

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

Кафедра Транспортні вузли

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

_____ /М. І. Березовий/

«_____» _____ 20____р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **27 Транспорт**

Спеціальність **275 Транспортні технології (за видами)**

Спеціалізація **275.02 Транспортні технології на залізничному транспорті**

Тема **Дослідження та аналіз впливу параметрів сортувального
комплексу станції Н на його переробну спроможність**

Theme **Research and analysis of the influence of the station N sorting complex
parameters on its processing capacity**

Керівник дипломної роботи

доц. _____ Т. В. Болвановська

Нормоконтролер

доц. _____ М. І. Березовий

Студентка групи У31926

_____ О. І. Розберг

Student

Rozberh Oksana

Дніпро – 2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Факультет Управління процесами перевезень Кафедра «Транспортні вузли»

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

Спеціалізація 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

_____ / М. І. Березовий /
(підпис)

2020 р. _____ «__»

ЗАВДАННЯ

до дипломного проекту (роботи) на здобуття освітнього ступеня «магістр»
(рівень вищої освіти)

отримав студент групи У31926 РОЗБЕРГ Оксана Іванівна
(номер групи) (ПІБ)

1 Тема дипломного проекту (роботи): Дослідження та аналіз впливу параметрів
сортувального комплексу станції Н на його переробну спроможність

затверджена наказом по університету від « 02 » 03 2020 р. № 130 ст

2 Термін подання студентом закінченого проекту (роботи): « 10 » грудня 2020 р.

3 Вихідні дані до дипломного проекту (роботи): схема станції, технологічний процес
роботи станції; поздовжній профіль сортувальної гірки; сортувальні листки

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки):
(див. календарний план)

5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу):

Перелік слайдів відповідно до додатку

6 Розділи та консультанти:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу дипломного проекту (роботи)	Термін виконання	Обсяг розділу, %
1. Аналіз проблеми техніко-експлуатаційної оцінки роботи сортувальних гірок	строк 1	15
2. Техніко-експлуатаційна характеристика станції Н	строк 1	10
3. Аналіз умов роботи сортувальних комплексів	строк 2	20
4. Дослідження впливу швидкості розпуску на умови роботи сортувального комплексу	строк 2	15
5. Дослідження факторів, що впливають на переробну спроможність сортувальних комплексів	строк 3	16
6. Визначення переробної спроможності сортувального комплексу	строк 3	12
7. Екологічні аспекти роботи сортувальних комплексів	строк 3	12
Всього		100

Дата видачі завдання: « 01 » жовтня 2020 р.

Керівник дипломного проекту (роботи)

(підпис)

Т. В. Болвановська

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

О. І. Розберг

(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків та 3 додатків. Повний обсяг проекту – 119 сторінок; з них основний текст на 96 сторінках, містить 23 ілюстрації, 12 таблиць та 87 літературних джерел.

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

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування сортувальних комплексів станцій за рахунок визначення раціональних техніко-технологічних параметрів.

В роботі виконано аналіз технічного забезпечення сортувальних станцій та характеристик вагонопотоків, що на них переробляються, для виконання роботи використовувалася модель скочування відчепів, проведено дослідження впливу швидкості розпуску составів на умови прицільного та інтервального регулювання швидкості скочування відчепів, проведено дослідження факторів, що впливають на переробну спроможність, та визначення переробної спроможності сортувального комплексу при різних варіантах виконання маневрової роботи в сортувальних комплексах.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ, СОРТУВАЛЬНА ГІРКА, ЕКСПЛУАТАЦІЙНА РОБОТА, ПЕРЕРОБНА СПРОМОЖНІСТЬ, ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ОЦІНКА, ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ.

ЗМІСТ

Стор.

ЗМІСТ	4
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ТА	
ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ ПРОБЕЛЕМИ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ	
РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК.....	9
1.1 Напрямки підвищення ефективності сортувального процесу	9
1.2 Проблеми оцінки переробної спроможності сортувальних гірок та	
сортувальних комплексів	15
1.3 Постановка задач дослідження	21
2. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ Н.....	23
2.1 Технічна характеристика станції	23
2.2 Експлуатаційна характеристика.....	27
3. АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	30
3.1 Аналіз технічного забезпечення сортувального процесу	30
3.2 Аналіз поїздо- та вагонопотоків, що надходять у розформування.....	31
3.3 Аналіз розділення відчепів на стрілочних позиціях сортувальної гірки.....	37
4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ РОЗПУСКУ НА УМОВИ	
РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ	40
4.1 Модель процесу скочування відчепів.....	40
4.2 Дослідження впливу різних факторів на умови інтервального регулювання	
швидкості скочування відчепів	49
4.3 Дослідження впливу швидкості розпуску составів на умови розділення	
відчепів	53

					0042.196417.ДП.2020.000		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Розберг				Дослідження та аналіз впливу параметрів сортувального комплексу станції Н на його переробну спроможність	Стадія	Аркуш
Керівн.	Болвановська					Н	4
						ДНУЗТ	
Н. контр.	Березовий						

5.	ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПЕРЕРОБНУ СПРОМОЖНІСТЬ СОРТУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ	57
5.1	Аналіз гіркового технологічного циклу	57
5.2	Аналіз впливу організації роботи сортувального комплексу на його переробну спроможність	60
6.	ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕРОБНОЇ СПРОМОЖНОСТІ СОРТУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ	64
6.1	Залежність переробної спроможності сортувального комплексу від швидкості розпуску составів	64
6.2	Вибір варіанту організації маневрової роботи з урахуванням переробної спроможності сортувального комплексу	67
7.	ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ	73
7.1	Визначення та аналіз шкідливих і небезпечних факторів	76
7.2	Порядок дій працівників станції в аварійних ситуаціях	77
7.3	Екологічні проблеми	79
	ВИСНОВКИ	85
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	87
	ДОДАТОК А ВИХІДНІ ДАНІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПУ	97
	ДОДАТОК Б ВИХІДНІ ДАНІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ СКОЧУВАННЯ СОСТАВУ	100
	ДОДАТОК В ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ	109
	ДОДАТОК Г ПЕРЕЛІК МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ДО ДМР	111
	ДОДАТОК Д ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	119

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ТА ТЕРМІНІВ

АРМ – автоматичне робоче місце;

АРШ – система автоматичного регулювання швидкості скочування відчепів з
сортувальної гірки;

АСК (АСУ) – автоматизована система керування (автоматизована система
управління);

В – відчеп важкої вагової категорії;

ВГП – верхня (перша) гальмова позиція;

ВФ – витяжна колія формування;

ГАЦ – гіркова автоматична централізація;

ГВП – гірка великої потужності;

ГМП – гірка малої потужності;

ГПП – гірка підвищеної потужності;

ГСП – гірка середньої потужності;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

КГМ – комплекс гірковий мікропроцесорний;

Л – відчеп легкої вагової категорії;

ЛС – відчеп легко-середньої вагової категорії;

ОДР – область допустимих режимів гальмування;

ОДШ – область допустимих швидкостей виходу відчепу з гальмових позицій;

ПГП – паркова гальмова позиція;

ПКО – пункт комерційного огляду;

ПОР – порожній вагон (відчеп);

ПТО – пункт технічного обслуговування;

ПФП – план формування поїздів;

С – відчеп середньої вагової категорії;

СВ – відчеп середньо-важкої вагової категорії;

СМО – система масового обслуговування;

СГП – середня (друга) гальмова позиція;

СС – сортувальна станція;

СТЦ – станційно технологічний центр;

СУОП– Системи управління охороною праці;

ЦНП – Центральний науково-дослідний інститут Міністерства шляхів сполучення
СРСР.

ВСТУП

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

Сортувальні станції є важливою ланкою транспортної інфраструктури, ефективність роботи яких істотно впливає на якість залізничних перевезень.

Для виконання сортувальної роботи на сортувальних станціях розташовують сортувальні гірки великої, середньої або малої потужності з відповідним обладнанням, сортувальні парки, витяжні колії. Об'єктом дослідження є процес розформування-формування составів поїздів на сортувальних станціях.

У дипломній роботі буде вирішено наступні завдання:

- аналіз сучасних методів розрахунку переробної спроможності сортувальних гірок та сортувальних станцій;
- дослідження технічного забезпечення сортувальних станцій України та характеристик вагонопотоків, що на них переробляються;
- дослідження впливу швидкості розпуску составів на умови інтервального регулювання швидкості скочування відчепів;
- проаналізувати екологічні аспекти сортувальних станцій.

1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК

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

1.1 Напрямки підвищення ефективності сортувального процесу

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

Розвиток сортувальних станцій України відбувався в основному за часів Радянського Союзу. Економічна криза початку 90-х років призвела до різкого скорочення перевезень залізничним транспортом. Сучасні обсяги перевезень залізничним транспортом складають близько 40 % від обсягів перевезень 1990 року, тому сортувальні станції Укзалізниці в цілому їх виконують. Однак для інфраструктури станцій характерним є скорочення кількості маневрових локомотивів, знос та старіння технічного оснащення, фізичне та моральне старіння систем управління [1]. Наслідком цього є відставання вітчизняних

сортувальних станцій у порівнянні з сучасними іноземними сортувальними станціями.

Основними напрямками підвищення ефективності роботи сортувальних станцій згідно з [2, 3, 4] є такі:

- удосконалення конструкції плану та профілю сортувальних гірок;
- автоматизація управління гірковими процесами;
- перегляд норм обслуговування та оперативного персоналу в залежності від обсягів потоку, що перероблюється;
- впровадження ресурсозберігаючих технологій, орієнтованих на приведення технічного оснащення сортувальних станцій до відповідності обсягам робіт, що виконуються.

Значний внесок у вирішення проблем удосконалення роботи сортувальних станцій та сортувальних гірок зробили вчені Акулінічев В. М., Березовий М. І., Бессоненко С. А., Берестов І. В., Бобровський В. І., Божко М. П., Бутько Т. В., Грунтов П. С., Єфименко Ю. І., Журавель В. В., Жуковицький І. В., Козаченко Д. М., Колесник А. І., Кудряшов А. В., Ломотько Д. В., Муха Ю. О., Нагорний Є. В., Негрей В. Я., Образцов В. М., Огар О. М., Правдін М. В., Сотніков Є. А., Торопов Б. І., Шафіт Є. М., Шабалін М. М., Ющенко М. Р., Яновський П. О. та інші. У другій половині ХХ сторіччя вчені займалися питаннями інтенсифікації роботи сортувальних станцій за рахунок впровадження паралельного розпуску составів. К. А. Бернгард, Н. В. Правдин, І. І. Страковський, Л. Б. Тишков, Є. А. Сотніков, П. Р. Ботавин, В. Я. Болотний [5, 6, 7] розробили та запропонували раціональні схеми гіркових сортувальних станцій з додатковими пристроями для паралельного розпуску.

У теперішній час актуальним є питання концентрації сортувальної роботи на меншій кількості сортувальних станцій. На думку авторів [8] необхідно розвивати опорні сортувальні станції, підвищувати переробну спроможність їх сортувальних гірок.

Професори Бобровський В. І., Жуковицький І. В., Шафіт Є. М., Муха Ю. О., Козаченко Д. М. важливими заходами підвищення інтенсивності роботи

сортувальної станції вважають автоматизацію процесу розпуску составів та підготовки необхідної інформації, застосування перемінних швидкостей розпуску, скорочення інтервалів між розпусками суміжних составів, застосування ефективних режимів гальмування відчепів та застосування інформаційних систем управління сортувальним процесом, впровадження автоматизованих робочих місць (АРМ) оперативних працівників станції [9, 10-18]. Запропоновані заходи мають спрощувати умови праці, зменшувати втручання в технологічні процеси, збільшуючи при цьому їх роль як координаторів та спостерігачів.

Основні системи автоматизації, що здобули широке розповсюдження, ГАЦ ЦНП, ГАЦ КР, АСК МР дозволяли контролювати процеси, що відбувалися з моменту насуву вагонів на горб гірки до постановки їх у сформований состав [19]. Удосконалені системи передавали інформацію до автоматизованої системи керування сортувальною станцією (АСК СС) [20]. Створення додаткової системи автоматичного завдання швидкості розпуску АЗШР ЦНП дозволяло використовувати змінну швидкість розпуску состава, прискорити розформування составів та збільшити переробну спроможність сортувальної гірки [20].

Системи автоматизованого регулювання швидкості скочування відчепів мали за мету скоротити втручання операторів гальмових позицій у процес розформування составів. Проте недосконалість систем АРШ ГТСС [21] і АРШ ЦНП [22, 23] залишила операторам близько 50 % роботи [24].

Наступним кроком автоматизації сортувального процесу було створення системи автоматизованого керування розформуванням составів та гірці (АСК РСГ). Ця система обмінювалася інформацією з АСК СС, здійснювала регулювання швидкості насуву, маршруту та швидкості скочування відчепів [25, 26]. Система вирізнялася використанням двох підходів: оптимізаційного та оперативного управління процесом розпуску состава, що значно покращило якість керування [27]. АСК РСГ визначала оптимальні режими скочування відчепів та значення швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій [28]. У процесі експлуатації посилювалися вимоги до точності визначення ходового

опору, оптимізації ухилу сортувальних колій, ділянок контролю заповнення колій [29, 30].

Гірковий мікропроцесорний комплекс (КГМ РПЗТ), створений для автоматизації процесів розформування составів за рахунок автоматичного керування маршрутами скочування та регулювання швидкості руху відчепів [31, 32], складався з плануючої та керівної підсистем. У першій виконувалася розробка програми розпуску; попередній розрахунок процесу управління маршрутами руху; оперативне коригування режимів і адаптація моделей у реальному часі тощо. У керівній підсистемі реалізовувався контроль правильності розчеплення; коригування програми розпуску; спостереження за відчепами та визначення їх маршрутів. КГМ РПЗТ є системою, яка виконує оперативне керування процесом скочування.

Автоматизоване управління процесом розформування має враховувати дію всіх факторів, бути достатньо простим у реалізації, швидкодіючим в оперативних умовах роботи та оптимальним у техніко-економічних питаннях. Розв'язання цих задач може бути досягнуто за рахунок підвищення якості регулювання [14, 33] швидкості розпуску составів; скорочення інтервалів між відчепами на спускній частині гірки; забезпечення дальності скочування та допустимої швидкості зіткнення на коліях сортувального парку. Критерієм ефективності управління запропонована середня швидкість розпуску або тривалість розпуску составів. Обмеженнями є середня довжина «вікна», ймовірність не перевищення допустимої величини швидкості зіткнення, ймовірність нерозділення вагонів. Використання таких критеріїв викликає ряд суперечностей, наприклад, для зменшення величини «вікна» слід застосовувати більшу швидкість скочування відчепів після виходу з паркової (ПГП) гальмової позиції, це може привести до перевищення швидкості зіткнення з вагонами на коліях сортувального парку.

У [34] наведено опис основних систем автоматизованого розпуску составів, які застосовуються на станції Дс, їх переваги перед неавтоматизованою технологією розпуску. Для зменшення витрат на автоматизацію гіркових процесів автори пропонують не застосовувати вагоміри, а користуватися інформацією

поїзних документів. Слід зазначити, що використання лише даних натурних листів, погіршує якість сортувального процесу, через неточність інформації, що в них міститься.

Вимоги до показників роботи засобів автоматизації гіркових операцій наведені в [35]: кількість відчепів, що прослідували за незапланованим маршрутом («запуск» відчепів), повинна бути не більша 5 %; швидкості співударяння відчепів не повинні перевищувати 5 км/год, як і встановлено [36]. У [33] встановлені норми швидкості розпуску, яка для одновагонних відчепів не повинна перевищувати 2,5 м/с, ступінь заповнення сортувальних колій у межах дії зони автоматизації – не менша 80 %, ймовірність забезпечення безпечної швидкості співударяння відчепів – не менше 0,9; ймовірність «запуску» відчепів зменшена до 0,8 %. У [37] наведені проектні значення показників системи АСК РСГ, які встановлюють швидкість розпуску одновагонних відчепів не більше 2 м/с для гірок середньої та великої потужності, ймовірність нерозділення відчепів – не більше 0,005; швидкості співударяння відчепів – не більше 5 км/год, середня довжина «вікна» в зоні автоматичного контролю вільності колії не більше 3 м на один перероблений вагон; діапазон розрахункових швидкостей виходу відчепів з першої та другої гальмових позицій при автоматичному режимі 1,4 – 5,28 м/с; зона автоматичного контролю вільності колії – 400 м.

Аналіз існуючих систем автоматизації дозволяє зробити висновок про необхідність подальшого розвитку та удосконалення систем та алгоритмів прийняття рішень.

Іншим напрямком підвищення ефективності функціонування сортувальних станцій є удосконалення конструкції, плану та профілю сортувальної гірки [38, 39, 40, 41, 42]. Так в [43] автором запропонована методика комплексного розрахунку конструктивних параметрів сортувальних гірок, яка дозволить отримати оптимальну потрібну потужність вагонних уповільнювачів, що, свою чергу, дозволить привести у відповідність енерговитрати та розміри переробки вагонів. Роботи [44, 45] присвячені питанням енергозбереження. У [45] доведено, що оптимальні конструктивно-технологічні параметри сортувальних гірок

повинні отримуватися при мінімізації приведених річних витрат, варіантів конструкції та технічного оснащення при мінімально можливій висоті гірки.

В [46] автором виконано аналіз робіт, присвячених механізації та автоматизації процесу регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках свідчить про те, що проблема якості регулювання швидкості скочування відчепів з гірки до кінця не вирішена. Це пов'язано з інерційністю й нестабільністю гальмових характеристик балкових вагонних уповільнювачів, неналежним станом поздовжніх профілів колій, помилками в роботі гіркових операторів і автоматизованих систем керування, недостатністю достовірної інформації про ходові властивості відчепів, відсутністю засобів регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях після ПГП.

Для оцінки якості роботи сортувальної станції та її елементів доцільно використовувати математичні моделі. Для таких складних системи, як сортувальна станція, існує багато параметрів, які визначають поведінку системи в цілому. Дослідження довели, що доцільно розробляти та використовувати комплекс взаємозв'язаних моделей. Важливо знайти величину гранично допустимого завантаження кожного елементу станції та оптимальну величину резерву пропускної та переробної спроможності цих елементів, при якій робота станції буде стабільною, задовольняючи вимогам експлуатаційної надійності. Зі всіх технологічних ліній сортування вагонопотоків є домінуючою, найбільш потужною лінією [47].

Прогнозування ймовірнісних станів систем сортувальних станцій при зміні інтенсивності вхідного потоку та інтенсивності їх обслуговування наведено в [48]. За допомогою теорії марковських процесів аналізуються ланки переходів, складаються матриці переходів, досліджуються питання прогнозування умов роботи станції. Використання СМО [34] дозволило дослідити роботу системи сортувальної станції, щоб виявити режим роботи, який забезпечить безперервність, ритмічність, паралельність та поточність усіх операцій.

В [49] запропоноване нове вирішення актуального науково-практичного завдання удосконалення конструкції та технології роботи сортувальних

комплексів станцій з метою підвищення їх ефективності в умовах змінної інтенсивності вхідного потоку поїздів. Запропоновані заходи забезпечують скорочення загальних витрат станції, пов'язаних з переробкою вагонопотоків.

1.2 Проблеми оцінки переробної спроможності сортувальних гірок та сортувальних комплексів

Основний показник, який дозволяє оцінити якість використання технічного оснащення станції та технології її роботи, є переробна спроможність. Методи визначення цього показника змінювалися з плином часу. У переважній частині наукових праць переробна спроможність сортувальних гірок оцінюється як співвідношення добового бюджету часу до кількості вагонів, що переробляється за одиницю часу.

Так в роботі академіка В. М. Образцова [50] переробна спроможність сортувальної гірки розраховується для умов, коли маневровий локомотив безперервно працює на гірці та підміняється на період екіпірування за формулою

$$N = \frac{1440}{T_c} m, \quad (1.1)$$

де m – кількість вагонів у составі;

T_c – тривалість розформування одного состава на гірці, хв.

Величину T_c у загальному вигляді запропоновано визначати за формулою

$$T_c = t_c m + t_{\text{и}}, \quad (1.2)$$

де t_c – тривалість розпуску, що припадає на один вагон;

$t_{\text{и}}$ – величина інтервалу між розпусками.

Тривалість розпуску та інтервалу між розпусками визначались у залежності від взаємного розташування парку приймання і сортувального та кількості маневрових локомотивів за елементами сортувального процесу: витягування, насув, розпуск, осаджування, заїзд. Тривалість останніх визначалася за середньою швидкістю їх виконання.

У подальшому методика визначення переробної спроможності гірки ускладнювалась. Так у [51] переробну спроможність гірки пропонується визначати за виразом

$$N = \frac{1440 - \sum T_{\text{пост}}^{\Gamma}}{t_{\text{и}}^{\Gamma}}, \quad (1.3)$$

де $\sum T_{\text{пост}}^{\Gamma}$ – тривалість технологічних перерв у роботі гірки, пов'язаних з поточним утриманням її механізмів, екіпіровкою локомотивів та зміною локомотивних бригад;

$t_{\text{и}}^{\Gamma}$ – величина гіркового інтервалу.

Величина гіркового інтервалу в [52, 53] визначається за графіком роботи гірки. При цьому його елементи розраховуються аналітично залежно від середньої швидкості виконання операцій. Зокрема для визначення допустимої швидкості розпуску пропонується використовувати формулу, запропоновану к.т.н. Шабаліним М.М.

$$v_{\text{рос}} = \frac{3,2l_{\text{від}}}{14,3 + l_{\text{від}}},$$

де $l_{\text{від}}$ – довжина відчепа.

У [54] при визначенні переробної спроможності сортувальних гірок запропоновано враховувати ворожість маршрутів, що виникає через поїзні та маневрові пересування гірковою горловиною. Для цього до формули (1.3) додано коефіцієнт ворожості $\alpha_{\text{вр}}$

$$N = \frac{\alpha_{\text{вр}} (1440 - \sum T_{\text{пост}}^{\Gamma})}{t_{\text{и}}^{\Gamma}} m. \quad (1.4)$$

Професором Тіхоміровим [55] запропоновано визначати переробну спроможність сортувальної гірки за виразом

$$N = \frac{1440 - \sum T_{\phi}^{\Gamma} - \sum T_{\text{пост}}^{\Gamma}}{t_{\text{и}}^{\Gamma}} m + N_{\text{форм}}, \quad (1.5)$$

де $\sum T_{\phi}^{\Gamma}$ – витрати часу на закінчення формування составів через гірку;

$N_{\text{форм}}$ – кількість вагонів, що переробляється через гірку під час закінчення формування составів.

З виходом рекомендацій з нормування маневрової роботи [56, 57] для визначення тривалості гіркових операцій почали використовуватись не середні швидкості руху, а усереднені значення, що отримані в результаті статистичних спостережень за роботою залізничних станцій. Зокрема, швидкість розпуску при цьому встановлюється залежно від того механізована, чи немеханізована гірка та залежно від середньої довжини відчепа за наведеними у [58] нормативами.

Під час сортування вагонів через вплив факторів таких, як відсутність вільного місця на сортувальних коліях під час розпуску, нерозділення відчепів на стрілках і т.ін. частина вагонів надходить на колії не за призначенням. Окрім того, час від часу пристрої сортувальної гірки виходять з ладу. У зв'язку з цим у [5] переробну спроможність сортувальних гірок пропонується визначати за виразом

$$N = \frac{1440 \alpha_{\text{гир}} - \sum T_{\text{пост}}^{\Gamma}}{t_{\text{г}} \mu_{\text{повт}} (1 + \rho_{\text{г}})} m_{\text{с}} + N_{\text{пост}}^{\Gamma}, \quad (1.6)$$

де $\mu_{\text{повт}}$ – коефіцієнт, який враховує повторне сортування вагонів у процесі завершення формування та через недостатню кількість і довжину сортувальних колій;

$\rho_{\text{г}}$ – коефіцієнт, який враховує відмови технічних засобів, нерозділення вагонів та ін.;

$N_{\text{пост}}^{\Gamma}$ – кількість місцевих вагонів з колій ремонту, кутових, вагонного депо та ін., які розпускають за час $\sum T_{\text{пост}}^{\Gamma}$.

