

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

БЕРЕЗОВИЙ МИКОЛА ІВАНОВИЧ

УДК 656.212.5

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ
ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНИХ
КОЛІЙ**

05.22.20- Експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 2010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі станцій і вузлів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Козаченко Дмитро Миколайович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
начальник науково-дослідної частини

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Ломотько Денис Вікторович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
проректор з наукової роботи

кандидат технічних наук, доцент
Яновський Петро Олександрович,
Національний авіаційний університет,
доцент кафедри організації авіаційних перевезень.

Захист відбудеться «24» червня 2010 р. о 13-00 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. Акад. 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. Акад. Лазаряна, 2,

Автореферат розісланий «__» _____ 2010 р.

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

І.В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах ринкової економіки та конкуренції з іншими видами транспорту одним з вагомих факторів забезпечення високої ефективності експлуатаційної роботи залізниць є мінімізація витрат, пов'язаних з переробкою вагонопотоків на станціях. Основні витрати сортувальних станцій припадають на процеси пов'язані з розформуванням, накопиченням та закінченням формування вантажних поїздів у сортувальних парках. Впровадження прогресивної ресурсо- та енергозберігаючої технології на етапі поїздоутворення на сортувальних станціях дозволить підвищити ефективність використання їх технічного забезпечення та зменшити собівартість перевезень. У зв'язку з цим тема дисертації, спрямована на підвищення ефективності роботи залізничних станцій шляхом удосконалення спеціалізації сортувальних колій є актуальною.

Зв'язок теми з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку залізничної галузі, які визначені у Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 №1555-р), а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Удосконалення розподілу сортувальної роботи в залізничних вузлах» (№ державної реєстрації 0107U011636), «Удосконалення методики оперативного управління сортувальним процесом на станціях», (№ державної реєстрації 0108U000642) та НДР, виконаною НВП «Укртранскад» Східного наукового центру Транспортної академії України «Розробка і аналіз варіантів будівництва зовнішньої під'їзної залізничної колії подачі металевих брухту ТОВ «МЗ «Дніпросталь» (№ державної реєстрації 0108U008053), по яких автор є виконавцем та автором звітів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням на сортувальних станціях за рахунок більш ефективного використання технічних засобів сортувальних парків. Поставлена мета досягається в результаті вирішення наступних задач:

1. Аналіз проблем зменшення витрат, пов'язаних з розформуванням-формуванням вантажних поїздів.
2. Дослідження технічного оснащення сортувальних станцій України та характеристик вагонопотоків, що надходять у розформування.
3. Розробка математичної моделі процесу поїздоутворення у сортувальних парках технічних станцій.
4. Дослідження впливу спеціалізації сортувальних колій на процеси розформування, накопичення, закінчення формування та виставки составів поїздів з сортувального парку.
5. Визначення залежності між спеціалізацією сортувальних колій та експлуатаційними витратами сортувальних станцій.
6. Формалізація задачі розподілу сортувальних колій між призначеннями і розробка методики її рішення.

Об'єктом дослідження є процес поїздоутворення на сортувальних станціях.

Предмет дослідження – спеціалізація сортувальних колій і її вплив на техніко-експлуатаційні та техніко-економічні показники роботи сортувальних станцій.

Методи дослідження. Математична статистика та кореляційний аналіз для дослідження технічного оснащення сортувальних станцій України та характеристик вагонопотоків, що надходять у розформування; імітаційне моделювання, чисельні методи рішення диференціальних рівнянь для розробки математичної моделі розформування-формування составів у сортувальних парках; теорія ймовірності, теорія маневрової роботи, імітаційне моделювання, математична статистика, планування факторних експериментів, техніко-економічний аналіз для дослідження впливу спеціалізації сортувальних колій на процеси розформування, накопичення, закінчення формування та виставки составів поїздів з сортувального парку та для визначення залежності між спеціалізацією сортувальних колій та експлуатаційними витратами сортувальних станцій; теорія графів, комбінаторні методи оптимізації для формалізації задачі розподілу сортувальних колій між призначеннями і її рішення.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1) Вперше задачу розподілу сортувальних колій між призначеннями формалізовано як оптимізаційну та запропоновано математичний метод її розв'язання, що дозволяє раціонально використовувати технічні засоби сортувальних станцій і зменшити експлуатаційні витрати пов'язані з процесом поїздоутворення.

2) Вперше отримано залежності між спеціалізацією сортувальних колій та експлуатаційними витратами, що пов'язані з поїздоутворенням на станціях, які дозволяють комплексно враховувати характеристики колій та призначень вагонопотоків, що на них накопичуються.

3) Удосконалено математичну модель процесу поїздоутворення у сортувальних парках технічних станцій, яка, на відміну від існуючих, дозволяє враховувати не лише характеристики вагонопотоків, а і конструктивні параметри сортувальних парків в яких вони накопичуються.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані методи та алгоритми реалізовано у вигляді програмного комплексу для ЕОМ «Скатывание одиночного отцепа «VS» (свідоцтво про державну реєстрацію авторських прав на твір № 30170).

Результати роботи використано:

- для удосконалення роботи станції Нижньодніпровськ-Вузол (НДВ) Придніпровської залізниці та станції Одеса-Сортувальна Одеської залізниці;
- при проектуванні промислової сортувальної станції Металургійного заводу «Дніпросталь»;
- в учбовому процесі при підготовці спеціалістів та магістрів спеціальності 8.100403 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» ДНУЗТ в дисциплінах «Залізничні станції і вузли» та «Управління експлуатаційною роботою та якість перевезень».

Наукові положення, висновки і рекомендації, а також розроблені методи, моделі і алгоритми можуть бути використані в системах підтримки рішень по розробці та удосконаленню технологічних процесів сортувальних станцій.

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. Стаття [7] опублікована без співавторів. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному: в роботі [1] автором розроблено модель поїздоутворення у сортувальному парку (п. 6.1), в статті [2] автором досліджено вплив параметрів відчепів та умов їх скочування на величину інтервалів на розділових стрілках; в статті [3] розроблено методику статистичного моделювання характеристик відчепів составу та виконано перевірку її адекватності; в статті [4] виконано моделювання випадкових параметрів відчепів, що надходять у розформування; в статті [5] отримано залежність обсягів додаткової переробки вагонів від потужності струменів вагонопотоків, запропоновано методи техніко-економічної оцінки спеціалізації сортувальних колій та розроблено методику розподілу колій сортувального парку між призначеннями одnogрупних та багатогрупних поїздів; в статті [6] виконано дослідження впливу конструктивних параметрів сортувальних колій та вагонопотоків, які на них накопичуються, на тривалість операцій по осаджуванню та підтягуванню груп вагонів різних призначень плану формування поїздів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 65-й, 66-й, 67-й, 68-й та 69-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 рр.); 4-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» (Київ, ДЕТУТ, 2008 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» (Гомель, БелГУТ, 2008); на VII Міжнародній науковій конференції «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008 р.); на 72-й Міжнародній науково-технічній конференції (Харків, УкрДАЗТ, 2010); на наукових семінарах кафедри «Станції і вузли» ДНУЗТ 2006-2009 рр. У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2010 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 16 наукових праць, з них 1 монографія, 6 науково-технічних статей у фахових виданнях, затверджених ВАК України та 9 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків і дев'яти додатків. Повний обсяг роботи – 189 сторінок; з них основного тексту 140 сторінок; додатків, списку використаних джерел, рисунків і таблиць 49 сторінок. Список використаних джерел із 130 найменувань.

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.

В першому розділі виконано аналіз сучасного стану проблеми підвищення ефективності використання технічних засобів залізничних станцій для розформування-формування поїздів.

Значний внесок по удосконаленню роботи залізничних станцій внесли вчені Акулінічев В.М., Бернгард К.А., Бобровський В.І., Бутько Т.В., Вернигора Р.В., Грунтов П.С., Єфименко Ю.І., Жуковицький І.В., Козаченко Д.М., Ломотько Д.В., Мироненко В.К., Муха Ю.О., Нагорний Є.В., Негрей В.Я., Образцов В.Н., Савенко А.С., Сотніков Є.А., Тихомиров І.Г., Шафіт Є.М., Шабалін Н.Н., Ющенко М.Р., Яновський П.О. та інші.

