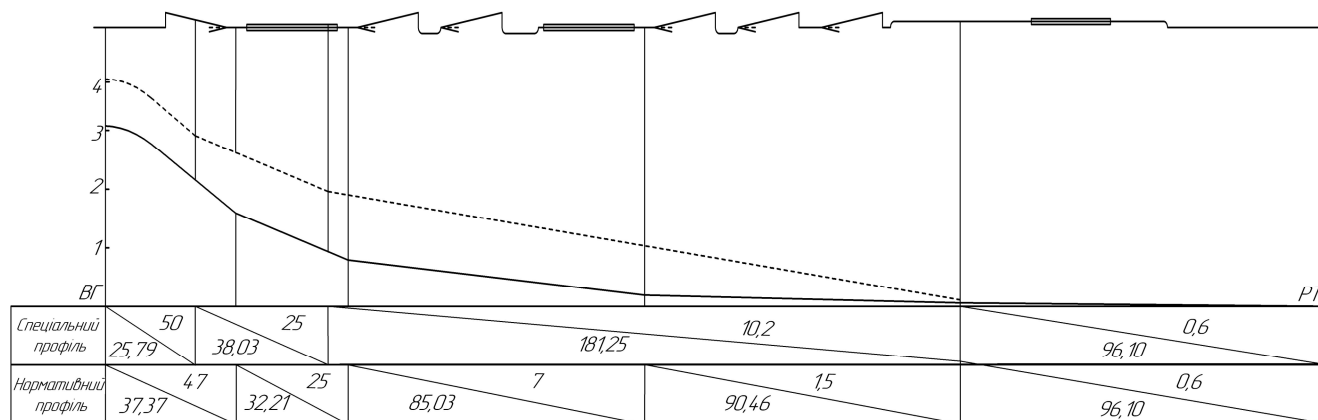


Рисунок 2 – Нормативний та спеціальний поздовжній профіль сортувальної гірки

Таким чином системи розподіленого регулювання швидкості з використанням ТВУ на спускній частині вітчизняних сортувальних гірок доцільно використовувати лише на ГМП за умов реконструкції поздовжнього профілю.

В четвертому розділі виконано дослідження залежності показників якості заповнення сортувальної колії вагонами від параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів.

Якість процесу заповнення вагонами сортувальних колій оцінюють за двома показниками, кожний з них характеризує різні боки процесу. Це зв'язано з тим, що мета процесу полягає в тому, щоб з одного боку всі відчепи докотилися до вагонів на сортувальній колії без утворення вікон, а з іншого боку, щоб швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії при цьому була в безпечних межах. Тому для оцінки якості заповнення вагонами сортувальних колій обрані два показники, що характеризують обидва боки процесу: ступінь G заповнення сортувальної колії вагонами; ймовірність P підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії із безпечною швидкістю.

Обидва показники потрібно максимізувати. Задача визначення раціональних параметрів системи розподіленого регулювання швидкості вагонів на сортувальній колії зводиться до того, щоб мінімальною кількістю точкових засобів регулювання швидкості вагонів на якомога меншому ухилі досягти максимального заповнення сортувальної колії вагонами із забезпеченням безпечної швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії.

$$\left(\begin{matrix} P(i,r) \\ G(i,r) \end{matrix} \right) \rightarrow \max, \left(\begin{matrix} i \\ r \end{matrix} \right) \rightarrow \min$$

Моделювання процесу заповнення сортувальних колій вагонами виконано за наступних умов: корисна довжина сортувальної колії 900 м; ухил перших 400 м корисної довжини сортувальної колії варіюється від нормативних 0,6 до 3,5 %,

решта колії запрофільовано відповідно до нормативів (0,6 ‰ протягом решти зони накопичення вагонів, окрім останніх 100 м, що запрофільовано протиухилом 2 ‰); точкові регулятори швидкості вагонів розташовуються тільки на перших 400 м корисної довжини сортувальної колії з щільністю, що варіюється в діапазоні $[0;1]$ одиниць на метр колії; відчепа випускаються з ПГП з середньою швидкістю $M[V_{\text{ПГП}}]=1,4$ м/с та середньоквадратичним відхиленням швидкості $\sigma[V_{\text{ПГП}}]=0,2$ м/с. Профіль сортувальної колії та рішення рівняння руху вагонів по сортувальній колії в енергетичному вигляді зображено на рис. 3.