Нормативним документом, який визначає порядок розрахунку переробної спроможності сортувальних гірок є [59]. Згідно з викладеною у ньому методикою

переробна спроможність сортувальної гірки визначається за формулою

$$N = \mu_{\text{пвт}} \sum_{i=1}^m n_{\text{р},i} b_{\text{р},i} + N_{\text{пост}}^{\text{гip}}, \quad (1.7)$$

де $n_{\text{р},i}$, $b_{\text{р},i}$ – відповідно, переробна спроможність гірки для поїздів з i -го підходу та середня кількість вагонів у них;

m – кількість підходів, з яких поїзди надходять у розформування.

Переробна спроможність гірки для поїздів з i -го підходу визначається як

$$n_{\text{р},i} = \frac{n'_{\text{р},i}}{K}, \quad (1.8)$$

де $n'_{\text{р},i}$ – кількість поїздів, що надходить у розформування з i -го підходу;

K – коефіцієнт використання переробної спроможності гірки. Визначається за формулою

$$K = \frac{\mu_{\text{пвт}} T}{1440 \alpha_{\text{гip}} - \sum T_{\text{пост}}^{\text{гip}}}, \quad (1.9)$$

де T – загальний час заняття гірки операціями, що визначаються розмірами руху;

$\alpha_{\text{гip}}$ – коефіцієнт, що враховує можливі перерви при використанні гірки через ворожі пересування;

Загальний час заняття гірки операціями, що визначаються розмірами руху, розраховується

$$T = \left(t_{\text{гip}} \sum_{i=1}^m n'_{\text{р},i} + T_{\text{зал}}^{\text{гip}} \right) (1 + \rho_{\text{г}}), \quad (1.10)$$

де $t_{\text{гip}}$ – середня тривалість займання гірки, що припадає на один состав, який розформовується, з урахуванням закінчення формування та інших операцій, тобто гірковий технологічний інтервал;

$T_{\text{зал}}^{\text{гip}}$ – додатковий час зайняття передгіркової горловини поїзними та маневровими пересування, який залежить від обсягу переробки.

В результаті підстановки виразів (1.8), (1.9) та (1.10) у вираз (1.7) отримуємо

$$N = \frac{1440\alpha_{\text{гip}} - T_{\text{пост}}^{\text{гip}}}{t_{\text{гip}}\alpha_{\text{зал}}(1 + \rho_{\text{г}})} m_{\text{с}} + N_{\text{пост}}^{\text{гip}}, \quad (1.11)$$

де $m_{\text{с}}$ – середня кількість вагонів в составі

$$m_{\text{с}} = \frac{\sum_{i=1}^m n'_{\text{п},i} b_{\text{п},i}}{\sum_{i=1}^m n'_{\text{п},i}},$$

де $\alpha_{\text{зал}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові витрати часу, пов'язані із заняттям передгіркової горловини поїзними та маневровими пересуваннями, які залежать від обсягу переробки

$$\alpha_{\text{зал}} = \frac{t_{\text{гip}} \sum_{i=1}^m n'_{\text{п},i} + T_{\text{зал}}^{\text{гip}}}{t_{\text{гip}} \sum_{i=1}^m n'_{\text{п},i}}$$

Аналіз виразу (1.11) показує, що він фактично передбачає визначення переробної спроможності за пропорцією залежно від обсягу існуючої переробки гірки, витрат часу на його переробку та максимально можливої тривалості роботи гірки. В цілому методика, викладена в [59] має значні недоліки, так як після математичних перетворень та спрощень у ній не враховується повторне сортування вагонів, а заняття гірки ворожими маршрутами враховується як коефіцієнтом $\alpha_{\text{гip}}$, так і додатковими витратами часу $T_{\text{зал}}^{\text{гip}}$.

Структура виразу (1.11) відповідає формулі для розрахунку переробної спроможності (1.6). Дослід процесів, що відбуваються на сортувальних гірках показує, що доцільним є врахування як коефіцієнту $\alpha_{\text{зал}}$ так і $\mu_{\text{пвт}}$.

Виконаний аналіз діючої методики визначення переробної спроможності сортувальних гірок та станцій показав ряд недоліків.

По-перше, показник «переробна спроможність сортувальної гірки» враховує значну кількість факторів, що не є характеристиками сортувальної гірки як пристрою. В той же час діюча методика враховує:

- тривалість заїзду і насуву, та додаткових операцій, що виконує гірковий локомотив;
- характеристики поїздопотоків;
- кількість гіркових локомотивів;
- обсяг роботи, пов'язаний із закінченням формування, яка виконується на гірці;
- тривалість заняття гіркової горловини додатковими поїзними та маневровими пересуваннями.

Проте зміна тривалості операції зняття закріплення, простоїв гіркових локомотивів через ворожість пересувань у вхідній горловині парку прибуття, тривалість екіпірування гіркових локомотивів, яка впливає на переробну спроможність сортувальної гірки, тривалість заняття гіркового локомотиву операціями подачі – прибирання вагонів на вантажні фронти – ні.

По-друге, діюча методика не встановлює зв'язку між такими характеристиками процесу розформування як швидкість розпуску, частота осаджування та додаткові витрати часу на ліквідацію наслідків відправлення вагонів на колії, що не відповідають їх призначенню. При цьому відсутня можливість встановлення зв'язку між технічним оснащенням сортувальної гірки та її переробною спроможністю.

Окремо необхідно відмітити проблему виконання на сортувальній гірці операцій із закінчення формування. Тривалість виконання цих операцій на гірці є меншою, ніж на витяжних коліях. Тому, при наявності резервів переробної спроможності, гірка використовується для їх виконання. Урахування цих технологічних операцій на гірці в (1.5) здійснюється шляхом віднімання від загального бюджету часу величини $\sum T_{\text{ф}}^{\text{г}}$ та подальшого урахування $N_{\text{форм}}$. У виразі (1.7) додаткова робота з закінчення формування враховується коефіцієнтом $\mu_{\text{пвт}}$, при цьому кількість вагонів, що повторно переробляються через гірку в

процесі закінчення формування, на відміну від (1.6), при визначенні переробної спроможності не враховується.

Згідно з [59] переробну спроможність станції пропонується визначати як найбільшу кількість поїздів або вагонів, які станція може розформувати та сформувати протягом доби в поїзди встановленої маси та довжини за призначенням плану формування в разі повного і комплексного використання колійного розвитку та технічного забезпечення при використанні передової технології та найбільш продуктивних методів організації праці.

У [54] вказується, що до 50-х років 20-го сторіччя переробна спроможність сортувальних станцій визначалась окремо з розформування-формування составів на сортувальних гірках та формуванню вагонів на витяжних коліях. У [52] вказується на необхідність узгодження процесів розформування-формування та виконання оптимального розподілу сортувальної роботи між основними та допоміжними сортувальними пристроями. Розвиток методів оптимізації розподілу виконано у [60]. В даній роботі оптимальний розподіл роботи між гіркою і витяжками формування встановлюється за показником мінімуму експлуатаційних витрат на розформування-формування та закінчення формування, а також простоїв в очікуванні технологічних операцій.

Виконаний аналіз показав, що методика визначення переробної спроможності залізничних станцій та їх елементів вимагає удосконалення.

1.3 Постановка задач дослідження

Виконаний аналіз показав, що в сучасних умовах задача ефективності роботи сортувальних гірок остаточно не вирішена. У теперішній час оцінка переробної спроможності сортувальних гірок ґрунтується на усереднених нормативах, що не дозволяє оцінити відповідність їх технічного забезпечення та технології переробки вагонопотоку існуючим обсягам роботи та її характеру.

Предметом дослідження обрано процес переробки вагонопотоків на сортувальних станціях та взаємозв'язки параметрів вагонопотоку, що переробляється на гірці, та параметрів сортувальної гірки з показниками роботи

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

Основним технічним засобом сортувальних станцій для переробки вагонопотоків є сортувальна гірка. Сортувальна гірка – це система, в якій тісно взаємодіє велика кількість факторів, пов'язаних між собою прямим та зворотнім зв'язком. Стан сортувальної гірки як системи можна охарактеризувати положенням основних технічних елементів (колійний розвиток, локомотиви, уповільнювачі) та розташуванням вагонів на них. Сортувальна гірка є підсистемою сортувального комплексу і тісно взаємодіє з парком прибуття, сортувальним парком та витяжками формування.

Вхідним потоком для системи вважається вагонопотік, що підлягає переробці на гірці, та умови роботи сортувальної гірки. Вихідний потік утворює вагонопотік, що надходить на сортувальні колії. Поведінка системи обумовлюється станом технічного оснащення сортувальної гірки, характеристикою та станом вагонів, що розпускаються, а також якістю роботи персоналу, що бере участь у процесі розпуску (ДСПГ, оператори гальмових позицій, складачі поїздів).

2. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ Н

В магістерській роботі розглядається сортувальна станція Н. Станція має дві сортувальні системи. В кожній системі парки розташовані послідовно:

в парній системі – парк приймання «З», сортувальний парк «Д», приймально-відправний парк «Є»;

в непарній системі – парк приймання «Г», сортувальний парк «Б», парк відправлення «Л», приймально-відправний парк «І» розташований паралельно до парку приймання «Г».

Принципова схема станції наведена на рисунку 2.1.

2.1 Технічна характеристика станції

2.1.1 Непарна сортувальна система

Непарна сортувальна система (дивись рис. 2.1) складається з чотирьох парків:

- приймально-відправний парк «І» (9 колій) включає головну колію, 5 приймально-відправних колій, а також колії: для проведення маневрів, з'єднувальну, для стоянки відбудовного поїзда;

- приймальний парк «Г» (13 колій) включає 6 приймальних колій, а також колії: ходову для зважування вагонів, для переставлення составів кутового потоку та маневрових составів з парку «Д», з'єднувальну для пропуску вантажних поїздів з Ігрени в парк «Г», з'єднувальну для пропуску вантажних поїздів з С у парк «Г», для пропуску локомотивів з депо в парк «Г» та назад, насуву, уловлюючу;

- приймально-відправний парк «Л» (12 колій) включає головну колію, 6 приймально-відправних колій, три відправні колії, а також колії: для відставлення вагонів, для проведення маневрів;

- сортувально-відправний парк «Б» (32 колії) включає 16 сортувальних колій, 12 сортувально-відправних колій, а також колії: сортувальну для затриманих вагонів та для виставки вагонів з МВРП, ходову, для проведення

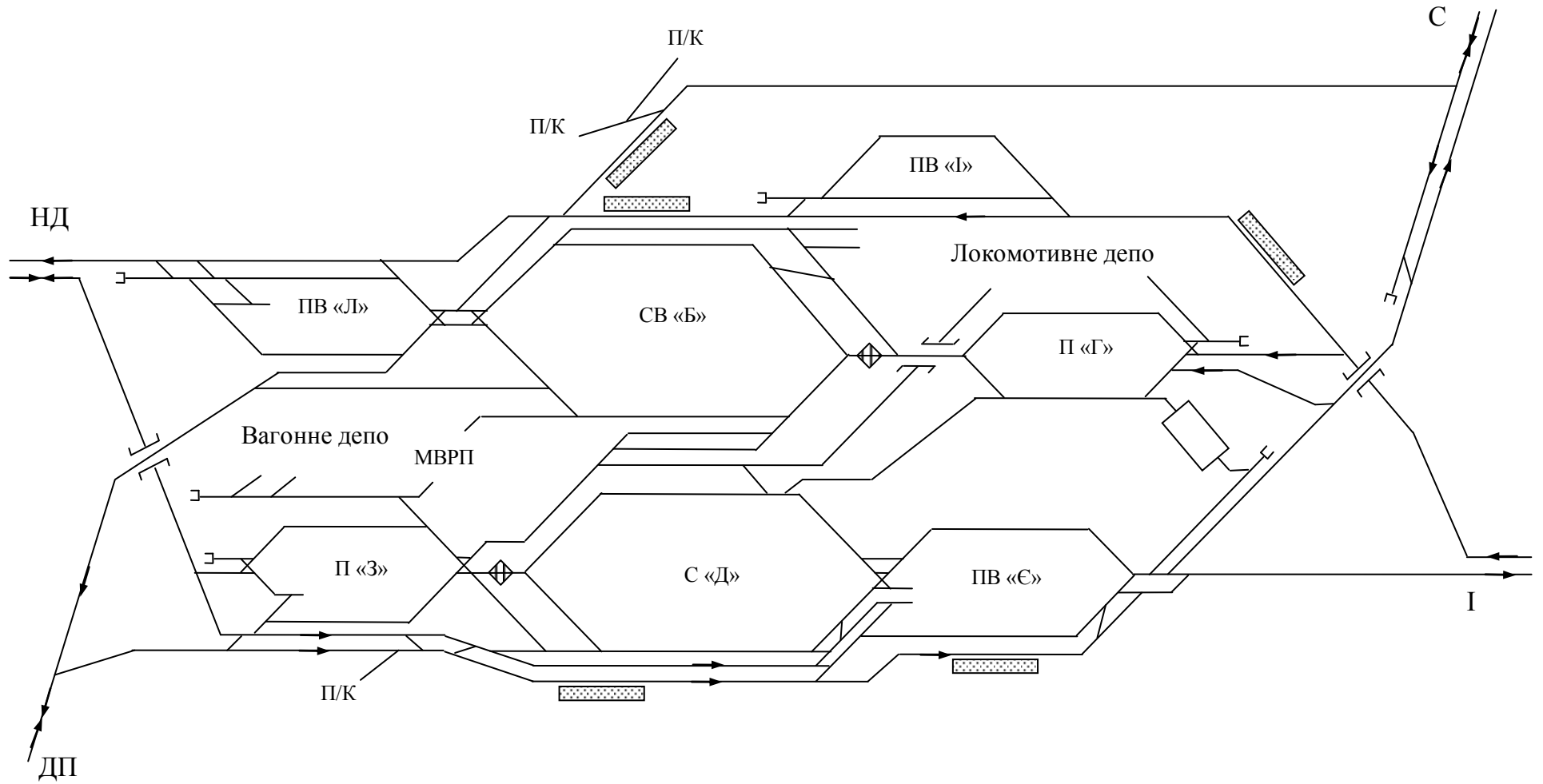


Рисунок 2.1 – Принципова схема сортувальної станції Н

маневрів, для навантаження-вивантаження уповільнювачів при проведенні їх ремонту.

2.1.2 Парна сортувальна система

Парна сортувальна система (дивись рис. 2.1) складається з трьох парків:

- приймальний парк «З» (15 колій) включає 3 головні колії, 5 приймальних колій, а також колії для переставлення маневрових локомотивів, ходову, для стоянки пожежного поїзда, для маневрів з пожежним поїздом, витягну, для перевантаження вагонів, з'єднувальну;

- сортувальний парк «Д» (25 колій) включає 2 головні колії, 16 сортувальних колій, 4 ходові колії, а також колії для проведення маневрів, з'єднувальну;

- приймально-відправний парк «Є» (14 колій) включає головну колію, 6 приймально-відправних колій, 3 відправні колії, а також колії для проведення маневрів, для пропуску локомотивів та проведення маневрів, з'єднувальну між парками «Є» та «Г», для екіпіровки, огляду та відставлення електровозів.

2.1.3 Сортувальні пристрої

Кожна сортувальна гірка має по три гальмових позиції, із них: перша – перед розділовою стрілкою, друга – перед головними стрілками пучків, третя – на початку колій сортувальних парків. Обидві гірки обладнані башмакоскидачами.

Сортувальна гірка непарної системи – механізована, має одну колію насуву, та одну обхідну колії. Колії сортувального парку непарної системи ув'язані в 5 пучків: в першому пучку – 5, в другому та третьому – по 7 колій, в четвертому – 8 колій, в п'ятому – 4 колії.

На непарній сортувальній гірці на першій, другій та третій гальмових позиціях гальмування відчепів здійснюється уповільнювачами, крім колій першого пучка сортувального парку «Б», де відчепи на третій позиції гальмуються гальмовими башмаками регулювальником швидкості руху вагонів. Гірка обладнана уповільнювачами типу НК-114, КВ-3 та КНП-5 першій та другій позиції, на третій гальмовій позиції – типу РНЗ-2.

Сортувальна гірка парної системи – автоматизована, обладнана пристроями ГАЦ і АЗШР, має одну колію насуву, та дві обхідну колії. Колії сортувального парку непарної системи ув'язані в 2 пучка по 8 колій в кожному.

На всіх гальмових позиціях парної сортувальної гірки гальмування відчепів здійснюється уповільнювачами: на першій та другій позиції типу КВ-3, на третій гальмовій позиції – типу РНЗ-2.

2.1.4 Локомотивне господарство

Основне локомотивне депо розташоване між парками приймання «Г» і першою головною колією непарної системи. В депо виконують всі види поточного ремонту (ТР-1, ТР-2, ТР-3) і технічного обслуговування електровозів (ТО-2, ТО-3) і тепловозів (ТР-1, ТО-2, ТО-3). Для виконання цих операцій в депо існують: деповські споруди і майстерні, оглядові канами, деповські колії, пристрої реостатного випробування тепловозів, механізовані екіпірувальні пристрої, піскороздачі для електровозів і тепловозів.

Станційні колії парку «Є» обладнані пристроями для огляду та екіпірування електровозів.

В локомотивному депо виконується технічне обслуговування і екіпірування всіх поїзних локомотивів – електровозів, які прямують в парному і непарному напрямках.

2.1.5 Вагонне господарство

На станції є такі пристрої вагонного господарства:

- вагонне депо, яке розташоване між парком приймання «З» парної системи і парком відправлення «Л» непарної системи. В депо виконується деповський ремонт вагонів;

- механізований пункт по ремонту вагонів (МВРП), що розташований в непарній системі, в якому здійснюється відчепний ремонт вагонів;

- пункти технічного обслуговування – для огляду і поточного безвідчепочного ремонту вагонів;

- пристрої централізованого огородження составів;

– пристрої централізованого випробування автогальм.

Для зарядки гальмової мережі і випробування автогальм в поїздах автоконтрольний пункт має компресорну установку, повітропровідну мережу і повітророзбірні колонки, які знаходяться в вихідних горловинах парків.

2.2 Експлуатаційна характеристика

Згідно з планом формування, графіком руху поїздів, планом вантажної роботи станція виконує такі операції:

- розформування поїздів, що прибувають в переробку та внутрішньостанційних передач, в тому числі довгосоставних;
- формування наскрізних, дільничних, збірних, вивізних поїздів;
- пропуск транзитних поїздів із зміною локомотивів та локомотивних бригад;
- технічне обслуговування і комерційний огляд составів;
- відчеплення вагонів від транзитних поїздів з технічними або комерційними несправностями, що потребують їх усунення;
- подачу вагонів до пунктів навантаження-вивантаження на під'їзні колії станції, під промивку на дезпром пункт, на колії пунктів перевантаження і прибирання їх на станцію;
- перестановку составів і груп вагонів з парка в парк і з однієї сортувальної системи в іншу;
- пропуск пасажирських поїздів і обслуговування пасажирів;
- подавання на колії МВРП вагонів, що потребують відчіпного ремонту та прибирання після ремонту.

2.2.1 Технологія обробки вагонопотоків, що переробляються на станції

Оперативне керівництво по прийманню поїздів, що надходять в переробку здійснюють чергові по станції постів ЕЦ-1, ЕЦ-2, керівництво обробкою поїздів здійснюють по непарній – черговий по гірці. При підході поїзда до станції чергові по станції парків прибуття сповіщають по сповіщувальному парковому зв'язку

працівників станційного технологічного центру (СТЦ), пунктів технічного обслуговування (ПТО) і комерційного огляду вагонів (ПКО), сигналістів про номер поїзда, його індекс, колію прибуття для підготовки до зустрічі поїзда, який прибуває. Вагонопоток, що надходить в переробку, приймається: зі станцій НД та ДП на колії парку «З», зі станцій І та С – в парк «Г».

Обробка составів в парку прибуття складається з таких операцій:

- контрольної перевірки і передачі інвентарних номерів вагонів поїздів, що прибувають за допомогою телетайпних апаратів або ЕОМ;
- технічного обслуговування вагонів;
- комерційного огляду вагонів.

Після обробки составів в технічному та комерційному відношенні здійснюється розформування – формування через гірки і накопичення вагонів на коліях сортувальних парків: парна система – у парку «Д», непарна – у «Б». Формування составів виконується паралельно з розформуванням після завершення накопичення вагонів. Сформованні состави парного напрямку переставляються з колій парку «Д» на колії парку «Є», після обробки в технічному та комерційному відношенні їх відправляють в напрямку І та С.

Состави непарного напрямку сформовані на коліях №№ 18 – 30 парку «Б», переставляються в парк «Л», після обробки в технічному та комерційному відношенні їх відправляють за призначенням: з колій №№ 2 – 8 в сторону станції НД. При необхідності відправлення составу в сторону станції ДП поїзд після обробки переставляють на колію № 32 парку «Б» та через 9 колію парку «Л» відправляють за призначенням. Состави, які сформовані на коліях №№ 6 – 17, обробляють на цих коліях і відправляють безпосередньо із парку «Б». При необхідності здійснюється перестановка вказаних составів на колії парку «Л» для обробки їх в технічному та комерційному відношенні і відправлення.

У парку відправлення з составами свого формування виконуються такі операції:

- технічний огляд і поточний безвідчіпний ремонт вагонів;
- комерційний огляд вагонів і усунення несправностей;

– причеплення поїзного локомотива і випробування автогальм.

2.2.2 Технологія розформування-формування составів

В процесі розформування составів на підставі даних обліку накопичення вагонів на коліях сортувального парку і даних натурних листів составів, що прибули, про кількість, розташовування і вагу вагонів за призначенням плану формування, характеристик вантажів, що перевозяться під керівництвом чергового по гірці непарної системи та маневрового диспетчера парної системи здійснюється формування составів нових призначень.

Перед розпуском состава черговий по гірці, ознайомившись з сортувальним листком, упевнюється в можливості розміщення вагонів состава, що розформовується, в межах сортувальних колій, повідомляє усім причетним працівникам план розпуску, впевнюється у відсутності під вагонами гальмових башмаків і сторонніх предметів. Після чого по парковому сповіщувальному зв'язку повідомляє про початок розпуску состава і дає вказівки машиністу про насув состава на гірку. Про підхід состава до горба гірки та початок розпуску, працівники гіркового комплексу оповіщаються спеціальними сигнальними пристроями: «Обережно! Стережись поїзда!».

Завчасно до закінчення розформування состава ДСПГ по радіозв'язку інформує машиніста про план наступної роботи. За 2-3 хвилини до закінчення розпуску состава першим гірковим локомотивом ДСПГ попереджує машиніста другого локомотива про підготування до насуву. При цьому машиніст другого локомотива розтягує состав і після відкриття гіркового світлофора на дозволяюче показання негайно починає рухатись з місця та насувати на гірку. Цей захід усуває непродуктивні перерви між закінченням розформування состава та початком насуву на гірку іншого.

Сформованні состави виставляються в парки відправлення за розпорядженням чергового по гірці.

3. АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

Для дослідження характеру та умов роботи сортувальних комплексів проведено ряд аналізів: поїздо- та вагонопотоків, що надходять у розформування; технічне забезпечення сортувального процесу; умови та показники роботи сортувальних гірок.

3.1 Аналіз технічного забезпечення сортувального процесу

Основна частина роботи з розформування та формування составів вантажних поїздів на залізницях України виконується на сортувальних станціях. На сьогодні на магістральній мережі Укрзалізниці функціонують 35 сортувальних станцій, з яких 31 за обсягами роботи віднесена до позакласних [61]. Основними елементами сортувальних станцій є сортувальні гірки.

Всього на станціях Укрзалізниці нараховується 49 сортувальних гірок.

Розподіл сортувальних гірок за потужністю в відсотковому співвідношенні наведено на рисунку 3.1.