Технічними засобами, що забезпечують процес поїздоутворення на сортувальних станціях є сортувальні гірки, гірочні маневрові локомотиви, колійний розвиток сортувального парку, локомотиви та витяжні колії формування. З утриманням цих засобів пов'язані значні експлуатаційні витрати сортувальних станцій. Основними напрямками наукових досліджень, спрямованих на зменшення витрат, що пов'язані з розформуванням-формуванням поїздів, є удосконалення конструкції плану і поздовжнього профілю сортувальних гірок; удосконалення конструкції маневрових локомотивів і режимів управління ними; розробка і модернізація технічних засобів регулювання швидкості скочування вагонів; впровадження систем автоматизації управління розформуванням-формуванням составів; оптимізація кількості та довжини сортувальних колій, розробка їх раціональної спеціалізації. Для вирішення вказаних задач використовуються наступні методи дослідження: теорія систем масового обслуговування, аналітичне, графічне та імітаційне моделювання, лінійні та нелінійні методи оптимізації.

Колійний розвиток і технічне оснащення сортувальних станцій України склалися за часів СРСР і на фоні падіння об'ємів роботи, що відбулось у 90-ті роки ХХ сторіччя, мають резерви переробної спроможності. В той же час в сучасних умовах технічні засоби є суттєво зношеними, а фінансування заходів по їх модернізації та реконструкції практично не здійснюється. В таких умовах основна увага приділяється організаційним заходам, які не потребують значних капітальних вкладень. Одним з таких заходів є удосконалення спеціалізації сортувальних колій. Недоліками існуючих методів розв'язання цієї задачі є те, що вони розглядають вплив параметрів сортувальних колій на окремі елементи процесу поїздоутворення (розформування, накопичення чи закінчення формування составів), а також те, що для оцінки впливу параметрів сортувальних колій на експлуатаційні показники станцій використовуються недосконалі аналітичні моделі. На підставі виконаного аналітичного огляду сформульована мета дослідження, що полягає у зменшенні експлуатаційних витрат, які пов'язані з поїздоутворенням на сортувальних станціях за рахунок більш ефективного використання технічних засобів сортувальних парків.

В другому розділі представлена структура дослідження, визначено основні задачі дослідження, порядок та методи їх розв'язання, виконано аналіз технічного

забезпечення сортувальних станцій та характеристик вагонопотоків, що надходять у розформування.

В сучасних умовах на мережі залізниць України функціонує 35 сортувальних станцій серед яких 31 позакласна та 4 станції 1 класу. Всього на сортувальних станціях експлуатується 49 сортувальних гірок різної потужності та 1 витяжна колія спеціального профілю. 28 сортувальних гірок з числа підвищеної, великої та середньої потужності обладнані аналоговими та мікропроцесорними системами гірочної автоматичної централізації ГАЦ різних типів з пристроями гірочної автоматичної локомотивної сигналізації, автоматичного регулювання та задавання швидкості розпуску составів, контролю заповнення сортувальних колій вагонами, тощо. Для регулювання швидкості скочування відцепів на спускній частині гірок використовуються в основному кліщовидно-натискні та кліщовидно-вагові уповільнювачі, а на паркових позиціях – важільно-натискні уповільнювачі та башмачне гальмування. Кількість уповільнювачів старих модифікацій, термін експлуатації яких перевищує 25 років, складає 20%, основна маса нових уповільнювачів російського виробництва – 65,7%, частка українських складає лише 14,3%.

Аналіз поздовжнього профілю сортувальних колій станцій Придніпровської, Одеської та Львівської залізниць показав наявність відхилень ухилів та відміток головки рейки від проектних та нормативних значень, що виникають в процесі експлуатації сортувальних пристроїв, як в межах тимчасових норм допусків, так і за їх межами. При цьому поздовжній профіль сортувальних колій суттєво відрізняється не лише для різних станцій, а і в межах одного сортувального парку. В якості ілюстрації в табл. 1 наведено профілі частини сортувальних колій станції НДВ.

Таблиця 1 – Профіль сортувальних колій станції НДВ

№ колії	Характеристики елементів сортувальних колій, %				№ колії	Характеристики елементів сортувальних колій, %			
	1-й	2-й		3-й		1-й	2-й		3-й
	ухил i_1 , %	довжина l_2 , м	ухил i_2 , %	ухил i_3 , %		ухил i_1 , %	довжина l_2 , м	ухил i_2 , %	ухил i_3 , %
Парна система станції НДВ (I-й пучок)									
3	0	130	-0,3	-1,2	7	0	303	-1,2	-1,5
4	0	244	-0,6	-1,6	8	0	364	-1,1	-2,1
5	0	332	-0,4	-1,3	9	0	318	-1,2	-1,6
6	0	294	-0,9	-1,8	10	0	396	-1,5	-1,4
Непарна система станції НДВ (II-й та IV-й пучки)									
6	2,0	300	0,8	1,1	20	1,6	415	0,4	2,2
7	1,9	334	0,6	1,4	21	1,9	419	0	2,5
8	2,3	231	0,5	0,2	22	1,6	406	0	1,2
9	2,2	231	0,6	0,5	23	1,5	366	0,3	0
10	2,1	210	1,5	0,8	24	1,4	270	0,4	-0,6
11	1,8	211	1,7	0,2	25	1,5	271	0,4	0,3
12	1,0	328	1,7	0,6	26	1,7	334	0,1	0,3
					27	1,5	339	0,3	1,4

* Ухили елементів профілю у виділених клітинах знаходяться за межами допустимих відхилень

Аналіз сортувальних колій технічних станцій України показав що корисна довжина 35% із них відповідає нормам проектування і є більшою ніж $1,1l_c$ (тут l_c – довжина состава, що накопичується на колії), 34% колій мають корисну довжину

в межах $l_c \leq l_k \leq 1,1l_c$, а 31 % сортувальних колій мають корисну довжину меншу ніж довжина поїздів, що накопичуються. В межах окремої станції різниця у довжині сортувальних колій для накопичення поїздів досягає 175 м. Аналіз співвідношення довжини сортувальних колій та составів поїздів, що на них накопичуються, для парної системи станції НДВ наведено на рис. 1.

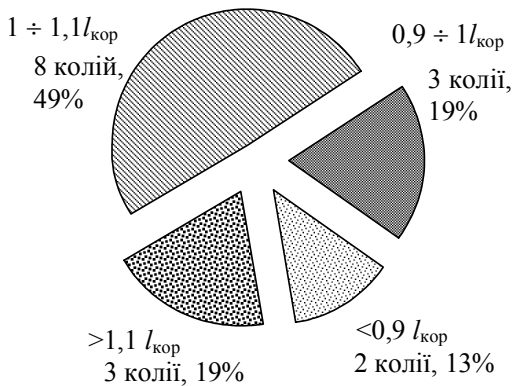


Рис.1 Діаграма розподілу сортувальних колій для накопичення поїздів за довжиною парної системи станції НДВ

Дослідження конструкції гірочних горловин існуючих сортувальних парків показали, що максимальна різниця розрахункової довжини маршрутів скочування на різні колії $l_{зг}$ не перевищує 75 м, різниця кількості стрілок $k_{стрг}$ по маршруту – 2-3. Різниця в сумах кутів повороту в стрілках та кривих $\sum \alpha_{п\grave{e}а}$ досягає 50 град. Для сортувальних гірок характерна наявність кривих малого радіусу 140-200 м, які укладені без підвищення зовнішньої рейки. Конструкція існуючих горловин голови сортувального парку має незначні відмінності від типових горловин. Ці відмінності виникають через нестандартну кількість колій у пучках та асиметричність горловин. В той же час спостерігається суттєва відмінність існуючих хвостових горловин сортувальних парків від типових. Аналіз хвостових горловин існуючих станцій показав, що максимальна різниця між довжинами піврейсів заїзду $l_{зх}$ на різні колії досягає 175 м; різниця між кількістю стрілок по маршруту заїзду $k_{стрх}$ на різні колії досягає 8 стрілок; різниця між сумами кутів повороту в кривих ділянках колії та на стрілках для різних колій досягає 50 град. Довжини піврейсів заїзду $l_{зх}$ мають значний кореляційний зв'язок із сумою кутів повороту в стрілках і кривих $\sum \alpha_{скх}$ та дуже значний із кількістю стрілочних переводів по маршруту заїзду $k_{стрх}$, що говорить про зростання роботи сил опору руху при зростанні цих показників з віддаленням колії від середини парку. В той же час у типових схемах на 16 та 36 колій різниця між довжинами піврейсів заїзду не перевищує 50 м; різниця між кількістю стрілочних переводів по маршруту заїзду не перевищує 3; різниця між сумами кутів повороту в кривих ділянках колії та на стрілках для різних колій теж досягає 50 град, але робота сил опору при маневрах для різних колій певною мірою нівелюється тим, що суми кутів повороту в стрілках та кривих ділянках колії зростають при віддаленні колії від середини парку, а довжини піврейсів заїзду зменшуються.