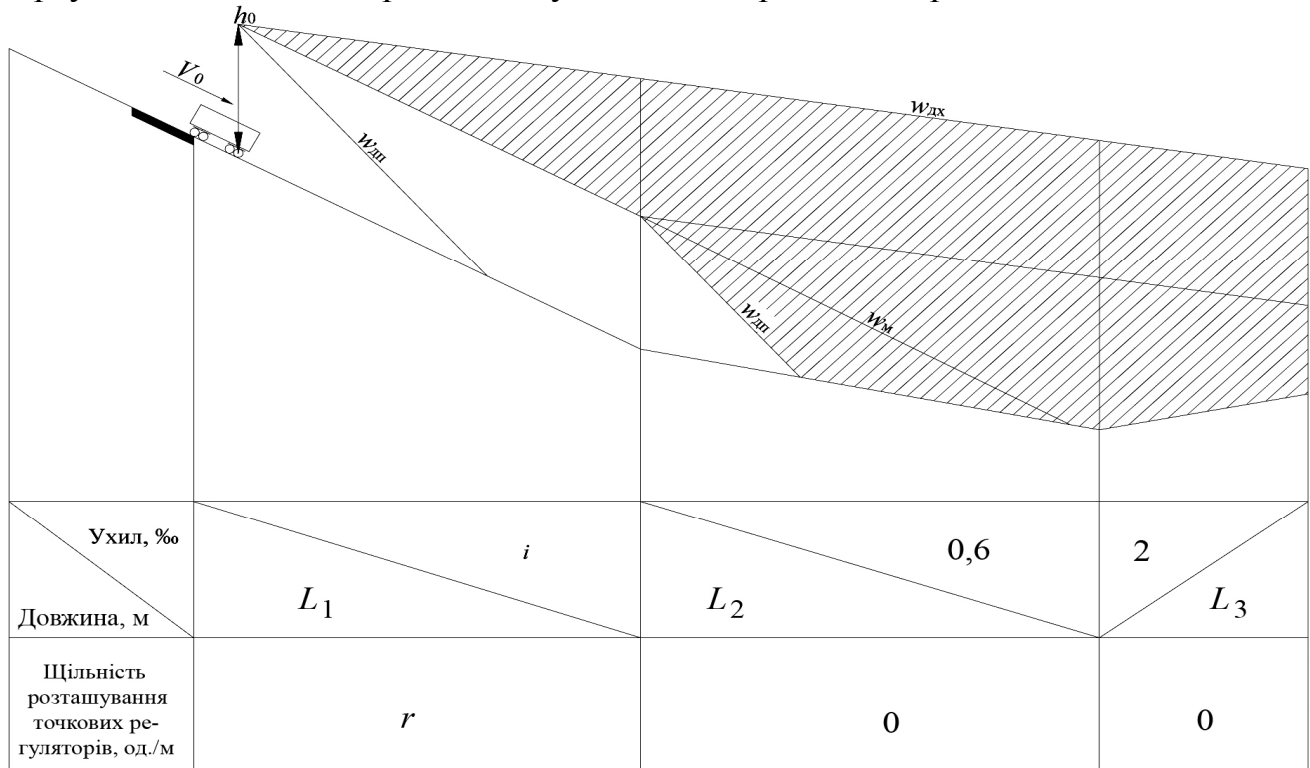


Рисунок 3 – Поздовжній профіль сортувальної колії та рішення рівняння руху відчепа в енергетичному вигляді

За результатами моделювання отримано графіки залежності показників якості заповнення вагонами сортувальної колії від параметрів системи розподіленого регулювання швидкості із ТВУ (рис. 4, 5).

Отримані залежності свідчать про те, що покращити обидва показники можна тільки за умов збільшення ухилу сортувальної колії в порівнянні з нормативним значенням або збільшення щільності встановлення ТВУ на сортувальній колії. Наприклад, за умов щільності розташування ТВУ 0,2 од./м на ухилі сортувальної колії 2,5 ‰ ступінь заповнення сортувальної колії вагонами становитиме 77 %, а ймовірність підходу відцепів до вагонів з безпечною швидкістю 83 %. При подальшому збільшенні ухилу колії та щільності розташування ТВУ відчутного покращення показників якості не відбувається, але це потребує додаткових коштів як на придбання і утримування додаткових ТВУ, так і на земляні роботи з реконструкції профілю станційної площадки.

За результатами моделювання отримані також залежності показників якості заповнення вагонами сортувальної колії від параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відцепів із застосуванням ТВПУ. Дослідження на моделі показали, що за умов використання ТВПУ можна досягти високих значень обох

показників якості заповнення сортувальних колій вагонами меншою кількістю регуляторів і на меншому ухилі колії. Наприклад, щоб отримати ступінь заповнення сортувальної колії вагонами на рівні 77 % та ймовірність підходу вагонів до відчепів з безпечною швидкістю 87 %, потрібний ухил сортувальної колії 1,5 % та щільність розташування ТВПУ 0,1 од./м.