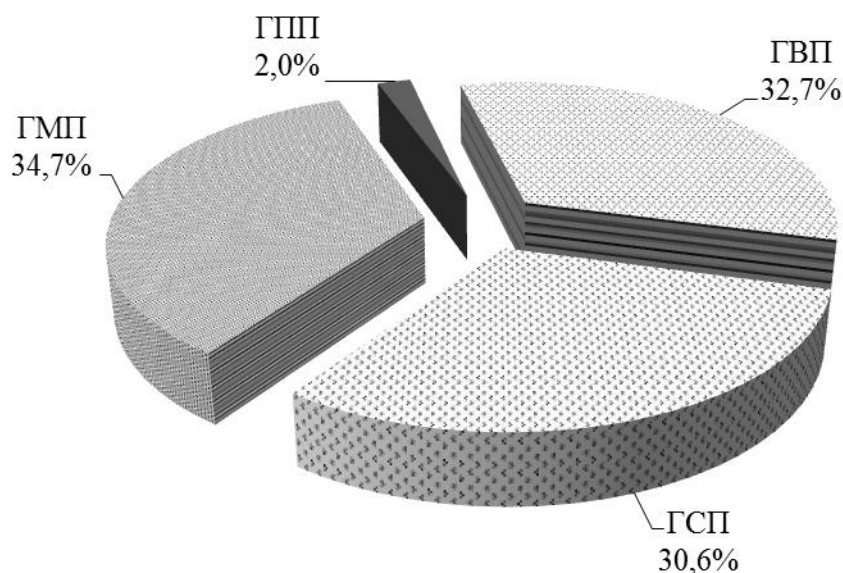


Рисунок 3.1 – Розподіл сортувальних гірок Укрзалізниці за потужністю

Згідно з ТРА станцій за потужністю гірки розподілені наступним чином:

- гірки підвищеної потужності (ГПП) – 1;
- гірки великої потужності (ГВП) – 16;
- гірки середньої потужності (ГСП) – 15;

– гірки малої потужності (ГМП) – 17.

На філії «П» працює 4 сортувальні станції (по одній на кожній дирекції): Н, Кс, Д та Зл. Також за обсягом роботи, що виконується, можна додати станцію В, яка на даний момент є дільничною, але достатньо довго відносилася до сортувальних станцій.

Характеристика технічного забезпечення сортувального процесу основних технічних станцій філії наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика сортувальних комплексів основних технічних станцій філії «П».

Найменування станції	Кількість колій насуву	Кількість закріплених гіркових локомотивів	Тип сортувального пристрою	Коефіцієнт завантаження	Кількість колій у сортувальному парку	Додаткові сортувальні пристрої	Кількість локомотивів у хвості сортувального парку
Н, непарна система	1	1	ГСП	0,42	32	-	1
Н, парна система	1	1	ГСП	0,59	16	-	1
Кс	1	2	ГСП	0,71/0,79	26	Витяжна колія в хвості	1
Зл	1	1	ГВП	0,73/0,71	24	Витяжна колія в хвості	2
Д	1	1	ГСП	0,95/0,44	18	Додаткова ГМП	1
В	1	1	ГСП	0,32	18	12 тупикових колій	1 або 2 від обсягів

Примітка: в чисельнику наведені коефіцієнти завантаження основного сортувального пристрою, в знаменнику – додаткового.

3.2 Аналіз поїздо- та вагонопотоків, що надходять у розформування

Аналіз характеристик вагонопотоків основних технічних станцій філії «П» показав, що вони суттєво залежать від місцевих умов.

Так сортувальні станції однієї філії суттєво відрізняються за потужністю призначень плану формування поїздів [62, 63]. Для прикладу на рисунку. 3.2 наведена потужність вагонопотоків декількох станцій філії «П».

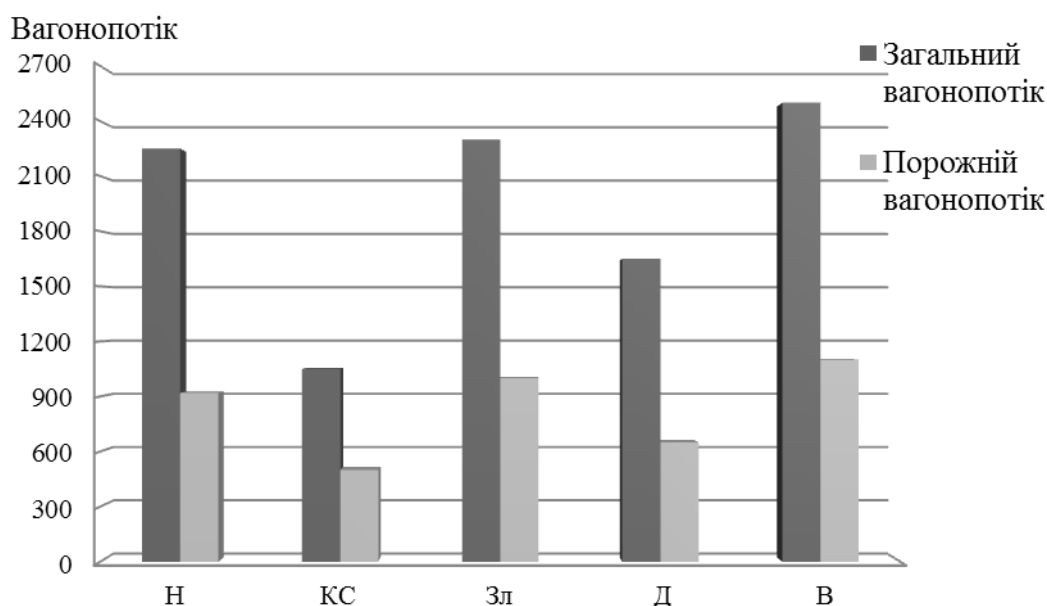


Рисунок 3.2 – Потужність вагонопотоків на станціях регіональної філії «П»

Найбільший вагонопотік переробляється на дільничній ст. В, яка формує поїзди на менші за обсягами роботи дільничні станції, що обслуговують велику кількість промислових підприємств та виконують сортування вагонів відповідно плану навантаження-вивантаження.

Вагонопотоки, що переробляються на сортувальних станціях, суттєво відрізняються за кількістю призначень плану формування (ПФП) (дивись рисунок. 3.3) та за потужностями призначень [64].

Найбільша кількість призначень плану формування на станції Н, оскільки ця станція є двосторонньою сортувальною станцією, що обладнана двома сортувальними гірками. Найменша кількість призначень – на станції В, оскільки ця станція є дільничною.

Потужності призначень плану формування однієї сортувальної станції коливаються в досить широких межах. У таблиці 3.2 наведено потужності призначень плану формування сортувальної станції Н.

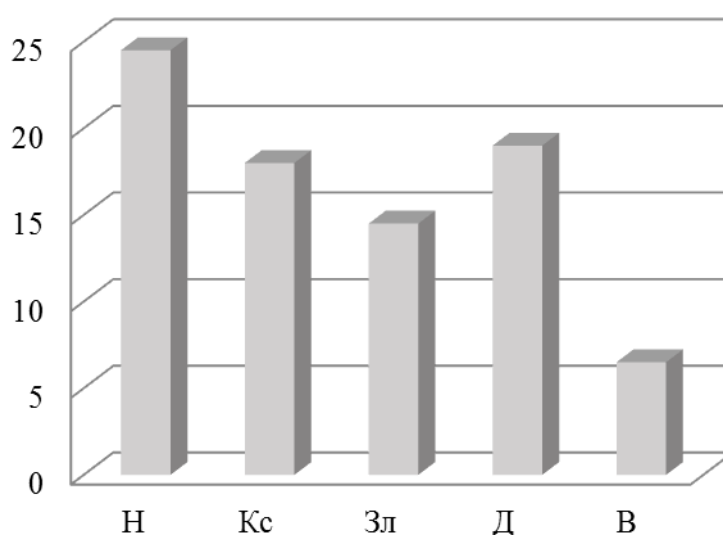


Рисунок 3.3 – Кількість призначень плану формування поїздів на технічних станціях регіональної філії «П»

Таблиця 3.2 – Потужності призначень плану формування станції Н

Призначення	$N_{\text{доб, ваг.}}$	Призначення	$N_{\text{доб, ваг.}}$	Призначення	$N_{\text{доб, ваг.}}$
Зд	99	Н	56	Кс	145
К	107	Д	8	Д	56
О (ох)	14	С	-	Я	196
1	2	З	4	5	6
О	141	Ч	39	В-х	58
Ч	-	П	214	Кр-Л	81
Зн	263	В	88	Дс	183
Зн (ох)	7	Зл	210	регулюв. пв	165
М	46	Кр	81	регулюв. цс	6
Зс	8				

На рисунку 3.4 наведено діаграми розподілу призначень плану формування станції Н за потужністю напрямку. Наявність значної кількості порожніх вагонів пояснюється тим, що станція Н формує поїзди з порожніх піввагонів під навантаження в вугільний басейн; з порожніх цистерн світлого та темного наливу – на територію Казахстану та інші струмені порожніх вагонопотоків в райони навантаження та для повернення піввагонів вантажовласникам.

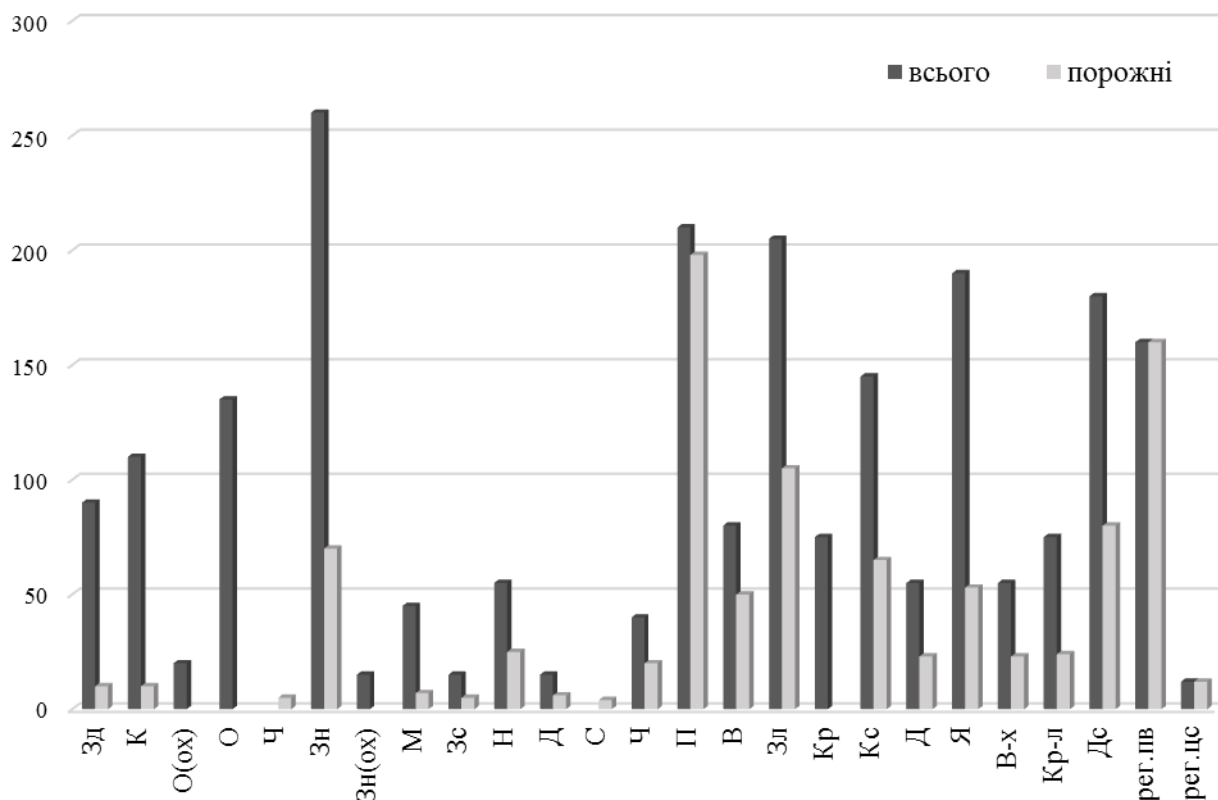


Рисунок 3.4 – Потужність вагонопотоків призначень плану формування станції Н

Відповідно до ваги бруто вагона виділяють 5 вагових категорій відчепів:

- легку (Л – маса бруто до 28 т);
- легко-середню (ЛС – 28-44 т);
- середню (С – 44-60 т);
- середньо-важку (СВ – 60-72 т);
- важку (В – понад 72 т).

Статистична обробка натурних листів составів, що надходять у розформування, станції Н дозволяє зробити певні висновки та виявити деякі залежності. На рисунку 3.5 наведено структуру вагонопотоку, що розформовується на непарній сортувальній гірці станції Н.

Для станції Н частка порожніх вагонів та вагонів важкої вагової категорії складають 30 % та 58 % відповідно [65]. Частка вагонів легкої, легко-середньої та середньої вагових категорій складає по 2 %, вагони середньо-важкої категорії –

6 %. Наявність великої кількості вагонів важкої вагової категорії зумовлена прямуванням з вугільного басейну завантажених вагонів з вугіллям.

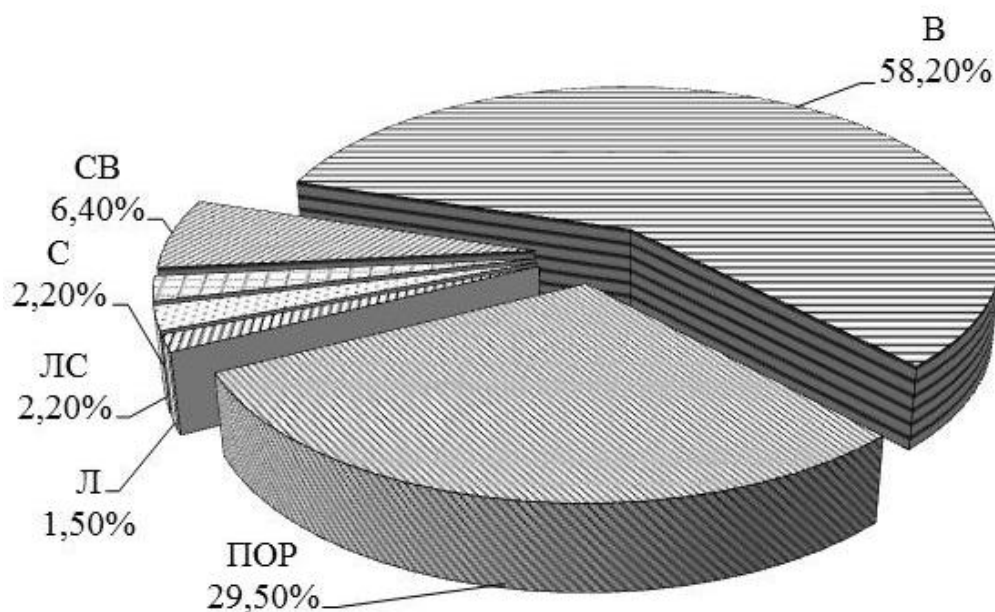


Рисунок 3.5 – Розподіл відцепів за ваговими категоріями
для непарної системи станції Н

Після обробки сортувальних листків станції Н було побудовано гістограму розподілу випадкової величини кількості вагонів у відчепах (рисунок. 3.6).

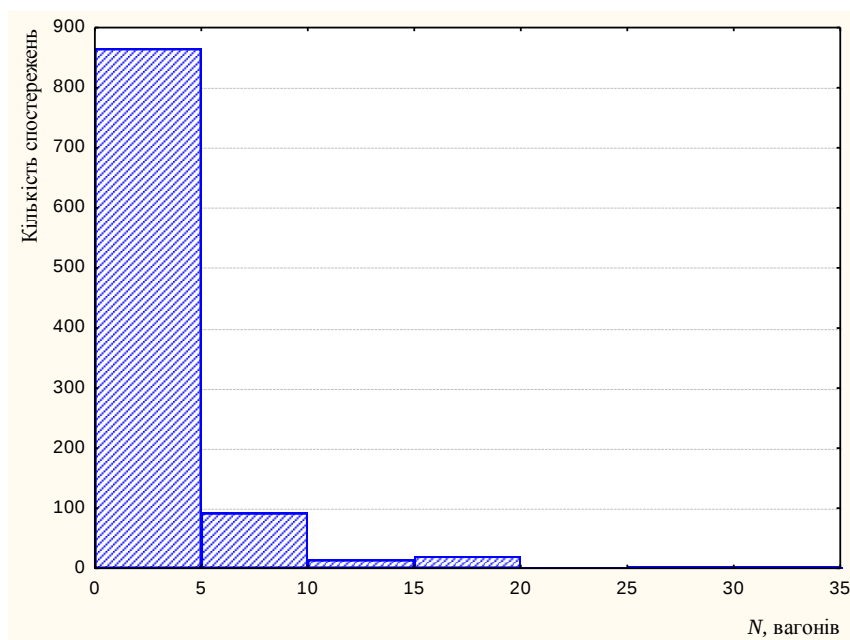


Рисунок 3.6 – Гістограма розподілу випадкової величини кількості вагонів у
відцепі на непарній системі ст. Н

У результаті статистичної обробки наведеної гістограми встановлено, що кількість вагонів у відчепах має експоненціальний закон розподілу. Це означає, що в основному відчепи складаються з малої кількості вагонів (дивись рисунок 3.7).

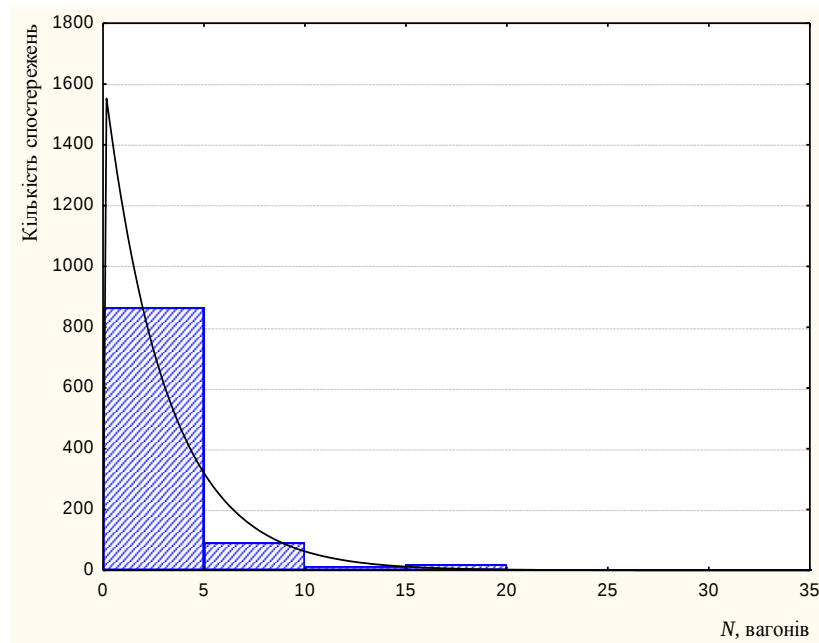


Рисунок 3.7 – Гістограма та функція розподілу випадкової величини кількості вагонів у відчепі

Ймовірність появи одновагонного відчепа на сортувальній гірці непарної системи ст. Н складає 50,5 %. Серед одновагонних відчепів ст. Н переважають важкі вагони – 53,8 % (рисунок 3.8).

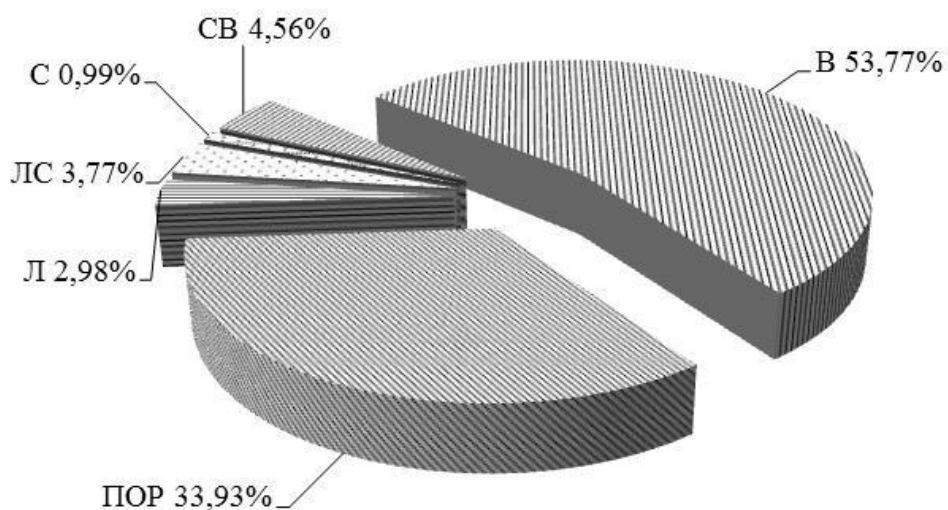


Рисунок 3.8 – Розподіл одновагонних відчепів за ваговими категоріями

3.3 Аналіз розділення відчепів на стрілочних позиціях сортувальної гірки

У схемі гіркових горловин сортувальних парків станції Н можна виділити 5 стрілочних позицій, перша розташовується після горба гірки, п'ята (остання) – перед парковою гальмівною позицією. Одним з критеріїв оцінки якості конструкції гіркової горловини є умови розділення відчепів на стрілочних позиціях сортувальної гірки.

У [66] запропоновано визначати ймовірність розділення на стрілочній позиції за умови, що кожна стрілка має однакову кількість колій при відхиленні вліво та вправо, за формулою:

$$P(c) = \frac{2S^2}{M(M-1)},$$

де S – кількість колій, що примикає до одного напрямку стрілочного перевodu;

M – кількість колій у сортувальному парку.

Фактично вагонопотоки на різні колії сортувального парку можуть суттєво відрізнятись. Для аналізу отриманих теоретичних значень було визначено ймовірність розділення відчепів на непарній сортувальній гірці станції Н та порівняно її з величиною, розрахованою за аналітичними формулами [67]. Аналіз виявив суттєві розбіжності між статистичними та теоретичними значеннями (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Ймовірність розділення відчепів на стрілочних позиціях непарної гірки ст. Н

№ стрілочної позиції	Кількість стрілок в позиції	Кількість колій, що примикає до одного напрямку	Кількість колій, що примикає до другого напрямку	Ймовірність розділення відчепів	
				за формулами	Статистичні дані
1	1	16	16	0,516	0,466
2	2	8	8	0,258	0,273
3	4	4	4	0,129	0,169
4	8	2	2	0,065	0,048
5	16	1	1	0,032	0,044
Разом	31			1,000	1,000

Аналіз наведеної таблиці показує, що найбільша частота розділення відчепів на гірці непарної системи Н спостерігається на першій та другій стрілочній позиції.

Розформування составів відбувається за умов невизначеності їх ходових характеристик та умов навколишнього середовища. Факторами, які забезпечують успішне рішення задачі інтервального гальмування є наявність у розрахункових групах багатовагонних відчепів, що створює значні резерви на вершині гірки, достатні для погашення відхилень фактичного часу руху відчепів від розрахункових. Також одним із визначальних факторів є сполучення стрілочних переводів у розділових групах відчепів. Так, якщо перша розділова стрілка розташована до першої гальмової позиції, то конструкція сортувальної гірки повинна забезпечувати розділення усіх відчепів на цій стрілці. Якщо при розділенні відчепів має місце значна відстань між стрілками розділення, то, за рахунок вибору режимів гальмування, інтервал у розділових групах може бути перерозподілений і таким чином мінімізовано ризик нерозділення.

Значний вплив на умови розділення відчепів на стрілках чинить сполучення розділових стрілок у парах елементарної розділової групи з трьох відчепів.

У таблиці 3.4 наведено ймовірності розділення відчепів на непарній сортувальній гірці ст. Н. Найбільша кількість розділень припадає на стрілочні позиції, які розташовані між ВГП та СГП, що покращує умови розділення відчепів [68].

Таблиця 3.4 – Статистична частота розділення трійки відчепів

Друга пара		№ стрілки розділення				
Перша пара		1	2	3	4	5
№ стрілки розділення	1	0,2698	0,1074	0,0514	0,0140	0,0168
	2	0,1046	0,1307	0,0411	0,0084	0,0056
	3	0,0551	0,0336	0,0504	0,0093	0,0121
	4	0,0121	0,0140	0,0047	0,0084	0,0019
	5	0,0159	0,0084	0,0103	-	0,0140

Аналіз наведеної таблиці показує, що частота появи несприятливих умов розділення відчепів [69], коли розділовими стрілками є стрілки 4-4, 4-5, 5-4 та 5-5, складає 0,0243.

Найбільш несприятливими умовами регулювання швидкості скочування є розділення одновагонних відчепів. Частота появи одновагонної трійки відчепів на сортувальній гірці непарної системи ст. Н складає 0,105. Ймовірність появи розділення одновагонної трійки відчепів на стрілках 4-4, 4-5, 5-4 та 5-5 для ст. Н складає 0,0037 (дивись таблицю 3.5).