Для визначення параметрів вагонопотоків, що надходять у розформування виконано статистичну обробку даних натурних листів по сортувальним станціям України та визначено закони розподілу, математичні очікування та середні квадратичні відхилення випадкових величин потужності вагонопотоків $N_{доб}$, кількості вагонів у відчепі n та маси вагона q_v за призначеннями плану формування.

Розподіл призначень вагонопотоків за потужністю парної системи станцій НДВ наведено у табл. 2. Статистичний аналіз показав також суттєву відмінність параметрів n та q_v різних призначень. Для ілюстрації на рис. 2 наведено діаграми

розподілу випадкових величин довжини відчепа та ваги бруто вагона парної системи станції НДВ.

В дисертації виконано також статистичну обробку випадкової величини маси вагонів Q_v в межах окремих вагових категорій. В результаті дослідження встановлено, що в межах вагових категорій Л (для завантажених вагонів),

ЛС, С та СВ величина Q_v розподілена за рівномірним законом, а в межах важкої категорії В - є випадковою величиною, значення якої моделюється за формулою

$$Q_{v(B)} = Q_T + Q_{вп} - \xi, \quad Q_{v(B)} \geq 72 \text{ т}, \quad (1)$$

де Q_T , $Q_{вп}$ – відповідно тара та вантажопідйомність вагону;

ξ – випадкова величина недовантаження вагона, що має усічений показниковий закон розподілу, т.

Таблиця 2 – Розподіл призначень вагонопотоків за потужністю парної системи станцій НДВ

Потужність призначення $N_{доб}$, ваг	Кількість призначень
<50	2
50-100	2
100-150	3
150-200	3
>200	3

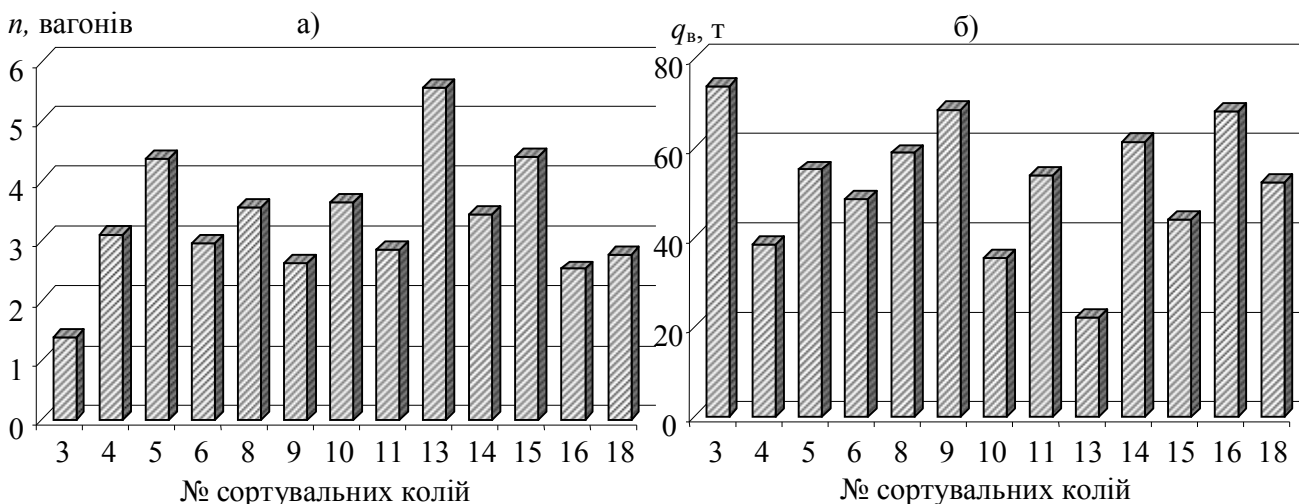


Рис. 2 Діаграми розподілу за призначеннями плану формування випадкових величин: а) довжини відчепа n , вагонів; б) ваги бруто вагона q_v , т

Виявлені особливості технічного забезпечення, схем колійного розвитку сортувальних парків, довжин та поздовжнього профілю їх сортувальних колій, поздовжнього профілю спускної частини гірок, параметрів вагонопотоків окремих призначень плану формування показали суттєву їх різницю між собою, що дозволило поставити задачу вибору раціональної спеціалізації сортувальних колій для забезпечення мінімальних витрат, пов'язаних з розформуванням-формуванням поїздів.

В третьому розділі удосконалена математична модель процесу поїздоутворення в сортувальних парках технічних станцій. В дослідженнях використовувалась трирівнева ієрархічна система моделей сортувального парку: мікрорівень – модель скочування окремого відчепа; макрорівень – модель розформування состава та метарівень – модель роботи сортувального парку в цілому.

На мікрорівні імітується регульований рух відчепа по маршруту скочування. При цьому, маршрут скочування розбитий на елементи, межами яких є харак-

терні точки плану колійного розвитку: вершина гірки, межі стрілочних переводів, кривих, гальмівних уповільнювачів і ізолюваних ділянок. Поздовжній профіль маршруту представлений за допомогою кубічного сплайна. Відчеп представлений осьюовою моделлю. Процес скочування відчепа описується диференціальним рівнянням $v' = f(s, v)$, для вирішення якого використовується метод Рунге-Кутта IV порядку з постійним кроком Δs . При цьому на кожному кроці Δs моделювання переміщення відчепа виконується за допомогою диференціального рівняння першого порядку, в якому незалежною змінною є пройдений шлях:

$$v' = \frac{dv}{ds} = \frac{g'(i - w_o - w_{cb} - w_{ck} - w_t) \cdot 10^{-3}}{v}, \quad v > 0 \quad (3)$$

де w_o – основний питомий опір руху відчепа, кгс/тс; w_{cb} – додатковий питомий опір руху від повітряного середовища, кгс/тс; w_{ck} – додатковий питомий опір руху, від стрілок і кривих; v – швидкість відчепа, м/с; g' – прискорення вільного падіння з урахуванням інерції частин, що обертаються, вагону, м/с². Модель скочування відчепа удосконалена для моделювання проштовхування вагонів у сортувальному парку. З цією метою модель доповнена інформацією про розташування вагонів на сортувальній колії та їх параметри. При цьому на кожному кроці моделювання перевіряється умова об'єднання відчепа з групою вагонів, що знаходяться на колії. У випадку зіткнення початкова швидкість об'єднаного відчепа визначається з умови збереження енергії за допомогою виразу:

$$v_3 = \sqrt{\frac{Q_{від1} v_{підх}^2 - 4Q_{від2} A_{руш} g' 10^{-3}}{2(Q_{від1} + Q_{від2})}},$$

де $A_{руш}$ – робота на зрушення групи вагонів, які знаходяться на сортувальній колії, кгм; $Q_{від1}$ та $Q_{від2}$ – відповідно, маса відчепа, що скочується, та маса групи вагонів, що знаходиться на сортувальній колії, т.

Розроблена модель реалізована у вигляді програмного комплексу для ЕОМ «Скатывание одиночного отцепа «VS», головне вікно якої зображено на рис. 3.

Математична модель розпуску составів забезпечує формування випадкового потоку відцепів та вибір режимів їх гальмування. Модель состава, що насувається містить інформацію про вагони состава, що надходять у розформування. При цьому кожен вагон описується структурою

$$C_i = \{\gamma_i, v_{bi}, \rho_i, Q_{bi}, w_{oi}, d_i\}, \quad i = 1, \dots, m_c,$$

де γ_i – тип i -го вагона, v_{bi} – число осей, ρ_i – тип підшипників, Q_{bi} – маса вагона, w_{oi} – основний питомий опір, d_i – колія призначення вагона; m_c – кількість вагонів у составі.

