

Державний університет інфраструктури та технологій
Київський інститут залізничного транспорту
Факультет «Управління залізничним транспортом»
Кафедра «Управління комерційною діяльністю залізниці»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
завідувача кафедри УКДЗ,
д.т.н., професор

 **В.К. Мироненко**
(підпис)

« 11 » грудня 2020 року

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної (магістерської) роботи
освітнього ступеня «Магістр»

на тему **Удосконалення прицільного регулювання швидкості відчепів
горловини вагоноуповільнювачами**

Виконав: студент 2 курсу, групи ТТ
ОПП «Транспортні технології (на
залізничному транспорті)»

 **Багрій Є.О.**
(підпис)

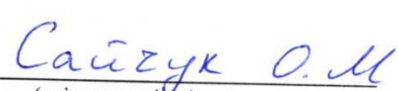
Науковий керівник

 **Процик О.П.**
(підпис)

Нормоконтроль

 **Рудюк М.В.**
(підпис)

Рецензент

 **Сайзук О.М.**
(прізвище та ініціали)

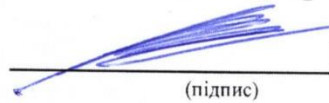
Державний університет інфраструктури та технологій
Київський інститут залізничного транспорту
Факультет «Управління залізничним транспортом»
Кафедра «Управління комерційною діяльністю залізниці»

Освітній ступінь «Магістр»

Галузь знань 27 «Транспорт»

Освітньо-професійна програма «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
завідувач кафедри УКДЗ,
д.т.н., професор

 **В.К. Мироненко**
(підпис)

«01» вересня 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ (МАГІСТЕРСЬКУ) РОБОТУ
студента _____ Багрія Євгенія Олеговича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи** «Удосконалення прицільного регулювання швидкості відчепів горловини вагоноуповільнювачами»

науковий керівник Процик О.П., доцент кафедри «Управління комерційною діяльністю залізниці»

(ПІБ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інфраструктури та технологій від «31» серпня 2020 року № 09.2-05-447/С

2. **Строк подання студентом роботи** «11» грудня 2020 року

3. **Вихідні дані до роботи:** - літературні джерела; - матеріал зібраний під час проходження практики; - інтернет джерела.

4. **Зміст пояснювальної записки (назва розділів основного змісту роботи):**

1 Проблеми функціонування підсистеми розформування сортувальної станції

2 Аналіз впливу конструкції сортувальної гірки на заповнення сортувальних колій вагонами

3 Характеристика системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних станціях

4 Дослідження впливу параметрів системи розподіленого регулювання на якість заповнення сортувальних колій вагонами

5 Оцінка доцільності використання системи

6 Охорона праці

7 Охорона навколишнього середовища

5. Перелік презентаційного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень).

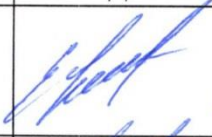
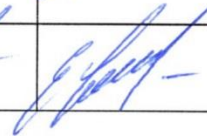
В електронному вигляді:

1. Завдання на кваліфікаційну роботу
2. Огляд проблем функціонування підсистем розформування сортувальної станції та шляхів її вирішення
3. Аналіз впливу конструкції сортувальної гірки на заповненість сортувальних колій вагонами
4. Опис впливу параметрів системи розподіленого регулювання на якість заповнення сортувальних колій вагонами
5. Оцінка раціональності використання даної системи
6. Наведенні економічні показники

В паперовому вигляді:

Немає

6. Консультанти розділів роботи.

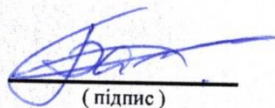
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	к.і.н., доцент Сорочинська О.Л.		
Охорона праці	к.і.н., доцент Сорочинська О.Л.		

7. Дата видачі завдання: «01» вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Період виконання етапів роботи
1	Збір літератури, її опрацювання, підготовка 1 розділу	03.08.2020р.-17.08.2020 р
2	Розробка 2 розділу	17.08.2020р.-24.08.2020 р
3	Збір інформації, її аналіз, розробка 3 розділу	26.08.2020р.-14.09.2020 р
4	Розробка 4 розділу	14.09.2020р.-21.09.2020 р
5	Розробка основної частини роботи	21.10.2020р.-05.10.2020 р
6	Розрахунок техніко – експлуатаційних та економічних показників	05.10.2020р.-19.10.2020 р
7	Опрацювання джерел, підготовка розділу про охорону праці	19.10.2020р.-02.11.2020 р
8	Розробка розділу про захист навколишнього середовища	02.11.2020р.-09.11.2020 р
9	Оформлення висновку, додатків та списку використаних джерел	09.11.2020р.-23.11.2020 р
10	Підготовка презентаційного матеріалу	23.11.2020р.-30.11.2020 р
11	Подання роботи	11.12.2020 р

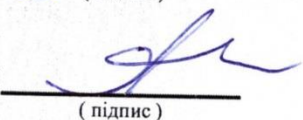
Студент


(підпис)

Багрій Є. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Процик О. П.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
1 ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ РОЗФОРМУВАННЯ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ.....	12
1.1 Проблеми автоматизації і механізації процесу регулювання швидкості відчепів на сортувальній гірці	12
1.2 Аналіз проблем технології регулювання швидкості вагонів на сортувальних гірках балковими вагонними уповільнювачами.....	15
1.3 Проблема утворення вікон між відчепами і високої середньої швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях.....	18
1.4 Проблеми систем автоматизації регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках.....	21
1.5 Аналіз методів поліпшення якості прицільного регулювання швидкості.....	23
1.6 Альтернативні технології регулювання швидкості відчепів на закордонних сортувальних гірках.....	24
1.7 Стан та основні причини аварійності на залізниці.....	35
2 АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ НА ЗАПОВНЕННЯ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ ВАГОНАМИ.....	38
2.1 Техніко-експлуатаційна характеристика сортувального комплексу об'єкта дослідження.....	38
2.2 Технологія роботи сортувального комплексу.....	40

2.2.1	Обробка поїзда після прибуття на станцію.....	40
2.2.2	Розформування-формування составів поїздів.....	41
2.3	Нормування маневрової роботи на станції	42
2.3.1	Насув составу на сортувальну гірку.....	44
2.3.2	Розпуск состава з гірки.....	45
2.4	Дослідження залежності дальності скочування відчепа від висоти сортувальної гірки	48
3	ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЯХ	54
3.1	Устрій та принцип дії ТВУ	54
3.2	Параметри системи розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами швидкості	58
3.3	Принцип моделювання скочування вагонів з гірки, перелік варіантів моделювання	63
4	ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НА ЯКІСТЬ ЗАПОВНЕННЯ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ ВАГОНАМИ	74
4.1	Модель заповнення вагонами сортувальних колій	75
4.2	Дослідження впливу параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів із застосуванням ТВУ на якість заповнення сортувальних колій вагонами	80
4.3	Аналіз результатів скочування відчепів з гірки	86
5	ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ	89
5.1	Розрахунок капітальних витрат на обладнання ТВПУ сортувальних колій станції та експлуатаційних витрат на їх утримання	90
5.2	Розрахунок економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з пошкодженням вагонів	92