Таблиця 3.5 – Статистична частота розділення трійки одновагонних відчепів на стрілочних позиціях гірки непарної системи ст. Н

Друга пара		№ стрілки розділення				
Перша пара		1	2	3	4	5
№ стрілки розділення	1	0,0280	0,0121	0,0037	0,0028	0,0019
	2	0,0103	0,0215	0,0009	0,0019	–
	3	0,0047	0,0009	0,0056	–	–
	4	0,0009	0,0019	–	0,0019	0,0019
	5	0,0009	0,0019	0,0009	–	–

З метою прискорення процесу сортування вагонів состави можуть розформуватися із змінною швидкістю. Змінна швидкість розпуску регулюється черговим по гірці, який залежно від величини відчепів, умов проходження їх у стрілочній зоні, призначення відчепів за пучками, ступеня заповнення колій сортувального парку, дає команду машиністу гіркового локомотива про зміну швидкості насуву состава на горб гірки.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ РОЗПУСКУ НА УМОВИ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

У теперішній час оцінка конструкції сортувальних гірок та умов їх експлуатації виконується в основному на підставі скочування розрахункової групи відчепів при заданих параметрах та умовах зовнішнього середовища. Така методика може застосовуватися на етапі проектування і дозволяє перевіряти роботоспроможність гірок.

4.1 Модель процесу скочування відчепів

Найпоширенішим методом техніко-експлуатаційної оцінки сортувальних гірок, які існують та проектуються, є математичне моделювання процесу скочування відчепів.

Загальна структура існуючої моделі скочування містить опис маршруту скочування відчепів та їх осьові моделі [70]. Маршрут скочування розбитий на елементи, для яких межами є характерні точки плану колійного розвитку: вершина гірки, розрахункова точка, межі стрілочних переводів, кривих, уповільнювачів, гальмових позицій, ізольовані ділянки. Поздовжній профіль маршруту скочування наведений за допомогою кубічного сплайна. Приклад вихідних даних та результатів моделювання наведено в додатку Б.

Скочування відчепів у моделі описується диференціальним рівнянням $v' = f(s, v)$, для розв'язання якого використовується метод Рунге-Кутта IV. На кожному кроці Δs моделювання переміщення виконується за допомогою диференціального рівняння [71]:

$$v' = \frac{dv}{ds} = \frac{g'(i - w_o - w_{cb} - w_{ck} - w_t) \cdot 10^{-3}}{v}, \quad v > 0 \quad (4.1)$$

де g' – прискорення вільного падіння з урахуванням інерції частин вагону, що обертаються, м/с²;

v – швидкість відчепа, м/с;

w_o – основний питомий опір руху відчепа, кгс/тс;

$w_{св}$ – додатковий питомий опір руху від повітряного середовища, кгс/тс;

$w_{ск}$ – додатковий питомий опір руху, що виникає при проходженні стрілок і кривих;

i – ухил ділянки профілю.

Для забезпечення безперервної дії сил на відчеп, що скочується, при інтегруванні Δs може коректуватися.

Миттєве значення ухилу, яким рухається центр тяжіння відчепа, визначається:

$$i(s) = \frac{1}{Q_{від}} \sum_{j=1}^{m_{від}} \frac{Q_{вj}}{n_{вj}} \sum_{r=1}^{n_{вj}} i(s_{rj}), \quad (4.2)$$

де $m_{від}$ – число вагонів у відчепі;

$Q_{від}$ – вага відчепа;

$Q_{вj}, /_{вj}$ – відповідно, вага і число осей вагону;

s_{rj} – координата точки, в якій знаходиться r -а вісь j -го вагону;

$i(s_{rj})$ – значення уклону, на якому знаходиться r -а вісь j -го вагону.

Модель скочування відчепа містить інформацію розташування вагонів на сортувальних коліях, що дозволяє враховувати проштовхування вагонів на коліях сортувального парку. При моделюванні перевіряється можливість об'єднання відчепа, що скочується, з вагонами, які стоять на сортувальних коліях.

Під час скочування відчепа на нього діють сили опору випадкового характеру: основний опір, опір середовища та вітру, опір стрілок та кривих.

4.1.1 Основний опір руху вантажних вагонів

Основний опір з'являється внаслідок дії таких факторів: тертя вісей колісних пар у буксах, удари коліс на стиках, тертя між колесами вагона та рейками під час кочення, нерівномірності зносу бандажів та ін.

Випадкове значення основного питомого опору руху одиночного вагона визначається згідно з [72] за виразом

$$w_0 = \frac{1}{b} \ln \left(\prod_{j=1}^a R_j \right), \quad (4.3)$$

де a, b – параметри гамма-розподілу, що залежать від вагової категорії відчепа;
 R_j – випадкові числа, що рівномірно розподілені в інтервалі $[0, 1]$.

4.1.2 Опір руху вантажних вагонів від стрілок та кривих

Опір від стрілочних переводів та кривих виникає через підвищене тертя коліс об рейки при вписуванні в криві, удари об гостряки та в хрестовинах стрілочних переводів.

Розрахунок питомих сил опору від стрілок і кривих $w_{ск}$ виконується за формулою:

$$w_{ск}(v) = C_{св.ск} v^2, \quad (4.4)$$

де $C_{св.ск}$ – середньозважений коефіцієнт опору стрілок і кривих.

Для визначення $w_{св}$ у моделі містяться дані для визначення значення коефіцієнтів повітряного опору на кожному кроці Δs , а також дані про вагу і тип кожного вагона. Для розрахунку коефіцієнт опору модель містить інформацію про розташування та параметри стрілочних переводів та кривих на насувній, спускній частині та коліях сортувального парку.

4.1.3 Опір руху вантажних вагонів від середовища та вітру

При розрахунках висоти сортувальної гірки опір повітряного середовища та вітру визначається згідно з [72] за формулою:

$$w_{св} = c v_{від}^2, \quad (4.5)$$

де $v_{від}$ – відносна швидкість відчепа з урахуванням напрямку вітру, м/с;

c – приведений коефіцієнт повітряного опору, що залежить від параметрів вагонів відчепа та температури навколишнього середовища;

Дослідження вітру та питання, що пов'язані з усередненням швидкості вітру, розглядалися в роботах [73, 74]. Результати робіт свідчать про необхідність

врахування реальної швидкості вітру. При моделюванні прийнято, що вітрове навантаження складається із пульсуючої та статичної складових. Згідно [73] швидкість вітру визначається як

$$v_B = \gamma_B \bar{v}_B, \quad (4.6)$$

де $\bar{v}_B$ – середня швидкість вітру;

γ_B – випадкова величина відношення реальної швидкості вітру до середньої.

4.1.4 Гальмовий опір руху вантажних вагонів

Для керування процесом скочування відцепів використовуються гальмові засоби (уповільнювачі або гальмові башмаки). Математично дію гальмових засобів враховують через величину діючого на відцеп питомого гальмового опору:

$$b_r = \frac{B_r}{Q}, \quad (4.7)$$

де B_r – повна величина діючої на відцеп гальмової сили, тс.

При цьому визначення величини B_r (відповідно і b_r) є проблематичним, оскільки вона залежить від великої кількості факторів: розмірів коліс вагонів, сили тиску шин уповільнювачів на колеса вагона, розмір шин уповільнювачів та коефіцієнта тертя коліс. На даний час характер дії цих факторів повністю не досліджений та не формалізований.

При виконанні розрахунків в дослідженні процесів розформування [70, 75] величина b_r визначається за допомогою використання величини енергетичної висоти (h_r , м ен. в.), яка погашається на гальмовій позиції:

$$b_r = \frac{h_r}{l_{p.гп}} 10^3, \quad (4.8)$$

де $l_{p.гп}$ – робоча довжина гальмової позиції, м.

4.1.5 Модель відчепа

У якості моделі відчепа обрана осьова модель [75, 76], в якій відчеп розглядається як недеформуємий гнучкий стержень і представляється структурою

$$c_o = \left\{ V_o, v_{vo}, x_o, p_\Gamma, l_{\text{прц}} \right\}, \quad (4.9)$$

де V_o – вагони відчепа;

v_{vo} – поточна швидкість відчепа;

x_o – координата першої осі відчепа;

p_Γ – колія призначення відчепа;

$l_{\text{прц}}$ – відстань від вершини гірки до точки прицілювання.

Параметри кожного вагону $v_{o,n} \in V_o$, $n = \overline{1, N}$ у моделі відчепа представлені:

$$v_o = \left\{ A, q_{\text{вг}}, \omega_0, K_{\text{св}} \right\}, \quad (4.10)$$

де A – вектор міжосьових відстаней;

$K_{\text{св}}$ – коефіцієнт середовища та вітру

Значення A і $K_{\text{св}}$ визначаються відповідно до типу вагона. Маса та основний питомий опір вагона визначаються на підставі вагової категорії відчепа. Відповідно до [77] у межах вагових категорій Л, ЛС, С та СВ випадкова величина $q_{\text{вг}}$ розподілена за рівномірним законом і моделюється

$$q_{\text{вг},n} = q_{\text{вкм}}(b_{\text{вг}}) + R_j (q_{\text{вкб}}(b_{\text{вг}}) - q_{\text{вкм}}(b_{\text{вг}})), \quad (4.11)$$

де $q_{\text{вкб}}(b_{\text{вг}})$, $q_{\text{вкм}}(b_{\text{вг}})$ – максимальна та мінімальна маса відчепа у ваговій категорії $b_{\text{вг}}$.

Маса вагона важкої вагової категорії визначається:

$$q_{\text{вг},n} = q_{\text{т}} + q_{\text{вп}} + \bar{\varepsilon} \ln R_j, \quad (4.12)$$

де $q_{\text{т}}$, $q_{\text{вп}}$ – відповідно, маса тари та вантажопідйомність вагона, т;

$\bar{\varepsilon}$ – математичне сподівання величини недовантаження вагона, т.

Основний питомий опір відчепа моделюється за допомогою виразу (4.3).

4.1.6 Модель сортувальної гірки

Модель гірки дозволяє виконувати моделювання керованого руху відчепа, використовуючи чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь [78]. Вона містить дані про план, поздовжній профіль, розділові стрілки, уповільнювачі та сортувальні колії, що дозволяє моделювати керований рух відчепа.

Модель маршруту скочування наводиться множиною прямолінійних та криволінійних ділянок

$$a_{\Gamma k} = \{l_k, \theta_{\Pi}, R_k, \bar{K}_{\text{ск}}, K_{\text{ск}}, b_{\Gamma}, n_{\text{гп}}\}, a_{\Gamma k} \in \mathbf{A}_{\Gamma}, k = \overline{1, s_{\Gamma}}, \quad (4.13)$$

де $K_{\text{ск}}$ - коефіцієнт опору стрілок та кривих на ділянці,

$$K_{\text{ск}} = -0,125 \ln \left(\prod_{j=1}^8 R_j \right). \quad (4.14)$$

Для визначення гальмового опору ділянки b_{Γ} математичне сподівання гальмової потужності уповільнювачів та її середнє квадратичне відхилення обирається відповідно до типу уповільнювача $\tau_{\text{гп}}$.

Модель сортувальної гірки також містить інформацію, яка необхідна для моделювання опору руху відчепа від середовища та вітру: температура навколишнього середовища $t_{\text{нс}}$, математичне сподівання $\bar{V}_{\text{в}}$ та середнє квадратичне відхилення $\sigma_{\text{вв}}$ швидкості вітру, математичне $\bar{\alpha}_{\text{в}}$ сподівання та середнє квадратичне відхилення $\sigma_{\alpha_{\text{в}}}$ напрямку вітру.

4.1.7 Моделювання скочування відчепів

Рух відчепа описується диференціальним рівнянням, незалежною змінною в якому є шлях (4.1). Для моделювання руху відчепів на попередньому етапі здійснюється пошук кореня дерева G , далі здійснюється обхід дерева G з метою побудови маршруту від його кореня v_k до кінця колії, якій відповідає маршрут

скочування. Перед кожним скочуванням здійснюється параметризація відчепа та моделі маршруту відповідно до заданих параметрів розподілу випадкових величин. На рисунку 4.1 наведено «вікно» програми моделювання скочування відчепів.

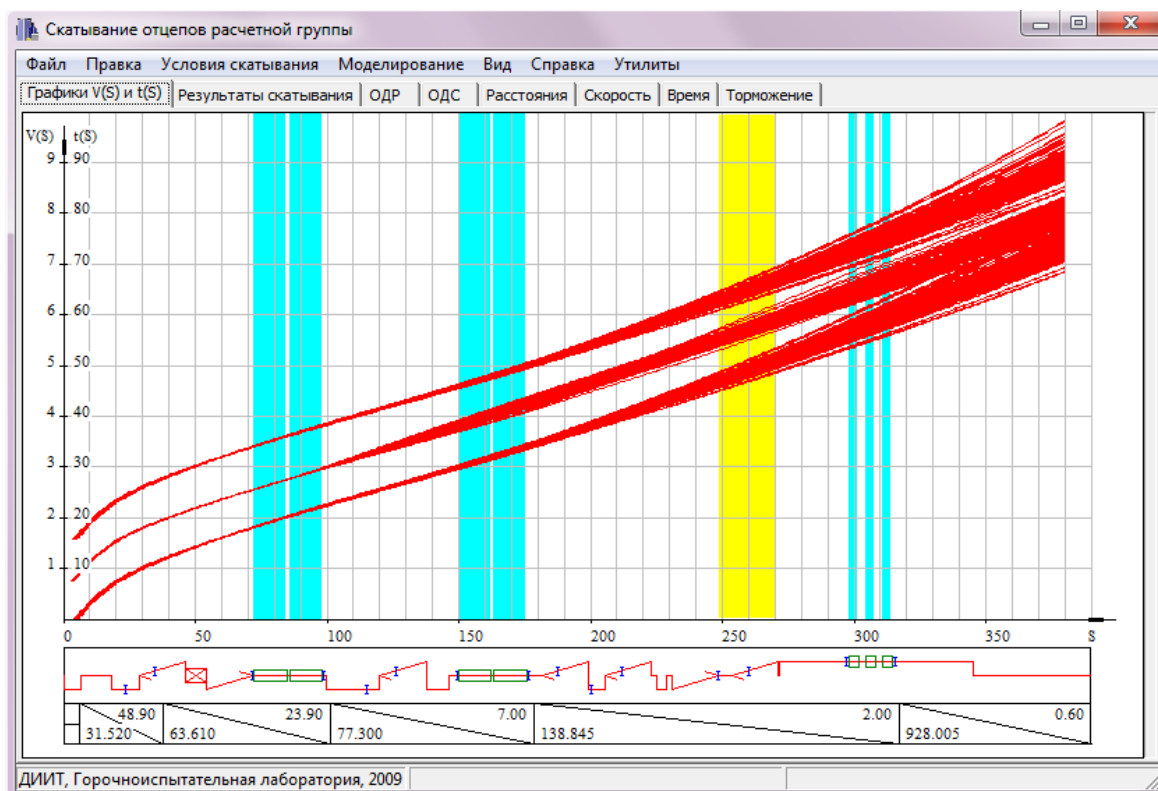


Рисунок 4.1 – Результати моделювання скочування відчепів

Модель дозволяє проводити експерименти при різній точності реалізації швидкості виходу відчепа з гальмової позиції та враховувати невизначеність умов скочування та параметрів відчепів.

Обробка результатів моделювання дозволяє визначати параметри розподілу випадкових величин тривалості скочування відчепів до будь-якої точки, швидкості входу та виходу відчепів із уповільнювачів, швидкості підходу та співударяння з вагонами, що знаходяться на сортувальних коліях.

Проведено експерименти скочування 300 відчепів при різній точності реалізації заданих швидкостей виходу з уповільнювачів ($\sigma_{\text{гн}} = 0,2; 0,3; 0,4$ м/с).

На рисунках 4.2 та 4.3 наведені гістограми та функції щільності розподілу відповідно часу скочування та швидкості відчепа до 4-ї розділової стрілки при точності реалізації заданих швидкостей виходу з уповільнювачів $\sigma_{\text{гн}} = 0,3$ м/с.

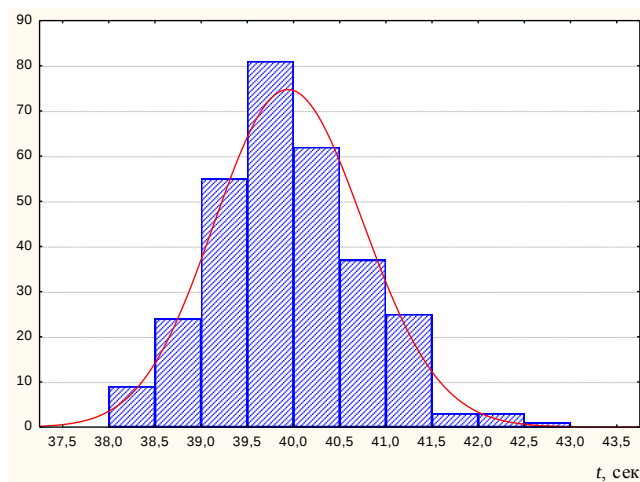


Рисунок 4.2 – Гістограма та функція щільності розподілу випадкової величини тривалості скочування відчепа до входу на 4-ту розділову стрілку

Випадкова величина тривалості скочування відчепа має логарифмічно-нормальний закон розподілу.

Аналіз залежностей показує, що випадкова величина швидкості скочування відчепа має нормальний закон розподілення.

Гістограми та функцій щільності розподілу швидкості та часу скочування відчепа до 4-ї розділової стрілки при точності реалізації заданих швидкостей виходу з уповільнювачів $\sigma_{\text{гн}} = 0,2$ та $0,4$ м/с наведені в Додатку В.

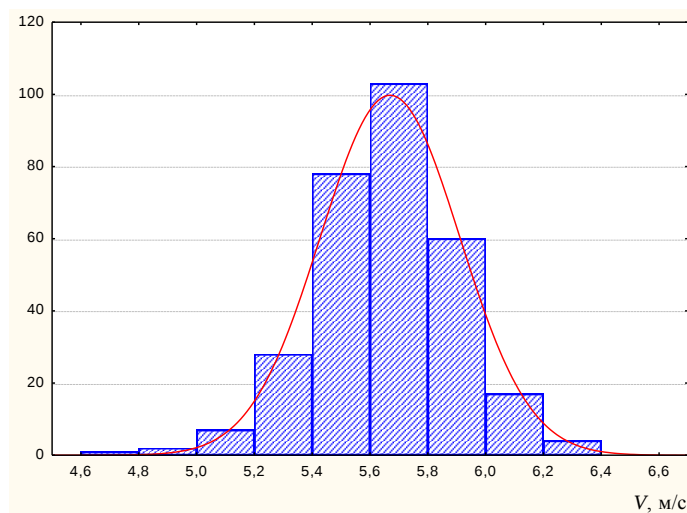
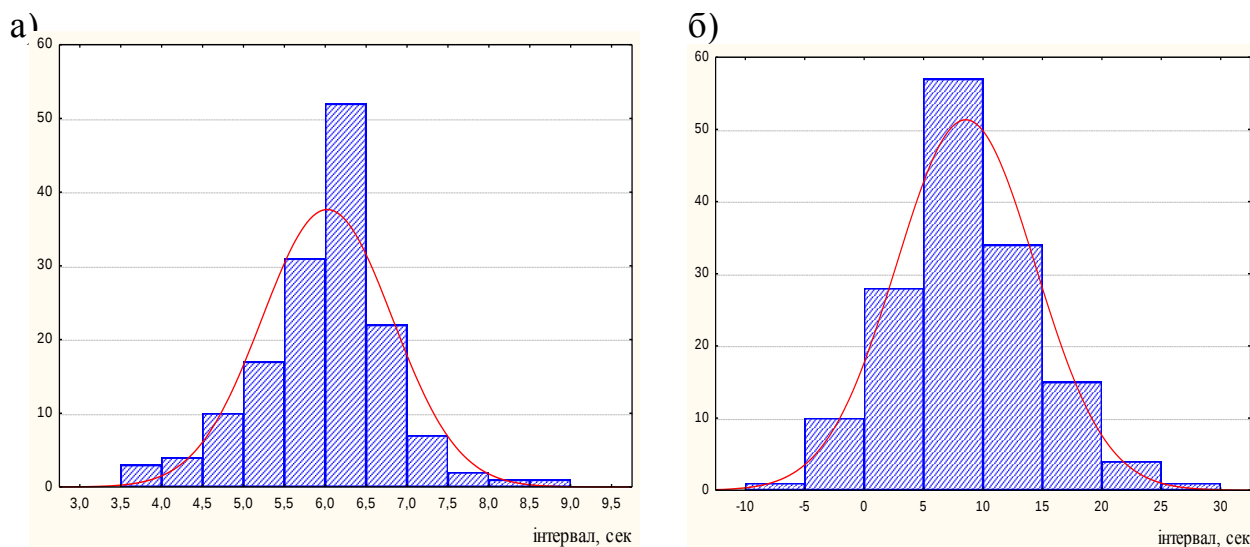


Рисунок 4.3 – Гістограма та функція щільності розподілу випадкової величини швидкості скочування відчепа в момент входу на 4-ту розділову стрілку

Зважаючи на те, що характеристики відчепів, умови їх скочування під час вибору режимів точно невідомі, а гальмові позиції реалізують задані швидкості

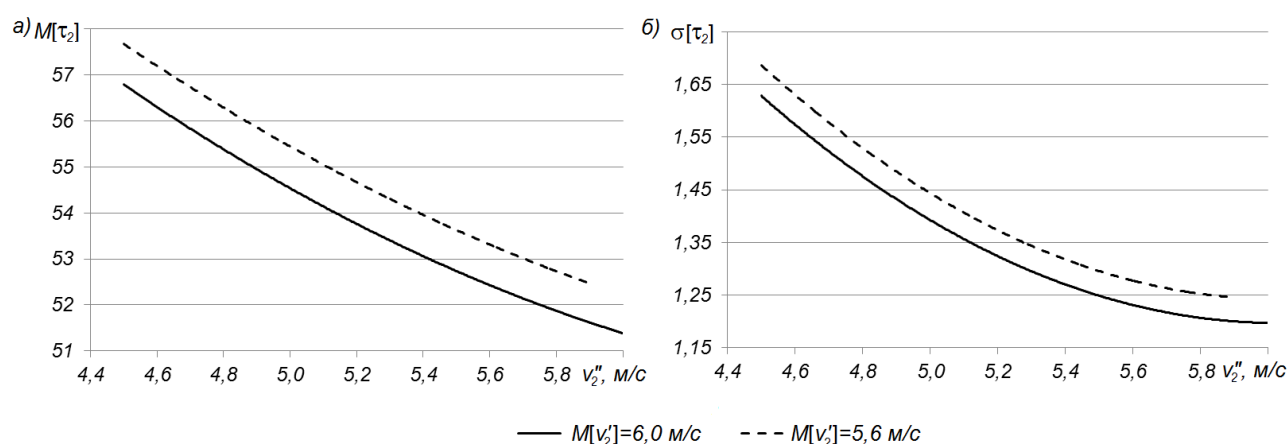
виходу відчепів з похибками, то час руху відчепів за маршрутами, а відповідно і інтервали між ними є випадковими величинами. На рисунку 4.4 наведені гістограми та функції щільності розподілу випадкової величини інтервалу між відчепами на 4-й та 5-й розділовій стрілці за маршрутом скочування. Величини інтервалів на розділових стрілках мають нормальний закон розподілення.



а) – 4-а розділова стрілка; б) – 5-а розділова стрілка

Рисунок 4.4 – Гістограма та функція щільності розподілу випадкової величини інтервалу між відчепами

На рисунку 4.5 наведені залежності математичного сподівання і середнього квадратичного відхилення часу скочування відчепа від моменту відриву до звільнення ізолюваної ділянки п'ятого стрілочного переходу.



а – математичне сподівання; б – середнє квадратичне відхилення

Рисунок 4.5 – Залежності параметрів випадкової величини часу скочування керованого відчепа від заданих математичних величин швидкостей виходу відчепа з гальмових позицій

4.2 Дослідження впливу різних факторів на умови інтервального регулювання швидкості скочування відчепів

З метою оцінки впливу параметрів відчепів, що скочуються на величину початкового інтервалу виконано серію імітаційних експериментів зі скочування одновагонних та багатовагонних відчепів з гірки. У якості відгуку було обрано величину початкового інтервалу між відчепами на горбу сортувальної гірки. У якості факторів прийнято:

$l_1(x_1)$ – довжина першого відчепу, м;

$Q_1(x_2)$ – вага першого відчепу, т;

$l_2(x_3)$ – довжина другого відчепу, м;

$Q_2(x_4)$ – вага другого відчепу, т.