Для адекватної оцінки впливу спеціалізації сортувальних колій на процес поїздоутворення необхідно виконувати адекватне моделювання параметрів составів поїздів, що надходять у розформування. В результаті дослідження встановлено, що параметри окремих вагонів C_i у составі є залежними випадковими величинами. У зв'язку з цим удосконалено методи моделювання составів поїздів, що надходять у розформування. Моделюються такі випадкові величини: тип вагона, його вагова категорія і призначення.

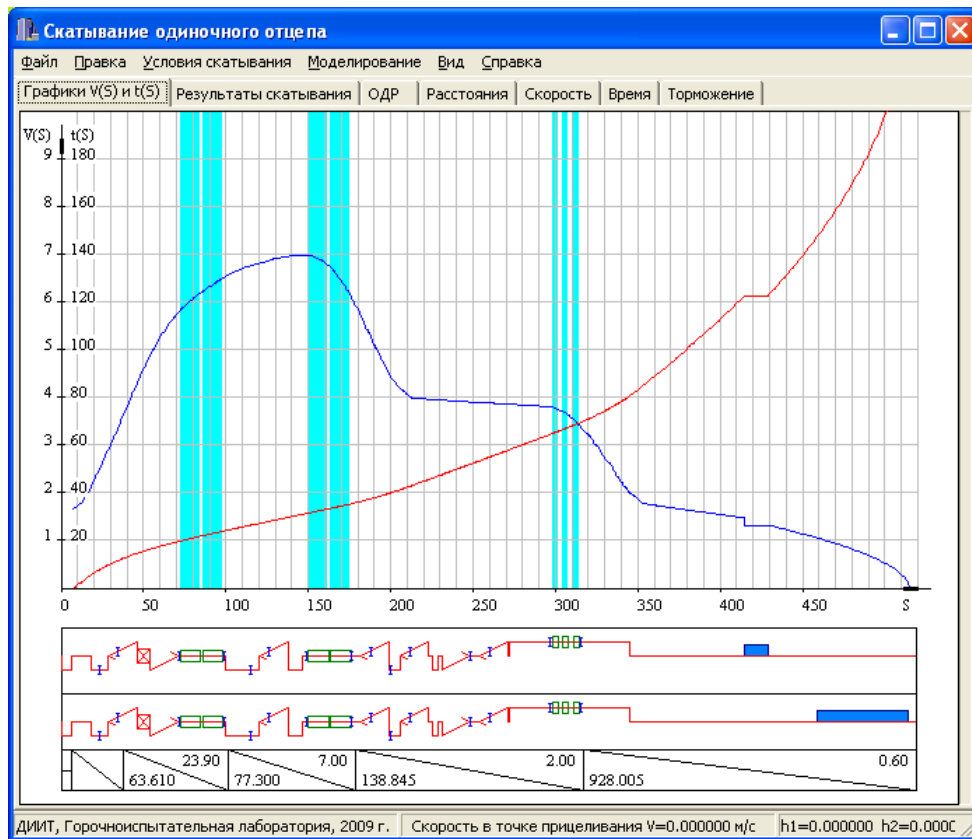


Рис. 3. Моделювання скочування відчепу з проштовхуванням у програмі VS.

Моделювання наведених величин базується на представленні їх за допомогою геометричного розподілу, що відповідає характеру потоку відчепів на діючих гірках. При цьому складаються матриці ймовірностей залежних подій, що мають розмір $(m + 1) \times m$, де m – в даному випадку кількість типів вагонів, вагових категорій та призначень плану формування поїздів. Основою для розробки матриць є розмічені ТГНЛ составів поїздів, що прибули в розформування. Приклад матриці ймовірностей залежних подій призначень вагонів для шести сортувальних колій наведено у табл. 2.

Маса кожного вагона q_{vi} та його основний питомий опір w_0 моделюється як випадкові величини з параметрами, залежними від його вагової категорії. При моделюванні розпуску составів питомий опір середовища та вітру і опір від стрілок та кривих також моделюються як випадкові величини.

Таблиця 2 – Умовні ймовірності слідування вагонів на окремі призначення

		Призначення вагону $j=1, \dots, m$					
		1	2	3	4	5	6
Перший вагон		0,364	0,114	0,136	0,023	0,341	0,023
Призначення вагону $i=1, \dots, m$	1	0,693	0,041	0,078	0,009	0,174	0,005
	2	0,101	0,841	0	0,014	0,043	0
	3	0,179	0	0,522	0,030	0,254	0,015
	4	0,400	0,100	0	0,500	0	0
	5	0,080	0,008	0,042	0,002	0,867	0,002
	6	0,111	0	0	0	0,222	0,667

У зв'язку з невизначеністю параметрів відчепів та умов їх скочування задача управління скочуванням відчепів є стохастичною. При моделюванні вибір ре-

жимів інтервального регулювання швидкості відчепів здійснювався для математичного очікування випадкових величин. При цьому область допустимих режимів (ОДР) гальмування вибиралась з умов докочування всіх вагонів состава за граничний стовпчик та виконання встановленої ПТЕ швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях із ймовірністю 0,9 (рекомендоване значення

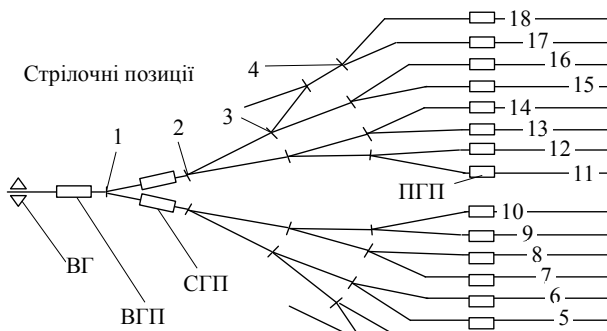


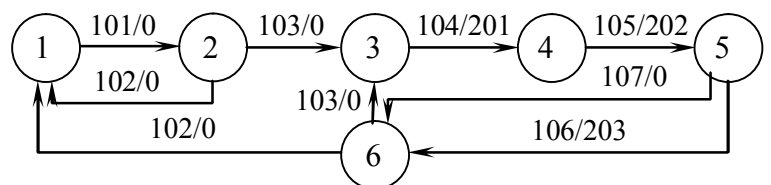
Рис. 4. Принципова схема гірочної горловини парної сортувальної гірки станції НДВ

для автоматизованих систем управління розпуском составів). Режими гальмування відчепів состава в ОДР визначається в результаті розв'язання оптимізаційної задачі максимізації мінімального інтервалу між відчепами $\min(\delta t_{1i}, \delta t_{2i}) \rightarrow \max$ ітераційним методом. Оцінку адекватності методу моделювання параметрів вагонопотоку що переробляється виконано на основі імітаційних експериментів з парною сортувальною гіркою станції НДВ (див. рис. 4)

шляхом порівняння вибірок інтервалів між відчепами на розділових елементах отриманих в результаті моделювання скочування реальних (за даними розмічених ТГНЛ) $F_{\delta t}$ та змодельованих составів $F_{\delta t}$. Порівняння даних вибірок з використанням параметричного критерію Уїлкоксона показало їх статистичну схожість. Таким чином, метод статистичного моделювання потоку составів на підставі ймовірностей матриць залежних подій є адекватним.

Моделювання роботи сортувального парку дозволяє імітувати зміну його стану в процесі розформування та формування потоку составів. В цій моделі сортувальний парк розглядається як багатоканальна, двохфазна система масового обслуговування (СМО). Вхідний потік у СМО створюють состави, що надходять у розформування, вихідний – состави свого формування. Під час обслуговування вагони знаходяться у двох фазах: розформування составів; закінчення формування і виставка составів.

Апаратами обслуговування є гірочні локомотиви, сортувальна гірка, локомотиви формування та витяжні колії. Технологічні процеси розформування составів, накопичення, закінчення формування та виставки составів формалізовано за допомогою скінчених автоматів. Для прикладу на рис. 5 наведено скінченний автомат процесу накопичення состава на сортувальній колії.



Експлуатаційні процеси та події:

101 – запит наявності готових до розпуску составів; 102 – в парку прибуття (ПП) состави, готові до розпуску відсутні; 103 – в ПП є состави, готові до розпуску; 104 – команда від ДСПГ на початок розпуску; 105 – розпуск состава закінчено; 106 – завершено накопичення составів на сортувальних коліях; 107 – накопичення жодного состава не завершено.