5.3	Розрахунок економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з простоем составів в парку приймання сортувальної станції.....	100
5.4	Розрахунок економії приведених річних експлуатаційних витрат	104
6	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	107
6.1	Небезпечні та шкідливі фактори під час виконання маневрової роботи на станції	107
6.2	Організаційно-технічні заходи по забезпеченню охорони праці	110
6.3	Правила безпечного виконання робіт для складача поїздів	112
6.4	Дії складача поїздів при виникненні пожежі на станції	117
7	ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО	
	СЕРЕДОВИЩА.....	119
7.1	Загальний стан охорони навколишнього середовища.....	119
7.2	Забруднення повітря.....	120
7.3	Шум і вібрація.....	121
7.4	Пил як забруднюючий фактор.....	123
	ВИСНОВОК.....	125
	СПИСОК ВИКОРОСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	127
	ДОДАТОК А - Початкові данні для моделювання сортувальної колії вагонами.....	133
	ДОДАТОК Б - Результати моделювання заповнення сортувальної колії вагонами.....	134
	ДОДАТОК В – Сортувальна гірка і сортувальний парк станції С..	138

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АГСП – автоматизований гірковими сповіщувальними пристроями

АЗСР – система автоматичного завдання швидкості розпуску

ГАЦ – гіркова автоматична централізація

ГП – гальмівна позиція

ДСП – черговий по станції

ЕЦ – електрична централізація

ЗПП – запірно-пломбувальні пристрої

ЗСГ – заборонено спускати з гірки

МРЦ – маршрутно-релейна централізація

ППП – паркова гальмова позиція

ПТЕ – правила технічної експлуатації

ПТО – пункт технічного огляду вагонів

ТВУ – точковий вагонний уповільнювач

ТВПУ – точковий вагонний прискорювач-уповільнювач

ТРА – технічно-розпорядчий акт

ВСТУП

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

Одним з напрямків підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту на ринку транспортних послуг є забезпечення безпеки та схоронності перевезених вантажів. Актуальною залишається проблема регулювання швидкості скочування відчепів на коліях нагромадження в сортувальному парку.

Основою технології розформовування составів на сортувальних гірках є таке регулювання швидкості руху відчепів, яке забезпечує розділення маршрутів їх руху на стрілках і вагонних уповільнювачах та заповнення колій сортувального парку. Управління процесом розпуску вагонів з гірки можна розділити на дві задачі:

1) задачу інтервального регулювання швидкості, яка полягає в такому управлінні гальмівними позиціями спускної частини гірки, при якому забезпечуються достатні інтервали між відчепами на роздільних елементах;

2) задачу прицільного регулювання швидкості, яка полягає в забезпеченні такого гальмування, при якому відчепи докочувалися б до точки прицілювання та з'єднувалися з допустимою швидкістю на коліях накопичення.

Об'єктом дослідження є підсистема розформування сортувального комплексу.

Предметом дослідження є процес заповнення вагонами сортувальних колій, обладнаних системою розподіленого регулювання швидкості відчепів.

Метою магістерської роботи є вдосконалення процесу заповнення вагонами сортувальних колій, що обладнані системою розподіленого регулювання швидкості відчепів.

Для досягнення мети в роботі було виконано такі задачі: характеристика підсистеми розформування сортувальної станції, аналіз впливу конструкції сортувальної гірки на заповнення сортувальних колій вагонами, характеристика системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних станціях, дослідження впливу параметрів системи розподіленого регулювання на якість заповнення сортувальних колій вагонами, ефективність запропонованих науково-дослідницьких рішень, заходи щодо охорони праці та охорони навколишнього середовища, визначення залежності ефективності роботи ТВПУ на аварійність в Укрзалізниці.

В роботі проаналізовано досвід використання систем за кордоном. Виконано дослідження процесу скочування вагонів з сортувальної гірки та заповнення вагонами сортувальних колій з виконанням й дотриманням всіх вимог Правил технічної експлуатації (ПТЕ).

Наведено технічну характеристику станції, розглянуті питання переваг та недоліків точкових вагонних прискорювачів-уповільнювачів, виконано розрахунок параметрів при скочуванні та виконано аналіз варіантів на основі розрахунків відносно раціональної щільності розташування точкових вагонних прискорювачів-уповільнювачів на сортувальних коліях, встановлено залежність між щільністю та ухилом, розглянуті питання забезпечення охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Планується дослідити залежність показників якості заповнення сортувальних колій вагонами від параметрів системи розподіленого регулювання

швидкості вагонів, зробити висновок про доцільність використання точкових вагонних уповільнювачів на сортувальних коліях та визначити оптимальні параметри системи.

1 ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ РОЗФОРМУВАННЯ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

1.1 Проблеми автоматизації і механізації процесу регулювання швидкості відчепів на сортувальній гірці

У цей час на вітчизняних сортувальних гірках реалізується концепція інтервально-прицільного регулювання швидкості відчепів, відповідно до якої гірки обладнуються гальмовими позиціями. Перша позиція розташовується, як правило, перед розділовою стрілкою, друга за розділовою стрілкою й на початку паркових колій третя позиція.

Перші дві гальмові позиції створюють необхідні часові інтервали між вагонними відчепами, що скочуються з гірки, достатніми для переведення відповідних стрілок, і забезпечують розрахункову швидкість відчепів на виході із цих позицій. Паркова гальмова позиція (ПГП) повинна забезпечувати допустиму швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії вагонних відчепів на підгіркових коліях (не більше ніж 5 км/год).

Механізація процесу гальмування вагонів на гірці середньої потужності дозволяє усунути малопродуктивну й небезпечну працю 30-40 регулювальників швидкості відчепів, у тому числі 12-16 *чол.* на її спускній частині.

Сьогодні на сортувальних гірках експлуатується близько 3500 гіркових і паркових вагонних уповільнювачів різних типів. Більшість із них було розроблено кілька десятиліть тому і до теперішнього часу фізично й морально застаріли. Вони відрізняються також підвищеним енергоспоживанням й трудомісткістю в обслуговуванні.

