

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

ЖУРАВЕЛЬ ВЯЧЕСЛАВ ВІКТОРОВИЧ

УДК 656.212

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

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі «Управління експлуатаційною роботою» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник

кандидат технічних наук, доцент **Яновський Петро Олександрович**,
Національний авіаційний університет, професор кафедри «Організація авіаційних перевезень»

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, доцент **Огар Олександр Миколайович**,
Українська державна академія залізничного транспорту, завідувач кафедри «Залізничні станції та вузли»

кандидат технічних наук, доцент **Роговий Андрій Сергійович**,
Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті»

Захист відбудеться «__» _____ 2013 р. о _____ 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 «__» _____ 2013 р.

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

І. В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

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.

Актуальність теми. 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 впливає на 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.

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 відповідно 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 також 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 відчепів 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.

Предмет дослідження – взаємозв'язки конструкційних і технологічних параметрів сортувальної гірки та параметрів вагонопотоку, що переробляється на ній, з показниками якості 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 диференціальних 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 для нормування середньої тривалості осаджування на коліях сортувального парку у розрахунку на один вагон та можливої кількості пошкоджених вагонів. 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 відчепів, для чого у дисертаційній роботі:

- 1) 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;

2) 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;

3) 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 функціонування гірок за різного рівня їх технічного оснащення, профілю сортувальних колій та структури вагонопотоку.

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

Особистий внесок здобувача. Всі результати теоретичних та експериментальних досліджень, що наведені у роботі, отримані автором самостійно. Статті [1-5] опубліковані без співавторів. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному: у статті [6] автором визначено вплив похибки гальмування відчепів на показники роботи сортувальної гірки та отримано регресійні моделі для їх розрахунку; у статті [7] автором отримано регресійні моделі для визначення середньої швидкості підходу відчепів до вагонів, які знаходяться на коліях сортувального парку, довжини «вікна» та 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, ДЕТУТ, 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 та вузли» ДНУЗТ у 2006-2011 рр. У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (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.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

У першому розділі виконано аналіз сучасного стану проблеми підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок, значний внесок у розв'язання якої зробили вчені Акулінічев В. М., Березовий М. І., Берестов І. В., Бессоненко С. А., Бобровский В. І., Божко М. П., Бутько Т. В., Грунтов П. С., Данько М. І., Жуковицький І. В., Зембліннов С. В., Козаченко Д. М., Кочнев Ф. П., Муха Ю. О., Нагорний Є. В., Образцов В. Н., Огар О. М., Правдін М. В., Роговий А. С., Сотніков І. Б., Федотов Н. І., Шафіт Є. М., Шейкін В. П., Яновський П. О. та інші.

Для забезпечення процесу розформування-формування составів сортувальні станції оснащені сортувальними гірками різної потужності. Концепція інтервально-прицільного регулювання швидкості відчепів, незважаючи на певні недоліки, одержала домінуюче поширення на залізницях світу. Точність прицільного регулювання суттєво впливає на довжину «вікон» на підгіркових коліях і швидкість підходу відчепів до вагонів, що знаходяться на цих коліях. На теперішній час відсутній загальноприйнятий критерій ефективності функціонування сортувальних гірок. Існуючі імітаційні моделі процесу розформування составів не враховують особливих умов розпуску составів за наявності вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива. Існуючі методи нормування тривалості осаджування вагонів на сортувальних коліях не враховують усіх чинників, які на неї впливають, або потребують виконання імітаційного моделювання, що створює певну проблему для працівників станцій.

На підставі виконаного аналітичного огляду наукових робіт сформульована задача підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок шляхом визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості відчепів на основі науково обґрунтованих методів їх комплексної оцінки.

У другому розділі представлена структура дослідження, визначено основні задачі дослідження, порядок та методи їх розв'язання, виконано аналіз показників роботи сортувальних гірок і параметрів вагонопотоків, що підлягають переробці на них, удосконалено імітаційну модель процесу розформування составів на сортувальній гірці шляхом урахування особливих умов розпуску составів за наявності вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива, встановлено зв'язок між основними факторами та параметрами якості прицільного регулювання швидкості відчепів на сортувальній гірці.

Дослідження величини похибки розрахунку та реалізації швидкості виходу відчепів з паркової гальмової позиції показали наявність значного розкиду її значень. Внаслідок цих похибок середня швидкість підходу відчепів до вагонів, які знаходяться на сортувальних коліях, коливається в діапазоні 5,3-7,9 км/год., що не відповідає нормативній, а середня довжина «вікна» на 1 перероблений вагон коливається в діапазоні 2,5-13,2 м/вагон.

Дослідження структури вагонопотоків, які переробляються на сортувальних гірках, дозволили встановити наступне:

- у вагонопотоках переважають одновагонні відчеми, але їх кількість має значний розкид – 32,6-70,0 %. Частота появи відчепів з більшою кількістю вагонів є меншою: двовагонних – 15,3-21,3 %, трьохвагонних – 5,0-15,4 %, чотирьохвагонних – 3,0-10,0 %, з п'яти та більше вагонів – 5,0-32,1 %;

- спостерігається значне коливання за ваговою категорією: частка вагонів легкої категорії змінюється у межах 7,0-60,7 %, легко-середньої – 0,9-30,0 %, середньої – 0,9-29,0 %, середньо-важкої – 6,2-18,0 %, важкої – 14,0-68,8 %;

- спостерігається значна кількість вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива. Частота появи таких вагонів коливається в діапазоні 14,0-29,0 %.

Виявлені проблеми якості прицільного регулювання швидкості відчепів та особливості структури вагонопотоків дозволили поставити задачі отримання залежностей для нормування параметрів якості прицільного регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках і тривалості виконання маневрових операцій у сортувальних парках станцій з урахуванням похибки гальмування відчепів та параметрів вагонопотоків, а також визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості відчепів, за яких мінімізуються загальні витрати на розформування составів на сортувальних гірках.

Наявність вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива, значною мірою впливає на процес розформування составів і його тривалість. Тому базову модель удосконалено та доповнено блоком імітації роботи з такими вагонами. В процесі моделювання виконуються наступні операції:

1. Визначення наявності у составі вагонів, що заборонено спускати з гірки без локомотива, як випадкової події з заданою ймовірністю P' : $s = 1$ (є такі ва-

гони), якщо $R < P'$, $s = 0$ (відсутні такі вагони), якщо $R \geq P'$ (де R – випадкове число рівномірно розподілене в інтервалі $[0, 1]$).

2. Визначення вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива (ознака $\gamma = 1$), як випадкової події з заданою ймовірністю P'' : $\gamma_k = 1$, якщо $R < P''$, інакше $\gamma_k = 0$ (вагон дозволено спускати з гірки).

Ймовірності P' і P'' можна отримати у результаті аналізу сортувальних листків.

На відміну від базової моделі дані про вагони відчепа Ω_k доповнено параметром γ і представлено структурою

$$\Omega_k = \{Q_{в.к}, \theta_k, o_k, q_k, \rho_k, \gamma_k\}, k = 1, \dots, n$$

де $Q_{в.к}$ – вага вагону; θ_k – тип вагону; o_k – кількість осей; q_k – навантаження на вісь; ρ_k – тип підшипників; n – кількість вагонів у відчепі.