Команди на початок виконання технологічних операцій:
201 – розпочати розпуск состава; 202 – перевірка закінчення накопичення состава; 203 – розпочати операції із закінчення формування.

Рис. 5. Процес накопичення состава

У четвертому розділі виконано дослідження впливу спеціалізації сортувальних колій на процеси розформування, накопичення, закінчення формування та виставки составів поїздів з сортувального парку.

Для дослідження впливу спеціалізації сортувальних колій на величину інтервалів на розділових стрілках, було виконано серію імітаційних експериментів по скочуванню потоку составів з сортувальної гірки парної системи станції Нижньодніпровськ-Вузол. При цьому було використано: існуючу спеціалізацію колій; спеціалізацію, при якій ймовірність розділення відчепів на стрілках зменшується по маршруту скочування; спеціалізацію, при якій ймовірність розділення відчепів на стрілках збільшується по маршруту скочування; спеціалізацію, при якій найпотужніші призначення рівномірно розподілені по сортувальних коліях; випадкові спеціалізації, отримані шляхом моделювання номеру сортувальної колії з використанням випадкових чисел ζ_i , рівномірно розподілених в інтервалі $[0; 1]$. Статистична обробка вибірок випадкової величини інтервалів δt_i між відчепами на розділових елементах при різних спеціалізаціях показала, що вона підкоряється гама-розподілу. При цьому порівняння отриманих вибірок за критерієм Уїлкоксона показало, що вони статистично не розрізняються. Розкид витрат повітря на гальмування відчепів при різних варіантах спеціалізації складає 4,7 % від загального обсягу вироблення повітря на гальмування, що дає підставу знехтувати даними розходженнями. Було також встановлено, що зміна спеціалізації сортувальних колій викликає перерозподіл роботи по гальмуванню відчепів між першою та другою гальмівними позиціями яка досягає 12 %. В той же час різниця сумарної погашеної енергетичної висоти м. ен. в. на першій та другій гальмівних позиціях для різних варіантів спеціалізації не перевищує 1,5 %. В результаті зроблено висновок, що спеціалізація сортувальних колій несуттєво впливає на умови розділення відчепів та енергетичні витрати.

Для дослідження впливу поздовжнього профілю сортувальних колій на процес накопичення составів використана спрощена модель скочування відчепів та їх накопичення на сортувальній колії. Так як режим роботи гальмівних позицій на спускній частині гірки при реалізації інтервального гальмування справляє значно більший вплив на швидкість руху відчепів, ніж різниця в характеристиках маршрутів їх скочування, моделювання процесу накопичення вагонів на сортувальних коліях виконувалось з моменту виходу кожного відчепа з другої гальмівної позиції. При цьому, для визначення характеристик розподілу випадкової величини $v_{\text{вих}}$ виконано серію імітаційних експериментів по розформуванню составів з використанням моделі сортувальної гірки. Підготовка колій до розформування чергового составу виконувалась шляхом моделювання маневрових операцій осаджування вагонів локомотивом гірки та їх підтягування локомотивом формування, коли довжини вільної частини сортувальної колії з голови сортувального парку недостатньо для розміщення вагонів наступного составу, що надходить у розформування. В залежності від фактичного розташування груп вагонів на колії перед початком маневрів, тривалість виконання маневрових операцій по одному з цих двох способів є мінімальною. Загальний час на підготовку сортувальних колій до розформування потоку составів на протязі досліджуваного періоду визначається за формулою:

$$T_{\text{гд}} = \sum_{j=1}^n \min(t_{\text{гд},j}; t_{\text{пд},j}),$$

де $t_{\text{ос}}$, $t_{\text{пдт}}$ – відповідно тривалість осаджування та підтягування.

Для ідентифікації моделі витрат часу на підготовку колій до розформування використано серію факторних експериментів за планом Кіфера 3³. В якості відгуку прийнято час T на підготовку колій до розформування, в якості факторів – математичне очікування кількості вагонів у відчепі, ваг. $M[n] \in [2, 5; 4, 5]$, математичним очікуванням маси брутто вагона, т $M[q_b] \in [55, 64]$, середній ухил сортувальної колії, ‰ $i \in [-1, +1]$. Характеристики вагонопотоку та умови скочування на одне з призначень у сортувальному парку встановлювались у відповідності до плану експерименту, а для інших призначень моделювались за методикою, запропонованою в розділі 2. В результаті розрахунків коефіцієнтів моделі отримано залежність у вигляді полінома другого ступеня для розрахунку витрат часу на підготовку колій до розформування на один розформований вагон, хв.

$$\tilde{t}_{i \text{ ai } 0s} = 0,338 + 0,048^3 - 0,115M[n_s] - 0,075^3 M[n_s] + 0,025(M[n_s])^2$$

Дослідження впливу параметрів сортувальних колій, що виділені для накопичення призначень, на обсяги повторного сортування вагонів M_{dc} виконано на основі імітаційного моделювання процесу поїздоутворення у сортувальному парку. На рис. 6 наведено результати експериментів, що показують вплив потужності вагонопотоків на обсяги повторного сортування вагонів. Для ідентифікації моделі M_{dc} використано серію факторних експериментів за планом 2⁴. В якості відгуку прийнято кількість вагонів $n_{вд}$, що направляється на відсівні колії після завершення процесу накопичення состава поїзда, в якості факторів – довжина колії накопичення $l_{ск}$, ум. ваг. $l_{ск} \in [55; 61]$, потужність призначення N_p , $N_p \in [80; 260]$, математичне очікування кількості вагонів даного призначення у составі, ваг $M[n_{пр}] \in [9, 15]$, завантаження маневрового локомотива ϕ , $\phi \in [0,5, 0,7]$.

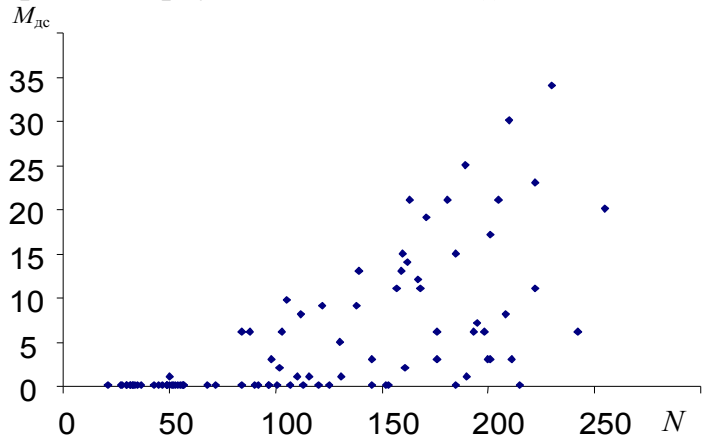


Рис. 6. Залежність обсягів повторного сортування вагонів від потужності струменів вагонопотоків

В результаті розрахунків коефіцієнтів моделі отримано лінійну залежність для визначення обсягів повторного сортування вагонів певного призначення плану формування

$$\tilde{n}_{\text{âs}} = 66,7 - 1,5l_{\text{ñe},j} + 0,073N_s + 0,867M[n_{\text{ï ð,s}}] + 22\phi_{\text{ëi ê}}$$

Нормування витрат часу на закінчення формування та виставку одnogрупних і багатогрупних составів у парк відправлення виконано на основі моделювання цих процесів у відповідності зі схемою колійного розвитку хвостової горловини сортувального парку та кількості вагонів, що приймають участь у маневрах. Розрахунок часу виконано згідно з діючою методикою нормування тривалості маневрових операцій.

У п'ятому розділі отримано залежності між спеціалізацією сортувальних колій та експлуатаційними витратами сортувальних станцій, формалізовано та вирішено задачу розподілу сортувальних колій між призначеннями.