Близько 90 % парку експлуатованих сьогодні вагонних уповільнювачів фізично зношені й мають потребу в повній заміні або капітальному ремонті. З урахуванням сформульованих обставин перед ученими галузі було поставлено

завдання розробити нове покоління вагонних уповільнювачів, що відповідають сучасним експлуатаційно-технічним вимогам. У першу чергу це висока надійність і економічність у витраті енергоресурсів, невелика металоємність (не більше 25 *т* у розрахунку на одиницю гальмової потужності), невелика глибина закладання від рівня головки рейок (не більше 1 м на спускній частині гірки й 0,6 м на підгіркових коліях), низька трудомісткість обслуговування (не більше 120 *чол./міс.* Для гіркових і 80 *чол./міс.* для паркових уповільнювачів у розрахунку на одиницю гальмівної потужності).

Особливо жорсткі вимоги пред'являються до швидкодії вагонних уповільнювачів при розгальмовуванні, від якого залежить точність вигальмовування вагонних відчепів, а отже й швидкість їхнього підходу до вагонів на сортувальній колії в підгірковому парку, схоронність вантажів, а також ступінь заповнення сортувальних колій вагонами та обсяг маневрової роботи. Для дотримання нормативних вимог [1] цей час не повинний перевищувати 0,8 *с* для гіркових і 0,6 *с* для паркових гальмових механізмів.

Процес розформування-формування составів є одним з найважливіших процесів роботи дільничних, вантажних та сортувальних станцій. В цьому процесі головну роль відіграє сортувальна гірка, від конструкції та технології роботи якої залежить раціональне використання гіркових пристроїв. Нераціональний вибір конструктивних та технологічних параметрів сортувальних гірок, принципів гальмування відчепів приводить до браку в роботі і виходу з ладу технічних засобів, пошкодження вагонів та псування вантажів. Якби всі вагони при скочуванні з гірки рухались з однаковою швидкістю, тоді інтервал між відчепами, що рухаються один за одним, дорівнював би початковому інтервалу між ними. У дійсності питомий опір руху вагонів та дальність пробігу їх у сортувальному парку різняться, тому швидкість відчепів, що скочуються з гірки, не однакова. Коли попередній відчеп рухається з меншою швидкістю, ніж відчеп, що рухається за ним, інтервал між ними буде зменшуватись. Якщо він зменшиться до такої

величини, що між відчепами, які послідовно рухаються, не можливо буде перевести розділювальну стрілку, тоді вагони потраплятимуть на колії інших призначень і потрібна буде додаткова маневрова робота для того, щоб переставити їх на колії свого призначення.

Для нормальної роботи гірки повинен зберігатися достатній інтервал між відчепами на розділювальних стрілках, щоб пропустити відцеп, що йде попереду, і перевести за ним стрілку для наступного відчепа, що рухається за ним. Крім того при підході до вагонів на сортувальних коліях швидкість відчепа, що рухається, не повинна перевищувати допустиму швидкість з'єднання вагонів. Порухення зазначеної умови може призвести до пошкодження вагонів та вантажів. Якщо швидкість відчепа на сортувальній колії замала, може виникнути ситуація, коли пробіг відчепа скоротиться, він не докотиться до точки прицілювання і на підгірковій колії утвориться вікно. Прагнення підвищувати темп розпуску составів і заповнювати підгіркові колії без вікон призводить до загострення протиріччя між інтервальним та прицільним гальмуванням, яке можна послабити за допомогою точкових вагонних уповільнювачів (ТВУ), розташованих з певною щільністю на кожній сортувальній колії.

Недоліки конструкції сортувальних пристроїв багато в чому пов'язані з недосконалістю існуючих методів розрахунку та оптимізації параметрів гірок. На даний час параметри багатьох елементів плану та профілю визначаються аналітичними або графічними методами, що не дозволяють оцінити всю сукупність їх можливих значень та обрати найкращий варіант. Це пов'язано із тісним взаємозв'язком всіх елементів сортувальної гірки та великою кількістю можливих варіантів її конструкції, що суттєво відрізняються за техніко-експлуатаційними характеристиками та витратами енергетичних ресурсів при розформуванні составів.

Практичний досвід експлуатації сортувальних гірок у нашій країні показує, що задача забезпечення якісного заповнення сортувальних колій остаточно не

вирішена. За офіційною статистикою, із загальної кількості вагонів, ушкоджених на станціях, близько 70 % виводяться з ладу на сортувальних гірках, і за останні роки відзначається збільшення кількості подібних випадків.

Збільшення в загальному вагонному парку частки вагонів, що перебувають у власності недержавних компаній, розширення зовнішньоекономічних зв'язків України, що виражається в зростанні обсягів експортних і імпортних перевезень, а також ряд інших макро і мікроекономічних факторів спричиняють особливу актуальність питань забезпечення якісного заповнення сортувальних колій вагонами і схоронності вагонів та вантажів при переробці на сортувальних гірках.

1.2 Аналіз проблем технології регулювання швидкості вагонів на сортувальних гірках балковими вагонними уповільнювачами

Практично на всіх сортувальних гірках залізниць України й більшості іноземних держав прийнята технологія інтервально-прицільного регулювання швидкості відчепів, відповідно до якої гірки обладнують гальмовими позиціями, які розташовують, як правило, відповідно перед розділювальною стрілкою (перша гальмова позиція), перед пучковою стрілкою (друга гальмова позиція) і на початку паркових колій (ПГП).

Основне призначення гіркових гальмових позицій, розташованих на спускній частині, полягає в тому, щоб забезпечити необхідні часові інтервали між відчепами, що скочуються з гірки, достатні для переведення відповідних стрілок і забезпечення підходу до ПГП зі швидкістю не вище за 6 м/с.

На ПГП швидкості відчепів повинні бути достатні для того, щоб, по-перше, вони докотилися до розрахункової точки, а по-друге, щоб швидкість підходу

відчепів до вагонів на сортувальній колії у парку не перевищувала 5 км/год ($V_{\text{контр}} = 1,4 \text{ м/с}$).

Відповідно до цієї технології верхні гальмові позиції сортувальних гірок великої й середньої потужності обладнуються балковими вагонними уповільнювачами типу (в Україні – Т-50, КЗ-5, КНП-5, НК-114, ЗВУ, ВЗПГ і КВ різних модифікацій), а паркові – уповільнювачами, що не потребують установлення на фундаментні плити, РНЗ-2 з короткою гальмовою шиною або КНП-5 з довгою шиною.