Фактори та рівні їх варіювання наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Фактори та рівні їх варіювання для дослідження впливу параметрів відчепів на величину початкового інтервалу

Фактори	$x_i=-1$ (нижній рівень)	$x_i=0$ (основний рівень)	$x_i=1$ (верхній рівень)
Довжина першого відчепу (x_1), l_1	1	3	5
Вага першого відчепу (x_2), Q_1	22	53,5	85
Довжина другого відчепу (x_3), l_2	1	3	5
Вага другого відчепу (x_4), Q_2	22	53,5	85

На підставі результатів імітаційних експериментів отримані коефіцієнти рівняння:

$$y = 24,565 + 13,761x_1 + 0,43x_2 + 2,615x_3 - 0,43x_4 + 0,131x_1x_2$$

Виконано нормування коефіцієнтів та отримано остаточний вигляд моделі:

$$t_0 = 0,33474 + 6,76925l_1 + 0,00745Q_1 + 1,3075l_2 - 0,016365Q_2 + 0,0021l_1Q_1 \quad (4.15)$$

Аналіз коефіцієнтів моделі показує, що основними факторами, що впливають на величину інтервалу є довжини відчепів. Збільшення довжини відчепів, збільшує інтервал між ними на вершині гірки та зменшує ризики

нерозділення відчепів на розділових стрілках.

На величину початкового інтервалу впливає також швидкість розпуску составів. При її збільшенні зменшується середнє значення інтервалу на вершині гірки та його середнє квадратичне відхилення (рисунк 4.6), при цьому коефіцієнт варіації має постійне значення.

Момент відриву відчепа від состава на вершині гірки та час його скочування до першої гальмової позиції не залежить від обраних режимів гальмування. При зміні швидкості розпуску состава змінюється тривалість скочування до виходу з першої гальмової позиції, далі виконується гальмування на ВГП та СГП для забезпечення заданих швидкостей виходу з гальмових позицій, тобто тривалість скочування відчепів від точки виходу з ВГП до розрахункової точки не залежить від швидкості розпуску состава.

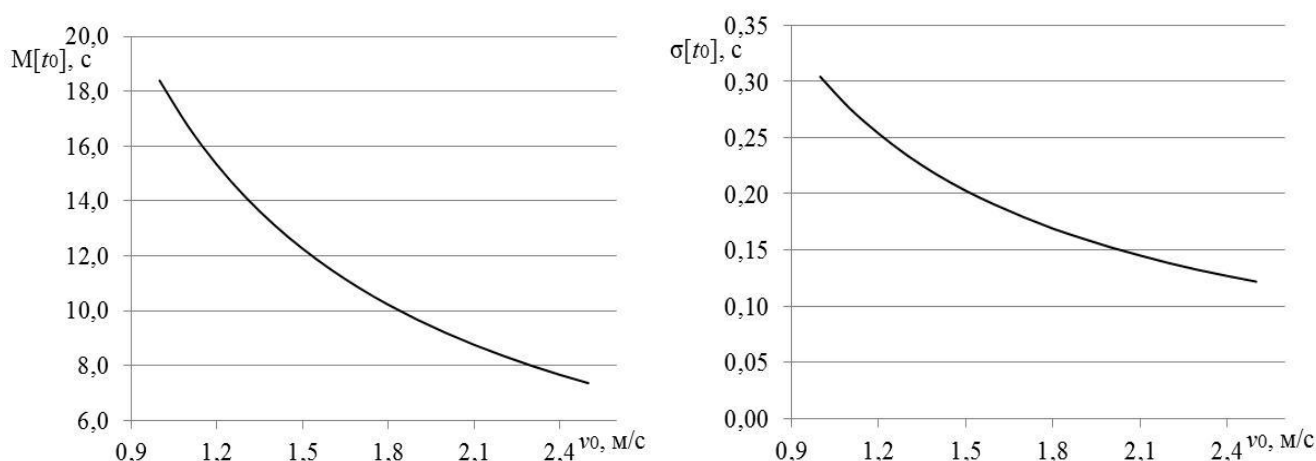


Рисунок 4.6 – Залежності випадкової величини початкового інтервалу та його середнього квадратичного відхилення від швидкості розпуску состава

Виконано дослідження впливу швидкості розпуску состава на тривалість скочування відчепів до моменту виходу з ВГП (дивись рисунок 4.7). Для цього виконано моделювання скочування 300 відчепів легкої та важкої вагових категорій при несприятливих умовах скочування.

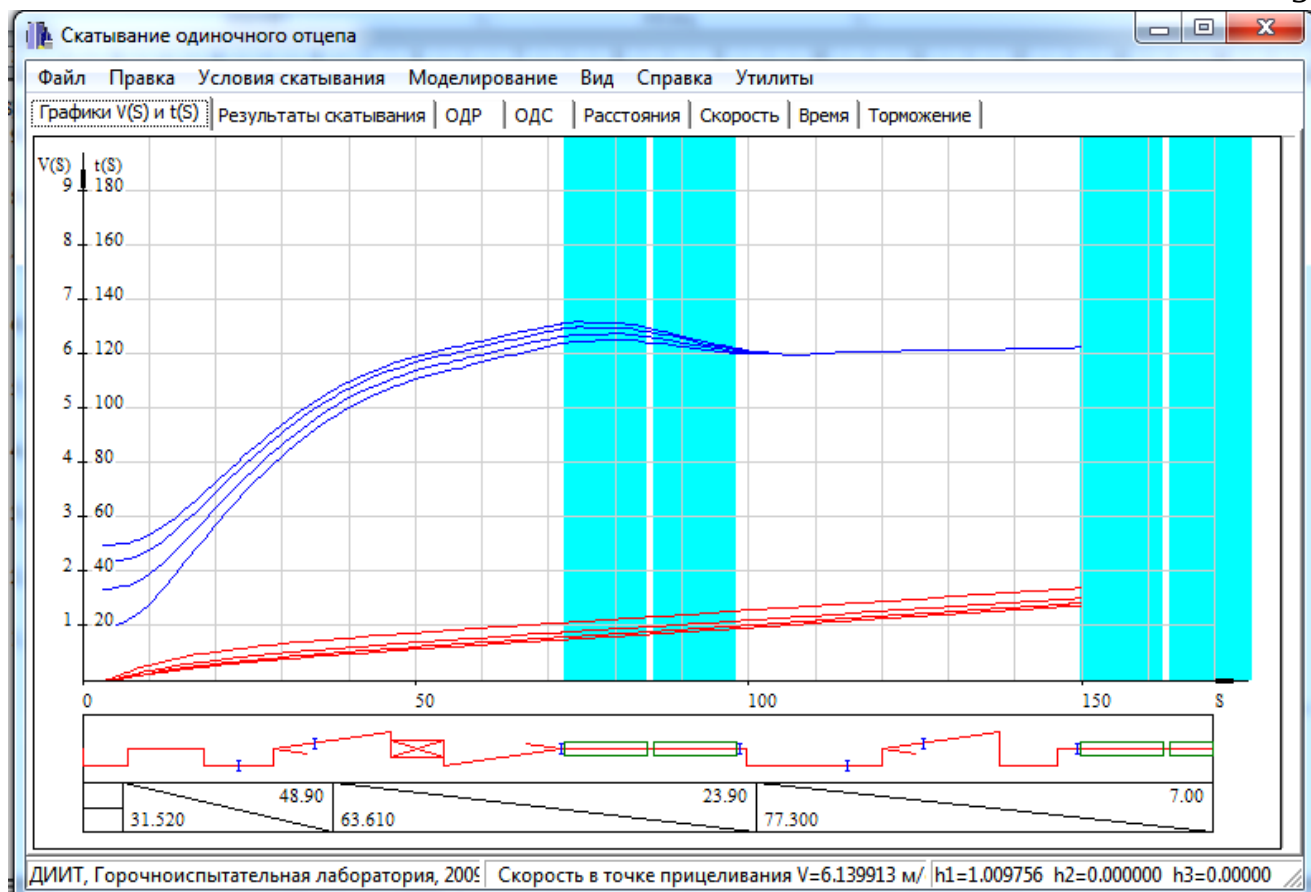


Рисунок 4.7 – Криві швидкості та тривалості скочування відчепа при зміні швидкості розпуску состава

Залежність часу руху відчепів від точки відриву до виходу з уповільнювачів першої гальмової позиції наведена на рисунку 4.8.

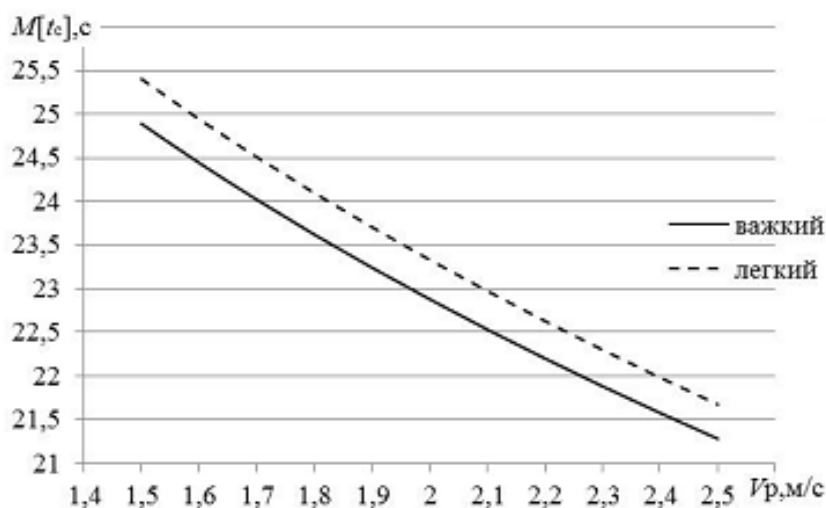


Рисунок 4.8 – Залежності часу руху відчепів між моментом відриву від состава та моментом виходу з першої гальмової позиції від швидкості розпуску состава.

Аналіз отриманих залежностей показує, що для відчепів із однакової кількості вагонів зміна швидкості розпуску несуттєво впливає на різницю часу їх руху від моменту відриву до моменту входу на першу гальмову позицію. Це пояснюється тим, що рух відчепів між точкою відриву та точкою входу на першу гальмову позицію відбувається на швидкісній ділянці зі значним ухилом, на фоні якого різниця у ходових характеристиках відчепів є несуттєвою.

Тривалість скочування відчепів від першої гальмової позиції до розділових елементів визначається переважно роботою гальмових позицій.

Для визначення тривалості скочування відчепа до будь-якої точки при довільній швидкості розпуску складає достатньо знати тривалість скочування відчепа при встановленій швидкості та тривалість скочування при довільній швидкості до виходу з ВГП:

$$t_{\text{д}} = t_{\text{норм}} - (t_{\text{вих ВГП}}^{\text{норм}} - t_{\text{вих ВГП}}^{\text{д}}), \quad (4.16)$$

де $t_{\text{норм}}$ – тривалість скочування до будь-якої точки при встановленій швидкості розпуску;

$t_{\text{вих ВГП}}^{\text{норм}}$ – тривалість скочування до точки виходу з ВГП при встановленій швидкості розпуску;

$t_{\text{вих ВГП}}^{\text{д}}$ – тривалість скочування до точки виходу з ВГП при довільній швидкості розпуску.

У таблиці 4.2 наведені результати моделювання та розрахунку тривалості скочування відчепів легкої та важкої вагових категорій до виходу з першої гальмової позиції та до входу на паркову гальмову позицію.

Аналіз таблиці показав, що використання виразу (4.16) дозволяє достатньо точно визначити тривалість скочування відчепів до будь-якої точки маршруту.

Таблиця 4.2 – Результати моделювання та розрахунку тривалості скочування відчепів

Відчеп	Швидкість розпуску, м/с	Час скочування до моменту, с		$t_{\text{вих ВГП}}^{\text{норм}} - t_{\text{вих ВГП}}^{\text{д}}$	Час скочування до моменту входу на ПГП (4.16)	Похибка, %
		Виходу з ВГП	Входу на ПГП			
легкий	1,7	24,508	59,366	-	-	-
	1,8	24,097	58,953	0,411	58,955	0,004
	1,9	23,705	58,565	0,803	58,564	0,002
	2,0	23,331	58,182	1,177	58,190	0,013
	2,1	22,974	57,835	1,534	57,833	0,004
	2,2	22,631	57,492	1,877	57,489	0,004
	2,3	22,301	57,153	2,207	57,159	0,010
	2,4	21,983	56,839	2,525	56,841	0,003
	2,5	21,676	56,535	2,832	56,534	0,001
	1,5	25,402	60,262	-0,894	60,260	0,002
	1,6	24,942	59,802	-0,434	59,801	0,002
важкий	1,7	24,021	56,801	-	-	-
	1,8	23,621	56,401	0,399	56,401	0,001
	1,9	23,242	56,022	0,779	56,022	0,001
	2,0	22,880	55,660	1,141	55,660	0,000
	2,1	22,534	55,313	1,487	55,314	0,001
	2,2	22,202	54,982	1,818	54,982	0,001
	2,3	21,884	54,663	2,137	54,664	0,001
	2,4	21,577	54,357	2,443	54,357	0,001
	2,5	21,281	54,061	2,739	54,061	0,001
	1,5	24,890	57,669	-0,869	57,670	0,001
	1,6	24,442	57,222	-0,422	57,223	0,001

4.3 Дослідження впливу швидкості розпуску составів на умови розділення відчепів

Оцінка умов інтервального регулювання швидкості скочування виконується за допомогою ризику нерозділення, що характеризує можливу кількість вагонів, які в результаті розпуску проїдуть шляхом з порушенням плану розпуску. Ризик нерозділення відчепів може бути оцінений за допомогою виразу

$$r_n = \sum_{i=1}^{n-1} \Phi \left(\frac{t_{0i}(v_0) - t_{pe} - M[\tau_i^*] + M[t_{i+1}^*]}{\sqrt{D[\tau_i^*] + D[t_{i+1}^*]}} \right) \quad (4.17)$$

де $t_{0i}(v_0)$ – величина початкового інтервалу на вершині гірки в залежності від швидкості розпуску;

t_{pe} – мінімальний допустимий інтервал на розділовому елементі;

$M[\tau_i^*], M[t_{i+1}^*]$ – відповідно, математичні сподівання випадкової величини часу скочування відчепа від моменту відриву до моментів заняття та звільнення розділових елементів при нормативній швидкості розпуску та відповідному їй оптимальному режимі гальмування;

$D[\tau_i^*], D[t_{i+1}^*]$ – відповідно, дисперсія випадкової величини часу скочування відчепа від моменту відриву до моментів заняття та звільнення розділових елементів при нормативній швидкості розпуску та відповідному їй оптимальному режимі гальмування.

При зміні швидкості розпуску составів змінюються умови розділення відчепів на розділових елементах. Для оцінки її впливу виконано моделювання розпуску составів при різній швидкості розпуску та різній точності реалізації швидкостей виходу відчепу з гальмових позицій. Приклад состава наведений в Додатку Б. Залежність ризику нерозділення відчепів состава від швидкості розпуску при різній точності реалізації швидкості виходу відчепів із гальмових позицій наведена на рис. 4.8.

Найбільша кількість нерозділень відчепів виникає на стрілці 5, що розташована на найбільшій відстані від вершині гірки. На рис. 4.9 зображені залежності ризиків нерозділення відчепів у сполученні з двох одновагонних відчепів важкої вагової категорії на 5-й розділовій стрілці від швидкості розпуску состава при різній точності роботи гальмових позицій, що характеризуються середнім квадратичним відхиленням фактичної швидкості виходу відчепів з уповільнювачів від заданої $\sigma_{гп}$.

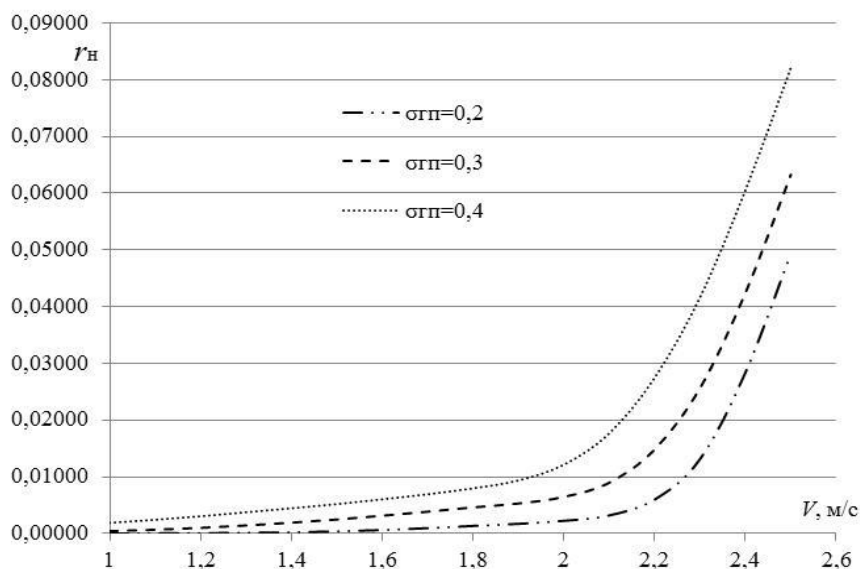


Рисунок 4.8 – Залежності ймовірності нерозділення відчепів на стрілочних позиціях від швидкості розпуску состава

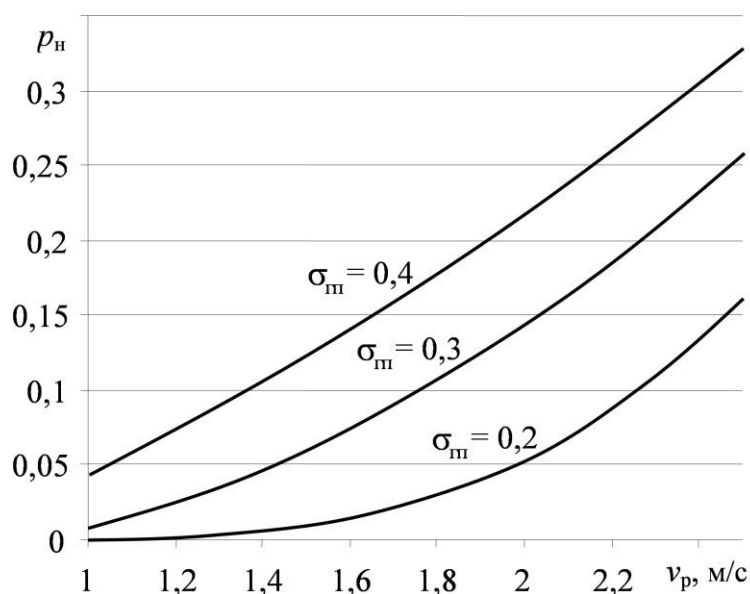


Рисунок 4.9 – Залежності ризику нерозділення відчепів на 5 стрілці від швидкості розпуску состава

Аналіз отриманих залежностей показує, що швидкість розпуску суттєво впливає на ризики нерозділення відчепів і, відповідно, на обсяг додаткової роботи з ліквідації їх наслідків. В разі достатньо високій точності реалізації швидкостей виходу відчепів із гальмових позицій ($\sigma_n = 0,2$ м/с) ризик нерозділення відчепів не перевищуватиме допустиму величину 0,05 [35].

Виконані дослідження дозволяють зробити висновок, що початкова швидкість розпуску впливає, в основному тільки на величину початкового інтервалу між відчепами на вершині гірки.

У цілому завдання управління швидкістю скочування відчепів состава пропонується вирішувати поетапно: встановлюються групи з несприятливим поєднанням відчепів, обирається раціональна швидкість розпуску состава, плануються перерви в розпуску, в процесі розпуску в моменти входу відчепів на гальмівні позиції здійснюється коригування попередніх значень швидкостей виходу відчепа із гальмових позицій у відповідності з ситуацією, що склалася на спускній частині гірки.

Оскільки момент відриву відчепа від состава на вершині гірки та час його скочування до першої гальмової позиції не залежить від обраних режимів гальмування, а тривалість скочування відчепів від першої гальмової позиції до розділових елементів визначається переважно роботою гальмових позицій, то можна суттєво скоротити обсяги моделювання скочування составів, замінивши його аналітичним розрахунком.

5. ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПЕРЕРОБНУ СПРОМОЖНІСТЬ СОРТУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

5.1 Аналіз гіркового технологічного циклу

Відповідно до [79] переробна спроможність станцій визначається найбільш імовірною кількістю вантажних поїздів (вагонів), які можуть бути перероблені станцією за добу в разі застосування прогресивних технологій з найкращим використанням колійного розвитку та технічного оснащення. При цьому переробна спроможність станцій, що мають сортувальну гірку, визначається як сума переробної спроможності сортувальних систем та витяжних колій, на яких здійснюється розформування – формування поїздів.

Відповідно до [80] сортувальна гірка являє собою інженерну споруду зі штучним підвищенням ділянки залізничної колії для сортування вагонів із використанням сили тяжіння на ухилі.

Форсування розформування составів може здійснюватись за рахунок перерозподілу роботи між основним та додатковими сортувальними пристроями, а саме перенесення на них виконання операцій із закінчення формування та ліквідації «вікон» на сортувальних коліях. І, нарешті, на сортувальних гірках із двома коліями насуву у короткі періоди часу може бути реалізовано режим паралельного розпуску составів. При цьому різко збільшується собівартість переробки вагонів через необхідність їх повторної переробки, однак є можливість швидкого звільнення колій парку прибуття для прийому нових поїздів. Існуючі сортувальні станції регіональної філії «П» мають по одній колії насуву.

Технологічний графік роботи гірки являє собою графічне зображення процесу розформування составів. На спеціальній сітці, де по вертикалі відкладається час, а по горизонталі елементи гіркової технології (заїзд, насув, розпуск, осаджування), послідовно відтворюється робота гіркових локомотивів за потоково-кільцевим способом. На рисунку 5.1 наведено технологічний графік

роботи сортувальної гірки з одним маневровим локомотивом. Осаджування виконується після трьох розпусків. На графіку зображено один гірковий цикл.

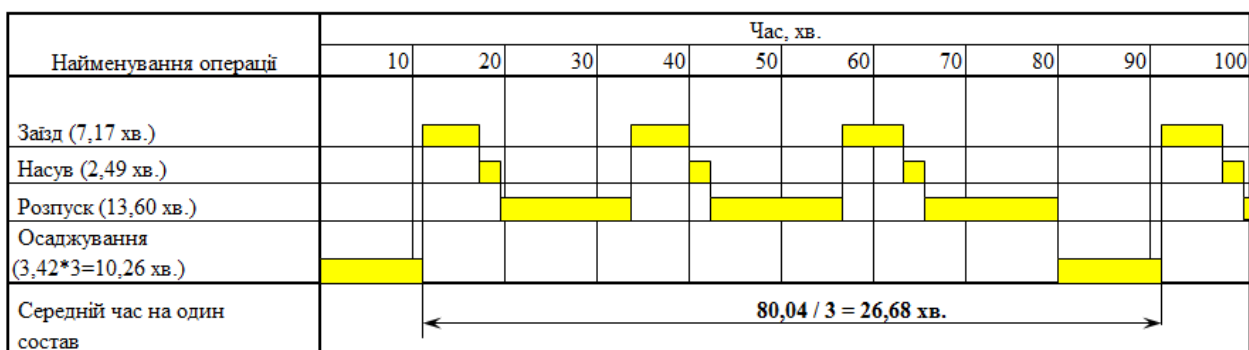


Рисунок 5.1 – Технологічний графік роботи непарної гірки ст. Н при роботі одного маневрового локомотива

Гірковий технологічний цикл це час заняття гірки по розпуску групи составів від одного осаджування до іншого

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{з}} \cdot n_{\text{ц}} + t_{\text{н}} \cdot n_{\text{ц}} + t_{\text{р}} \cdot n_{\text{ц}} + t_{\text{ос}} \cdot n_{\text{ц}} \quad (5.1)$$

а також ередній гірковий інтервал

$$t_{\text{г}} = T_{\text{ц}} / n_{\text{ц}} \quad (5.2)$$

де $T_{\text{ц}}$ – технологічний цикл роботи гірки;

$n_{\text{ц}}$ – кількість составів, що розформовується на гірці протягом одного циклу роботи гірки.

Технологічний процес роботи непарної гірки:

$$T_{\text{ц}} = 7,17 \cdot 3 + 2,49 \cdot 3 + 13,60 \cdot 3 + 10,26 = 80,04 \text{ хв.}$$

Середній гірковий інтервал:

$$t_{\text{г}} = 80,04 / 3 = 26,68 \text{ хв.}$$

Враховуючи наявність у гірковому циклі інших операцій, то підвищення швидкості розпуску на 36 % призводить до скорочення гіркового циклу на 19,5 %.