Для зменшення витрат на маневрову роботу, що пов'язана з повторним сорту-

ванням, закінченням формування та виставкою вагонів з сортувального парку, а також витрат, що пов'язані з утриманням колій та стрілочних переводів необхідно забезпечити раціональний розподіл сортувальних колій між призначеннями вагонопотоків. У зв'язку з тим, що при виконанні перерозподілу не передбачається зміна технічного забезпечення сортувальних парків в якості критерію оптимальності прийнято мінімум експлуатаційних витрат. Сумарні середньодобові витрати сортувальної станції, грн., що пов'язані з поїздоутворенням певного призначення плану формування s визначаються за формулою

$$\tilde{n}_s = \tilde{n}_{1\delta,s} + \tilde{n}_{1\tilde{n},s} + \tilde{n}_{\varphi\delta,s} + \tilde{n}_{\text{ае}\tilde{n}\delta,s} + \tilde{n}_{\text{еа},s},$$

де $c_{\text{пр},s}$ – витрати на підготовку сортувальних колій до розпуску чергового составу; $c_{\text{пс},s}$ – витрати на повторне сортування вагонів з відсівних колій; $c_{\text{зф},s}$ – витрати на закінчення формування составів одногрупних і багатогрупних поїздів; $c_{\text{вист},s}$ – приведені витрати на виставку составів з урахуванням витрат палива маневровими локомотивами та витрат, на відновлення верхньої будови колій хвостової горловини в кривих малого радіусу; $c_{\text{гк},s}$ – приведені витрати на відновлення верхньої будови колій гірочної горловини в кривих малого радіусу.

При обмеженій загальній кількості сортувальних колій, які використовуються для розформування-формування составів поїздів, виникає необхідність вирішувати питання, що пов'язані з раціональним розподілом їх між призначеннями вагонопотоків. Розподіл доцільно проводити таким чином, щоб отримати оптимальний ефект. У даному випадку під таким ефектом можна прийняти мінімальні загальні експлуатаційні витрати на розформування-формування поїздів.

Оптимізаційна задача формулюється наступним чином. Є деяка обмежена кількість одногрупних та групових составів поїздів $s=1 \dots m$ для накопичення яких у сортувальному парку повинні бути виділені сортувальні колії. Є деяка обмежена кількість сортувальних колій w , які можуть бути об'єднані у групи $g=1 \dots k$, колії кожної з цих груп можуть використовуватись для накопичення составів не більше ніж одного призначення. Утворені групи можуть бути розділені на підгрупи g_1 – групи по одній колії, g_2 – по дві, ..., g_{max} – відповідно до максимальної кількості груп у групових поїздах. У якості змінних обрано кількість призначень, що накопичується на виділеній групі колій x_{sg} , при цьому змінна x_{sg} приймає значення $x_{sg}=1$ якщо група колій g виділяється для накопичення состава s , інакше $x_{sg}=0$.

У випадку, якщо для накопичення составів s -го призначення виділяється g -та група колій, то показник ефективності, який буде отримано при цьому складає c_{sg} . Оптимізаційна задача полягає у пошуку таких значень x_{sg} , які забезпечують для цільової функції

$$Z(x_{sg}) = \sum_{s=1}^m \sum_{g=1}^k c_{sg} x_{sg}$$

мінімальне значення при наступних обмеженнях:

- для кожного призначення повинна бути виділена одна група колій

$$\sum_{g=1}^k x_{sg} = 1, s = \overline{1, m};$$

- кожна колія може використовуватись для накопичення не більше ніж для одного призначення

$$\sum_{s=1}^m \sum_{\substack{g \in g_1, \\ q \in g}} x_{sg} + \sum_{s=1}^m \sum_{\substack{g \in g_2, \\ q \in g}} x_{sg} + \dots + \sum_{s=1}^m \sum_{\substack{g \in g_{\max}, \\ q \in g}} x_{sg} \leq 1, q = \overline{1, w}$$

Наведена задача є цілочисельною задачею лінійного програмування з булеви-ми змінними. Через значну розрідженість, велику розмірність та виродженість розв'язати задачу методами лінійного програмування не вдалося, тому для пошуку раціонального розподілу сортувальних колій використовувались комбінаторні методи. Графічно задачу розподілу сортувальних колій можна представити у вигляді зваженого орієнтованого графа $G=(V, E)$.

Для прикладу на рис. 7 наведено графічне представлення задачі розподілу чотирьох колій для накопичення призначень одно-групних та трьохгрупних составів. В графі виділено три типи вершин: вершини $v_{\Pi} \in V$, що відповідають призначенням; вершини $v_{\Gamma} \in V$, що відповідають групам колій; вершини $v_K \in V$, що відповідають коліям сортувального парку. Дуги орграфа $v_{\Pi} \rightarrow v_{\Gamma}$ вказують на виділення групи колій для накопичення деякого призначення. У відповідність цим дугам поставлені витрати, що пов'язані з накопиченням составів призначення v_{Π} на групі колій v_{Γ} .

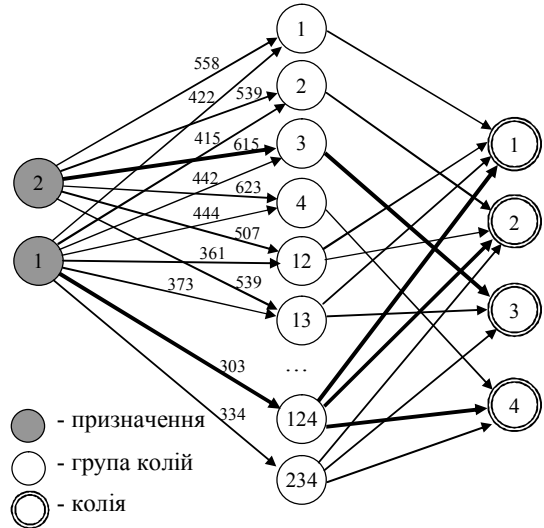


Рис. 7. Графічне представлення розподілу сортувальних колій між призначеннями вагонопотоків

Дуги графа $v_{\Gamma} \rightarrow v_K$ вказують на використання в групі v_{Γ} деякої колії v_K . Розв'язання задачі оптимізації полягає у виділенні на графі G незв'язного орієнтованого графа G^* , до якого будуть входити всі вершини графа G типу v_{Π} . При внесенні до графа G^* деякої дуги $v_{\Pi} \rightarrow v_{\Gamma}$ до нього переносяться і всі дуги для яких вершина v_{Γ} є початковою. Допустимим рішенням є таке рішення в якому кожному призначенню у відповідність поставлено деяку групу колій, а кожна колія використовується лише в одній групі, тобто в орграфі G^* з кожної вершини v_{Π} повинна виходити і в кожну вершину v_K повинна входити строго одна дуга. Оптимальним є таке допустиме рішення при якому загальна вага дуг, що включені у оргграф G^* є мінімальною. Пошук оптимального розподілу сортувальних колій між призначеннями вагонопотоків здійснюється за допомогою методу гілок та меж. З метою використання цього методу в дисертації розроблено методи розрахунку верхніх та нижніх меж рішення. Процес пошуку оптимальної спеціалізації колій для графа, представленого на рис. 8. Оптимальне рішення задачі розподілу чотирьох колій між двома призначеннями наведено на рис. 7. На підставі запропонованих методів розроблено алгоритми для автоматизованого рішення задачі вибору спеціалізації сортувальних колій та доведено їх до програмної реалізації. Головне вікно програми оптимізації розподілу сортувальних колій між призначеннями вагонопотоків наведено на рис. 9.

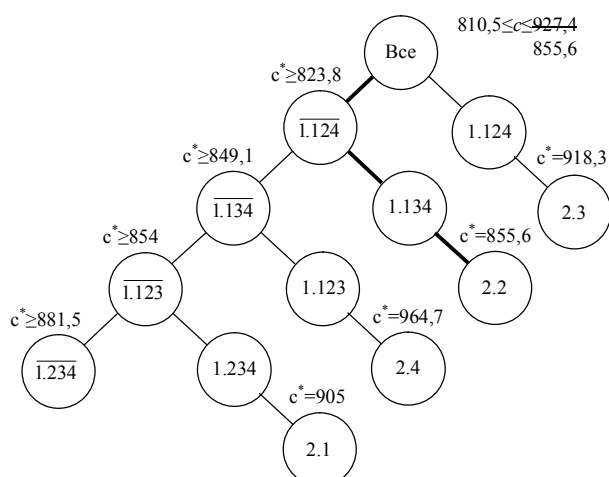


Рис. 8 Бінарне дерево пошуку оптимального розподілу сортувальних колій між призначеннями вагонопотоків

№ п/п	Мнемикод	Группа	мсост	Nваг	M[Nваг]	M[Qваг]	M[Nсост]
1	ЗПЛ		58	125	4,37	55,04	7,21
2	ДЕБ		58	159	2,95	48,52	5,79
3	ЯСН		58	228	3,55	58,81	6,86
4	ЧСБ	1	58	28	2,52	67,85	1,34
5	ЧСБ	1	58	31	2,52	67,85	1,48
6	ЧСБ	1	58	15	2,52	67,85	0,72
7	ЧСБ	1	58	15	2,52	67,85	0,72

Рис. 9 - Програма оптимізації розподілу сортувальних колій між призначеннями вагонопотоків

За допомогою розробленої методики вирішена задача розподілу сортувальних колій парку Д станції НДВ. Удосконалений розподіл колій між призначеннями забезпечує скорочення експлуатаційних витрат станції, пов'язаних з використанням вагонів, маневрових локомотивів та колійного розвитку на 211,8 тис. грн. на рік. Очікуваний економічний ефект для 35 сортувальних станцій України перевищує 4 млн. грн.