При цьому на відміну від базової моделі вектор параметрів відчепа Y доповнено параметром γ' ($\gamma' = 1$, якщо для відчепа з 1 вагону або хоча б для одного вагону багатовагонного відчепа $\gamma_k = 1$, інакше $\gamma' = 0$) і представлено структурою

$$Y = \{n, c, Q, l_b, l_a, g', I_j, \gamma'\},$$

де n – кількість вагонів; c – кількість осей; Q – вага; l_b – довжина; l_a – передній виліт автозчепу; g' – приведене прискорення вільного падіння з урахуванням енергетичного впливу маси колісних пар, що обертаються; I_j – порядковий номер колії призначення.

3. Перевірка умови $\gamma' = 1$ для кожного головного відчепа складу, який знаходиться на насувній частині гірки.

4. У випадку виконання даної умови процес розпуску припиняється та визначається тривалість виконання маневрових операцій з направлення вагонів на j -ту колію сортувального парку згідно з призначенням відчепа, яка додається до тривалості розпуску складу.

У дисертаційній роботі процес направлення відчепа на колію сортувального парку (рис. 1) формалізовано для шести варіантів.

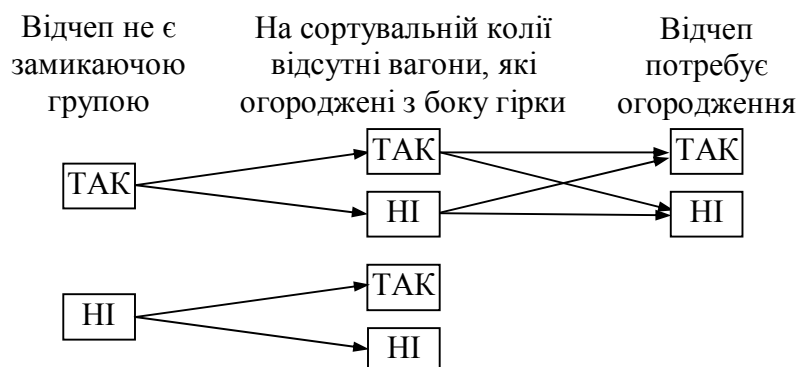


Рисунок 1 – Можливі варіанти направлення відчепа на сортувальну колію

5. Зміна параметрів складу та відновлення процесу розпуску.

У результаті статистичного аналізу випадкових величин швидкості підходу відчепів до вагонів, які знаходяться на сортувальних коліях, та довжини «вікон», що утворюються між ними, які отримано на реальній станції та методом моделювання, а також перевірки за U -критерієм Уїлкоксона встановлено адекватність даної моделі.

Для визначення можливості отримання залежностей для нормування параметрів якості прицільного регулювання швидкості відчепів на гірках:

- середньої швидкості підходу відчепів до вагонів, які знаходяться на сортувальних коліях, $\bar{v}_3$;

- середньої довжини «вікна» на один перероблений вагон $l_{\text{вік}}$;

- середньої кількості операцій осаджування на один перероблений вагон $P_{\text{ос}}$, досліджено вплив на них наступних факторів:

- похибки гальмування відчепів (середньоквадратичної помилки розрахунку та реалізації швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій) σ_v , яка варіюється в межах 0,1-1,0 м/с з кроком 0,1 м/с;

- вагової категорії вагонів у потоці, що підлягає розформуванню (при цьому частота появи вагонів важкої та середньо-важкої вагової категорії варіюється в межах 15-85 % з кроком 10 %);

- кількості вагонів у відчепі (при цьому частота появи відчепів з 1 вагону варіюється в межах 10-80 % з кроком 10 %);

- ухилу сортувальних колій i , який варіюється в межах 0,6-2,0 ‰ з кроком 0,2 ‰.

Параметри якості прицільного регулювання швидкості відчепів отримано в результаті імітаційного моделювання розформування составів на сортувальній гірці.

Аналіз отриманих даних дозволив встановити, що між основними факторами та параметрами якості прицільного регулювання швидкості відчепів має місце певний кореляційний нелінійний зв'язок, для оцінки тісноти якого використано кореляційне відношення $\eta_{y/x}$. Наявність такого зв'язку дає можливість встановити залежності для їх нормування.

У третьому розділі отримано нові залежності, 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 (середню швидкість $\bar{v}_3$ підходу відчепів до вагонів, які знаходяться на сортувальних коліях, середню довжину «вікна» на один перероблений вагон $l_{\text{вік}}$, середню кількість операцій осаджування на один перероблений вагон $P_{\text{ос}}$), а також середню тривалість осаджування на коліях сортувального парку у розрахунку на один перероблений вагон з урахуванням впливу швидкості руху поодинокого локомотива сортувальною колією.

Для перевірки можливості отримання цих залежностей визначено однофакторні регресійні моделі (фактором є похибка гальмування відчепів), за якими з урахуванням вагової категорії вагонів або кількості вагонів у відчепі можна визначити $\bar{v}_3$, $l_{\text{вік}}$, $P_{\text{ос}}$. Крім того, отримано двофакторні регресійні моделі для нормування вказаних параметрів, факторами яких є похибка гальмування та ухил сортувальних колій.

Коефіцієнти регресійних моделей визначено за методом найменших квадратів. У якості оцінки дисперсії випадкової величини використано залишкову дисперсію. Для перевірки адекватності регресійних моделей використано F -критерій Фішера, відносно відхилення дійсних значень від прогнозних та множинне кореляційне відношення (для двофакторних моделей).

Наявність дуже значного кореляційного зв'язку між похибкою гальмування відчепів σ_v і середньою швидкістю підходу відчепів до вагонів, які знаходяться на сортувальних коліях, $\bar{v}_3$ ($\eta_{v/x} = 0,93$) та слабкого впливу на цей параметр вагової категорії вагонів ($\eta_{v/x} = 0,15$) дозволило отримати для визначення $\bar{v}_3$ залежність виду

$$\bar{v}_3 = b_0 + b_1 \sigma_v^2. \quad (1)$$

Наявність помірного впливу вагової категорії вагонів на середню довжину «вікна» $l_{\text{вік}}$ та середню кількість операцій осаджування $P_{\text{ос}}$ на один перероблений вагон ($\eta_{v/x} = 0,44$ і $\eta_{v/x} = 0,42$ відповідно) не дозволило встановити вид залежності для опису всієї сукупності отриманих значень $l_{\text{вік}}$ та $P_{\text{ос}}$. Але урахування впливу вагової категорії вагонів на середню довжину «вікна» та кількість операцій осаджування на один перероблений вагон є можливим шляхом отримання коефіцієнтів залежності (1) для трьох випадків – коли частота появи вагонів важкої та середньо-важкої вагової категорії складає: 1) 75 % і більше; 2) 55-75 %; 3) менше ніж 55 %.

Наявність дуже значного кореляційного зв'язку між σ_v і $\bar{v}_3$ ($\eta_{v/x} = 0,93$) та слабкого впливу на цей параметр кількості вагонів у відчепі ($\eta_{v/x} = 0,10$) дозволило отримати для визначення $\bar{v}_3$ залежність виду (1).

Наявність помірного впливу кількості вагонів у відчепі на $l_{\text{вік}}$ та $P_{\text{ос}}$ ($\eta_{v/x} = 0,41$ і $\eta_{v/x} = 0,45$ відповідно) не дозволило встановити вид залежності для опису всієї сукупності отриманих значень $l_{\text{вік}}$ та $P_{\text{ос}}$. Але урахування впливу кількості вагонів у відчепі на середню довжину «вікна» та кількість операцій осаджування на один перероблений вагон є можливим шляхом отримання коефіцієнтів залежності (1) для п'яти випадків – коли частота появи відчепів з 1 вагону складає: 1) 70-80 %; 2) 60-70 %; 3) 50-60 %; 4) 30-50 %; 5) 10-30 %.