При роботі на гірці декількох маневрових локомотивів величина гіркового технологічного інтервалу суттєво залежить від рівня паралельності виконання гіркових операцій та визначається за технологічним графіком роботи гірки.

Для прикладу розглянуто парну та непарну сортувальні гірки станції Н. При роботі двох локомотивів заїзд та насув можуть виконуватися паралельно до розпуску, та заїзд може виконуватися паралельно розпуску состава. У випадку, якщо насув составів до вершини гірки здійснюється різними коліями, то між послідовними заняттями гірки різними маневровими локомотивами необхідно передбачити інтервал часу не менше ніж $t_{\text{інт}}=1$ хв для подання команд працівникам гірки про початок розпуску та відкриття гіркового світлофора.

Парна гірка має одну колію насуву. У випадку, якщо насув составів здійснюється по одній колії насуву, то між послідовними заняттями гірки різними маневровими локомотивами необхідно передбачити інтервал часу достатній для звільнення локомотивом колії насуву, передачі управління стрілками і сигналами між черговим по станції та черговим по гірці, попередження працівників про маневрові пересування та відкриття сигналів. У цьому випадку величина $t_{\text{інт}}$ при відстані насуву до 270 м визначається за виразом

$$t_{\text{інт}} = 1 + t_{\text{н}} + 0,05\sqrt{l_{\text{н}}}, \quad (5.3)$$

в разі відстані насуву понад 270 м – за виразом

$$t_{\text{інт}} = 1,407 + t_{\text{н}} + 0,0015l_{\text{н}}. \quad (5.4)$$

Тривалість гіркових інтервалів на станціях філії «П» наведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Тривалість гіркових інтервалів (дані технологічних процесів роботи станцій)

Станція Показник	Н		Кс	Зл	Д	В
	Парна система	Непарна система				
Заїзд, хв	4,47	7,17	5	5	6	7
Насув, хв.	3,24	2,49	8	4,5	6	3
Розпуск, хв.	11,90/10,18	13,60/11,63	9	9	13	10
Кількість составів у циклі	3/4	3/4	3	2	4	4
Гірковий інтервал, хв	22,97/15,92	26,26/16,82	-/15	-/16	28,75/21,25	23/-

Примітка: в чисельнику наведені значення гіркового інтервалу при роботі на гірці одного маневрового локомотива, в знаменнику – при роботі двох маневрових локомотивів.

Аналіз даних таблиці 5.1 показує, як використання двох маневрових локомотивів дозволяє значно скоротити тривалість гіркового інтервалу, що дозволить збільшити обсяг переробки вагонів та зменшити тривалість їх знаходження в парку приймання.

5.2 Аналіз впливу організації роботи сортувального комплексу на його переробну спроможність

Досягти підвищення переробної спроможності сортувальної гірки можливо не лише за рахунок підвищення швидкості розпуску составів, а і за рахунок збільшення кількості локомотивів, перерозподілу роботи між маневровими районами сортувального парку та ін.

У зв'язку з цим пропонується застосовувати показник «переробна спроможність сортувального комплексу». При цьому, інфраструктура сортувального комплексу розглядається як постійна величина, а його технічне забезпечення та технологія можуть змінюватись. Для ілюстрації змісту цього показника виконано оцінку переробної спроможності сортувальних комплексів станції Н у різних умовах.

Можливі варіанти організації сортувальної роботи відрізняються кількістю маневрових локомотивів, що працюють на гірці. В разі роботи одного локомотива гірковий цикл являє собою суму тривалості виконання всіх операцій, при роботі двох локомотивів можливе паралельне виконання деяких операцій. При певній конструкції вихідної горловини парку приймання та гіркової горловини сортувального парку можливий паралельний розпуск составів, за умови виконання всіх необхідних вимог [81]. Наприклад, застосування другого гіркового локомотива для виконання паралельного заїзду та насуву составів дозволяє скоротити тривалість гіркового інтервалу на 12 % за умови виконання формування составів на гірці (під час виконання осаджування розпуск составів не виконують), та на 17 % – при формуванні составів в вихідній горловині сортувального парку. Можливість виконання паралельного розпуску призведе до більшого скорочення цього значення.

Переробна спроможність сортувальних гірок основних технічних станцій філії «П» для різних умов їх функціонування наведена у таблиці 5.2.

Виконання закінчення формування на витяжних коліях вихідної горловини сортувального парку та звільнення гіркового локомотиву від осаджування вагонів дозволить збільшити переробну спроможність непарної системи станції Н при 1 гірковому локомотиві на 26 %. Такий самий перерозподіл роботи при 2-х гіркових локомотивах збільшить переробну спроможність на 31 %.

Таблиця 5.2 – Переробна спроможність при різних варіантах розподілу роботи між маневровими районами сортувального парку.

Варіанти		1	2	3	4	5	6
Організація роботи сортувального комплексу	Кількість гіркових локомотивів	1	1	1	2	2	2
	Закінчення формування	Основна гірка	Додатковий СП	Додатковий СП	Основна гірка	Додатковий СП	Додатковий СП
	Ліквідація вікон	Осаджування	Осаджування	Підтягування	Осаджування	Осаджування	Підтягування
	Режим розпуску	послідовний	послідовний	послідовний	Частково паралельний	Частково паралельний	Частково паралельний
станції	Н, непарна система	2441	2751	3081	2898	3280	3804
	Н, парна система	2686	3048	3496	2993	3405	3997
	К	2204	2519	2892	3069	3513	4297
	З	2798	3179	3722	3780	4323	5400
	Д	2301	2548	2835	3496	3899	4736
	В	2704	3009	3394	3912	4379	5364

Існуючі методики визначення переробної спроможності сортувальних гірок не встановлюють взаємозв'язки між технічним забезпеченням гірки та її переробною спроможністю. Підвищення швидкості розпуску составів дозволяє скоротити гірковий технологічний інтервал, тим самим збільшивши переробну спроможність, але викликає збільшення кількості нерозділень відчепів, та збільшення середньої швидкості співударяння вагонів.

У таблиці 5.3 наведені основні швидкості, які встановлені на сортувальних гірках станцій філії «П», відповідно до наказу директора регіональної філії

Таблиця 5.3 – Швидкості розпуску на гірках основних станцій філії «П», км/год

Станція	Згідно [80]	Згідно наказу		
		Зелений вогонь	Зелений із жовтим	Жовтий вогонь
Н, непарна система	5/6,8	10	8	6
Н, парна система	5/6,8	9	6	4
Кс	6/7,9	5	4	3
Зл	5/6	7	4	3
Д	5/6	9	6	4
В	5/6	10	7	5

Примітка: в чисельнику наведено номінальне значення швидкості розпуску, в знаменнику – максимальне значення швидкості розпуску.

Швидкості розпуску встановлені в наказі директора регіональної філії враховують певним чином технічне забезпечення сортувальних гірок. Зокрема найменші швидкості розпуску визначені для гірки ст. Кс що викликано її технічним оснащенням: паркова гальмова позиція – не механізована, використовуються гальмівні башмаки.

Фактично зв'язок між встановленими швидкостями розпуску та розрахунковою тривалістю розформування составів відсутній. Підвищення швидкості розпуску до максимально допустимої дозволяє зменшити тривалість відповідної операції на 42-30 %. Враховуючи, що збільшення швидкості розпуску призводить до збільшення енергетичної висоти на вершині гірки лише на 0,1 м.е.в, воно не може призвести до перевищення швидкості вагона в розрахунковій точці і порушення вимог безпеки руху. Тому вибір швидкості розпуску визначається лише ризиками нерозділення відчепів.

Існуючий показник «переробна спроможність сортувальної гірки» враховує у собі значну кількість факторів, що не характеризують сортувальну гірку як пристрій. У зв'язку з цим для оцінки продуктивності сортувальної гірки доцільно використовувати показники мінімальна, максимальна та технічна швидкість розпуску. Вказані показники для конкретної гірки повинні встановлюватись на

етапі проектування і переглядатись лише у випадках суттєвої зміни структури вагонопотоку, або інфраструктури гірки у порівнянні з проектними.

Результатами досліджень встановлено, що характеристика вагонопотоку, який переробляється, та характер роботи станцій суттєво впливають на їх переробну спроможність. В умовах спаду обсягів роботи сортувальні станції мають резерви переробної спроможності, але через зношеність та скорочення кількості працюючих маневрових локомотивів вони не відповідають сучасному рівню ефективності сортувального процесу. У зв'язку з цим методи оцінки переробної спроможності сортувальних гірок та станцій вимагають удосконалення.

6. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕРОБНОЇ СПРОМОЖНОСТІ СОРТУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

Виконаний аналіз показав, що в сучасних умовах задача ефективності роботи сортувальних гірок остаточно не вирішена. У теперішній час оцінка переробної спроможності сортувальних гірок ґрунтується на усереднених нормативах, що не дозволяє оцінити відповідність їх технічного забезпечення та технології переробки вагонопотоку існуючим обсягам роботи та її характеру.

6.1 Залежність переробної спроможності сортувального комплексу від швидкості розпуску составів

Для кожного варіанту організації роботи сортувального комплексу оцінку його переробної спроможності пропонується здійснювати за допомогою виразу, у якому тривалість гіркового технологічного інтервалу t_r , та коефіцієнт, що враховує повторне сортування вагонів $\alpha_{\text{повт}}$, розглядаються як функції, що залежать від швидкості розпуску v_p [82]

$$N = \max_{v_{p,\min} \leq v_{p,i} \leq v_{p,\max}} \left[\frac{\alpha_n \alpha_{\text{повт}}(v_{p,i}) (1440 - \sum T_{\text{пер}}^r)}{t_r(v_{p,i})} \right] m_c, \quad (6.1)$$

де α_n – коефіцієнт, який враховує відмови технічних засобів;

$v_{p,\min}$, $v_{p,\max}$ – відповідно, мінімально та максимально допустимі швидкості розпуску состава;

$\sum T_{\text{пер}}^r$ – загальна тривалість перерв у роботі сортувальної гірки, що виникають через ворожість маршрутів, забезпечення технічного обслуговування гіркових пристроїв, виконання операцій з вагонами, що заборонені до розпуску з гірки й т.ін.

Тривалість гіркового технологічного інтервалу визначається як

$$t_r = \frac{m_c \bar{l}_B}{60v_p} + a, \quad (6.2)$$

де $\bar{l}_B$ – середня довжина вагона, м;

a – середня тривалість додаткових операцій гіркового циклу, що припадає на розформування одного состава, хв.

При цьому, величина $v_{p,min}$ визначається з умови докочування поганого (дуже поганого) бігуна до розрахункової точки; величина $v_{p,max}$ визначається за умов забезпечення безпечного розчеплення вагонів, допустимої швидкості входу відчепів на уповільнювачі, та підходу відчепів до вагонів, що перебувають на сортувальних коліях. Функціональні залежності $t_r(v_p)$, та $a_{повт}(v_p)$ можуть бути визначені на підставі імітаційного моделювання процесу розформування-формування составів поїздів на сортувальній гірці. При цьому до складу імітаційної моделі входять моделі розформування составів поїздів та накопичення вагонів на сортувальних коліях.

Обсяг роботи з ліквідації наслідків нерозділення відчепів визначається за допомогою моделі накопичення вагонів у сортувальному парку [83]. У цій моделі кожній сортувальній колії у відповідність поставлено список призначень вагонів, які на ній перебувають. Після моделювання кожного розпуску состава здійснюється розподіл його вагонів між сортувальними коліями з урахуванням нерозділень відчепів.

Повторне сортування вагонів на сортувальній колії моделюється у випадку наявності на ній вагонів інших призначень та необхідності формування поїздів з цими вагонами чи недостатності корисної довжини колії для подальшого накопичення составів.

Отримані залежності переробної спроможності для сортувальної гірки великої потужності наведено на рис. 6.1.

Аналіз отриманих залежностей показує, що вони мають екстремальну форму. Максимальна переробна спроможність сортувальної гірки досягається при швидкості розпуску 1,85-2,13 м/с залежно від точності реалізації гальмовими

позиціями заданих швидкостей виходу відчепів з уповільнювачів, що є однією з характеристик якості технічного забезпечення сортувального процесу.

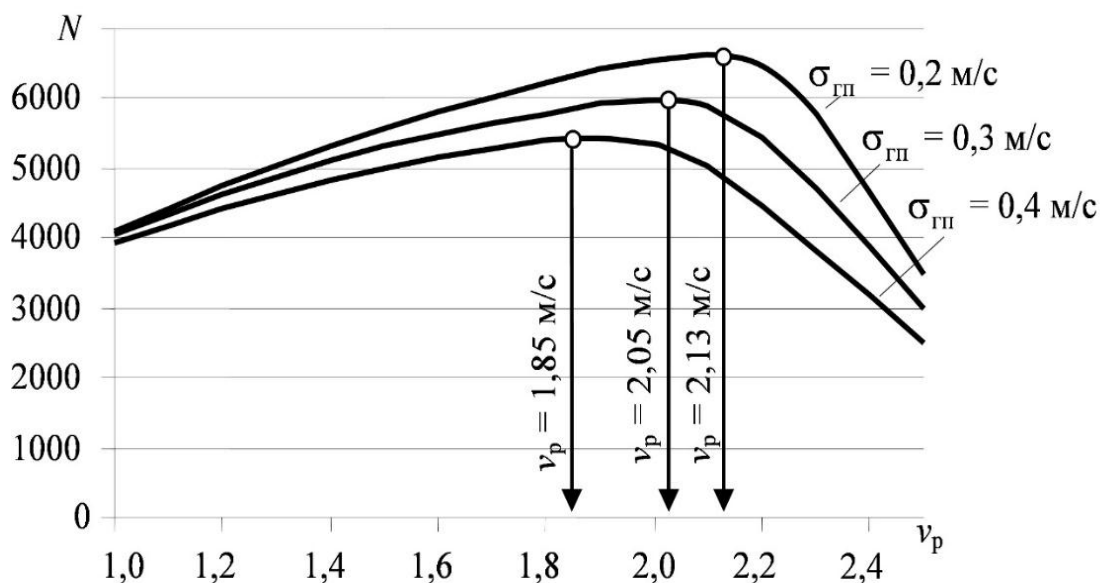


Рисунок 6.1 – Залежності переробної спроможності гірки від швидкості розпуску составів

Основною технічною характеристикою, що визначає потенціальну продуктивність сортувальної гірки як пристрою, пропонується застосовувати термін технічна швидкість розпуску составів, що визначається як швидкість розпуску при якій сортувальна гірка забезпечує максимальний темп розформування составів розрахункового вагонопотоку з урахуванням витрат часу на ліквідацію наслідків направлення вагонів на колії не за призначенням та при виконанні вимог безпеки руху. Також для сортувальних гірок доцільно встановлювати мінімально та максимально допустимі швидкості розпуску. Як правило, мінімальна швидкість розпуску визначається умовами докочування відчепів до розрахункової точки, а максимальна – роботою системи розчеплення вагонів [82].

Мінімальна, максимальна та технічна швидкість розпуску составів на гірці є конструкційними показниками, визначається при її проектуванні і не суттєво залежить від технології роботи та технічного оснащення сортувальних комплексів. Коригування швидкостей розпуску повинно здійснюватись після

стабілізації структури вагонопотоку, який надходить у розформування, при її значній зміні під час експлуатації, або при значній зміні інфраструктури гірки чи її стану. Введення такого показника дозволить враховувати технічне оснащення конкретної гірки при визначенні переробної спроможності станції, а не використовувати узагальнені значення із [84].

6.2 Вибір варіанту організації маневрової роботи з урахуванням переробної спроможності сортувального комплексу

При перерозподілі роботи локомотиви вихідної горловини (ВФ) сортувального парку можуть виконувати підтягування вагонів та завершення формування. Тривалість очікування завершення формування

$$t_{\text{оч}}^{\text{зф}} = \frac{\psi_{\text{ман}} (\vartheta_{\text{н}}^2 + \vartheta_{\text{зф}}^2)}{2(1 - \psi_{\text{ман}})} t_{\text{зф}}, \quad (6.3)$$

де $\psi_{\text{ман}}$ – коефіцієнт завантаження маневрового локомотиву;

$t_{\text{зф}}$ – тривалість завершення формування составу в вихідній горловині сортувального парку;

$\vartheta_{\text{н}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами завершення накопичення составів;

$\vartheta_{\text{зф}}$ – коефіцієнт варіації тривалості формування.

Тривалість очікування розпуску на коліях парку приймання залежить від завантаження сортувальної гірки та визначається за формулою

$$t_{\text{оч}}^{\text{р}} = \frac{\psi_{\text{гip}} (\vartheta_{\text{вих}}^2 + \vartheta_{\text{гip}}^2)}{2(1 - \psi_{\text{гip}})} t_{\text{гip}}, \quad (6.4)$$

де $\psi_{\text{гip}}$ – коефіцієнт завантаження сортувальної гірки;

$\vartheta_{\text{вих}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами готовності составів до розпуску;

$\vartheta_{\text{гip}}$ – коефіцієнт варіації гіркового технологічного інтервалу.

Завантаження гірки та гіркових локомотивів роботою із завершення формування та осаджування збільшує тривалість простою вагонів у парку приймання в очікуванні розформування, але в той самий час звільняє маневрові локомотиви вихідної горловини парку і скорочує тривалість простоїв в сподівання формування. Таким чином виникає задача пошуку оптимального розподілу роботи між сортувальною гіркою та маневровими локомотивами. У загальному вигляді витрати, пов'язані з перерозподілом роботи, за методикою, що наведена в [85], можна визначити

$$E = e_{\text{вг}} \sum Nt + C_{\text{ман}} M_{\text{ман}}, \quad (6.5)$$

де $e_{\text{вг}}$ – витратна ставка на 1 вагоно-годину простою на станції;

$\sum Nt$ – вагоно-години простою вагонів в очікуванні розформування - формування;

$C_{\text{ман}}$ – приведена вартість роботи 1 маневрового локомотива за добу;

$M_{\text{ман}}$ – кількість маневрових локомотивів.

Вагоно-години простою вагонів залежать від кількості вагонів у составі, тобто:

$$Nt = f(m, \psi_{\text{гip}}, \psi_{\text{ман}}), \quad (6.6)$$

де $\psi_{\text{гip}}$ – завантаження гірки, що залежить від обраної технології роботи;

$\psi_{\text{ман}}$ – завантаження маневрового локомотива, що працює у вихідній горловині сортувального парку, яке залежить від обраної технології.

На рисунках 6.2 та 6.3 наведено графіки залежностей добових витрат від обраної технології розформування - формування составів (див. табл. 5.2) за умови роботи 2 локомотивів у вихідній горловині сортувального парку.

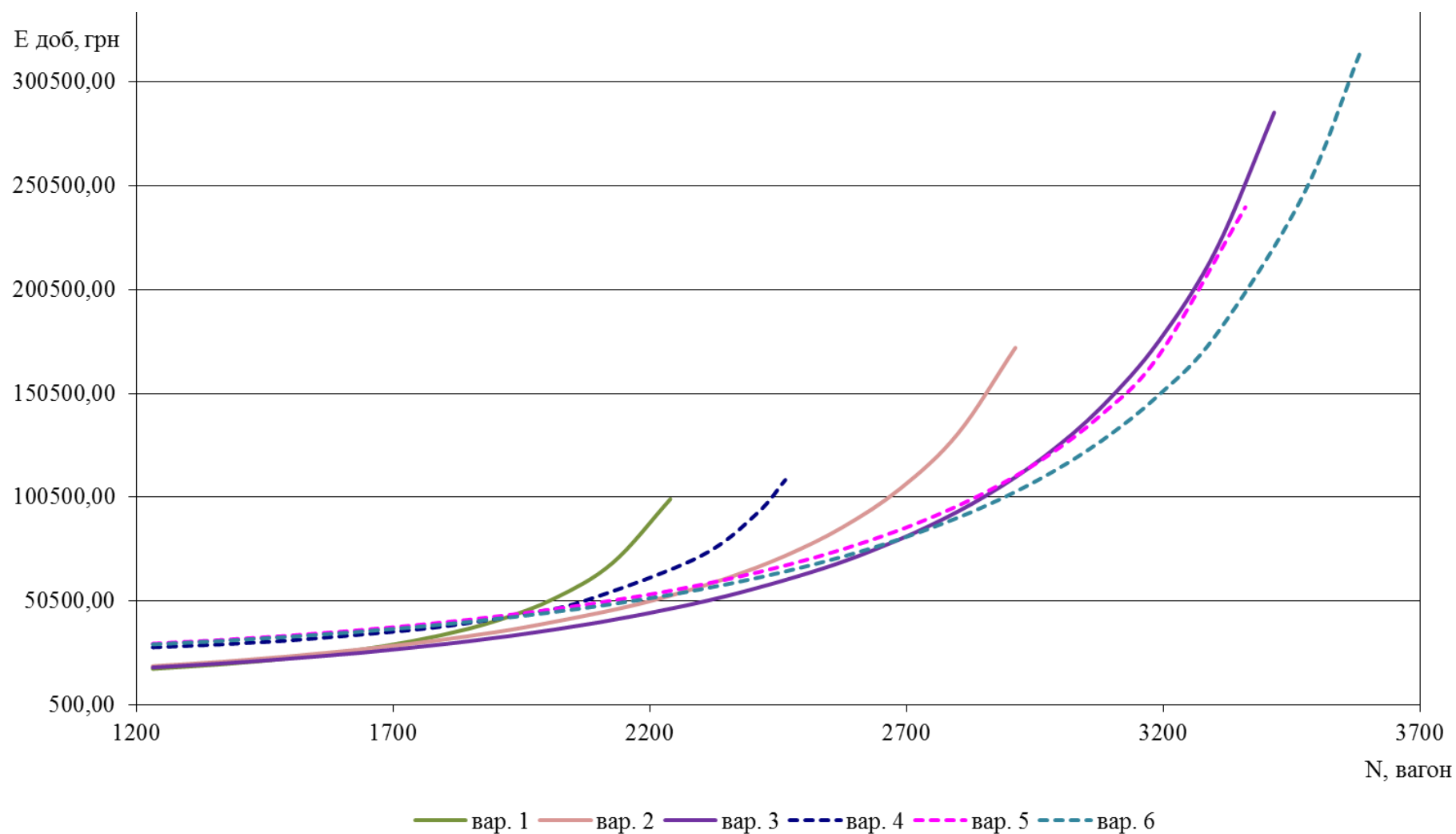


Рисунок 6.2 – Залежність добових витрат від перерозподілу роботи між маневровими районами парного сортувального комплексу

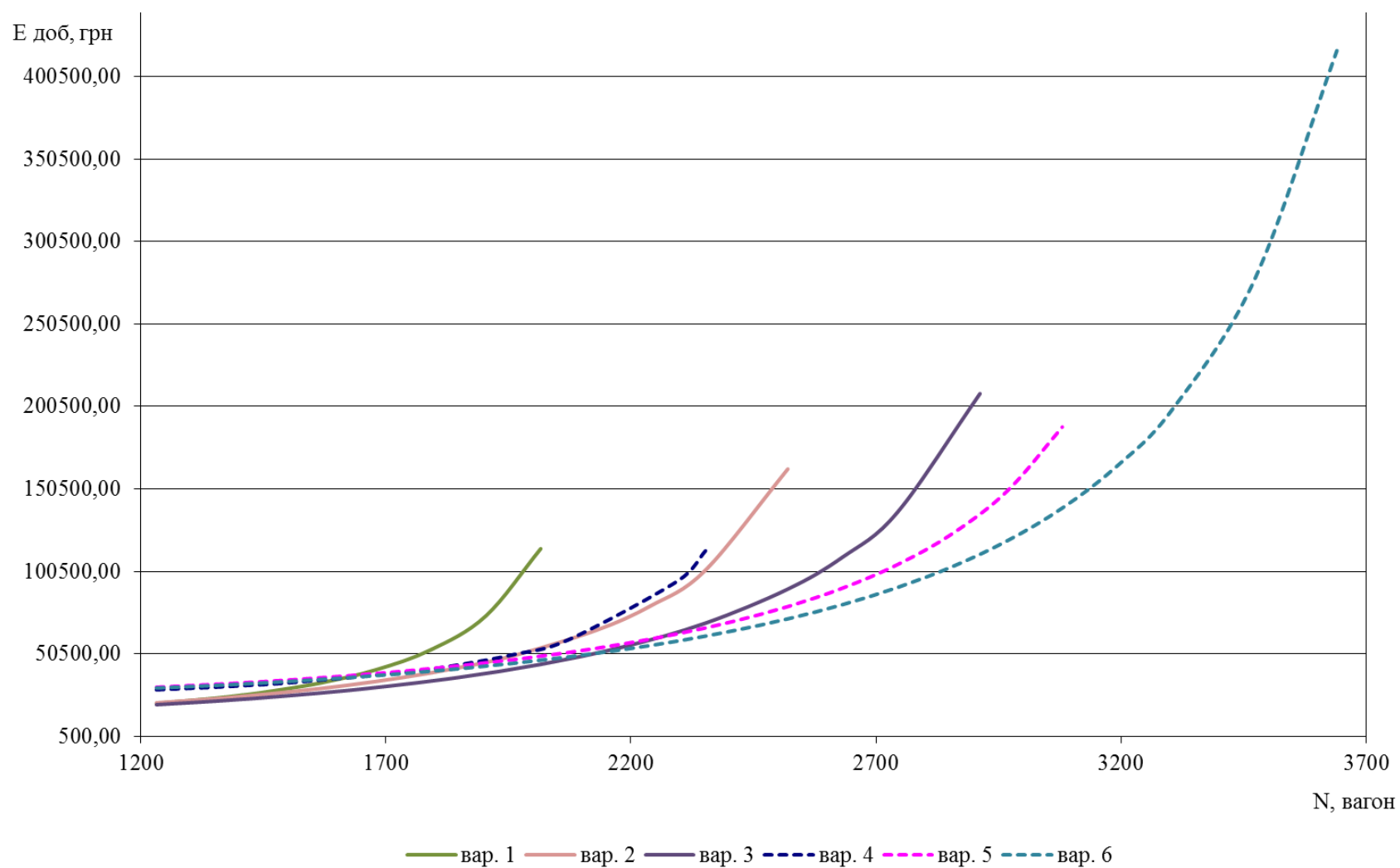


Рисунок 6.3 – Залежність добових витрат від перерозподілу роботи між маневровими районами непарного сортувального комплексу

За умови забезпечення допустимого рівня завантаження об'єктів (гірки та маневрових локомотивів) досягти максимального значення переробної спроможності, отриманого за розрахунковими формулами, можливо лише для одного варіанта розподілу роботи: на гірці та у вихідній горловині працює по 2 маневрових локомотиви, гірковий локомотив виконує осаджування вагонів, а формування составів виконується у вихідній горловині сортувального парку.