У додатках наведено результати спостережень за роботою сортувальних станцій, моделі окремих елементів станції, приклади результатів моделювання, отриманих за допомогою розроблених програм, а також довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують науково-практичну задачу зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням на сортувальних станціях за рахунок більш ефективного використання технічних засобів сортувальних парків. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки та пропозиції:

1. Виконаний аналіз наукових робіт по проблемі підвищення ефективності використання технічних засобів сортувальних парків залізничних станцій показав, що в сучасних умовах відсутній комплексний підхід до розв'язання задачі вибору спеціалізації сортувальних колій. В існуючих наукових роботах вплив спеціалізації сортувальних колій на експлуатаційну роботу станцій розглядається фрагментарно по окремих операціях. Для розв'язання вказаної задачі необхідна побудова адекватних математичних моделей процесів поїздоутворення у сортувальних парках, розробка методів техніко-експлуатаційної та техніко-економічної оцінки спеціалізації сортувальних колій та методів вибору раціональної спеціалізації колій для накопичення вагонів.

2. В результаті аналізу технічного забезпечення сортувальних парків встановлено відмінність їх параметрів від типових рішень. В межах одного парку сортувальні колії мають суттєву різницю між собою за ухилами та корисними довжинами. Крім цього в гірочних горловинах колії відрізняються: за розрахунковими довжинами маршрутів скочування відчепів (до 75 м), сумами кутів повороту в стрілках та кривих (до 50 град), кількістю стрілок по маршруту (до 3) та радіусами кривих, мінімальні значення яких складають 140 м; в хвостових горловинах: за довжинами

піврейсів заїзду (до 350 м), за кількістю стрілок по маршруту (до 8), за сумами кутів повороту в стрілках та кривих (до 76 град). Характеристики призначень плану формування поїздів мають широкий діапазон розкиду (на прикладі станції Нижньодніпровськ-Вузол): потужність призначень коливається в межах 10-270 ваг./добу; середня довжина відчепа – 1,4-5,6 ваг., маса брутто вагона – 22-74,7 т. Встановлено, що ймовірність появи у складі однорідного відчепа, що складається з вагонів одного типу з близькою вагою, вища величини p'' , де p – ймовірність появи одного такого вагону.

3. Для дослідження процесів поїздоутворення у сортувальних парках доцільно використовувати трирівневу ієрархічну систему імітаційних моделей сортувального парку: мікрорівень – модель скочування окремого відчепа; макрорівень – модель розформування состава та метарівень – модель роботи сортувального парку в цілому. Розроблені моделі дозволяють встановлювати взаємозв'язки між конструктивними параметрами сортувальних колій, характеристиками вагонопотоків, що на них накопичуються та техніко-експлуатаційними показниками роботи станції.

4. Дослідження впливу спеціалізації сортувальних колій на процеси розформування составів показали її несуттєвий вплив на умови розділення відцепів (розсів інтервалів в межах 1,5 %) та енергетичні витрати, пов'язані з гальмуванням составів (до 4,7 %). Витрати локомотиво-годин, пов'язані з підготовкою сортувальних колій до розпуску чергового составу шляхом ліквідації «вікон» між вагонами залежать від характеристик вагонопотоків окремих призначень та ухилу колій накопичення. Зміна спеціалізації суттєво – до 37 % впливає на наведені витрати. Витрати на закінчення формування багатогрупних поїздів та на виставку составів з парку залежать від положення колій в сортувальному парку та характеристики маршрутів.

5. Для техніко-економічної оцінки впливу спеціалізації сортувальних колій на умови розформування поїздів використано метод групових норм. Для оцінки спеціалізації колій в дисертації отримано залежності, що враховують витрати які пов'язані з виконанням маневрової роботи по підготовці колій до розформування, закінчення формування та виставкою составів в парк відправлення та витрати, що пов'язані з утриманням стрілочних переводів та колій в межах кривих малого радіусу. Встановлено, що зміна спеціалізації сортувальних колій може призводити до зміни витрат, що пов'язані формуванням составів поїздів певного призначення у межах 46 %.

6. Задача розподілу сортувальних колій між призначеннями вагонопотоків в загальному випадку являє собою цілочисельну задачу лінійного програмування з булевими змінними. У зв'язку з розрідженістю, виродженністю та великою розмірністю задачі для її рішення запропоновано використовувати метод гілок та меж. З метою використання цього методу в дисертації розроблено методи розрахунку верхніх та нижніх меж рішення. Удосконалений розподіл колій між призначеннями вагонопотоків для парної сортувальної системи станції Нижньодніпровськ-Вузол забезпечує скорочення експлуатаційних витрат станції, пов'язаних з використанням вагонів, маневрових локомотивів та колійного розвитку на 211,8 тис. грн. на рік. Очікуваний економічний ефект для 35 сортувальних станцій України перевищує 4 млн. грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Бобровский В.И. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках: Монография // В.И. Бобровский, Д.Н. Козаченко, Н.П. Божко, Н.В. Рогов, Н.И. Березовый, А.В. Кудряшов – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.
2. Козаченко Д. М. Дослідження впливу параметрів відчепів та умов скочування на величину інтервалів на розділових стрілках / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Р.Г. Коробйова // Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. унт-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2006. – Вип. 23. – С.79-82.
3. Козаченко Д. М. Аналіз впливу спеціалізації сортувальних колій на показники процесу розформування составів / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, О.І. Таранець // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – Вип 6/2 (24). – С. 7-10.
4. Козаченко Д. М. Моделювання роботи сортувальної гірки в умовах невизначеності параметрів відчепів та характеристик навколишнього середовища / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, О.І. Таранець // Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. унт-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2007. – Вип. 16. – С. 73-76.
5. Козаченко Д. М. Оптимізація розподілу сортувальних колій між призначеннями плану формування / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Р. Г. Коробйова // Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. унт-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2008. – Вип. 22. – С. 52-55.
6. Козаченко Д. М. Дослідження впливу спеціалізації сортувальних колій на тривалість операцій по їх підготовці до розпуску / Д. М. Козаченко, Р.В. Вернигора, М. І. Березовий // Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. унт-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2008. – Вип. 24. – С. 34-37.
7. Березовий М.І. Аналіз технічного забезпечення сортувальних станцій України / М. І. Березовий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Вип 6/3 (42). – С. 60-66.

Додаткові праці:

1. Рогов, Н.В. Определение расхода энергии при регулировании скорости скатывания отцепов с горки / Н.В. Рогов, Н.П. Божко, Н.И. Березовый // Проблемы та перспективи розвитку залізничного транспорту: 65 міжнар. наук.-практ. конф., 19-20 травня 2005 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2006. – С. 114.
2. Козаченко Д.М. Вплив спеціалізації сортувальних колій на величину інтервалів між відчепами на розділових елементах / Д.М. Козаченко, М. І. Березовий // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 66 міжнар. наук.-практ. конф., 11-12 травня 2006 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2006. – С. 165-166.
3. Козаченко Д.М. Врахування впливу часткової невизначеності параметрів відчепів та характеристик навколишнього середовища при моделюванні роботи сортувальної гірки / Д.М. Козаченко, М. І. Березовий, О.І. Таранець // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 67 міжнар. наук.-практ. конф., 2007 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2007. – С. 127-128.
4. Березовий М. І. Оптимізація розподілу сортувальних колій між призначеннями / М. І. Березовий, Р. Г. Коробйова // Проблеми економіки транспорту: VII міжнар. наук. конф., 24-25 квітня 2008 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2008. – С. 33.