Наявність значного кореляційного зв'язку між σ_v і $\bar{v}_3$, $l_{\text{вік}}$ та $P_{\text{ос}}$ ($\eta_{v/x} = 0,70$, $\eta_{v/x} = 0,81$ і $\eta_{v/x} = 0,81$ відповідно) та помірного впливу на $\bar{v}_3$ ухилу сортувальних колій i ($\eta_{v/x} = 0,48$) і слабкого впливу ухилу на $l_{\text{вік}}$ та $P_{\text{ос}}$ ($\eta_{v/x} = 0,27$) дозволило отримати для визначення цих параметрів залежність виду

$$\bar{v}_3 = b_0 + b_1 \sigma_v^2 + b_2 i^2. \quad (2)$$

Наслідком отримання залежностей (1) і (2) та визначення меж використання залежності (1), які обумовлені впливом параметрів вагонопотоку, що переробляється на сортувальній гірці, є можливість встановлення виду двофакторної регресійної моделі $\bar{v}_3 = f(\sigma_v, i; b_0, b_1, \dots, b_k)$ для нормування параметрів якості прицільного регулювання швидкості відчепів, факторами якої є похибка гальмування відчепів σ_v та ухил сортувальних колій i .

У результаті проведення активного регресійного експерименту встановлено нову залежність для нормування параметрів якості прицільного регулювання у вигляді поліному другого ступеня

$$\bar{v}_3 = b_0 + b_1 \sigma_v + b_2 i + b_{12} \sigma_v i + b_{11} \sigma_v^2 + b_{22} i^2. \quad (3)$$

Під час визначення коефіцієнтів поліному для нормування середньої швидкості підходу відчепів до вагонів, які знаходяться на сортувальних коліях,

розглянуто два співвідношення, а середньої довжини «вікна» або кількості операцій осаджування на один перероблений вагон – п'ятнадцять співвідношень (табл. 1), що відрізняються параметрами вагонопотоку.

Таблиця 1 – Співвідношення, що розглядаються під час експерименту

Спів-відно-шення	Частота появи (%) у потоці, що пере-робляється		Спів-відно-шення	Частота появи (%) у потоці, що пере-робляється	
	вагонів важкої та середньо-важкої вагової категорії	відчепів з 1 вагону		вагонів важкої та середньо-важкої вагової категорії	відчепів з 1 вагону
Для нормування $\bar{v}_3$					
1	65 і більше	10-80	2	менше за 65	10-80
Для нормування $l_{\text{вік}}$ та $P_{\text{ос}}$					
1	75 і більше	70-80	9	55-75	30-50
2		60-70	10		10-30
3		50-60	11	менше за 55	70-80
4		30-50	12		60-70
5		10-30	13		50-60
6	55-75	70-80	14		30-50
7		60-70	15		10-30
8		50-60			

Знаючи середню довжину «вікна» $l_{\text{вік}}$ та кількість операцій осаджування $P_{\text{ос}}$ на один перероблений вагон, можна визначити середню тривалість осаджування вагонів на коліях сортувального парку у розрахунку на один вагон

$$t'_{\text{ос}} = 2P_{\text{ос}}t_1 + 0,06l_{\text{вік}}\left(\frac{1}{v_{\text{ос}}} + \frac{1}{v_{\text{л}}}\right) \quad (4)$$

з урахуванням тривалості піврейса заїзду на сортувальну колію поодинокого локомотива t_1 , швидкості осаджування $v_{\text{ос}}$ та руху поодинокого локомотива сортувальною колією у бік горба гірки $v_{\text{л}}$.

Адекватність значень $t'_{\text{ос}}$ у разі використання для їх розрахунку $P_{\text{ос}}$ і $l_{\text{вік}}$, які отримано за результатами імітаційного моделювання і за залежністю виду (3), підтверджено шляхом перевірки за подвійним t -критерієм Стюдента, F -критерієм Фішера та U -критерієм Уїлкоксона.

Для визначення впливу на $t'_{\text{ос}}$ тривалості піврейса заїзду t_1 та швидкості руху поодинокого локомотива $v_{\text{л}}$ довжина піврейса l_1 варіюється в межах 201-460 м, а значення $v_{\text{л}}$ – в межах 5-40 км/год. Значення $P_{\text{ос}}$ і $l_{\text{вік}}$ прийнято за залежністю (3). Швидкість осаджування становить 5 км/год.

Під час досліджень за виразом (4) визначено $t'_{\text{ос}}$ для п'ятнадцяти співвідношень (табл. 1), у яких варіювалися чотири випадки довжини піврейса заїзду l_1 (201-260 м, 261-320 м, 321-380 м, 381-460 м) і п'ять випадків швидкості $v_{\text{л}}$ (5 км/год., 7 км/год., 10 км/год., 15 км/год., 40 км/год.). У результаті отримано залежність для нормування тривалості осаджування у розрахунку на один вагон виду

$$t'_{\text{ос}} = b_0 + b_1\sigma_v + b_2i + b_{12}\sigma_v i + b_{11}\sigma_v^2 + b_{22}i^2, \quad (5)$$

коефіцієнти якої визначено для відповідних діапазонів швидкостей руху $v_{\text{л}}$ у випадках, які відрізняються параметрами вагонопотоку (табл. 2). При цьому довжина піврейса заїзду l_1 знаходиться у межах 201-460 м.

Таблиця 2 – Випадки, для яких отримано залежність для нормування тривалості осаджування у розрахунку на один вагон

Випа- док	$v_{л}$, км/год.	Частота появи (%) у потоці, що переробляється		Співвідношення, які об'єднуються
		вагонів важкої та середньо- важкої вагової категорії	відчепів з 1 вагону	
1	5-7, 7-10, 10-15,	75 і більше	60-80	1+2
2	15-40		30-60	3+4
3	5-7, 7-15, 15-40		10-30	5
4	5-7, 7-10, 10-15,	55-75	60-80	6+7
5	15-40		30-60	8+9
6	5-7, 7-15, 15-40		10-30	10
7	5-7, 7-10, 10-15,	менше за 55	60-80	11+12
8	15-40		30-60	13+14
9	5-7, 7-15, 15-40		10-30	15

В цілому, для усіх випадків, які наведено у табл. 2, збільшення похибки гальмування σ_v від 0,1 м/с до 1,0 м/с викликає зростання t'_{oc} у 1,7-6,2 рази (дана різниця збільшується зі збільшенням i), збільшення ухилу сортувальних колій i від 0,6 ‰ до 2 ‰ викликає зменшення t'_{oc} у 1,2-4,4 рази (дана різниця зменшується зі збільшенням σ_v), збільшення швидкості руху поодинокого локомотива $v_{л}$ від 5-7 км/год. до 15-40 км/год. викликає зменшення t'_{oc} в середньому до 40 %.

У четвертому розділі удосконалено метод визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості відчепів, що дозволяє встановити точність прицільного регулювання та ухил сортувальних колій, за яких мінімізуються загальні витрати на розформування составів на гірках.

Ефективність функціонування сортувальної гірки визначається за мінімальними загальними витратами $E_{загал}$, які до свого складу включають зведені витрати $Z_{авт}$, які пов'язані з автоматизацією паркової гальмової позиції, та річні експлуатаційні витрати $E_{оп}$, які пов'язані з осаджуванням вагонів на коліях сортувального парку $E_{ос}$ та з їх пошкодженням під час сортування $E_{пошк}$

$$E_{загал} = Z_{авт} + E_{оп}. \quad (6)$$

У свою чергу річні витрати $E_{ос}$ складаються з витрат, які пов'язані з роботою маневрових локомотивів $E_{л}$ та з простоем вагонів $E_{в}$.