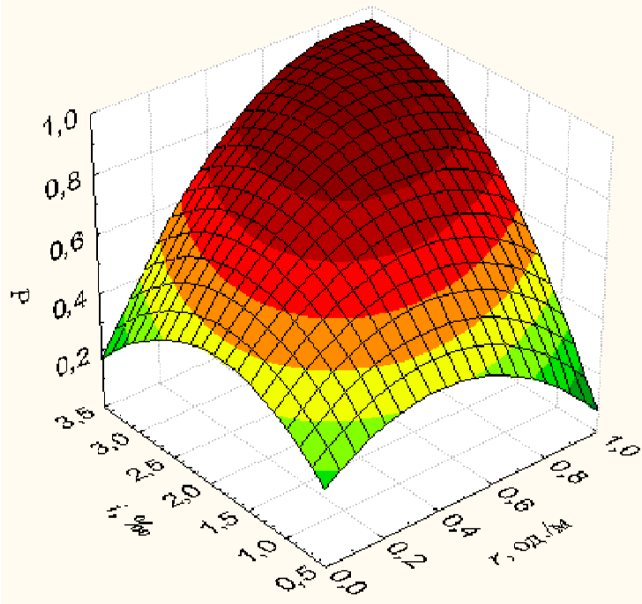


Рисунок 4 – Графік залежності ймовірності підходу відчепів до вагонів з безпечною швидкістю від ухилу сортувальної колії і щільності встановлення ТВУ

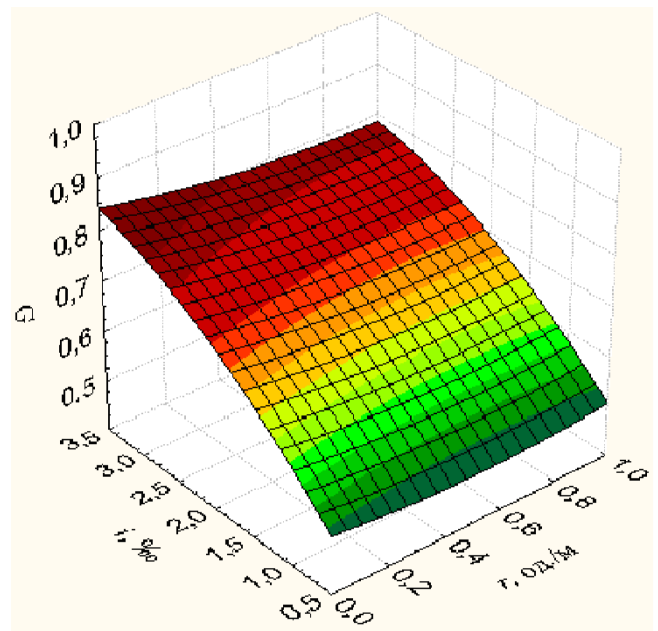


Рисунок 5 – Графік залежності ступеня заповнення сортувальної колії вагонами від ухилу і щільності встановлення ТВУ

Аналізуючи зазначені залежності, можна надати рекомендації щодо щільності розташування точкових регуляторів швидкості вагонів за наявного ухилу сортувальної колії, або навпаки.

За результатами моделювання скочування відчепів на сортувальну колію, обладнану системою розподіленого регулювання швидкості відчепів із використанням ТВУ, та за допомогою методу найменших квадратів визначені залежності $P=f(i,r)$ та $G=f(i,r)$:

$$P=0,0956+0,5874r+0,3941i-0,9483r^2+0,3271ri-0,1067i^2; \quad (8)$$

$$G=0,4266-0,0642r+0,1189i+0,0618r^2-0,0146ri-0,0201i^2, \quad (9)$$

-У роботі визначено ефективні значення показників якості заповнення вагонами сортувальної колії P і G , які може забезпечити застосування на сортувальних коліях систем розподіленого регулювання швидкості відчепів. Потрібно було знайти таку пару (i,r) , щоб ймовірність $P(i,r)$ і ступінь $G(i,r)$ були б якомога більшими.

Обидві поверхні виявилися опуклими. Отже всі ефективні варіанти є непорівнянними між собою.

У математичному плані вирішено задачу векторної оптимізації

$$\begin{pmatrix} -P(i,r) \\ -G(i,r) \end{pmatrix} \rightarrow \min, \quad (10)$$

$$\text{за умов, що} \quad \underline{r} \leq r \leq \bar{r}; \quad \underline{i} \leq i \leq \bar{i}, \quad (11)$$

де \underline{i} , \bar{i} – мінімальний і максимальний ухил сортувальної колії, ‰; \underline{r} , \bar{r} – мінімальна й максимальна щільність розміщення точкових регуляторів швидкості на сортувальній колії, од./м.

Розв'язком задачі векторної оптимізації (10–11) є набори пар (i, r) з області допустимих значень (11), які являються ефективними по Парето.

Для розрахунку ефективних пар (i, r) розв'язана система рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial P}{\partial i} + t \frac{\partial G}{\partial i} = 0; \\ \frac{\partial P}{\partial r} + t \frac{\partial G}{\partial r} = 0, \end{cases} \quad (12)$$

де $t \geq 0$.

Отримані набори ефективних параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів в просторі функціоналів P , G , що задовольняють умові:

$$Kp(A) \cap S = \{A\}, \quad (13)$$

де $Kp(A)$ – конус Парето з вершиною в точці A ;

S – множина ефективних точок для $t \geq 0$.

Геометричне подання рішення (12) та (13) представлено на рис. 6.