Прийнята технологія регулювання швидкості відчепів забезпечує необхідну інтенсивність розпуску составів, однак не виключає збоїв в роботі сортувальної гірки, пошкоджуваності вагонів і вантажів, які в них перевозяться. Це зв'язане головним чином з інерційністю й нестабільністю гальмових характеристик балкових уповільнювачів, залежністю від стану поздовжніх профілів колій, помилками в роботі гіркових операторів і автоматизованих систем керування через неповне урахування факторів, що впливають [2–4]. Незважаючи на відзначені недоліки, системи інтервально-прицільного регулювання набули домінуючого поширення на залізницях в усьому світі й успішно функціонують от уже майже сто років.

За допомогою гальмових позицій, розташованих на спускній частині гірки, регулюють величину інтервалів між відчепами на розділювальних елементах. Однак керування балковими вагонними уповільнювачами негнучке, дуже важко піддається автоматизації. Гірковий оператор може вибрати одну із чотирьох ступенів гальмування залежно від навантаження на вісь вагона, а також регулювати момент загальмовування й розгальмовування відчепа. Самі уповільнювачі мають високу інерційність, через що неможливо домогтися точного виконання команди керування на загальмовування й розгальмовування. Крім того, не розроблено єдиного чіткого алгоритму керування вагонними уповільнювачами гальмових позицій спускної частини гірки [5].

Загальновизнаним є те, що найважливіша роль у підвищенні переробної спроможності станцій і вдосконаленні технології сортування вагонів відводиться питанню створення й впровадження засобів комплексної механізації й автоматизації виробничих процесів на станціях і цьому приділяється належна увага [2, 6].

На діючих сортувальних станціях у якості найбільш раціонального шляху підвищення ефективності роботи сортувальних гірок, схоронності перевезених вантажів, безпеки розпуску составів і техніки особистої безпеки експлуатаційного персоналу слід розглядати механізацію й автоматизацію сортувального процесу з використанням балкових вагонних уповільнювачів сучасної конструкції й впровадження автоматизованих систем керування сортувальним процесом.

Поряд з можливістю збільшення переробки вагонів механізація й автоматизація операцій по організації розпуску составів на сортувальній гірці повинна вирішувати низку інших найважливіших соціально-економічних проблем:

- 1) підвищення продуктивності праці;
- 2) ліквідація важкої праці регулювальників швидкості руху відчепів і вивід їх з небезпечної зони;
- 3) забезпечення схоронності вагонного парку та вантажів;
- 4) підвищення рівня безпеки персоналу, не зв'язаного безпосередньо з процесом розформування-формування поїздів.

Однак аналіз стану, що склався в цій області, показує, що очікуваного ефекту від цих заходів залізничний транспорт не отримує. Якість сортувального процесу залишається низькою [7, 8].

Рівень пошкоджуваності вагонів не зменшується з переходом від ручного (за допомогою башмаків) гальмування на механізоване й автоматизоване гальмування вагонними уповільнювачами, особливо на гірках великої потужності. Залишається слабким ефект від впровадження систем автоматизації

сортувального процесу, незважаючи на широкі функціональні можливості цих систем.

Становище погіршилося по мірі завершення переведення вагонного парку на роликові підшипники, оскільки існуючі ухили сортувальних колій (до 3 ‰ і більше) є початково прискорювальними для більшості вагонів. Так, наприклад, на коліях з ухилами 1,5–2,0 ‰ практично 90 % важких вагонів неможливо загальмувати так, щоб швидкість з'єднання була не вищою за 5 км/год. Разом з тим впровадження нових поглинаючих апаратів автозчепних пристроїв, що дозволяє збільшити швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з 5–6 км/год до 10–11 км/год затримується на невизначений термін.

Знизити швидкість з'єднання вагонів до безпечного рівня об'єктивно стає неможливим, оскільки стан фактичного профілю такий, що намагання випустити відчепа з безпечною швидкістю приводить до передчасних зупинок відчепів з поганими ходовими властивостями на початку сортувальних колій, до збільшення обсягів маневрової роботи з осаджування і до зниження швидкості й темпу розпуску приблизно на 25–30 % [9].

1.3 Проблема утворення вікон між відчепами і високої середньої швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях

За прийнятою методикою [1] висоту сортувальної гірки визначають виходячи з умови пробігу розрахункового відчепа з поганими ходовими властивостями без гальмування на відстань 50 м за ПГП. З урахуванням того, що для забезпечення інтервалів на спускній частині гірки гальмують відчепа не тільки з хорошими, але й із середніми та поганими ходовими властивостями, їхній пробіг ще більше

зменшується й зростає ймовірність утворення вікон. Крім того, цьому сприяють помилки гіркових операторів у визначенні й реалізації швидкості виходу відчепів із гальмових позицій через відсутність інформації про їхні ходові властивості, інерційність й неточність роботи уповільнювачів, а також через незадовільний стан в плані й профілі сортувальних колій, які, як показала проведена на ряді гірок геодезична зйомка, мають ділянки не тільки зі значними ухилами, але й з протиухилами [10].

Осаджування вагонів на сортувальних коліях, ліквідація «чужинців» через передчасні зупинки займають на гірках від 30 до 40 % тривалості перерв між розпусками составів. Тільки усунення цих непродуктивних операцій дозволить підвищити переробну спроможність гірки на 15-20 %. Проведена у Всесоюзному науково-дослідному інституті залізничного транспорту попередня техніко-економічна оцінка показала високу ефективність застосування альтернативного способу регулювання швидкості руху й накопичення вагонів на сортувальних коліях, розташованих на прискорювальних ухилах, за допомогою додаткової утримуючої ППП [11]. Застосування технології накопичення вагонів на утримуючій ППП на початку сортувальних колій з подальшим просуванням вагонів в глибину сортувального парку за рахунок прискорювального ухилу сортувальних колій хоча й здатна поліпшити експлуатаційні показники роботи гірки, але вимагає значних витрат на збільшення ухилу сортувальних колій, на влаштування додаткової гальмової позиції, а також витрат на управління нею [8].

Оскільки ліквідація вікон знижує продуктивність сортувальної гірки, вимагаючи непродуктивних витрат часу й маневрових засобів, прагнення забезпечити високий рівень переробки вагонів призвело на практиці до широкого застосування технології проштовхування передчасно зупинених відчепів наступними відчепами, що прямують на ту саму колію, зі швидкістю, яка часто перевищує допустиму. Зі збільшенням обсягів переробки вагонів на гірці відбувається значне зростання середньої швидкості підходу відчепів до вагонів на

сортувальній колії. Така технологія істотно знижує обсяг маневрової роботи з осаджування вагонів, але приводить до псування вантажів і пошкоджень вагонів, та навіть до сходу вагонів з рейок [12].