Значення $E_{л}$ залежать від середньої кількості составів, що розформовуються на гірці протягом доби N_p , середньої тривалості осаджування у розрахунку на один состав $t_{ос}$, вартості однієї локомотиво-години маневрової роботи $e_{лг}$. Значення $E_{в}$ залежать від N_p , $t_{ос}$, середньої кількості вагонів у составі m_c , вартості однієї вагоно-години простою вагона $e_{вг}$.

Річні експлуатаційні витрати $E_{пошк}$ складаються з витрат на ремонт вагонів E_p , додаткових витрат на вагонний парк K_v і витрат на відшкодування вантажовласникам за пошкодження та втрати вантажу, а також на перевантаження залізницею вантажу з пошкодженого вагона та ліквідацію його зсуву $E_{вант}$.

Значення E_p залежать від річної кількості пошкоджених вагонів $N_{пошк}$ та середньої вартості ремонту пошкодженого вагона з урахуванням вартості втрачених та (або) пошкоджених частин C_p . Значення K_v залежать від втрат перевізних ресурсів внаслідок направлення вагонів у ремонт ΔB та середньозваженої вар-

тості одного вагона Π_v . Значення $E_{\text{вант}}$ залежать від $N_{\text{пошк}}$ і середніх витрат на відшкодування вантажовласникам, перевантаження та ліквідацію зсуву вантажу у розрахунку на один пошкоджений вагон $C_{\text{вант}}$.

Значення $N_{\text{пошк}}$ залежать від добового обсягу переробки вагонів N та кількості пошкоджених вагонів на 1000 перероблених $n_{\text{пошк}}$, можливе значення якої визначено за виразом

$$n_{\text{пошк}} = b_0 + b_1 e^{\sigma_v} + b_2 e^i + b_{12} e^{\sigma_v i} + b_{11} e^{\sigma_v^2} + b_{22} e^{i^2}$$

для двох випадків – коли частота появи у потоці, що переробляється, вагонів важкої та середньо-важкої вагової категорії складає: 1) 65 % і більше; 2) менш, ніж 65 %.

Значення ΔB залежать від $N_{\text{пошк}}$, тривалості виконання операцій з пошкодженим вагоном t_p та річного фонду робочого часу вагона.

Під час досліджень:

- розглянуто три варіанти, які відрізняються значенням $Z_{\text{авт}}$ (див. рис. 2);
- розглянуто три випадки (табл. 3), які відрізняються параметрами вагону-потоку, що підлягає переробці (перший характеризується найменшими значеннями $t'_{\text{ос}}$ і найбільшими $n_{\text{пошк}}$, другий – найбільшими $t'_{\text{ос}}$ і найменшими $n_{\text{пошк}}$, третій – середніми $t'_{\text{ос}}$ і найменшими $n_{\text{пошк}}$);
- розглянуто дев'ять сполучень $C_p + C_{\text{вант}}$ (1-9 тис. грн.).

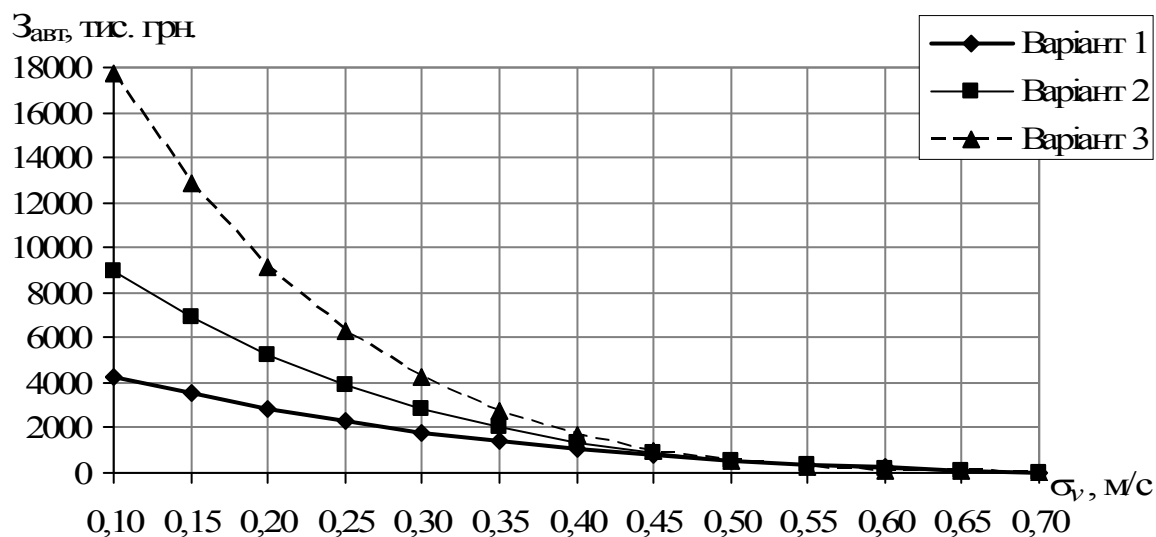


Рисунок 2 – Залежність витрат $Z_{\text{авт}}$ від похибки гальмування відчепів за варіантами

Таблиця 3 – Характеристика випадків, що розглядаються

Випадок	Частота появи (%) у потоці, що переробляється		$v_{\text{л}}$, км/год
	вагонів важкої та середньо-важкої вагової категорії	відчепів з 1 вагону	
1	75 і більше	10-30	15-40
2	менше за 55	60-80	5-7
3	55-75	30-60	10-15

Результати досліджень дозволили встановити, що у випадках 1-3 для трьох варіантів (рис. 2), які відрізняються значенням $Z_{\text{авт}}$, мінімум загальних витрат на розформування составів на гірці забезпечується за похибки гальмування відчепів (середньоквадратичної помилки розрахунку та реалізації швидкостей їх виходу з гальмових позицій) $\sigma_v^{\text{рац}}$, що знаходиться у межах 0,30-0,55 м/с за середньодобової

кількості составів $N_p = 55$ (добовий обсяг переробки $N = 3025$ вагонів) і $0,20-0,55$ м/с у разі $N_p = 95$ составів ($N = 5225$ вагонів).

Незалежно від варіанту витрат $Z_{\text{авт}}$ найбільші значення $\sigma_v^{\text{рац}}$ можливі за $C_p + C_{\text{вант}} = 1$ тис. грн. Збільшення значень N_p , $C_p + C_{\text{вант}}$ і t_p в цілому призводить до збільшення витрат $E_{\text{ос}}$ і $E_{\text{пошк}}$ та зменшення можливого значення $\sigma_v^{\text{рац}}$. Найменші можливі значення $\sigma_v^{\text{рац}}$ відповідають варіанту 1 $Z_{\text{авт}}$, що пояснюється значно меншими витратами на автоматизацію у порівнянні з варіантами 2 і 3 за значення $\sigma_v^{\text{рац}} \leq 0,4$ м/с (див. рис. 2).

У випадку 1 ухил сортувальних колій $i_{\text{рац}}$, за якого забезпечується мінімум загальних витрат на розформування составів на сортувальній гірці, завжди дорівнює $0,6$ ‰, що пояснюється перевищенням витрат $E_{\text{пошк}}$ над витратами $E_{\text{ос}}$.