Отримані ефективні рішення системи розподіленого регулювання швидкості відчепів за показниками P і G для сортувальних колій, оснащених ТВУ (рис. 7).

З рис. 7 випливає, якщо щільність ТВУ змінюється в межах $[0,86; 1,00]$ одиниць на метр колії, а відповідні ухили належать до інтервалу $[3,2; 4,0]$ ‰, тоді це забезпечує розв'язок задачі векторної оптимізації. У такий спосіб встановлюється раціональний зв'язок між ймовірністю підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях з безпечною швидкістю й ступенем заповнення сортувальних колій вагонами, який представлений на рис. 8.

Наприклад, за умови досягнення ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю $P=0,95$ можна забезпечити максимальний ступінь заповнення сортувальної колії вагонами $G=0,792$ (рис. 8) та навпаки. За допомогою виразів (8) і (9) визначаються конкретні значення змінних параметрів системи r та i , за яких можна досягти зазначених показників якості процесу заповнення вагонами сортувальних колій, що оснащені ТВУ. Для досягнення максимальних показників якості заповнення вагонами сортувальних колій

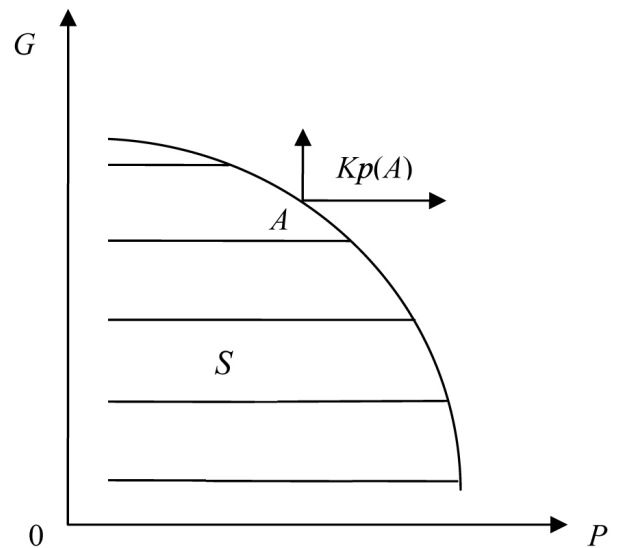


Рисунок 6 – Геометрична інтерпретація рішення (12) та (13)

ухил сортувальної колії повинний бути 3,2–4,0 ‰, а щільність розташування ТВУ в межах від 0,86 до 1,00 од./м.

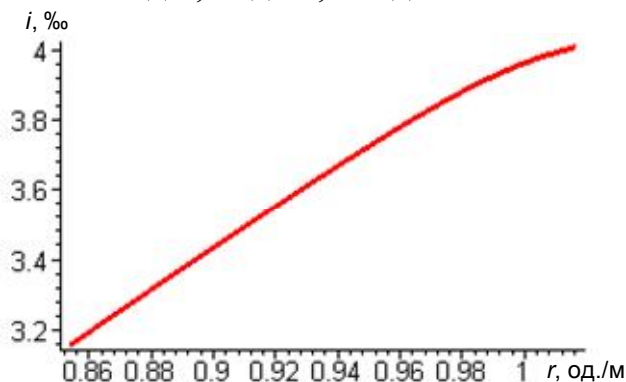


Рисунок 7 – Графічне подання $i=f(r)$ для сортувальних колій, оснащених ТВУ

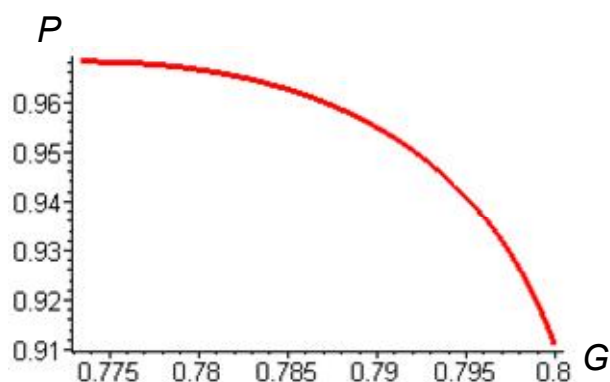


Рисунок 8 – Графічне подання $P=f(G)$ для сортувальних колій, оснащених ТВУ

За умов використання ТВПУ можливо досягти дещо кращих показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами на ухилі в діапазоні 1,7–2,4 ‰ (що майже удвічі менше ніж за умов використання ТВУ) та з щільністю розташування точкових пристроїв регулювання швидкості вагонів від 0,4 до 0,46 од./м (що більш ніж удвічі менше за щільність розташування ТВУ). Однак, на відміну від ТВУ, ці пристрої більш складні, коштовні, менш надійні в експлуатації та потребують зовнішнього живлення, тому вони не знайшли поширення на залізницях.

В п'ятому розділі розроблено метод кількісної оцінки ефективності застосування систем розподіленого регулювання швидкості на сортувальних коліях з використанням ТВУ.