Підхід відчепів до вагонів на сортувальній колії з підвищеною швидкістю викликається не тільки використанням технології прошовування вагонів, але й неминучими помилками операторів і погрішностями в роботі систем автоматизації. Проведені Уральським відділенням Всеросійського науково-дослідного інституту залізничного транспорту спостереження показали, що середня швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії на автоматизованих гірках становить 6,7 км/год [8, 13]. Це на 7,5 % вище, ніж у середньому по всіх гірках мережі, а ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії зі швидкістю більше 10 км/год Вище, ніж на механізованих гірках. Підвищені швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії - причина пошкодження в середньому більше двох вагонів розраховуючи на 1000 перероблених, а загальні втрати тільки від ремонту вагонів становлять близько 6 млн грн у рік.

Недоліки прицільного способу регулювання швидкості, які, як показали дослідження, не можуть бути повністю усунуті й при обладнанні підгіркових колій двома гальмовими позиціями [14–17]. Додаткова ПГП розташовується при відповідному обґрунтуванні на окремих сортувальних коліях на відстані до 400 м всередину сортувального парку. Чим далі в глибину сортувального парку розташована додаткова ПГП, тим менше вона використовується для регулювання швидкості, тому що тривалий час є зайнятою вагонами, що накопичуються на колії.

Регулювання швидкості ручними гальмовими башмаками в глибині сортувального парку здійснювати важко через те, що переходити з одного міжколійя в інше регулювальникам швидкості заважають состави, що накопичуються на сусідніх коліях.

1.4 Проблеми систем автоматизації регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках

Автоматизація роботи сортувальних гірок є складовою частиною систем автоматизації роботи сортувальних станцій і всього залізничного транспорту в цілому. У нашій країні й закордоном проводяться роботи зі створення систем для автоматичного регулювання швидкості вагонів на сортувальних гірках. Майже всі ці системи передбачають регулювання швидкості за допомогою балкових механічних вагонних уповільнювачів.

Під час реалізації режимів гальмування на гальмових позиціях, що обладнані балковими вагонними уповільнювачами, неминуче виникають погрішності пов'язані з різними факторами (недостовірністю інформації про ходові властивості відчепів і про умови розпуску, точністю настроювання системи автоматичного регулювання швидкості, інерційністю виконавчих пристроїв, тощо), тому необхідно систему автоматизації потрібно налаштовувати на такі режими гальмування, які забезпечують максимальну надійність розділення всіх відчепів состава, що розформовується. Це дозволить, з одного боку, мінімізувати ймовірність виникнення на спускній частині гірки нагонів, пов'язаних з можливими помилками регулювання швидкостей виходу відчепів із гальмової позиції, а з іншого – знизити ризики утворення вікон між відчепами на сортувальних коліях та підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з небезпечною швидкістю.

Дотепер завдання створення автоматизованої системи управління режимами гальмування відчепів на гальмових позиціях, що забезпечує необхідну якість процесу розформовування, до кінця не вирішена.

Однак, за певних обставин більш доцільним є регулювання швидкості вагонів, як убік зниження, так і убік підвищення швидкості. Особливо це стосується прицільного регулювання швидкості. Як відомо, у всіх системах автоматизованого

регулювання швидкості відчепів закладена концепція прицільного гальмування, тобто швидкість виходу відчепа з останньої гальмової позиції залежить від дальності пробігу, від його ходових властивостей, від метеорологічних умов. Тобто із ПГП всі відчепи виходять із різними швидкостями. При визначенні швидкості виходу відчепів з ПГП неминучі погрішності внаслідок неточностей у визначенні довжини колії вільного скочування вагонів, у визначенні ходових властивостей вагонів, опору від кривих, а також внаслідок різного стану колії (наявності на рейках льоду, снігу, тощо). Всі ці погрішності приводять до того, що швидкість виходу з ПГП розраховується не точно.

Ще однією проблемою прицільного гальмування відчепів є низька точність реалізації розрахованої швидкості виходу відчепів з ПГП. До ПГП пред'являються високі вимоги. Якщо немає інших засобів регулювання швидкості вагонів, тоді помилки в реалізації швидкості виходу відчепів із ПГП неможливо виправити, оскільки далі на великому протязі відбувається некерований рух відчепа. При цьому важкі відчепи з хорошими ходовими властивостями можуть розігнатися до швидкості, що перевищує безпечну швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії, а відчепи з поганими ходовими властивостями можуть не докочуватися до точки прицілювання через недостатній запас кінетичної енергії.

На гальмовій позиції відбувається швидкий, імпульсний вплив гальмової сили на відчеп. При цьому різко змінюється динаміка його руху внаслідок дії інерційних сил. Наслідки такого гальмування важко передбачувати до моменту переходу відчепа в режим динамічно усталеного руху вільного скочування та істотно знижують точність прогнозування його руху.

Відповідно до норм проектування сортувальних пристроїв [1] ухил сортувальних колій повинен становити 0,6 ‰. Однак і у випадку проектування сортувальної колії за цими нормами якості прицільного гальмування балковими вагонними уповільнювачами ПГП на початку сортувальних колій залишається низькою. Причини наступні:

- відсутні пристрої, що дозволяють оперативно й точно отримати необхідну інформацію для розрахунків швидкості виходу відчепа з ПГП;
- рівень точності реалізації розрахованої величини швидкості виходу відчепа з ПГП невисокий:
- неможливо визначити координату точки прицілювання відчепа, насамперед через те, що відчеп, що йде попереду, може перебувати в русі, коли наступний відчеп ще перебуває на ПГП;
- важко врахувати зміну опору руху відчепа від середовища й вітру, яке в сортувальному парку залежить від розташування вагонів, що накопичуються, на даній і на сусідніх сортувальних коліях.

1.5 Аналіз методів поліпшення якості прицільного регулювання швидкості

Для вирішення проблеми прицільного регулювання необхідно комплексне використання вагонних уповільнювачів і прискорювачів (осаджувачів), оскільки частина відчепів, що скочуються, не має достатньо енергії, щоб пройти необхідну відстань у сортувальному парку. Тому, щоб забезпечити заповнення сортувальних колій без вікон, необхідно збільшувати кінетичну або потенційну енергію зазначених відчепів, або примусово осаджувати їх на потрібну відстань. Крім використання кожного із трьох зазначених способів можливі також їхні комбінації.

Також було встановлено [18], що при збільшенні ухилу сортувальної колії до 4,6 ‰ протягом 600 м до кінця сортувального парку може докотитися близько 95 % всіх відчепів.