У випадку 2 має місце суттєвий розкид значень $i_{\text{рац}}$. Так, наприклад, за $N_p = 55$ составів, $t_p = 8$ год. і $C_p + C_{\text{вант}} = 1$ тис. грн. цей ухил дорівнює $1,4$ ‰, а за $C_p + C_{\text{вант}} = 9$ тис. грн. – $0,6$ ‰. Суттєвий вплив на значення $i_{\text{рац}}$ у цьому випадку чинить сума $C_p + C_{\text{вант}}$, збільшення якої призводить до зменшення ухилу.

У випадку 3 також має місце розкид значень ухилу сортувальних колій $i_{\text{рац}}$ у діапазоні $1,1-0,6$ ‰. Але раціональний варіант функціонування гірки у більшості дослідів забезпечується за $i_{\text{рац}} = 0,6$ ‰ (у разі $C_p + C_{\text{вант}} = 3-9$ тис. грн. завжди).

У цілому в меншій мірі значення $i_{\text{рац}}$ залежать від тривалості виконання операцій з пошкодженим вагоном t_p , збільшення якої призводить до зменшення $i_{\text{рац}}$ для відповідного значення $C_p + C_{\text{вант}}$. Вплив t_p на $i_{\text{рац}}$ зменшується зі збільшенням значень $C_p + C_{\text{вант}}$.

Вплив середньодобової кількості составів N_p на $i_{\text{рац}}$ є незначним.

У випадку 1 загальні річні витрати у раціональних варіантах функціонування сортувальної гірки ($E_{\text{загал}}^{\text{рац}}$) у разі $N_p = 55$ составів становлять $2840,437-11209,298$ тис. грн., у разі $N_p = 95$ составів – $4558,648-18449,904$ тис. грн. У випадку 2 вони перевищують відповідні витрати для випадку 1 на $10-49$ %. У випадку 3 максимальне перевищення відповідних витрат для випадку 1 становить 15 %.

Варіанти функціонування сортувальної гірки, для яких $\sigma_v > \sigma_v^{\text{рац}}$, є економічно неефективними. У більшості з них, навіть за відсутності витрат, що пов'язані з автоматизацією, $E_{\text{загал}} > E_{\text{загал}}^{\text{рац}}$. Але для варіантів, коли $\sigma_v < \sigma_v^{\text{рац}}$, існують граничні зведені витрати $Z'_{\text{авт}}$, що пов'язані з автоматизацією паркової гальмової позиції, за яких ці варіанти будуть економічно ефективними. Такі варіанти (рис. 3) відповідають умові

$$E'_{\text{загал}} = E_{\text{загал}}^{\text{рац}}, \quad (7)$$

де $E'_{\text{загал}}$ – загальні витрати у варіантах з $\sigma_v < \sigma_v^{\text{рац}}$.

При цьому, для кожного варіанту з $\sigma_v < \sigma_v^{\text{рац}}$ витрати $E'_{\text{загал}}$ будуть досягнуті за ухилів сортувальних колій i , які забезпечують виконання умови $E_{\text{загал}} = \min$.

Виходячи з виразу (6), граничні зведені витрати, які пов'язані з автоматизацією гальмової позиції, для кожного варіанту з $\sigma_v < \sigma_v^{\text{рац}}$ визначаються за формулою:

$$Z'_{\text{авт}} = E'_{\text{загал}} - E_{\text{оп}}. \quad (8)$$

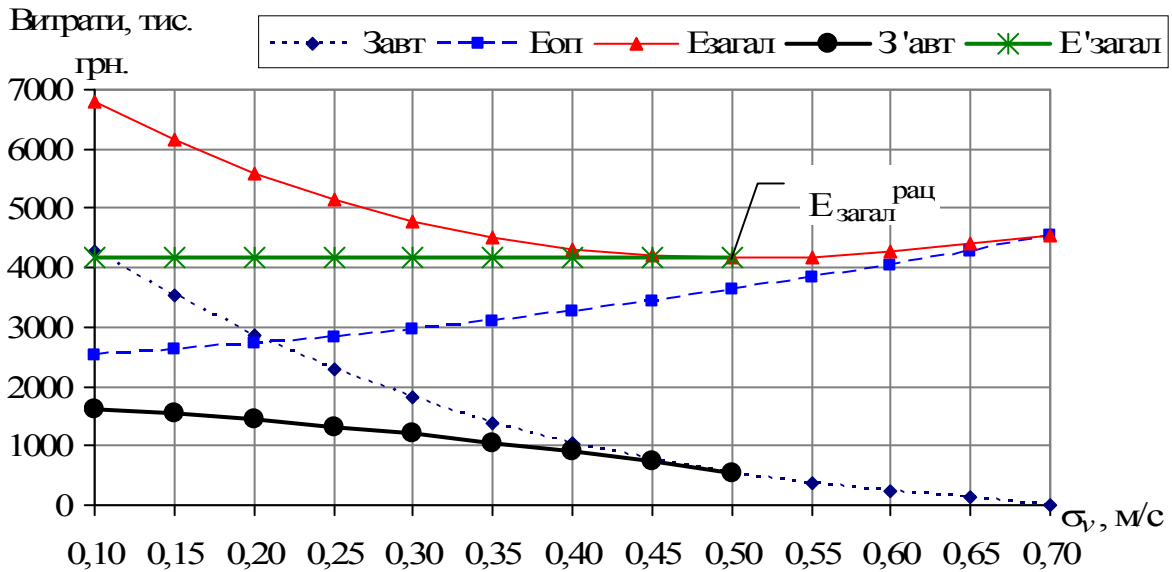


Рисунок 3 – Витрати у випадку 2 за $C_p + C_{\text{вант}} = 1$ тис. грн., $t_p = 8$ год, $N_p = 55$ составів, $Z_{\text{авт}}$ – варіант 1, $i_{\text{рац}} = 1,4 \%$

Якщо можливо реалізувати варіант з $\sigma_v < \sigma_v^{\text{рац}}$, для якого $Z_{\text{авт}} = Z'_{\text{авт}}$, то його слід прийняти до впровадження, тому що у даному варіанті будуть забезпечені менші значення $t'_{\text{ос}}$ і $n_{\text{пошк}}$ без збільшення $E_{\text{загал}} = E_{\text{загал}}^{\text{рац}}$.

Будь-який варіант автоматизації паркової гальмової позиції зі зведеними витратами $Z''_{\text{авт}}$, що є меншими за $Z'_{\text{авт}}$, призводить до появи річного економічного ефекту

$$\Delta E = Z'_{\text{авт}} - Z''_{\text{авт}},$$

максимальне значення якого становить

$$\Delta E_{\text{max}} = Z'_{\text{авт}}.$$

Будь-які значення річного економічного ефекту за певних $C_p + C_{\text{вант}}$, t_p і N_p знаходяться в області економічних ефектів (рис. 4), яка утворюється обмеженнями:

$$0 \leq \Delta E \leq Z'_{\text{авт}},$$

$$Z_{\text{авт}}^{\text{рац}} \leq \Delta E \leq Z'''_{\text{авт}}.$$

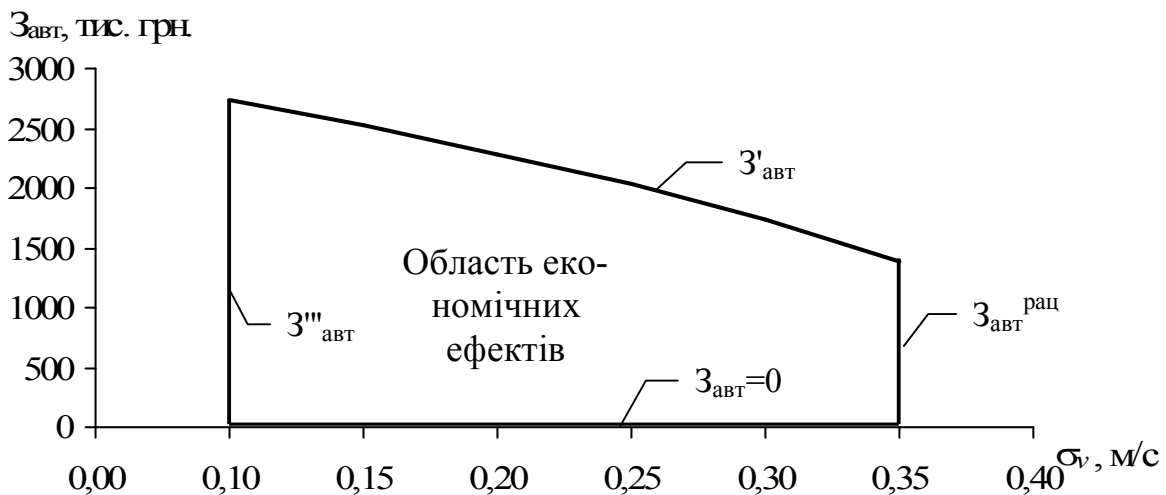


Рисунок 4 – Область економічних ефектів

У додатках наведено показники процесу розформування-формування составів на сортувальних гірках та параметри вагонопотоків, що переробляються на них, процедуру визначення тривалості виконання операцій з направлення вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива, на колію сортувального парку, регресійні моделі, які розглянуто у дисертаційній роботі, плани проведення експериментів для отримання значень середньої швидкості підходу відчепів до вагонів, які знаходяться на сортувальних коліях, довжини «вікна» та кількості операцій осаджування на один перероблений вагон, результати обчислювальних експериментів, дані для розрахунків, ілюстрації допоміжного характеру, а також довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують науково-прикладне завдання підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок шляхом визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості відчепів на основі науково обґрунтованих методів їх комплексної оцінки. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки та пропозиції:

1. Виконаний аналіз наукових робіт щодо проблеми підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок дозволив встановити, що точність прицільного регулювання швидкості відчепів суттєво впливає на довжину «вікон» на підгіркових коліях та швидкість підходу відчепів до вагонів, що знаходяться на цих коліях, існуючі моделі розформування составів на сортувальних гірках не враховують особливих умов розпуску за наявності вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива, існуючі методи нормування тривалості осаджування вагонів на сортувальних коліях не враховують усіх чинників, які на неї впливають, або потребують виконання імітаційного моделювання, що створює певну проблему для працівників станцій, одним з основних критеріїв для визначення раціональної конструкції гірки, її технічних параметрів і технології роботи є економічна ефективність функціонування гірки.

2. Аналіз показників роботи сортувальних гірок і параметрів вагонопотоків, що підлягають переробці на них, дозволив встановити, що під час регулювання швидкості відчепів мають місце похибки швидкості їх виходу з гальмових позицій, середня швидкість підходу відчепів до вагонів, які знаходяться на сортувальних коліях, перевищує нормативну, у структурі вагонопотоку спостерігається значне коливання за кількістю вагонів у відчепі та ваговою категорією вагонів, вагони, які заборонено спускати з гірки без локомотива, складають значну частку загального вагонопотоку, який підлягає переробці на гірці.

3. Удосконалено імітаційну модель процесу розформування составів поїздів на сортувальній гірці з метою урахування особливих умов сортування вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива. Дана модель є адекватною та може бути використана для розв'язання прикладних задач.

4. Дослідження впливу похибки гальмування відчепів (середньоквадратичної помилки розрахунку та реалізації швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій), вагової категорії вагонів, кількості вагонів у відчепі, ухилу сортуваль-

них колій на основні параметри якості прицільного регулювання швидкості відчепів на сортувальній гірці (середню швидкість підходу відчепів до вагонів, які знаходяться на сортувальних коліях, середню довжину «вікна» на один перероблений вагон і середню кількість операцій осаджування на один перероблений вагон) дозволило встановити наявність певного кореляційного нелінійного зв'язку між факторами та основними параметрами, для оцінки тісноти якого використано кореляційне відношення.

5. Отримано нову залежність у вигляді поліному другого ступеню, факторами якої є похибка гальмування відчепів та ухил сортувальних колій, для нормування:

– середньої швидкості підходу відчепів до вагонів, які знаходяться на сортувальних коліях. Коефіцієнти поліному для урахування параметрів вагонопотоку отримано для двох випадків – коли частота появи у потоці вагонів важкої та середньо-важкої вагової категорії складає: 1) 65 % і більше; 2) менше ніж 65 %;

– середньої довжини «вікна» та кількості операцій осаджування на один перероблений вагон. Коефіцієнти поліному для урахування параметрів вагонопотоку отримано для п'ятнадцяти співвідношень, у яких сполучаються три випадки щодо вагової категорії вагонів (коли частота появи у потоці, що переробляється, вагонів важкої та середньо-важкої вагової категорії складає: 1) 75 % і більше; 2) 55-75 %; 3) менше ніж 55 %) і п'ять випадків щодо кількості вагонів у відчепі (коли частота появи у потоці, що переробляється, відчепів з 1 вагону складає: 1) 70-80 %; 2) 60-70 %; 3) 50-60 %; 4) 30-50 %; 5) 10-30 %).

6. Отримано нову залежність у вигляді поліному другого ступеню для нормування середньої тривалості осаджування на коліях сортувального парку у розрахунку на один вагон, факторами якої є похибка гальмування відчепів та ухил сортувальних колій. При цьому враховано вплив параметрів вагонопотоку, що переробляється на гірці, та швидкості руху поодинокого локомотива сортувальною колією під час його повернення в бік горба гірки після виконання осаджування, яка змінюється у межах 5-40 км/год. Швидкість осаджування – 5 км/год.

Збільшення похибки гальмування відчепів від 0,1 м/с до 1,0 м/с викликає зростання тривалості осаджування в цілому у 1,7-6,2 рази. Збільшення ухилу сортувальних колій від 0,6 ‰ до 2 ‰ викликає її зменшення в цілому у 1,2-4,4 рази. Збільшення швидкості руху поодинокого локомотива від 5-7 км/год. до 15-40 км/год. викликає зменшення тривалості осаджування в середньому до 40 %.

7. Удосконалено метод визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості відчепів, що дозволяє встановити точність прицільного регулювання та ухил сортувальних колій, за яких мінімізуються загальні витрати на розформування составів на гірках. Ефективність функціонування сортувальної гірки визначається за мінімальними витратами, які до свого складу включають зведені витрати, що пов'язані з автоматизацією паркової гальмової позиції, і річні експлуатаційні витрати, що пов'язані з осаджуванням вагонів на коліях сортувального парку та з їх пошкодженням під час сортування. Раціональні варіанти функціонування гірки забезпечуються за похибки гальмування відчепів, яка знаходиться у межах 0,20-0,55 м/с.