Ефективність застосування систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях можливо оцінити тільки в масштабах всього сортувального комплексу. Тому для оцінки ефективності системи обрана сортувальна станція з послідовним розташуванням парку приймання і сортувального парку, для якої визначена залежність економії приведених річних експлуатаційних витрат від змінних параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів в порівнянні з базовим варіантом (нормативний ухил сортувальної колії та відсутність ТВУ)

$$E_{\text{пр}} = \Delta E_{\text{в}} + \Delta E_{\text{пп}} + e_{\text{н}} K_{\text{вст}} + K_{\text{утр}}, \quad (14)$$

де $\Delta E_{\text{в}}$ – зменшення витрат на ремонт вагонів, вагонний парк, та обігових коштів по варіантах, тис. грн; $\Delta E_{\text{пп}}$ – зменшення витрат від скорочення часу простою составів в парку приймання у разі збільшення гіркового технологічного інтервалу в порівнянні з початковим варіантом, тис. грн; $K_{\text{утр}}$ та $K_{\text{вст}}$ – витрати на утримання та встановлення ТВУ відповідно; $e_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт окупності, $e_{\text{н}} = 0,1$.

Графік залежності економії приведених річних експлуатаційних витрат від ухилу сортувальної колії та щільності розташування ТВУ наведено на рис. 9.

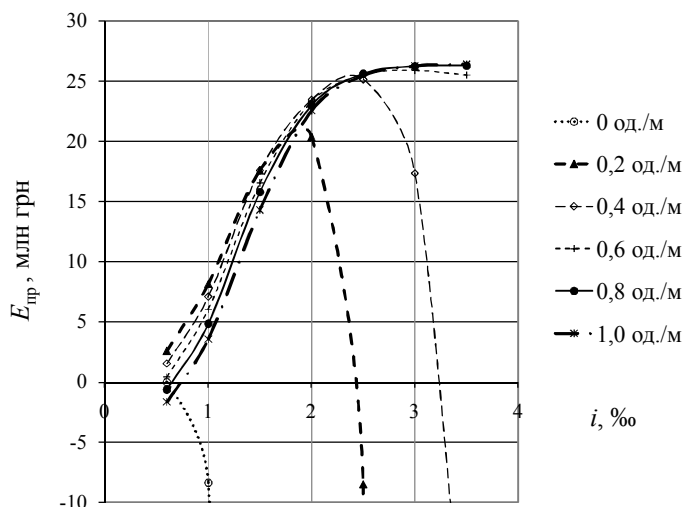


Рисунок 9 – Графік залежності економії приведених річних експлуатаційних витрат від ухилу сортувальної колії та щільності розташування ТВУ

вання ТВУ повинна бути 0,2 од./м, але ефект буде на 4 млн грн нижче.

У додатках наведено технічні характеристики точкових регуляторів швидкості вагонів, результати моделювання і натурних спостережень процесу заповнення сортувальних колій вагонами, результати розрахунків висоти та профілю сортувальних гірок різних конструкцій, результати моделювання заповнення сортувальних колій вагонами, а також довідки про використання результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі отриманий новий розв'язок актуальної науково-практичної задачі підвищення ефективності і якості сортувального процесу на станціях за рахунок використання точкових регуляторів швидкості вагонів. Запровадження на сортувальних гірках систем розподіленого регулювання швидкості відчепів дозволить зменшити вплив людського фактору на процес регулювання швидкості відчепів, призведе до скорочення кількості й довжини вікон на сортувальних коліях і до забезпечення підходу всіх відчепів до вагонів на сортувальних коліях з безпечною швидкістю і в остаточному підсумку дозволить підвищити продуктивність гірок, скоротити витрати енергоресурсів. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки та пропозиції:

1. Аналіз робіт, присвячених механізації та автоматизації процесу регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках свідчить про те, що проблема якості регулювання швидкості скочування відчепів з гірки до кінця не вирішена. Це пов'язано з інерційністю й нестабільністю гальмових характеристик балкових вагонних уповільнювачів, неналежним станом поздовжніх профілів колій, помилками в роботі гіркових операторів і автоматизованих систем керування, недостатністю достовірної інформації про ходові властивості відчепів, відсутністю засобів регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях після ПГП.

Залежності мають екстремальний характер. Економія приведених річних експлуатаційних витрат збільшується із збільшенням ухилу сортувальної колії та щільності встановлення ТВУ, сягають умовного максимуму и потім зменшуються. Але даними цього графіка можна користатися тільки за умов наявності в сортувальному парку відповідного профілю сортувальних колій.

Таким чином, можна надати практичні рекомендації: за наявності ухилу сортувальних колій 2,5 ‰ економічно доцільно розташовувати на ній ТВУ зі щільністю не більше 0,3 од./м. Якщо ухил сортувальної колії 2 ‰, тоді щільність розташу-

2. На основі аналізу закордонного досвіду запропоновано вирішувати зазначені проблеми за допомогою системи розподіленого регулювання швидкості відчепів з використанням точкових регуляторів швидкості вагонів, які здатні підтримувати швидкість відчепів на певному рівні незалежно від ходових властивостей відчепів на спускній частині і на сортувальних коліях.