Очевидно, що підвищення висоти гірки також повинне привести до скорочення кількості «вікон» і зменшення обсягу роботи з осаджування вагонів,

однак при цьому неминучі додаткові витрати на реконструкцію профілю насувної та спускної частини гірки [19]. Тому, щоб оцінити ефективність підвищення висоти гірки й установити її оптимальну величину, необхідно насамперед досліджувати й кількісно оцінювати вплив висоти гірки на якість прицільного регулювання й, зокрема, на швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії і на величину «вікон» між ними на сортувальних коліях. Рішення даної задачі, з огляду на складний імовірнісний характер сортувального процесу, доцільно здійснювати методом статистичного моделювання в комбінації з моделюванням процесу руху окремих відчепів, описуваного диференціальними рівняннями [2, 20, 21].

Проведений аналіз потенційних можливостей прицільного способу регулювання показує необхідність розгляду альтернативних способів заповнення колій з використанням додаткових гальмових позицій, осаджувачів, домкратоподібних уповільнювачів точкового типу тощо.

1.6 Альтернативні технології регулювання швидкості відчепів на закордонних сортувальних гірках

Недоліки прицільного способу регулювання швидкості не можуть бути усунуті повністю ні шляхом механізації та автоматизації роботи ПГП, ні шляхом влаштування на сортувальних коліях двох гальмових позицій. Саме ці обставини призвели до розробки й впровадження на закордонних залізницях систем керованого просування вагонів на сортувальних коліях, розташованих у тому числі й на прискорювальних ухилах.

В якості альтернативи прицільному способу регулювання швидкості вагонів на коліях накопичення застосовується примусове регулювання швидкості відчепів

вагонними уповільнювачами точкового типу, або вагоноосаджувачами на всьому протязі сортувальної колії від виходу з ПГП до точки прицілювання.

Ефективність застосування вагоноосаджувачів досить низька й, до того ж, дуже сильно залежить від інтенсивності надходження відцепів на колію накопичення. Якщо інтенсивність висока, тоді візок вагоноосаджувача просто не встигає повертатися у вихідне положення після осаджування одного відчепа, для того щоб захопити наступний.

Результати аналізу теоретичних і практичних розробок показали, що вирішення питань, які стосуються забезпечення якісного заповнення колій накопичення вагонів на залізницях інших країн відбувається за рахунок впровадження сучасних технічних засобів, зокрема, нових пристроїв гальмування вагонів. Наявні закордоном технічні пристрої орієнтовані на забезпечення високого ступеня заповнення вагонами корисної довжини сортувальних колій і дотримання допустимих швидкостей руху вагонів у момент з'єднання відцепів з вагонами на сортувальній колії. Серед найбільш відомих можна назвати систему регулювання швидкості вагонів за допомогою гвинтових гідравлічних вагонних уповільнювачів типу ASEA (Швеція, рисунок 1.1), принцип дії яких оснований на примусовому осаджуванні вагонів на сортувальній колії за допомогою візка-штовхача, що захоплює вагон і просуває його по сортувальній колії із заданою швидкістю[22, 23].



Рисунок 1.1 – Гвинтовий гідравлічний уповільнювач типу ASEA

У низці країн широке застосування знайшли системи розподіленого регулювання швидкості руху відчепів на сортувальних коліях. Як правило, у них використовуються малопотужні некеровані домкратоподібні вагонні уповільнювачі точкового типу. Такі системи використовуються на залізницях Австрії, Німеччини, Норвегії, ПАР, КНР, Угорщини і низки інших країн. Багаторічний досвід їхньої експлуатації показує, що з використанням подібних систем питання забезпечення якісного заповнення сортувальних колій вагонами (без утворення вікон і без пошкодження вагонів та псування вантажів при з'єднанні вагонів із високими швидкостями) можуть вирішуватися досить ефективно. У цих країнах протягом останніх 15-25 років ведуться безперервні роботи з удосконалення конструкції самих вагонних уповільнювачів і схем їхнього розташування на сортувальних коліях. У результаті в деяких країнах (зокрема, у КНР та ФРН) вже розроблені досить зручні й життєздатні системи регулювання швидкості руху вагонів за допомогою точкових регуляторів швидкості.

Система з використанням (ТВУ) є однією з найпоширеніших на закордонних сортувальних гірках (Англія, ФРН, Угорщина, КНР). Система побудована на основі використання для регулювання швидкості вагонів некерованих ззовні малопотужних ТВУ, єдиною умовою гальмування якими є перевищення відчепом заздалегідь установленної контрольної швидкості, що істотно спрощує систему регулювання швидкості вагонів в порівнянні із прицільним способом гальмування на стаціонарних гальмових позиціях, розташованих на початку сортувальних колій. Не потрібно визначати ходові властивості відчепів, дальність їхнього пробігу й інші параметри для розрахунку швидкості виходу з гальмової позиції [24].

В системі реалізується технологія розподіленого регулювання швидкості вагонів. Ця технологія регулювання швидкості вагонів на підгіркових коліях дозволяє заповнювати колії підгіркового парку без «вікон» на всю зону регулювання і без перевищення допустимої швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії.

Суть технології полягає в наступному: відчепи, незалежно від їх ходових властивостей, випускаються з ПГП зі швидкістю, не більшою за допустиму швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії. Далі на певній розрахунковій відстані від цієї гальмової позиції повинна розташовуватися позиція уповільнювачів, які повинні бути настроєні на певну розрахункову швидкість виходу вагонів із цієї позиції. Якщо при підході до позиції уповільнювачів швидкість відчепа перевищує розрахункову, пристрої спрацьовують і гальмують відчеп. Від однієї позиції уповільнювачів вагони переміщаються до наступної, де на них чинять відповідний вплив уповільнювачі цієї позиції й так далі до кінця зони регулювання.

За цих умов дуже важливо правильно розмістити кожен позицію уповільнювачів з урахуванням їх потужності, як у режимі прискорення, так і в режимі гальмування, а також з урахуванням ухилу колій сортувального парку.

При розробці нової конструкції уповільнювача повинні враховуватися наступні основні вимоги:

а) потужність по уповільненню повинна бути достатня для того, щоб довести швидкості розрахункових відчепів з поганими і хорошими ходовими властивостями до розрахункової;

б) конструкція регуляторів швидкості вагонів повинна бути налаштована на підтримування певної швидкості у залежності від місця її установки. Так, якщо уповільнювачі будуть установлюватися на площадці, тоді швидкість повинна бути вище в порівнянні з тим, якщо ця ж позиція буде розміщатися на попутному ухилі;

в) конструкція повинна забезпечувати надійність і безпечність роботи пристрою;

г) мати малу металоємність;

д) дозволяти встановлювати її в кривих малих радіусів;

е) мати просту конструкцію.