За даними досліджень парного сортувального комплексу можна зробити висновок, що при потужності вагонопотоку у розформування до 1460 вагонів доцільно застосовувати варіант розподілу роботи № 1, де всю роботу з розформування - формування составів виконує гірковий локомотив. При зростанні вагонопотоку до 2632 вагонів раціональним буде виконання формування составів локомотивом вихідної горловини та ліквідація «вікон» за допомогою підтягування, гірковий локомотив виконує лише розформування составів, при зростанні вагонопотоку раціональне застосування при розформуванні 2 гіркових локомотивів, а локомотиви вихідної горловини виконують підтягування та формування составів.

Аналіз рисунків 6.2 та 6.3 показує, що існує нелінійний зв'язок між переробною спроможністю сортувального комплексу та експлуатаційними витратами на переробку одного вагона. При цьому раціональною є лише частина можливих варіантів технічного оснащення сортувального комплексу. Взаємозв'язок між технічним оснащенням сортувальних комплексів станції Н та їх переробною спроможністю наведено у таблиці 6.2.

Таким чином, у якості технічної переробної спроможності сортувального комплексу необхідно розуміти максимальну кількість вагонів, що може бути перероблена протягом доби, при перевищенні якої доцільним є вживання організаційно-технічних заходів з нарощування пропускнуєї спроможності. Під максимальною переробною спроможністю слід розуміти максимальну кількість вагонів, що може бути перероблена сортувальним комплексом при певному технічному оснащенні та технології. Включення відповідних таблиць до технологічних процесів роботи залізничних станцій дозволить більш раціонально

та повно характеризувати їх сортувальні комплекси, оцінити ефективність їх роботи в різних умовах і необхідність вживання організаційно-технічних заходів зі збільшення переробної спроможності.

Таблиця 6.2 – Переробна спроможність сортувального комплексу станції Н

		Н парна система		Н непарна система	
Кількість локомотивів	гірка	1	2	1	2
	ВФ	2		2	
Ліквідація «вікон»		гірка	ВФ		ВФ
Закінчення формування		гірка	ВФ		ВФ
Технічна переробна спроможність		1460	2632	3584	2140 3640
Максимальна переробна спроможність		2240	3416	3584	2912 3640

Також рис. 6.2 та 6.3 дозволяють оцінити можливість адаптації сортувальної гірки до зміни обсягів роботи. Зокрема, автоматизовані сортувальні гірки з високою вартістю інфраструктури можуть бути неефективні в умовах коливання вагонопотоків оскільки вони мають значні постійні витрати на експлуатацію, що не залежать від обсягів роботи.

У результаті виконаних досліджень удосконалена методика визначення переробної спроможності гірок. Розроблена методика дозволяє враховувати взаємозв'язки між технічним забезпеченням сортувального процесу і переробною спроможністю гірки.

7. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

Залізничний транспорт є більш екологічно чистим, ніж автомобільний, але, тим не менш, поблизу станцій відбувається істотне забруднення навколишнього середовища. Це відбувається в результаті викиду шкідливих речовин, як рухомого складу, так і численних виробничих і підсобних підприємств, які обслуговують перевізний процес, що призводить до забруднення повітря, води і ґрунту.

Вплив типового об'єкта залізничного транспорту на довкілля подано рисунку 7.1.



Рисунок 7.1 – Схема взаємодії підприємства залізничного транспорту з довкіллям

На залізничному транспорті джерелами викидів шкідливих речовин в атмосферу є об'єкти виробничих підприємств і рухомого складу. Вони поділені на стаціонарні та пересувні [86]. Зі стаціонарних джерел найбільшої шкоди навколишньому середовищу завдають котельні, в залежності від застосовуваного палива при його згорянні виділяються різні кількості шкідливих речовин. При спалюванні твердого палива в атмосферу виділяються оксиди сірки, вуглецю, азоту, летюча зола, сажа. Мазут при згорянні в котельних агрегатах виділяють з димовими газами, оксиди сер, діоксид азоту, тверді продукти неповного згорання

ванадію. Приготування в депо сухого піску для локомотивів, його транспортування, завантаження в тепловози супроводжується виділенням в повітряне середовище токсичних речовин.

Необхідно зазначити, що з 22218,9 км експлуатаційної довжини колії в Україні протяжність колії на залізобетонних шпалах становить 195150,0 км, тобто все ще існує потреба у дерев'яних шпалах, виробництво яких негативно впливає на навколишнє середовище і здоров'я людей. Шпалопросочувальні заводи, яких в Україні два, здійснюють сушіння та просочення дерев'яних шпал антисептиками, за які використовуються кам'яновугільні чи сланцеві просочувальні олії.

Виробничі стічні води шпалопросочувальних заводів утворюються з конденсату пари, охолоджувальної води, робочої води вакуум-насосів, стоків пралень, гаражів і ремонтних цехів. При цьому у воду потрапляє значна кількість механічних домішок та нафтопродуктів. При відстоюванні спеціального антисептика в сховищах та просоченні в циліндрах вологої деревини у воду потрапляють олії, феноли, жирні кислоти, піридин та інші сполуки, що входять до складу просочувальних олій. Крім того у воду переходять органічні речовини, що містяться в оброблюваній деревині – скипидар, ацетон, органічні кислоти. Значна частина забруднень знаходиться в стічних водах шпалопросочувальних заводів у розчиненому стані. Як правило, стоки мають підвищену температуру.

Вода використовується в багатьох технологічних процесах залізничного господарства, під час здійснення яких вона забруднюється різними домішками і переходить у розряд виробничих стічних вод. Більшість речовин, що містяться у стічних водах, токсичні для навколишнього природного середовища.

Локомотивне господарство на залізничному транспорті забезпечує перевізний процес тяговими засобами, до яких належать локомотиви і моторвагонний рухомий склад, а також локомотивні та моторвагонні депо, пункти технічного обслуговування, екіпірування локомотивів, спеціалізовані майстерні з ремонту їх устаткування тощо.

Основний шлях зниження викидів токсичних речовин тепловозами полягає в зменшенні їх утворення в циліндрах двигунів. Важливе значення мають

знешкодження відпрацьованих газів, правильна експлуатація тепловозів. Для очищення газоповітряних сумішей, що утворюються при різних технологічних процесах на стаціонарних об'єктах залізничного транспорту, від газоподібних, пароподібні і пилоподібних токсичних речовин застосовують абсорбенти, адсорбенти, каталітичні нейтралізатори, індукційні перетворювачі газу, скрубери, термokatалізатори, різноманітні фільтри, пиловловлювачі, циклони, пінні сепаратори, температурно-інерційні осаджувачі, золоуловители, установки каталітичного окислення парів розчинників, вихрові трибоелектричних фільтри і ін. газоочисні кошти і пристрої. Для захисту навколишнього природного середовища необхідно також боротися з іскрами, джерелами яких є газоотводні пристрої тепловозів, а також чавунні гальмівні колодки локомотивів і вагонів. Іскри можуть бути причиною пожеж на територіях, прилеглих до залізниць. Обмежити іскровиделення з газовідвідних пристроїв, що свідчить про неповному згорянні палива, можна здійсненням заходів, спрямованих на поліпшення теплотехнічного стану тепловозів, а також установкою іскрогасників. Застосування гальмівних колодок з синтетичних і композиційних матеріалів усуває іскріння і, крім того, скорочує витрату чавуну.

Основними виробничими підрозділами вагонного господарства є вантажні, рефрижераторні та вагонні депо, пункти підготовки вагонів до перевезень, пункти технічного обслуговування вагонів, механізовані пункти поточного відчіпного ремонту, промивально-пропарювальні станції, пункти підготовки цистерн.

На підрозділи локомотивного і вагонного господарств покладено забезпечення підготовки до роботи тягового рухомого складу та вагонів, їх технічне обслуговування і ремонт. Технологія здійснення більшості виробничих операцій також пов'язана зі споживанням води й утворенням забруднених стічних вод. Так, стічні води локомотивних і вагонних депо здебільшого утворюються в процесі зовнішнього обмивання рухомого складу, при промиванні вузлів і деталей перед ремонтом, у гальванічних цехах або ділянках, під час промивання та заправлення акумуляторів, регенерації фільтрів, при продуванні та промиванні парових казанів, під час миття оглядових канав і прання спецодягу.

7.1 Визначення та аналіз шкідливих і небезпечних факторів

Шкідливий виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах може призвести до захворювання, зниження працездатності і (або) негативно вплинути на здоров'я потомства. Залежно від кількісної характеристики (рівня, концентрації і ін.) та тривалості впливу, шкідливий виробничий фактор може стати небезпечним.

Шкідливі виробничі фактори:

- напруга зорових органів та пов'язані з нею стомлення, захворювання і побічні ефекти;
- механічні шуми і вібрація;
- підвищена вологість і рухомість повітря робочої зони;
- низька температура повітря у холодну пору року;
- недостатнє освітлення;
- підвищена або знижена температура повітря.

Небезпечний виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах призводить до травми, гострого отруєння або іншого раптового різкого погіршення здоров'я або до смерті.

Основними небезпечними факторами, від яких може постраждати працівник станції є:

- ураження електричним струмом;
- пожежа;
- наїзди рухомого складу чи транспортних засобів;
- термічні фактори (опіки рук та ніг);
- падіння предметів;
- падіння працівників з поверхні та з висоти.

Посадові особи та інші працівники, у службові обов'язки яких входить безпосереднє виконання робіт, відповідно до вимог Переліку робіт з підвищеною безпекою, та робіт, що потребують професійного добору відповідно до Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі під час прийняття на роботу і в процесі роботи періодично проходять спеціальне навчання та перевірку знань з

питань охорони праці.

Усі працівники, які виконують роботи, пов'язані з рухом поїздів, та інші роботи в умовах підвищеної небезпеки, підлягають обов'язковому медичному огляду відповідно до вимог Положення про медичний огляд працівників певних категорій та Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій.

Працівники залізничних станцій і вокзалів забезпечуються безкоштовно спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) відповідно до Норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам залізничного транспорту України та у відповідності з колективним договором.

Усі робочі місця на станції та вокзалі регулярно проходять атестацію за умовами праці відповідно до Порядку проведення атестації робочих місць за умовами праці, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 01.08.92 № 442. Атестація проводиться атестаційною комісією, склад і повноваження якої визначається наказом начальника станції в строки, передбачені колективним договором, але не рідше одного разу на 5 років.

7.2 Порядок дій працівників станції в аварійних ситуаціях

Надзвичайна ситуація – порушення нормальних умов життєдіяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншими чинниками, що призвели (можуть призвести) до загибелі людей, тварин і рослин, значних матеріальних збитків та (або) завдали шкоди довкіллю.

Начальник станції складає інструкцію з організації гасіння пожеж у рухомому складі на станції, яка погоджується начальником загону пожежної охорони, начальником дистанції колії, сигналізації та зв'язку, електропостачання і затверджується начальником дирекції залізничних перевезень.

Зазначені інструкції регламентують дії працівників станцій у разі виникнення пожежі або аварії, а також порядок виклику додаткових сил і засобів інших відомств для ліквідації пожежі або аварії.

Працівники, пов'язані з рухом поїздів, повинні знати і чітко виконувати «Правила безпеки та порядок ліквідації аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом».

У разі пожежі у діях загального характеру зазначається, що потрібно вивести сторонніх, триматися з навітряного боку, уникати низьких місць, ізолювати небезпечну зону, в зону аварії входити повністю одягненому в захисний одяг і захисні засоби, дотримуватися правил пожежної безпеки, не палити, потерпілим надати першу допомогу, відправити людей з осередку ушкодження на медобстеження, відвести вагон у безпечне місце, усунути джерела вогню та іскор.

Щодо дій у разі витоків, розливу та розсипу вантажу зазначається: припинити рух поїздів та маневрові роботи у небезпечній зоні, не доторкатися до розливої або розсипаної речовини, викликати газорятувальну службу району, а у разі повільного витікання газу усунути течу з дотриманням запобіжних заходів; при інтенсивному витіканні газу, за узгодженням із фахівцями пожежної охорони, з надзвичайних ситуацій, газ, що виходить, підпалити і дати вигоріти під контролем; ізолювати район, поки газ не розсіється; перекачати вміст у справну ємкість або ємкість для зливання з дотриманням умов змішування рідин; розливу рідину захистити земляним валом, засипати інертним матеріалом; не допускати попадання речовини у водоймища, підвали, каналізацію.

У випадку небезпеки, що загрожує поїзду з вибуховими матеріалами (горіння букс, злам осі, схід рухомого складу, загорання вантажу), локомотивні бригади та складачі поїздів, особи, що здійснюють охорону і супроводження вантажів, черговий по станції, а також інші працівники, пов'язані з прийманням, відправленням та обслуговуванням поїздів, зобов'язані вжити всі залежні від них заходи для його зупинки і ліквідації небезпеки.

При виникненні аварійної ситуації з вибуховими матеріалами в межах станції черговий по гірці сповіщає про аварійну ситуацію начальника станції, поїзного диспетчера, міський відділ з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення, після чого вживає заходів згідно з аварійною

карткою. У випадку виникнення пожежі у вагоні з невибуховим матеріалом або в будівлі, споруді, що розташовані поряд, вагони з вибуховими матеріалами мають бути відведені із зони пожежі на безпечну відстань, але не менш ніж на 100 м.

У випадку неможливості виконання маневрів по перестановці аварійних вагонів ДСП станції Н зобов'язаний:

- силами працівників залізничного транспорту огородити небезпечне місце попереджувальними сигналами та сигналами зупинки в радіусі, який вказано в аварійних картках, забезпечити охорону працівниками воєнізованої охорони;

- видалити з можливо небезпечної зони людей на відстань, яка вказана в аварійній карточці. Повідомлення про напрямок виходу з небезпечної зони черговий по станції Н передає через двосторонній парковий зв'язок;

- припинити прохід людей і пропуск рухомого складу через огорожену зону до ліквідації аварійної ситуації.

Інші дії щодо здійснення заходів безпеки і ліквідації наслідків аварійних ситуацій з вибуховими матеріалами мають проводитися, виходячи із обставин, що склалися, згідно з «Правилами перевезення небезпечних вантажів», «Правилами безпеки та порядку ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом».

7.3 Екологічні проблеми

Залізничний транспорт постійно впливає на природне середовище. За характером впливу залізничного транспорту на стан середовища проблема має два аспекти: використання транспортом природних ресурсів і транспортне забруднення середовища [87].

Значну площу земель займають залізничні станції та пункти технічного обслуговування вагонів, десята частина яких забруднюється сипучими вантажами, розлитими нафтопродуктами при маневрах рухомого складу та руху вантажних поїздів.

Забруднення навколишнього середовища залізничним транспортом найбільше відчувається там, де використовуються тепловози. Їх відпрацьовані

гази містять велику кількість токсичних речовин, сажі, вугільної і рудного пилу.

Також залізничний транспорт впливає на екологію як великий споживач паливних, лісових і земельних ресурсів, мінеральних і будівельних матеріалів. Хоча в порівнянні з іншими видами транспорту (особливо автомобільним), він заподіює менше екологічного збитку.

Негативний вплив залізничного транспорту на середовище включає порушення стійкості природних ландшафтів транспортною інфраструктурою шляхом розвитку ерозій і обвалів; забруднення атмосфери відпрацьованими газами; постійне зростання рівня забруднення землі нафтою, свинцем, продуктами видування і осипання сипких вантажів (вугілля, руда, цемент).

Основним джерелом забруднення атмосфери є відпрацьовані гази дизельних двигунів тепловозів, які працюють на сортувальному комплексі. У них містяться оксид вуглецю, оксид і діоксид азоту, різні вуглеводні, сірчистий ангідрид, сажа. Зміст сірчистого ангідриду залежить від кількості сірки в дизельному паливі, а зміст інших домішок – від способу його спалювання, а також способу наддуву і навантаження двигуна. Дослідження показали, що вміст у повітряному середовищі оксиду вуглецю, оксидів азоту, сірчистого ангідриду перевищує гранично допустимі максимально разові концентрації для атмосферного повітря. Це свідчить про значне забруднення повітря залізничних станцій відпрацьованими газами тепловозів.

Шум від поїздів викликає негативні наслідки, що виражаються, перш за все, в порушенні сну, відчутті хворобливого стану, в зміні поведінки, збільшенні споживання лікарських препаратів і т. ін. Порушення сну може мати різні форми, як то: подовження періоду засипання, пробудження під час сну, погіршення якості сну. При рівному акустичному показнику шум від поїздів викликає втричі менше порушень сну, ніж шум від автомобілів. На сон впливає не тільки рівень шуму, але й кількість його джерел.

Шум від сортувальних станцій викликає більш негативні наслідки, ніж шум від звичайного руху поїздів. Шум залізниці заглушає людський голос, він заважає при перегляді і прослуховуванні телерадіопередач. Шум може стати

причиною порушень центральної і вегетативної нервових систем. Основним джерелом шуму від вагонів є удари коліс на стиках і нерівностях рейок, а також тертя поверхні катання і гребеня колеса об головку рейки.

Шум, що створюється електровозом, зазвичай не перевищує рівень шуму, створюваного вагонами. Найбільш шумлячими агрегатами є вентилятори. Тепловози, двигуни яких обладнані глушниками на впускних і випускних колекторах і звукоізолюючими покриттями, не створюють значних шумів. Шуми виникають також від ударів в ходових частинах, від деренчання гальмівної тяги, колодок, автозчеплення та інших частин рухомого складу.

Велика частина проблем, що викликаються шумом від експлуатації залізниці, вирішується використанням спеціальних глушників, що знижують рівень шумової дії, а також заміною найбільш «галасливих» частин залізниці на такі, які при експлуатації створюють менше шуму. У цього методу є декілька недоліків, як то: висока вартість запасних частин і глушників, а також низька їх ефективність.

Спосіб віддалення основних частин залізничного комплексу, що створюють найбільше шуму, від населених пунктів і великого скупчення людей є достатньо суттєвою альтернативою способу заміни, проте він не вирішує проблеми дії шумів на людей, що знаходяться безпосередньо на станції і поблизу колій.

Джерелами вібрації на залізничному транспорті є такі технологічні процеси, як укладання бетонних сумішей, формування залізничних виробів на віброплощадках і виробництво великопанельних конструкцій. Ці вібрації через фундамент передаються у навколишній простір.

Джерелами вібрації є також поїзди, які збуджують механічні коливання, особливо великі під час руху по тунелях та штучних спорудах. Так, при прямованні поїзда через міст вібрація передається через його підставу на ріку та об'єкти, що знаходяться поруч.

Джерелами значних вібрацій є колійні та щебенеочисні машини, робота яких супроводжується інтенсивним шумом та значними вібраціями.

Також, для залізничного транспорту ще існує проблема утилізації відпрацьованих матеріалів, а саме забрудненого щебеню з магістральних насипів, фарби, паливно-мастильних матеріалів, тощо, які потребують наявності спеціального технологічного обладнання або проведення додаткових операцій з перевезення їх на полігони з виробничими відходами, що суттєво знижує продуктивність праці.

Перехід залізничного транспорту з парової тяги на електричну і тепловозну, якими в даний час виконується практично вся поїзна робота, сприяв поліпшенню екологічної обстановки: виключений вплив вугільного пилу і шкідливих викидів паровозів у атмосферу. Основний шлях зниження викидів токсичних речовин тепловозами полягає в зменшенні їх накопичення в циліндрах двигунів. Важливе значення мають знешкодження відпрацьованих газів і правильна експлуатація тепловозів. Принцип дії очисних пристроїв, заснований на рециркуляції газів, застосовується для зменшення концентрації оксидів азоту. Для захисту навколишнього природного середовища необхідно також боротися з іскрами, джерелами яких є газовідвідні пристрої тепловозів, а також чавунні гальмівні колодки локо-моторів і вагонів. Іскри можуть бути причиною пожеж на територіях, що примикають до залізниць. Обмежити іскровиділення з газовідвідних пристроїв, що свідчить про неповне згорання палива, можна застосуванням заходів, направлених на поліпшення теплотехнічного стану тепловозів, а також установкою іскрогасників. Застосування гальмівних колодок з синтетичних і композиційних матеріалів усуває іскріння і, крім того, скорочує витрату чавуну. Розроблена нова конструкція тепловоза, в якому як паливо використовується газ. Експериментальний зразок газового локомотива створений на основі маневрового тепловоза. Перехід на стиснений газ дозволить економити дефіцитне дизельне паливо. Ще одна перевага газового тепловоза – його екологічна чистота.

До основних заходів щодо охорони водоймищ від забруднення відносяться будівництво і реконструкція очисних споруд у вузлах, впровадження оборотного водопостачання, нормування витрати води і зменшення скидання неочищених

стоків, створення досконаліших і економічніших засобів і методів очищення виробничих і побутових стічних вод, скорочення втрат води, вдосконалення лабораторного контролю. Нескладні флотаційні установки успішно експлуатуються на переважній більшості залізничних підприємств. Вони добре зарекомендували себе при очищенні стічних вод від найбільш поширеного виду забруднень – нафтопродуктів. Ці установки забезпечують у 5...10 разів кращий ефект очищення, ніж нафтові пастки, і дозволяють видаляти із стоків до 95% забруднень. Впровадження флотаторів дозволило значно скоротити забруднення водоймищ нафтопродуктами, поліпшити систему оборотного водокористування.

Забезпечити рівновагу в природі можна за допомогою правових, соціально-економічних, організаційних, технічних, санітарногігієнічних і біологічних методів. Правові методи регламентують норми і порядок природовикористання, виходячи з умови збереження відносної рівноваги в навколишньому середовищі. Соціальні методи засновані на відповідальності всіх шарів суспільства за стан охорони навколишнього середовища. Економічні методи передбачають певні види витрат на збереження рівноваги навколишнього середовища, раціональну плату за ресурси, відшкодування збитків. Організаційні методи засновані на науковій організації природокористування і виконанні адміністративних і правоохоронних заходів по запобіганню шкідливій дії на навколишнє середовище. Технічні методи засновані на створенні нових технологій і виробничого устаткування, що зменшують шкідливу дію на природне середовище, впровадження ефективних засобів очищення викидів в атмосферу й у водоймища. Санітарно-гігієнічні методи передбачають обов'язковий контроль за станом навколишнього середовища з метою своєчасного вживання заходів із запобігання шкідливому впливу забруднень на людей і природу.