3. Удосконалено математичну модель скочування відчепів з гірки, яка на відміну від існуючої, дозволяє моделювати регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами швидкості вагонів. Удосконалено математичну модель накопичення відчепів на сортувальній колії при розформуванні составів з гірки, яка дозволяє аналізувати показники якості процесу заповнення вагонами сортувальної колії.

4. За допомогою математичного моделювання доведена принципова можливість ефективного використання системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на спускній частині ГМП, але за умови реконструкції профілю. Розроблено метод розрахунку спеціального профілю сортувальних гірок, які пропонується обладнати системою розподіленого регулювання швидкості відчепів, та схеми розташування ТВУ, що дозволить максимально виключити людський фактор з процесу регулювання швидкості відчепів на спускній частині сортувальної гірки. Сортувальні гірки, спускна частина яких запроектована спеціальним профілем, виявилися приблизно на 1 м вище за аналогічні, запроектовані нормативним профілем.

5. Отримані залежності показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами від ухилу колії та щільності розташування на ній точкових регуляторів швидкості, які дозволяють визначити раціональні параметри системи розподіленого регулювання швидкості відчепів із забезпеченням безпечної швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях і максимально можливе заповнення їх вагонами. Виявлено, що з використанням ТВУ покращити показники якості заповнення сортувальних колій вагонами можна лише за умови ухилу колії $i > 1,5 \%$. З використанням ТВПУ можна забезпечити якісне заповнення сортувальних колій вагонами на будь-якому ухилі з діапазону, який розглядається в дослідженні.

6. На підставі опуклості графіків функцій залежності показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами від параметрів систем розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами за допомогою методу векторної оптимізації визначені раціональні параметри системи, що забезпечують ефективні значення показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами. За умов використання ТВУ можна забезпечити ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю на рівні 0,91–0,96 % та ступінь заповнення сортувальних колій вагонами на рівні 0,775–0,80 %. За умов використання ТВПУ можна забезпечити такий самий рівень ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю та дещо вищій ступінь заповнення сортувальних колій вагонами на рівні 0,80–0,812 %, але на вдвічі меншому ухилі сортувальних колій та вдвічі меншою кількістю точкових регуляторів швидкості вагонів.

7. Для оцінки ефективності застосування систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях удосконалено метод витратних ставок з врахуванням використання ТВУ. Встановлено, що для якісного заповнення вагонами сортувальної колії, обладнаної системою розподіленого регулювання швидкості відчепів, потрібні ухил не нижчий за 2,5–3 ‰ і щільність розташування ТВУ в межах 0,3–0,4 одиниць на метр колії.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Назаров, А. А. Исследование возможности использования замедлителей системы DOWTY для непрерывного заполнения сортировочных путей [Текст] / А. А. Назаров // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Х. – № 5/6, 1997. – С. 18-21.
2. Назаров, А. А. Моделирование процесса заполнения сортировочных путей с использованием замедлителей системы Dowty [Текст] / Ю. А. Муха, А. А. Назаров // Міжвуз. зб. наук. пр. ХарДАЗТ «Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті». – Х. : 1998. – С. 55-61.
3. Назаров А. А. Анализ возможности применения систем квазинепрерывного регулирования скорости отцепов типа DOWTY на сортировочных горках [Текст] / А. А. Назаров // Зб. наук. пр. КУЕТТ «Транспортні системи і технології». – Вип. 4. – К. : КУЕТТ, 2003. – С. 61-66.
4. Назаров, А. А. Управление скоростью скатывания вагонов на путях накопления в сортировочном парке [Текст] / Ю. А. Муха, А. А. Назаров // Зб. наук. пр. КУЕТТ «Транспортні системи і технології». – Вип. 8. – К. : КУЕТТ, 2005. – С. 169-163.
5. Назаров, О. А. Ефективність систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях [Текст] / О. А. Назаров // Вісник ДІІТу. – Вип. 34. – Д. : ДІІТ, 2010. – С. 193-198.

Додаткові праці:

6. Назаров, А. А. Управление скоростью скатывания вагонов на путях накопления в сортировочном парке [Текст] / Ю. А. Муха, А. А. Назаров // Тези доповідей 2-ї Міжнарод. наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління» – К. : КУЕТТ, 2004. – С. 159-160.
7. Назаров, А. А. К вопросу об интервальном регулировании скорости отцепов [Текст] / А. А. Назаров // Тези 65-ї Міжнарод. наук.-техн. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д. : ДІІТ, 2005. – С. 111-112.
8. Назаров, О. А. Дослідження впливу параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на показники якості прицільного гальмування [Текст] / О. А. Назаров // Тези 67-ї Міжнарод. наук.-техн. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д. : ДІІТ, 2007. – С. 142-143.
9. Назаров, А. А. К вопросу оптимизации параметров системы регулирования