На низці сортувальних гірок за кордоном використовують системи розподіленого регулювання швидкості відчепів, де гальмування здійснюється тільки ТВУ. На інших гірках ТВУ використовують тільки на сортувальних коліях, а гальмові позиції на спускній частині обладнують балковими вагонними уповільнювачами.

На гірках першого типу ТВУ розташовують уздовж всього маршруту скочування відчепу з гірки. Тому профіль спускної частини гірки повинен бути таким, щоб швидкість відчепів з поганими ходовими властивостями не перевищувала той рівень, на якому ТВУ починають його гальмувати [25]. Разом з тим кількість ТВУ, розташованих на спускній частині гірки, повинна забезпечувати в будь-якій точці швидкість руху відчепів з хорошими ходовими властивостями на одному рівні зі швидкістю відчепів з поганими ходовими властивостями. Виконання цих вимог приводить до обмеження швидкості розпуску составів, тому що ТВУ здатні підтримувати швидкість вагонів в обмеженому діапазоні:

$$0 \leq V \leq 5 \text{ м/с}$$

Отже, обладнання гірок тільки уповільнювачами точкового типу доцільно при невисокій інтенсивності переробки вагонів й до того ж вимагає зміни існуючих нормативів проектування сортувальних гірок.

ТВУ можна застосовувати на сортувальних гірках у комбінації із класичними балковими вагонними уповільнювачами: на спускній частині гірки для інтервального регулювання швидкості відчепів й на ПГП для зниження швидкості відчепів до безпечного рівня використовують балкові вагонні уповільнювачі, а на сортувальних коліях для підтримування швидкості відчепів в безпечних межах ТВУ.

Це не вимагає з одного боку збільшувати роботу з гальмування відчепів на спускній частині гірки, а з іншого боку створює умови для керованого просування відчепів, накопичення вагонів на всій корисній довжині сортувальних колій, та

забезпечує підхід відчепів до вагонів, які вже зупинилися на сортувальній колії, з безпечною швидкістю.

На закордонних сортувальних гірках, обладнаних системами розподіленого регулювання швидкості відчепів, задача інтервального регулювання вирішується шляхом забезпечення протягом стрілочної зони однакової швидкості скочування будь-яких відчепів. За рахунок цього зберігаються приблизно однакові інтервали між відчепами на всіх розділювальних стрілочних переводах. На коліях накопичення в сортувальному парку за допомогою точкових регуляторів швидкості вагонів підтримується рівень швидкості відчепів в безпечних межах [26].

Системи розподіленого регулювання швидкості відчепів засновані на застосуванні енергонезалежних типів вагонних уповільнювачів точкового типу, які не споживають ззовні енергії для створення гальмівного ефекту, а використовують кінетичну енергію вагонів, що рухаються з гірки. В останні десятиліття такі системи дістали поширення на гірках низки закордонних країн - Німеччини, Англії, Італії, Польщі, ПАР тощо. Такі уповільнювачі застосовуються також і на залізницях Росії.

Перші згадування в літературних джерелах про технологію розподіленого регулювання швидкості відчепів із використанням ТВУ, розроблених фірмою Dowty (Великобританія), відносяться до кінця 60-х років XX століття, коли на одній з сортувальних колій станції Ашчерч були встановлені такі уповільнювачі й проведені їхні випробування. Надалі подібні ТВУ були випробувані й на станції Хол [27].

Зараз ТВУ мають поширення на сортувальних гірках Європи (Англія, Німеччина, Швейцарія, Угорщина, Польща, Норвегія), де застосовують два принципово різні типи таких пристроїв – газонаповнені фірми Dowty й з тарілчастими пружинами фірми Thyssen (Німеччина). На сортувальних гірках Китаю застосовують газонаповнені ТВУ TDJ, що виготовляються за англійською ліцензією й аналогічні по конструкції ТВУ фірми Dowty (рисунк 1.2).

ТВУ типу Dowty й Thyssen в робочому режимі здатні поглинати від 1200 до 1650 *Дж* енергії, що перетворюється в теплоту. У результаті температура усередині обладнання при кожному спрацьовуванні підвищується приблизно на 1 °С, тому частота спрацьовування обмежена (не більш 30 хв^{-1}). При цьому величина гальмівного зусилля, як правило, не перевищує 20–22 *кН* і обмежена навантаженням на рейку від колеса вагона легкої вагової категорії з таким розрахунком, щоб не допустити його відриву від рейки в момент взаємодії з робочою голівкою вагонного уповільнювача. При цьому чим важчий вагон, тим менший гальмовий ефект припадає на 1 тону його маси. Така особливість роботи ТВУ є їхнім органічним недоліком. У результаті потрібна велика кількість ТВУ протягом шляху скочування вагонів для створення необхідного гальмового ефекту. Як правило, на кожній підгірковій колії встановлюють 800–1200 ТВУ типу Dowty, Thyssen або TDJ.



Рисунок 1.2 – ТВУ фірми Dowty

Незважаючи на зазначені недоліки, системи розподіленого регулювання швидкості відчепів ТВУ підвищують якість сортувального процесу, повністю виключають пошкоджуваність вагонів і псування вантажів. Але для ефективної роботи ТВУ потрібний поздовжній ухил колії не менший за 1,5 ‰. Як правило, при переході до ТВУ необхідна коштовна реконструкція профілю гірки й підгіркових колій.

Особливо слід підкреслити, що висока надійність роботи ТВУ може бути забезпечена тільки при високій якості їх технічного обслуговування з організацією на гірках спеціалізованих майстерень, що мають коштовне ремонтне й діагностичне обладнання, випробувальні стенди, що поставляються заводами-виготовлювачами, як правило, за окремим контрактом. Вартість таких стендів становить \$300–400 за штуку, що набагато більше вартості самих уповільнювачів. При неможливості організації необхідного технічного обслуговування ТВУ, особливо китайського виробництва, швидко виходять із ладу, а для відновлення їх працездатності необхідний капітальний ремонт в умовах заводів-виготовлювачів. Вартість такого ремонту може сягати 50...70 % і більше від початкової вартості виробу.

Випадки сходу вагонів з рейок на сортувальній гірці трапляються рідко, однак створюють тривалі порушення в роботі станції, спричиняють пошкодження вагонів і вантажів, а також технічного обладнання сортувальної гірки. Розподілене регулювання швидкості з відносно невисокими й близькими до постійних швидкостями відчепів в стрілочній зоні, надійним контролем і точним дотриманням інтервалів між відчепами набагато зменшують ступінь ризику потрапляння відчепів на колію не за призначенням.