Особливу тривогу з точки зору екологічної безпеки викликає перевезення небезпечних вантажів. Як і будьякий складний технологічний комплекс, залізничний транспорт потенційно небезпечний для природного середовища та населення, особливо при аварійних ситуаціях саме під час перевезення небезпечних вантажів, які можуть викликати різні види небезпеки: пожежо- та

вибухонебезпечність, токсичну, радіаційну, інфекційну та корозійну. Тому експлуатація об'єктів залізничного транспорту повинна здійснюватись з огляду і у відповідності до встановлених на нормативноправовому рівні екологічно безпечних вимог та вимог з охорони довкілля не лише для України, а й у відповідності до європейських вимог.

Таким чином, питання щодо правового регулювання екологічної безпеки у сфері залізничного транспорту, зважаючи на складність даної групи суспільних відносин та їх важливість як для забезпечення економічних, так і екологічних інтересів суспільства, потребують комплексного системного дослідження і повинні розглядатись як окремий напрям природоохоронної діяльності в Україні.

Механізм правового забезпечення екологічної безпеки у процесі діяльності залізничного транспорту на сучасному новітньому етапі розвитку суспільних відносин у Україні перебуває на стадії формування, оскільки у чинному законодавстві окреслені лише загальні орієнтири природоохоронної діяльності у сфері залізничного транспорту та задекларована необхідність нормативно-правової регламентації дотримання екологічно безпечних вимог під час експлуатації об'єктів даного виду транспорту.

Метою таких нововведень повинні бути захист життєво важливих інтересів людини, суспільства, держави та охорони навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів у поєднанні з забезпеченням безперебійної роботи залізничного транспорту для задоволення потреб суспільного виробництва.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконаний аналіз наукових праць, присвячених проблемі визначення переробної спроможності сортувальних станцій та сортувальних гірок, який показав, що вона є остаточно не вирішеною. Зокрема, для визначення поняття «сортувальна гірка» враховується частина параметрів, які не характеризують сортувальну гірку як пристрій; також методи визначення переробної спроможності сортувальних гірок і станцій недостатньо враховують взаємозв'язок між технічним оснащенням і переробною спроможністю.

Проаналізовано умови роботи сортувальних комплексів та встановлено, що ймовірності нерозділення відчепів суттєво залежать від кількості вагонів у відчепі та їх ходових характеристик. У зв'язку з цим при аналізі вагонопотоків, що розформовуються на сортувальних гірках, необхідно визначати не ймовірності розділень відчепів на стрілочних зонах, а ймовірності появи несприятливих розділових груп із трьох відчепів для різних сполучень стрілочних переводів. В умовах спаду обсягів роботи сортувальні станції мають резерви переробної спроможності, але через зношеність та скорочення кількості маневрових локомотивів вони не відповідають сучасному рівню ефективності сортувального процесу.

Початкова швидкість розпуску составів впливає переважно на умови інтервального гальмування відчепів через зміну величини початкового інтервалу на вершині гірки та часу руху відчепу від вершини гірки до першої гальмової позиції.

Переробна спроможність сортувальних комплексів суттєво залежить не лише від їх інфраструктурного розвитку, а й від кількості маневрових локомотивів, маневрової роботи й т.ін. У зв'язку з цим запропоновано розрізняти поняття «технічної» та «максимальної» переробної спроможності. Під технічною переробною спроможністю сортувального комплексу пропонується розуміти максимальну кількість вагонів, яка може бути ним перероблена протягом доби,

при перевищенні якої доцільним є вживання організаційно-технічних заходів з нарощування пропускної спроможності. Під максимальною переробною спроможністю пропонується розуміти максимальну кількість вагонів, що може бути перероблена сортувальним комплексом при певному технічному оснащенні та технології.

Останнім часом на залізничному транспорті активізувалася робота зі зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище, поліпшенню використання природних ресурсів, дотриманню природоохоронного законодавства. Однак ця робота не повною мірою відповідає сучасним вимогам, тому що не забезпечує комплексний підхід до рішення природоохоронних проблем, недооцінює важливість виконання природоохоронних заходів, унаслідок чого засоби на їхнє здійснення направляються по залишковому принципу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Шиш, В. О. Особливості розробки Генеральної схеми розвитку залізничного транспорту України на період до 2020 року [Текст] / В. О. Шиш // Залізнич. трансп. України. – 2009. – № 6. – С. 38-40;
2. Козлов, П. А. Курс - на комплексную автоматизацию сортировочных станций [Текст] / П. А. Козлов // Автоматика, связь, информатика. – 2001. – № 1. – С. 6-9;
3. Савицкий, А. Г. Автоматизация работы сортировочной станции [Текст] / А. Г. Савицкий, В. Н. Рубцов // Автоматика, связь, информатика. – 2001. – № 9. – С. 21-24;
4. Савицкий, А. Г. Концепция автоматизации и механизации процессов на сортировочных станциях [Текст] / А. Г. Савицкий // Автоматика, связь, информатика. – 2000. – № 4. – С. 49-52;
5. Железнодорожные станции и узлы [Текст]: Учеб. для вузов ж.-д. трансп./ под. ред. В. М. Акулиничева – М.: Транспорт, 1992. – 480 с.;
6. Правдин, Н. В. Расчет основных параметров сортировочных горок [Текст] / Н. В. Правдин, С. А. Бессоненко // Проблемы развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. науч. Статей / БИИЖТ. – Гомель, 1985. – С. 34–39;
7. Сотников, Е. А. Интенсификация работы сортировочных станций [Текст] / Е. А. Сотников. – М., «Транспорт», 1979, – 239с.;
8. Сортировочные станции XXI века [Текст] / А. В. Чхаидзе, Л. В. Абуладзе, Г. Ш. Телия, Г. А. Чхаидзе // Железнодорожный транспорт. – 2000. – № 3. – С.54-62;
9. Бобровский, В. И. Автоматизация составления сортировочного листа при использовании комбинированного метода сортировки вагонов [Текст] / В. И. Бобровский // «Межвуз. сб. науч. трудов», ДИИТ, Днепропетровск. – 1990. – № 277/17. – С. 60-69;
10. Жуковицкий, И. В. Новые принципы организации работы АРМ-ов оперативных работников сортировочной станции [Текст] / И. В. Жуковицкий,

А. И. Кибка // Информ.-керуючі системи на залізн.. трансп. – 2001. – № 3. – С. 92-94;

11. Жуковичкий, И. В. Использование моделей и методов оптимизации при разработке цифровых систем управления на сортировочной горке [Текст] / И. В. Жуковичкий // Информ. технологии на ж.-д. трансп.: Материалы 1-ой междунар. научн.-техн. конф. «Инфотранс-96» – СПб., 1996, – С. 298-313;

12. Жуковичкий, И. В. Новые принципы организации работы АРМ-ов оперативных работников сортировочной станции [Текст] / И. В. Жуковичкий, А. И. Кибка // Информ.-керуючі системи на залізн.. трансп. – 2001. – № 3. – С. 92-94;

13. Козаченко, Д. М. Дослідження ефективності заходів автоматизації управління швидкістю скочування відчепів на сортувальних гірках / Д. М. Козаченко // Вагонний парк. –2010. – Вип. 12. – С. 4-8;

14. Проблема эффективности автоматизированного управления процессом расформирования составов на сортировочных горках станции [Текст] / В. С. Аркатов, Ю. А. Муха и др. // ДИИТ. – 1983. – С. 3-21;

15. Шафит, Е. М. Методика выбора алгоритма в автоматизированной системе управления сортировочным процессом [Текст] / Е. М. Шафит, А. Ю. Косорига // Вопросы проектир. и экспл. АСУ на трансп.: Межвуз. сб. науч. тр., МИИТ, – М., 1978 – № 601. – С. 165-171;

16. Шафит, Е. М. Принципы построения интегрированной автоматизированной системы управления технологическими процессами на сортировочной станции [Текст] / Е. М. Шафит, И. В. Жуковичкий, А. А. Косолапов // Информ. управл. системы на ж.-д. трансп. – 1996. – № 1/2. – С. 36-41;

17. Шафит, Е. М. Современные принципы построения АСУ сортировочных станций [Текст] / Е. М. Шафит, И. В. Жуковичкий // Залізн. трансп. України. – 2000. – № 3. – С. 22-26;

18. Бобровський, В. І. Підвищення ефективності функціонування сортувальних комплексів станцій в умовах нерівномірності вхідного потоку

поїздів [Текст] / В. І. Бобровський, Є. Б. Демченко, А. С. Дорош // Транспортні системи та технології перевезень: Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. Лазаряна. — Дніпропетровськ, 2015. — Вип. 10. — С. 16—22.

19. Разводова, Н. Б. Горочная автоматическая централизация с контролем выпуска ГАЦ КР [Текст] / Н. Б. Разводова, И. Л. Наумов // Автоматика, телемеханика и связь. — 1981. — № 9. — С. 27–29;

20. Иванченко, В. Н. Микропроцессорные информационно-управляющие системы автоматизации сортировочных процессов [Текст]: Учеб. пособие / В. Н. Иванченко. — Ростов н/Д.: РИИЖТ, 1984. — 50 с.;

21. Ульянычев, Ю. В. АРС ГТСС. Автоматическое регулирование скорости вагонов на сортировочной горке [Текст] / Ю. В. Ульянычев // Автоматика, телемеханика и связь. — 1972. — № 7. — С. 10–14;

22. Фонарев, Н. М. Автоматизация процесса расформирования составов на сортировочных горках [Текст] / Фонарев Н. М. — М.: Транспорт, 1971. — 285 с.;

23. Фонарев, Н. М. Автоматизация процесса расформирования составов на сортировочных горках [Текст] / Н. М. Фонарев // Ж.-д. трансп. — 1977. — № 9. — С. 55–60;

24. Участие горочных операторов в управлении сортировочным процессом на автоматизированных сортировочных горках [Текст] / Муха Ю. А., Бобровский В. И., Яневич В. З., Бледный А. М. // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа / — Д., 1976. — Вып. 181/10. — С. 41–56;

25. Механизация и автоматизация формирования поездов [Текст] / [Муха Ю. А., Король В. А., Иванков Н. М. и др.]; под общ. ред. Ю. А. Мухи. — К.: Техніка, 1987. — 136 с.;

26. Прокопин, Ю. Д. Автоматизированные системы управления составами на горке АСУ РСГ [Текст] / Ю. Д. Прокопин, В. В. Мишин // Автоматика, телемеханика и связь. — 1981. — № 9. — С. 35–36;

27. Шафит, Е. М. К вопросу о разработке АСУ РСГ на базе микропроцессоров [Текст] / Е. М. Шафит, Л. В. Сафрис, А. А. Косолапов //

Автоматизированные системы управления технологическими процессами на железнодорожных станциях: Межвуз. сб. науч. трудов / ДИИТ. – Д., 1980. – Вып. 211/9. – С. 3–11;

28. Шафит, Е. М. Динамика двухпозиционного регулирования скорости отцепов в системах АРС [Текст] / Е. М. Шафит // Вопросы автоматического управления и применения средств вычислительной техники на железнодорожных станциях: Труды ДИИТа. – Д., 1970. – Вып. 97. – С. 4–11;

29. Зиброва Т. М. Оценка точности управления торможением отцепов в АСУ РСГ [Текст] / Т. М. Зиброва // Автоматизированные системы управления технологическими процессами на железнодорожных станциях: Межвуз. сб. науч. трудов / ДИИТ. – Д., 1980. – Вып. 211/9. – С. 17–21;

30. Устенко, А. Б. О некоторых направлениях совершенствования подсистемы торможения АСУ РСГ [Текст] / А. Б. Устенко // Автоматизированные системы управления технологическими процессами на железнодорожных станциях: Межвуз. сб. науч. трудов / ДИИТ. – Д., 1980. – Вып. 211/9. – С. 48–56;

31. Автоматизация технологических процессов в системе оперативного управления сортировочной станцией [Текст]: учеб. пособ. / Л. П. Кузнецов, В. Н. Иванченко, Н. Н. Лябах, Ю. А. Самойленко. – Ростов н/Д.: РИИЖТ, 1984. – 64 с.;

32. Модин, Н. К. Механизация и автоматизация станционных процессов [Текст] / Н. К. Модин. – М.: Транспорт, 1985. – 224 с.;

33. Системы автоматизации сортировочных горок на основе современных компьютерных технологий [Текст]: Учебник для вузов ж.д. трансп. / Под общей ред. проф. А. Н. Шабельникова. – Ростов н/Д: НИИАС. Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2010. – 436 с.;

34. Альошинський, Є.С. Аналіз принципів автоматизації процесу розформування составів на сортувальних гірках [Текст] / Є.С. Альошинський, М. М. Богатирьов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2010. – № 3/5 (45). – С. 65-68;

35. Нормы технологического проектирования устройств автоматики и телемеханики на федеральном железнодорожном транспорте. НТП СЦБ/МПС-99.

Утвержд. указаним МПС РФ от 24.06.1999 г. № А-1113. – Санкт-Петербург: Гипротрансигнальсвязь, 1999 – 75 с.;

36. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]. – К.: Транспорт України, 2005. – 256 с.;

37. Сагайтис, В. С. Устройства механизированных и автоматизированных сортировочных горок [Текст]: Справочник / В. С. Сагайтис, В. Н. Соколов, – М.: Транспорт, 1988, – 208 с.;

38. Берестов, И. В. Теоретические основы оптимизации параметров сортировочных горок (Часть 1) [Текст] / И. В. Берестов // Информ.-управляющие системы на ж.-д. трансп. – 1997. – № 4. – С. 34 – 37;

39. Берестов, І. В. Теоретичні основи оптимізації параметрів сортувальних гірок (Частина 2) [Текст] / І. В. Берестов // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. праць / ХарДАЗТ. – Х., 1998. – Вип. 33. – С. 8–15;

40. Нагорный, Е. В. О методике оптимизации параметров сортировочных горок [Текст] / Е. В. Нагорный, И. В. Берестов, В. О. Крючков // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. праць ХарДАЗТ. – Х., 1998. – Вип. 33. – С. 52–55;

41. Огар, О. М. Системний підхід до розрахунку раціональних технологічних параметрів діючих сортувальних гірок [Текст] / О. М. Огар, К. А. Асеева, А. В. Солянкін // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, – 2011. – 6/4 (54). – С. 41-44;

42. Правдин, Н. В. Анализ существующих методов расчета сортировочных горок [Текст] / Н. В. Правдин, С. А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2004. – № 5. – С. 22–27;

43. До питання розробки методики комплексного розрахунку оптимальних конструктивних параметрів сортувальних гірок [Текст] / І. В. Берестов, О. М. Огар, О. Б. Ахієзер, М. Ю. Куценко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, –2009. – 2/3 (38). – С. 56 – 60;

44. Нагорный, Е.В. Решение задачи по энергосбережению при торможении

отцепов на сортировочных горках [Текст] / Е.В. Нагорный, А.Я. Шейнин // Залізн. трансп. України. – 1998. – № 1 (4-5). – С. 70-72.

45. Огар, О. М. Науковий підхід до визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст] / О. М. Огар // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2009. – № 18. – С. 9-16;

46. Назаров, О. А. Підвищення ефективності сортувального процесу на гірках шляхом впровадження систем розподіленого регулювання швидкості відчепів [Текст] / О. А. Назаров // Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2012. УДК 656.212.5 ГРНТИ 73.29.51;

47. Левин, Д. Ю. Единая сквозная технология управления перевозочным процессом [Текст] / Д. Ю. Левин // Труды Международной научно – практической конференции «Современные проблемы управления перевозочным процессом. Повышение качества подготовки специалистов и уровня научных исследований», – М., МИИТ. – 2006. – С. II-25 – II-26;

48. Лерман, В. Д. Прогнозирование процессов перехода состояний сортировочных станциях [Текст] / В. Д. Лерман // Тр. Моск. ин-та инж. ж.-д. трансп. – 1978. – №662. – С. 26-31;

49. Демченко, Є. Б. Підвищення ефективності функціонування сортувальних комплексів станцій в умовах змінної інтенсивності вхідного потоку поїздів : [Текст]. / Є. Б. Демченко ; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Д., 2016. — 21 с.

50. Образцов, В. Н. Станции и узлы часть 2 [Текст] / В. Н. Образцов. – М.: Трансжелдориздат, 1938. – 499 с.

51. Макаренко, М. В. Краткий справочник показателей эксплуатационной работы железных дорог Украины [Текст] / М. В. Макаренко. – К.: «Юникон-Пресс». 2011. – 154 с.;

52. Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств [Текст] / Ю. А. Муха. Л. Б. Тишков, В. П. Шейкин и др. – М.: Транспорт, 1994. – 220 с.;

53. Сотников, И. Б. Эксплуатация железных дорог (в примерах и задачах) [Текст] / И. Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1967. – 248 с.;
54. Архангельский, Е. В. Расчет пропускной способности железных дорог [Текст] / Е. В. Архангельский // М., Транспорт, 1977. – 310 с.;
55. Тихомиров, И. Г. Основы технологического процесса работы сортировочных станций [Текст] / И. Г. Тихомиров, А. Д. Каретников, – Трансжелдориздат, 1952;
56. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті [Текст]: затв.: наказ Укрзалізниці 25.03.2003 р. № 0-72/ ЦЗ;
57. Типовые нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте, утвержд. 26.08.1985 МПС, М.: Транспорт, 1987 – 97с.;
58. Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування ГБН В.2.3-37472062-1:2012 [Текст]. – Київ.: Міністерство інфраструктури України, 2012. – 112 с.;
59. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України ЦД-0036 [Текст]: Навчально-методичний посібник / О. Ф. Вергун, Н. В. Липовець, В. М. Боголій // К.: Транспорт України, 2002. – 376 с.;
60. Сотников, И. Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог [Текст] / И. Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1976. – 268 с.;
61. Музикіна Г. І. Вплив параметрів накопичення вагонів на їх простій на сортувальній станції [Текст] / Г. І. Музикіна, Т. В. Болвановська, Є. М. Жорова // Вісник ДНУЗТ. – 2008. – Вип. 20 – С. 198-201;
62. Музикіна, Г. І. Визначення заходів, необхідних для підвищення провізної спроможності залізниць України [Текст] / Г. І. Музикіна, О. О. Мазуренко, Т. В. Болвановська // Вісник ДНУЗТ. – 2009. – Вип. 26–С. 23-27;
63. Музикіна, Г. І. Визначення заходів, необхідних для підвищення провізної здатності залізниць України [Текст] / Г. І. Музикіна, О. О. Мазуренко, Т. В. Болвановська // Вагонный парк. – 2010. – № 5. – С. 22-24;

64. Болвановська, Т. В. Аналіз потужності вагонопотоків, що формуються на технічних станціях Придніпровської залізниці [Текст] / Т.В. Болвановська, А. А. Гирба // тези 2-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» – Кострина. – 2013 р. – С.37-38;

65. Козаченко, Д. М. Дослідження вагонопотоків, що розформовуються на сортувальних гірках залізниць України [Текст] / Д. М. Козаченко, Т.В. Болвановська, Ю.С. Карпенко // тези 2-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств». – Кострина. – 2013 р. – С. 56-58;

66. Бобровский, В. И. Определение вероятностей разделения отцепов на стрелках сортировочной горки [Текст] / В. И. Бобровский // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. – Днепропетровск, 1976. – Вып. 181/10. – С. 56-63;

67. Болвановська, Т. В. Аналіз умов розділення відцепів на сортувальних гірках залізниць України [Текст] / Т.В. Болвановська, О.В. Ванжа // тези 73-ї науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». – Дніпропетровськ: ДПТ. – 2013 – С. 139-140;

68. Козаченко, Д. М., Дослідження параметрів вагонопотоків, що розформовуються на сортувальних гірках [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Т. В. Болвановська // Збірник наукових праць ДНУЗТ «Транспортні системи і технології перевезень» – Випуск 4 – Д.: ДНУЗТ. – 2012. – С. 44-48;

69. Бобровский, В.И. Исследование влияния режимов торможения отцепов на условия их разделения на стрелках [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Т. В. Болвановская // Залізничний транспорт України. – 2011. – № 3 – С. 3-6;

70. Муха, Ю. А. Имитационное моделирование процесса скатывания отцепов при выполнении горочных расчетов [Текст] / Ю.А. Муха, А. А. Муратов // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Межвуз. сб. научн. тр. ДИИТа. – Д., 1990. – С. 11-20;

71. Бобровский, В. И. Дифференциальные уравнения движения отцепа и методы их решения [Текст] / В. И. Бобровский // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1996. – №6. – С. 34-39;

72. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207 – 89 [Текст]. – М.:Транспорт, 1992. – 104 с

73. Горохов, Е.В. Ветровые и гололедные воздействия на воздушные линии электропередачи [Текст] / Е. В. Горохов, М. И. Казакевич, С. В. Турбин, Я. В. Назим – Донецк.: «Компьютер Норд», – 2005. – 348 с.;

74. Миклер, Г. Децентрализованная система управления роспуском вагонов на сортировочной станции Бремерхафен-Шпекенбюттель [Текст] / Г. Миклер, Ф. Лекенвальтер, К. Рам // Железные дороги мира, № 8, 1988, с. 2-12

75. Муха, Ю.А., Алгоритмы и библиотека программ для моделирования на ЭВМ «Наири - К» сортировочного процесса на горках [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. – Днепропетровск, 1977. – Вып. 194/11. –С. 53-102;

76. Бобровский, В. И. Определение вероятностей разделения отцепов на стрелках сортировочной горки [Текст] / В. И. Бобровский // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. – Днепропетровск, 1976. – Вып. 181/10. – С. 56-63;

77. Козаченко, Д. М. Моделювання роботи сортувальної гірки в умовах невизначеності параметрів відчепів та характеристик навколишнього середовища [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, О. І. Таранець // Вісник ДНУЗТ ім. В. Лазаряна. – Д., 2007. – Вип. 16. – С. 73–76;

78. Бобровський, В. И. Моделирование процесса скатывания отцепов с сортировочной горки [Текст] / В. И. Бобровський, Д. Н. Козаченко // Зб. наук. праць ДЕТУТ: Серія «Транспортні системи і технології». – 2010. – Вип. 16. – С. 20-29

79. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України ЦД-0036 [Текст]: Навчально-методичний посібник / О. Ф. Вергун, Н. В.

Липовець, В. М. Боголій // К.: Транспорт України, 2002. – 376 с.;

80. Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування ГБН В.2.3-37472062-1:2012 [Текст]. – Київ.: Міністерство інфраструктури України, 2012. – 112 с.;

81. Болвановська, Т. В. Розрахунок переробної спроможності сортувальних комплексів [Текст] / Т. В. Болвановська // Збірник наукових праць ДНУЗТ «Транспортні системи і технології перевезень». – 2014. – Вип. 8 – С. 27-34;

82. Козаченко, Д. М. Дослідження впливу швидкості розпуску составів на переробну спроможність сортувальних гірок [Текст] / Д. М. Козаченко, І. Ю. Левицький, Т. В. Болвановська // Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ. –2012. – Вип. 41. – С. 61-63;

83. Бобровский, В. И. Исследования и оценка влияния скорости роспуска составов на показателей работы сортировочного комплекса [Текст] / В. И. Бобровский, А. И. Колесник // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. / ДНУЗТ. – Д., 2011. – Вип. 2. – С. 10-16.

84. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті [Текст]: затв.: наказ Укрзалізниці 25.03.2003 р. № 0-72/ ЦЗ;

85. Козаченко, Д. М. Дослідження ефективності заходів автоматизації управління швидкістю скочування відчепів на сортувальних гірках [Текст] / Д. М. Козаченко // Вісник СНУ ім. В. Даля. - 2010.– № 5 (147) Частина 2. – С. 276-284;

86. Пронин А. П. Энергетическое загрязнение окружающей среды объектами железнодорожного транспорта [Текст] / А. П. Пронин // Сб. «Вопросы экологии на железнодорожном транспорте». – СПб., 1992. – С. 12–15;

87. Ключкова, Е. А. Промышленная, пожарная и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте [Текст]. – М.: УМЦ ЖДТ, 2008. – 456 с.