- скорості вагонів точечними вагонозамедлителями / А. А. Назаров, И. С. Бардак [Текст] // Тези доповідей 4-ї Міжнарод. наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» – К. : ДЕТУТ, 2008. – С. 150-151.
10. Назаров, А. А. Эффективность параметров системы квазинепрерывного регулирования скорости отцепов на сортировочном пути [Текст] / А. А. Назаров // Тези 7-ї Міжнарод. наук. конф. «Проблеми економіки транспорту» – Д. : ДІТ, 2008. – С. 50.
 11. Назаров, А. А. Оптимизация параметров системы квазинепрерывного регулирования скорости отцепов на показатели качества прицельного торможения [Текст] / А. А. Назаров // Тези 68-ї Міжнарод. наук.-техн. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д. : ДІТ, 2008. – С. 60-61.
 12. Назаров, О. А. Моделювання процесу заповнення вагонами сортувальних колій [Текст] / О. А. Назаров, І. – С. Бардак // Тези 68-ї Міжнарод. наук.-техн. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д. : ДІТ, 2008. – С. 61-62.
 13. Назаров, А. А. Улучшение качества заполнения вагонами сортировочных путей [Текст] / А. А. Назаров, А. Ю. Тульских // Тезисы Міжнарод. науч.-практ. конф. «Транспортные связи. Проблемы и перспективы» – Д. : ДІТ, 2008. – С. 47-48.
 14. Назаров, О. А. Як поліпшити показники якості процесу заповнення вагонами сортувальних колій [Текст] / О. А. Назаров // Тези 69-ї Міжнарод. наук.-техн. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д. : ДІТ, 2009. – С. 88-89.
 15. Назаров, О. А. Заповнення сортувальних колій вагонами з безпечною швидкістю [Текст] / О. А. Назаров // Тези 70-ї Міжнарод. наук.-техн. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д. : ДІТ, 2010. – С. 137-138.
 16. Назаров, О. А. Эффективность систем розподіленого регулювання швидкості відцепів на сортувальних коліях [Текст] / О. А. Назаров // Тези 2-ї Міжнарод. наук.-практ. конф. «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» – Д. : ДІТ, 2010. – С. 73-75.
 17. Назаров, О. А. Показники якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами [Текст] / О. А. Назаров // Тези 71-ї Міжнарод. наук.-техн. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д. : ДІТ, 2011. – С. 145–146.
 18. Назаров, О. А. Заповнення сортувальних колій вагонами з безпечною швидкістю [Текст] / О. А. Назаров // 36. наук. пр. «Транспортні системи та технології перевезень» – Д. : ДІТ, 2011. – С. 58-61.
 19. Назаров, О. А. Шляхи підвищення якості заповнення вагонами сортувальних колій [Текст] / О.А. Назаров // Тези 3-ї Міжнарод. наук.-практ. конф. «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» – Д. : ДІТ, 2011. – С. 43–44.

20. Назаров, О. А. Способи зниження швидкості відчепів на початку сортувальних колій, обладнаних системою розподіленого регулювання швидкості відчепів [Текст] / О. А. Назаров // Тези 72-ї Міжнарод. наук.-техн. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д. : ДПТ, 2012. – С. 134–135.

АНОТАЦІЯ

Назаров О. А. Підвищення ефективності сортувального процесу на гірках шляхом впровадження систем розподіленого регулювання швидкості відчепів. – 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, 2012.

Дисертаційна робота присвячена питанням підвищення якості сортувального процесу на гірках шляхом впровадження систем розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами. Аналіз проблем механізації й автоматизації процесу регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках показав, що існуюча технологія розпуску составів з гірки забезпечує необхідну інтенсивність розпуску составів, однак не виключає збоїв в роботі сортувальної гірки, пошкоджуваності вагонів і вантажів. Запропоновано вирішувати цю проблему за допомогою системи розподіленого регулювання швидкості відчепів з використанням точкових регуляторів швидкості вагонів.

Для дослідження доцільності використання систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на спускній частині вітчизняних сортувальних гірок була вдосконалена математична модель скочування відчепів з гірки, яка дозволяє регулювати швидкість відчепів точковими регуляторами швидкості вагонів.

За результатами дослідження зроблено висновок про недоцільність використання системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на спускній частині вітчизняних сортувальних гірок без реконструкції профілю та розроблено метод розрахунку спеціального профілю сортувальних гірок.

В процесі дослідження отримані залежності показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами від ухилу колії та щільності розташування точкових регуляторів швидкості, які дозволяють визначити раціональні параметри системи розподіленого регулювання швидкості відчепів, а також дана техніко-економічна оцінка ефективності використання точкових вагонних уповільнювачів для регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях.

Ключові слова: відчеп, сортувальна гірка, сортувальна колія, векторна оптимізація, точковий вагонний уповільнювач.

АННОТАЦИЯ

Назаров А. А. Повышение эффективности сортировочного процесса на горках путем внедрения систем распределенного регулирования скорости отцепов. – 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, 2012.