5. Козаченко Д.М. Дослідження впливу характеристик окремих струменів вагонопотоків та уклону сортувальних колій на тривалість маневрів з осаджування груп вагонів / Д.М. Козаченко, М. І. Березовий // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології: IV міжнар. наук.-практ. конф., 2008 р.: тези доп. – Київ: ДЕТУТ. – 2008. – С. 131-132.

6. Козаченко Д.М. Аналіз впливу спеціалізації сортувальних колій на кількість вагонів, що слідують на відсівні колії / Д.М. Козаченко, М. І. Березовий // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 68 міжнар. наук.-практ. конф., 22-23 травня 2008 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2008. – С. 31-32.

7. Березовый Н. И. Анализ влияния специализации сортировочных путей на объемы повторной сортировки вагонов / Н. И. Березовый, Р. Г. Коробьева // Проблеми и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: материалы II междунар. науч.-практ. конф. 2008 р. – Гомель: БелГУТ, – 2008. – С. 44-45.

8. Козаченко Д.Н. Исследование влияния конструкции сортировочного парка на энергетические расходы на маневровую работу / Д.Н. Козаченко, Н.И. Березовый // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 69 міжнар. наук.-практ. конф., 21-22 травня 2009 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2009. – С. 31-32.

9. Козаченко Д.М. Оптимізація спеціалізації сортувальних колій за критерієм мінімуму витрат, пов'язаних з поїздоутворенням / Д.М. Козаченко, М.І. Березовий, О.В. Ільчук // 72 міжнар. наук.-техн. конф., 21-23 квітня 2010 р.: тези доп. – Харків: Укр-ДАЗТ. – 2010. – С. 48.

АНОТАЦІЯ

Березовий М.І. Підвищення ефективності роботи залізничних станцій шляхом удосконалення спеціалізації сортувальних колій. – 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, 2010.

Дисертація присвячена проблемі зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням на сортувальних станціях за рахунок більш ефективного використання технічних засобів сортувальних парків. На основі статистичного аналізу характеристик вагонопотоків у розформування розроблено методику моделювання потоку составів та виконано перевірку її адекватності. Виконано комплексне дослідження технічного забезпечення та колійного розвитку сортувальних парків станцій України.

Для дослідження процесів поїздоутворення в сортувальних парках розроблено трирівневу ієрархічну систему моделей: мікрорівень – модель скочування окремого відчепа; макрорівень – модель розформування состава та метарівень – модель роботи сортувального парку в цілому.

За допомогою розроблених моделей отримано залежності техніко-експлуатаційних показників роботи станцій від характеристик вагонопотоків у розформування та параметрів сортувальних колій на яких вони накопичуються. Встановлено, що спеціалізація сортувальних колій суттєво впливає на обсяги маневрової

роботи з підготовки колій до розпуску та повторного сортування вагонів, обсяги роботи по закінченню формування та виставки составів з сортувального парку, а також витрати на утримання стрілочних переводів і колій з кривими малих радіусів. Розроблено методи техніко-економічної оцінки спеціалізації колій. Так як при виконанні перерозподілу колій не передбачається зміна технічного забезпечення сортувальних парків в якості критерію оптимальності прийнято мінімум експлуатаційних витрат на розформування-формування поїздів. Пошук оптимального розподілу сортувальних колій між призначеннями вагонопотоків здійснюється за допомогою методу гілок та меж, для використання якого в дисертації розроблено методи розрахунку верхніх та нижніх меж рішення.

Ключові слова: сортувальна станція, спеціалізація колій, функціональна модель, поїздоутворення.

АННОТАЦИЯ

Березовый Н.И. Повышение эффективности работы железнодорожных станций путем усовершенствования специализации сортировочных путей. – 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, 2010.

Диссертация посвящена проблеме уменьшения эксплуатационных расходов, связанных с поездообразованием на сортировочных станциях за счет более эффективного использования технических средств сортировочных парков. На основе статистического анализа характеристик вагонопотоков в расформирование разработана методика моделирования потока составов и выполнена проверка ее адекватности. Выполнено комплексное исследование технического обеспечения и путевого развития сортировочных парков станций Украины: устройств регулирования скорости скатывания отцепов; систем управления роспуском составов; продольного профиля сортировочных путей и спускной части горок; полезных длин путей; характеристик горочных и хвостовых горловин (длин маршрутов полурейсов заезда по путям, количества стрелочных переводов и сумм углов поворота в стрелочных переводах и кривых участках пути).

Для исследования процессов поездообразования в сортировочных парках разработана трехуровневая иерархическая система моделей: микроуровень – модель скатывания отдельного отцепа; макроуровень – модель расформирования состава и метауровень – модель работы сортировочного парка в целом. Для адекватной оценки влияния специализации сортировочных путей на процессы поездообразования разработана методика моделирования составов поездов в расформирование.

Посредством разработанных моделей получено зависимости технико-эксплуатационных показателей работы станций от характеристик вагонопотоков в расформирование и параметров сортировочных путей, на которых они накапливаются. Установлено, что специализация сортировочных колей существенно влияет на объемы маневровой работы из подготовки путей к роспуску и повторной сортировке вагонов, объемы работы по окончанию формирования и вставки составов из сортировочного парка, а также расходы на содержание стрелочных переводов и пу-

тей с кривыми малых радиусов. Разработаны методы технико-экономической оценки специализации путей. Так как при выполнении перераспределения путей не предусматривается изменение технического обеспечения сортировочных парков, в качестве критерия оптимальности принят минимум эксплуатационных расходов на расформирование и формирование поездов.

Задача распределения сортировочных путей является целочисленной задачей линейного программирования с булевыми переменными. Через значительную разреженность, большую размерность и вырожденность развязать задачу методами линейного программирования не удалось, поэтому для поиска рационального распределения сортировочных использовались комбинаторные методы.

Поиск оптимального распределения сортировочных путей между назначениями вагонопотоков осуществляется посредством метода ветвей и границ, для использования которого в диссертации разработаны методы расчета верхних и нижних границ решения.

Ключевые слова: сортировочная станция, специализация путей, функциональная модель, поездообразование.

THE SUMMARY

Berezovyy M. I. The increase of the railway stations work efficiency by means of the sorting tracks specialization improvement. - Manuscript.

Thesis for an academic degree by speciality 05.22.20 – operation and maintenance of transport means. - Dnipropetrovs'k National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Dnipropetrovs'k, 2010.

The dissertation deals with the problem of lessening the operating cost which is connected with train-forming at the sorting stations due to more effective usage of the technical means of the marshalling yards. On the basis of statistical analysis of the characteristics of car traffic volume for braking-up there was designed the train flow simulation method and was made its verification. There was made the complex research of the technical supply and the tracks of the marshalling yards of the Ukraine's stations.

For researching train-forming process in the marshalling yards there was designed three-level hierarchical models system: microlevel – separate cut rolling down model, macrolevel – train braking-up model, metalevel – model of the whole work of the marshalling yard.

With the help of designed models there were received the dependences of station operation techno-economic performance on the characteristics of car traffic volume for braking-up and the characteristic of the sorting tracks where they are accumulated. It has been established, that the sorting tracks specialization influence a lot on a volume of shunting work for tracks preparation for braking-up and wagons resorting, on a work volume of finishing forming and bringing train forward the marshalling yard, but also on the maintenance costs of switches and tracks with short radius curve. The technical and economic assessment methods of the tracks specialization were designed. As while doing tracks rearrangement it does not need changing the sorting tracks technical supply, so as the optimality criterion had been chosen the minimum of the operating costs for train braking-up – forming. The sorting tracks optimal assignment search between car traffic destinations is made with the help of the branches and boundaries method for which there were used the methods for the upper and lower boundaries calculation in the dissertation.

Key words: sorting stations, tracks specialization, functional model, train-forming.

БЕРЕЗОВИЙ МИКОЛА ІВАНОВИЧ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ ШЛЯХОМ
УДОСКОНАЛЕННЯ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ

Автореферат

Підписано до друку _____ 2010р.
Формат 60х84 1/16. Папір для множних апаратів. Різограф.
Ум. др. арк. 1,0. Обл.-вид. л. 1,0. Тираж 150 екз.
Замовлення № _____. Безкоштовно.

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

*Адреса університету і ділянки оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. акад. В.А. Лазаряна, 2*