8. Варіанти автоматизації паркової гальмової позиції, у яких похибка гальмування відчепів перевищує похибку для раціонального варіанту функціонуван-

ня гірки, є економічно неефективними. Для варіантів з похибкою гальмування відчепів меншою за похибку у раціональному варіанті існують граничні зведені витрати, що пов'язані з автоматизацією паркової гальмової позиції, за яких ці варіанти будуть економічно ефективними. У разі можливості реалізації такого варіанту, його слід прийняти до впровадження, тому що у ньому будуть меншими тривалість осаджування вагонів і кількість пошкоджених вагонів без збільшення загальних витрат.

9. Варіант автоматизації паркової гальмової позиції зі зведеними витратами, які є меншими за граничні, призводить до появи річного економічного ефекту, максимальне значення якого дорівнює граничним зведеним витратам. Будь-які значення річного економічного ефекту знаходяться в області економічних ефектів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Журавель В. В. Тривалість осаджування вагонів і фактори, що на неї впливають / В. В. Журавель // Вісник ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна. – Вип. 25. – Д: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2008. – С. 155–158.

2. Журавель В. В. Точність гальмування, кількість вагонів у відчепі та показники роботи сортувальної гірки / В. В. Журавель // Вісник ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна. – Вип. 28. – Д: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2009. – С. 133–136.

3. Журавель В. В. Показники роботи сортувальної гірки та фактори, що на них впливають / В. В. Журавель // Вісник ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна. – Вип. 32. – Д: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – С. 237–241.

4. Журавель В. В. Визначення раціональних варіантів процесу розформування-формування составів на сортувальних гірках / В. В. Журавель // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 3/3 (57). – С. 24–30.

5. Журавель В. В. Вплив наявності вагонів, які заборонено спускати з гірки, на процес розпуску составів / В. В. Журавель // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 4/3 (58). – С. 38–44.

6. Журавель В. В. Точність гальмування, вага вагонів і показники роботи сортувальної гірки / В. В. Журавель, Г. І. Музикіна, І. Л. Журавель // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 5. – С. 46–48.

7. Журавель В. В. Тривалість осаджування вагонів та їх пошкодження під час сортування на гірках / В. В. Журавель, П. О. Яновський // Залізн. трансп. України. – 2012. – № 2. – С. 32–36.

Додаткові праці:

1. Журавель В. В. Использование имитационного моделирования процесса расформирования составов на сортировочной горке для определения показателей, характеризующих качество сортировочного процесса / В. В. Журавель, Ю. А. Муха, А. А. Муратов // Комп'ютерне моделювання: Міждерж. наук.-метод. конф., (29 червня – 1 липня 2000 р., м. Дніпродзержинськ) тези доповідей. – Дніпродзержинськ: Дніпродзержинський державний технічний університет, 2000. – С. 192–193.

2. Журавель В. В. Проблеми регулювання швидкості скочування відчепів на сортувальних гірках / В. В. Журавель, І. Л. Журавель // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. – К.: ДЕТУТ, 2008. – С. 130–131.

3. Журавель В. В. Вплив точності гальмування відчепів і ваги вагонів на показники роботи сортувальної гірки / В. В. Журавель, І. Л. Журавель // Проблеми економіки транспорту: тези доповідей VII Міжнародної наукової конференції. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2008. – С. 23.

4. Журавель В. В. Вплив точності гальмування і кількості вагонів у відчепі на показники роботи сортувальної гірки / В. В. Журавель, І. Л. Журавель, І. О. Ковальов // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези 68 науково-практичної конференції. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2008. – С. 24–25.

5. Журавель В. В. Факторы, влияющие на время осаживания вагонов / В. В. Журавель, И. Л. Журавель, Г. И. Музыкина // Транспорт, наука, бизнес: проблемы и стратегия развития: материалы Всероссийской научно-технической конференции; посв. 130-летию Сверд. ж. д.: сб. научн. тр. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – С. 89–90.

6. Журавель В. В. Показники роботи сортувальної гірки та фактори, що на них впливають / В. В. Журавель, І. Л. Журавель, І. В. Гошкович // Проблеми и перспективы развития железнодорожного транспорта: тезисы 70 Междунар. науч.-практ. конф. (Днепропетровск, 15-16 апреля 2010 г.) – Д.: ДИИТ, 2010. – С. 126–127.

7. Переста Г. І. Точність гальмування, ухил сортувальних колій та показники роботи сортувальної гірки / Г. І. Переста, В. В. Журавель, І. Л. Журавель // Проблеми и перспективы развития железнодорожного транспорта: тезисы 70 Междунар. науч.-практ. конф. (Днепропетровск, 15-16 апреля 2010 г.) – Д.: ДИИТ, 2010. – С. 141–142.

8. Журавель В. В. Пошкодження вагонів на сортувальних гірках / В. В. Журавель, І. Л. Журавель // Интеграция Украины в международную транспортную систему: тезисы II Междунар. науч.-практ. конф. (Днепропетровск, 27–28 мая 2010 г.) – Д.: ДНУЖТ, 2010. – С. 36–37.

9. Журавель В. В. Тривалість осаджування вагонів і фактори, що на неї впливають / В. В. Журавель, І. Л. Журавель, М. О. Дудка // Интеграция Украины в международную транспортную систему: тезисы II Междунар. науч.-практ. конф. (Днепропетровск, 27–28 мая 2010 г.) – Д.: ДНУЖТ, 2010. – С. 38–39.

10. Журавель В. В. Визначення раціональних варіантів процесу розформування-формування составів на сортувальних гірках / В. В. Журавель, І. Л. Журавель, І. Л. Наріжна, О. О. Зібарова // Проблеми и перспективы развития железнодорожного транспорта: тезисы 71 Междунар. науч.-практ. конф. (Днепропетровск, 14-15 апреля 2011 г.) – Д.: ДИИТ, 2011. – С. 132–133.

11. Переста Г. І. Фактори, що впливають на ефективність процесу розформування-формування составів на сортувальних гірках / Г. І. Переста, В. В. Журавель, І. Л. Журавель // Проблеми и перспективы развития железнодорожного транспорта: тезисы 71 Междунар. науч.-практ. конф. (Днепропетровск, 14-15 апреля 2011 г.) – Д.: ДИИТ, 2011. – С. 148–149.

12. Журавель В. В. Моделирование процесса разпуска составів за наявності вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива /В. Журавель, О. В. Лашков, І. Л. Журавель // Интеграция Украины в международную транспортную систему: тезисы III Междунар. науч.-практ. конф. (17.11–18.11.2011.) – Д.: ДНУЖТ, 2011. – С. 24–25.

13. Журавель В. В. Показники роботи сортувальних гірок і параметри вагонопотоків, що переробляються на них / В. В. Журавель, І. Л. Журавель, П. О. Яновський // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: тезисы 72 Междунар. науч.-практ. конф. (Днепропетровск, 19-20 апреля 2012 г.) – Д.: ДИИТ, 2012. – С. 113–115.

АНОТАЦІЯ

Журавель В. В. Удосконалення методів оцінки прицільного регулювання на сортувальних гірках з метою підвищення ефективності їх функціонування. – На правах рукопису.

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, 2013.

Дисертація присвячена питанням підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок шляхом визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості відчепів на основі науково обґрунтованих методів їх комплексної оцінки.

У роботі виконано аналіз показників функціонування сортувальних гірок і дослідження вагонопотоків, які переробляються на них, яке, зокрема, дозволило встановити, що вагони, які заборонено спускати з гірки без локомотива, складають значну частку загального вагонопотоку. З метою урахування особливих умов розпуску за наявності таких вагонів удосконалено імітаційну модель процесу розформування составів на гірці.