Диссертационная работа посвящена вопросам повышения качества сортировочного процесса на горках путем внедрения систем распределенного регулирования скорости отцепов точечными регуляторами. Анализ проблем механизации и автоматизации процесса регулирования скорости отцепов на сортировочных горках показал, что существующая технология роспуска составов с горки с использованием механизированных и автоматизированных тормозных позиций обеспечивает необходимую интенсивность роспуска составов, однако не исключает сбоев в работе сортировочной горки, повреждаемости вагонов и грузов. Это связано с инерционностью и нестабильностью тормозных характеристик балочных вагонных замедлителей, зависимостью от состояния продольного профиля путей, ошибками в работе горочных операторов и автоматизированных систем управления и т.п.

На основе анализа заграничного опыта предложено решить указанные проблемы с помощью системы распределенного регулирования скорости отцепов с использованием точечных регуляторов, которые способны поддерживать скорость отцепов на определенном уровне независимо от ходовых свойств отцепов, как на спускной части горки, так и на сортировочных путях.

Для исследования целесообразности использования систем распределенного регулирования скорости отцепов на спускной части отечественных сортировочных горок была усовершенствована математическая модель скатывания отцепов с горки, которая позволяет регулировать скорость отцепов точечными регуляторами.

По результатам исследования разработан метод расчета специального профиля сортировочных горок, потому что без реконструкции профиля использовать системы распределенного регулирования скорости отцепов на спускной части отечественных сортировочных горок не имеет смысла. Использование точечных регуляторов скорости вагонов на сортировочных путях в комплексе с ПГП способно обеспечить высокую степень заполнения путей вагонами с безопасной скоростью подхода отцепов к вагонам на протяжении всей зоны накопления.

В процессе исследования получены зависимости показателей качества процесса заполнения сортировочных путей вагонами от уклона пути и плотности расположения на путях точечных регуляторов скорости вагонов. С помощью метода векторной оптимизации определены рациональные соотношения между параметрами систем распределенного регулирования скорости отцепов с использованием точечных вагонных замедлителей и точечных вагонных ускорителей-замедлителей, которые обеспечивают максимальные показатели качества заполнения сортировочных путей вагонами.

Установлены эффективные параметры системы распределенного регулирования скорости отцепов с использованием точечных вагонных замедлителей на сортировочных путях.

Ключевые слова: отцеп, сортировочная горка, сортировочный путь, векторная оптимизация, точечный вагонный замедлитель.

THE SUMMARY

Nazarov O. A. Increasing the effectiveness of sorting process at the humps by means of quasi-continuous speed control systems of cuts. – Manuscript.

The thesis on winning the scientific degree of the candidate of technical sciences on specialty 05.22.20 – exploitation and repair of transport means. Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Dnipropetrovsk, 2012.

The thesis is dedicated to the questions of upgrading of sorting process at the sorting humps by means of the introduction of the quasi-continuous speed control systems with point regulators. The analysis of problems of mechanization and automation of process of adjusting the speed of cuts on sorting humps showed that existing technology of the breaking-up the compositions of the trains at a hump with the use of the mechanized and automated retarding positions provided necessary intensity of the breaking-up process, however it doesn't eliminate failures in sorting hump operation, wagons and freights damage. It is related to the following factors: inertia and instability of brake characteristics of beam wagon retarders, dependence on the state of longitudinal profile of sidings, errors in hump conductors operation and CASS of management etc.

On the basis of analysis of foreign experience it is suggested to solve the indicated problems by means of the quasi-continuous speed control systems with the use of point regulators that are able to support speed of cuts at certain level regardless of running properties of cuts both on drain part of a hump and on sorting sidings.

For the estimation of expediency of the use of the quasi-continuous speed control systems of the cuts on drain part of sorting humps the mathematical model of rolling of cuts was improved that allowed to regulate speed of cuts with the point wagon speed regulators.

Basing on the results of the research the method of calculation of the special profile of sorting humps is worked out, because without the reconstruction of profile using the quasi-continuous speed control systems on drain part of sorting humps does not make sense. The use of point regulators of wagons speed on sorting sidings in a complex with park retarding position is able to provide the high degree of filling the sidings with wagons with safe speed of cuts approach to the wagons during all zone of accumulation.

In the process of research there were obtained the dependences of indexes that describe the quality of process of filling the sorting sidings with wagons on the slope of siding and closeness of location of point regulators that allow to define the rational parameters of the quasi-continuous speed control systems. There was also given the technical economical estimation of efficiency of the use of point wagon retarder for adjusting the speed of cuts on sorting sidings.

Keywords: cut, sorting hump, sorting siding, vector optimization, point wagon retarder.

НАЗАРОВ ОЛЕКСІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОРТУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ
НА ГІРКАХ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ
РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку 24.09.2012 р. Формат 60x84 1/16. Ум. др. арк. 0,9.
Обл.-вид. арк.1,0. Замовлення № 1365. 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 та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010