Дослідження впливу похибки гальмування відчепів, вагової категорії вагонів, кількості вагонів у відчепі, ухилу сортувальних колій на основні параметри якості прицільного регулювання швидкості відчепів (середню швидкість підходу відчепів до вагонів, які знаходяться на сортувальних коліях, середню довжину «вікна» та середню кількість операцій осаджування на один перероблений вагон) дозволило отримати нові залежності для нормування цих параметрів і середньої тривалості осаджування у розрахунку на один вагон.

Удосконалений метод визначення раціональних техніко-експлуатаційних параметрів прицільного регулювання швидкості відчепів дозволяє встановити точність такого регулювання та ухил сортувальних колій, за яких мінімізуються загальні витрати на розформування составів на сортувальних гірках.

Ключові слова: сортувальна станція, сортувальна гірка, прицільне регулювання швидкості, нормування маневрових операцій, витрати на розформування составів.

АННОТАЦИЯ

Журавель В. В. Усовершенствование методов оценки прицельного регулирования на сортировочных горках с целью повышения эффективности их функционирования. – На правах рукописи.

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, 2013.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности функционирования сортировочных горок путем определения рациональных технико-эксплуатационных параметров прицельного регулирования скорости отцепов на основе научно обоснованных методов их комплексной оценки.

В работе выполнен анализ показателей функционирования сортировочных горок и исследование перерабатываемых на них вагонопотоков, которые позволили установить, что при регулировании скорости скатывания отцепов имеют место погрешности скорости их выхода из тормозных позиций, средняя скорость подхода отцепов к вагонам, находящимся на сортировочных путях, превышает нормативную, в структуре вагонопотоков наблюдается значительное колебание по количеству вагонов в отцепе и весовой категории вагонов, а вагоны, которые запрещены к спуску с горки без локомотива, составляют значительную часть общего вагонопотока.

С целью учета особых условий роспуска при наличии таких вагонов усовершенствована имитационная модель процесса расформирования составов поездов на горке. Для оценки адекватности модели выполнен статистический анализ случайных величин скорости подхода отцепов к вагонам, находящимся на сортировочных путях, и длины «окон», образующихся между ними, которые получены на реальной станции и методом моделирования. Для повышения достоверности утверждения об адекватности разработанной модели выполнена проверка гипотезы о принадлежности выборок значений случайных величин, полученных на реальной станции и методом моделирования, к одной генеральной совокупности с использованием U -критерия Уилкоксона, которая показала, что данная гипотеза не противоречит экспериментальным данным и может быть принятой.

Исследование влияния погрешности торможения отцепов (среднеквадратической ошибки расчета и реализации скоростей выхода отцепов из тормозных позиций), весовой категории вагонов, количества вагонов в отцепе, уклона сортировочных путей на основные параметры качества прицельного регулирования скорости отцепов на сортировочной горке (среднюю скорость подхода отцепов к вагонам, находящимся на сортировочных путях, среднюю длину «окна» на один переработанный вагон и среднее количество операций осаживания на один переработанный вагон) позволило установить наличие корреляционной нелинейной связи между факторами и основными параметрами, для оценки тесноты которой использовано корреляционное отношение.

Наличие такой связи дало возможность установить зависимости в виде полинома второй степени, факторами которых являются погрешность торможения отцепов и уклон сортировочных путей, для нормирования:

- средней скорости подхода отцепов к вагонам, находящимся на сортировочных путях. Коэффициенты полинома получены для двух случаев – когда частота появления в потоке вагонов тяжелой и средне-тяжелой весовой категории составляет: 1) 65 % и более; 2) менее 65 %;

- средней длины «окна» и среднего количества операций осаживания на один переработанный вагон. Коэффициенты полинома получены для пятнадцати соотношений, в которых сочетаются три случая, отличающиеся весовой категорией вагонов (когда частота появления вагонов тяжелой и средне-тяжелой весовой категории составляет: 1) 75 % и более; 2) 55-75 %; 3) менее 55 %), и пять случаев, отличающихся количеством вагонов в отцепе (когда частота отцепов из 1 вагона составляет: 1) 70-80 %; 2) 60-70 %; 3) 50-60 %; 4) 30-50 %; 5) 10-30 %);

- средней продолжительности осаживания на путях сортировочного парка в расчете на один вагон. При этом учтены влияние параметров перерабатываемого на горке вагонопотока и скорости движения одиночного локомотива по сортировочному пути при его возвращении в сторону горба горки после выполнения осаживания, которая изменяется в пределах 5-40 км/ч. Скорость осаживания – 5 км/ч.

Усовершенствованный метод определения рациональных технико-эксплуатационных параметров прицельного регулирования скорости отцепов позволяет установить точность такого регулирования и уклон сортировочных путей, при которых минимизируются общие расходы на расформирование составов на горках, которые включают приведенные расходы, связанные с автоматизацией парковой тормозной позиции, и годовые эксплуатационные расходы, связанные с осаживанием вагонов на путях сортировочного парка и с их повреждением во время сортировки.

Для вариантов автоматизации парковой тормозной позиции с погрешностью торможения отцепов меньшей, чем погрешность в рациональном варианте функционирования горки, существуют предельные приведенные расходы, связанные с автоматизацией, при которых эти варианты будут экономически эффективными. В случае возможности реализации такого варианта, его следует принять к внедрению, потому что в этом случае будут меньшими продолжительность осаживания вагонов и количество повреждаемых вагонов без увеличения общих расходов. Вариант автоматизации парковой тормозной позиции с приведенными расходами, меньшими чем предельные, приводит к появлению годового экономического эффекта.

Ключевые слова: сортировочная станция, сортировочная горка, прицельное регулирование скорости, нормирование маневровых операций, расходы на расформирование составов.

THE SUMMARY

Zhuravel V. V. Improving methods of assessing the aiming speed control on the sorting humps to improve the efficiency of their operation. - The manuscript.

Thesis for an scientific degree on the speciality 05.22.20 – maintenance and repair of transport means. – Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Dnipropetrovsk, 2013.

The dissertation deals with the problem of improving the performance of marshalling humps by defining rational technical and operational parameters of the impact speed control of cuts based on evidence-based approaches to integrated assessment.

The analysis of indexes of functioning of sorting humps and study of parameters of processed wagonflows is execute, which, in particular, revealed that the wagons, forbidden to break-up on the hump, on the sorting track without the locomotive, make up a significant portion of the total wagonflow. For consideration of the special terms of the breaking-up process if such wagons simulation model was improve of the breaking-up process of trains on hump.

Investigation of the influence of error of braking of cuts, the weight category of wagons, the quantities of wagons in cut, the slope of sorting track on the main parameters of the quality of the aiming speed control of cuts (average speed of approach of cuts to the wagons, located on the sorting track, the average length of the «window» and the quantity of operations of upsetting on one processed wagon) allowed to receives new dependences for setting the norms of these parameters and the average duration of upsetting in calculating on one wagon.

The developed method of decision of rational exactness of the aiming speed control of cuts allows to minimize the charges on the breaking-up of trains on the sorting hump.

Key words: marshaling yard, sorting hump, aiming speed control, setting of norms of manoeuvre operations, charges on the breaking-up.

ЖУРАВЕЛЬ ВЯЧЕСЛАВ ВІКТОРОВИЧ

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

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку 11. 03. 2013 р.

Формат 60х84 1/16. Ум. др. арк. 0,9. Обл.-вид. арк.1,0.

Тираж 100 прим. Замовлення № _____.

Видавництво Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК № 1315 від 31.03.2003

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010.