Китайські ТВУ типу TDJ - це газонаповнені пристрої, за конструкцією аналогічні ТВУ типу Dowty. На мережі китайських залізниць експлуатується близько 400 тис. таких пристроїв.

Деякий досвід експлуатації китайських ТВУ накопичений і на російських залізницях. Так, в 90-і роки минулого століття невелика партія китайських ТВУ типу TDJ у кількості 220 одиниць була встановлена й випробувана на спускній частині гірки № 4 станції Ленінград-Сортувальний Московський між першою та другою ГП на спускній частині гірки згідно [23]. При цьому 117 з них, установлених ближче до першої ГП були настроєні на критичну швидкість спрацьовування 5,2 м/с, інші 103 шт. – на швидкість 5,5 м/с.

У ході першого етапу випробувань було встановлено, що швидкість підходу вагонів до другої ГП відчутно знизилася, тому загальна кількість установлених уповільнювачів була зменшена до 187 шт., а їх критична швидкість збільшена. Ці заходи дозволили підняти швидкість підходу до другої ГП легких вагонів до 20 км/год, а для важких відцепів – до 21...23 км/год. При такій схемі розміщення уповільнювачів TDJ сортувальна гірка № 4 пропрацювала один місяць.

З моменту установлення ТВУ був заведений журнал обліку відмов і ремонту уповільнювачів, а також виконаний хронометраж робочого дня обслуговуючого персоналу для нормування й оцінки трудових витрат на технічне обслуговування пристроїв.

Було встановлено, що протягом цього місяця потік відмов склав 2–3 уповільнювача щодня й 4–5 шт. - після вихідних, тому що в суботу й неділю огляд і ремонт уповільнювачів не виконувався. Характер відмов наступний: випадання пружинистих шплінтів діаметром 3 мм і відкручування або закручування регулювальних гайок для зміни значення критичних швидкостей; розшплінтування ущільнювальних гайок робочої порожнини циліндра, що ковзає; деформація самого циліндра і його штока, злам кріплень до рейки.

Більшість несправностей і відмов ТВУ не могли бути ліквідовані в експлуатаційних умовах, оскільки вимагали конструктивної переробки пристроїв, можливої тільки в заводських умовах.

У зв'язку з настанням холодної пори року й погіршенням ходових властивостей відцепів, що розпускаються з гірки, усі уповільнювачі були перенастроєні на критичні швидкості вище допустимих для моделі TDJ-302. Це, природно, призвело до збільшення числа відмов в роботі пристроїв.

Після першого етапу дослідної експлуатації ТВУ при огляді колісних пар маневрових тепловозів, що працюють на сортувальній гірці № 4, виявлене зношування неробочої поверхні гребеня колісних пар по всій окружності колеса. Згідно з [28] такі колісні пари локомотивів підлягають бракуванню й виключенню

їх з маневрової й поїзної роботи. Для зниження величини зношування було визнано необхідним обмежити швидкість руху локомотивів через домкратоподібні уповільнювачі, що, природно, погіршило умови проведення маневрових операцій, однак, так і не розв'язало проблеми. Після ще двох місяців дослідної експлуатації всі уповільнювачі TDJ були зняті з ділянки між першою та другою ГП через інтенсивне зношування гребенів колісних пар локомотивів і велику кількість відмов ТВУ. На цьому перший етап практичного використання домкратоподібних вагонних уповільнювачів TDJ на станції Ленінград-Сортувальний-Московський був завершений. За його результатами були зроблені наступні висновки:

- уповільнювачі TDJ мають стійкий гальмовий ефект, що не залежить від погодних умов і стану бандажів колісних пар;
- для гальмування вагонів не потрібно витрат електроенергії;
- матеріальні витрати на монтажні роботи з установаження їх на колії мінімальні.
- працезатрати на поточне утримування установлених на гірці уповільнювачів TDJ виявилися менше в порівнянні із балковими вагонними уповільнювачами, при цьому основна частина регламентних робіт повинна виконуватися в майстерні дистанції, а не на коліях;
- для ремонту й технічного обслуговування не потрібно надання технологічних "вікон", використання вантажопідйомних механізмів і участі працівників служб колії й руху.

До основних недоліків уповільнювачів TDJ слід віднести

- неможливість їх установки на коліях, де проводяться інтенсивні маневрові пересування локомотивів, через швидке зношування неробочої частини гребеня колісних пар локомотивів;
- низка вузлів і деталей ТВУ не витримує інтенсивного розпуску вагонів (більш 3000–4000 вагонів на добу);
- недостатня також верхня межа (5 м/с) значення контрольної швидкості,

- ослаблена міцність рейки через велику кількість просвердлених отворів (цей недолік конструктори вже виправили шляхом кріплення ТВУ до підшви рейки).

Оцінюючи результати проведених випробувань у цілому, можна сказати, що Октябрьською залізницею набутий певний досвід експлуатації ТВУ китайського виробництва, який може виявитися корисним при розв'язанні питання про можливість і доцільності впровадження таких уповільнювачів і на інших залізницях [29].

Російськими фахівцями в 1989 р. був проведений аналіз роботи ТВУ на автоматизованій сортувальній гірці станції Ференцварош (Угорщина), яка реконструйована в 1987–1988 рр., має 32 сортувальні колії, об'єднані в 4 пучка по 8 колій. Вона обладнана пучковою ГП – перед кожним з 4-х пучків встановлене по одному гідравлічному ваговому уповільнювачу Thyssen польського виробництва довжиною 18,5 м. Гідросистеми цих уповільнювачів об'єднані й пов'язані із загальною насосною станцією, розташованою в міжколійї сортувальної гірки, що й забезпечує циркуляцію масла в гідросистемі тиском 120 кг/см^2 .

Корисна довжина сортувальних колій станції Ференцварош становить 700 – 900 м, причому на їхньому початку вони мають ухил 6,4 ‰ (75 м), потім 2,4 ‰ (200 м), 1,4 ‰ (70 м), 0,7 ‰ (155 м). Наступні 100 – 200 м (в залежності від довжини колії) ухил дорівнює нулю, а наприкінці колій влаштований противоухил 2,0 ‰ у бік гірки довжиною 100 м.

На кожній сортувальній колії встановлено по 310–320 ТВУ типу Thyssen (у зоні більших ухилів вони розташовані частіше, менших – рідше). Схема розташування ТВУ розраховується на комп'ютері. Усього на станції встановлено 10500 ТВУ, які обслуговують 12 робітників експлуатаційного персоналу [30]. До їхнього обов'язку входить щоденний візуальний огляд усього парку ТВУ, заміна пристроїв, що вийшли з ладу, на нові, виконання необхідних робіт з технічного обслуговування й комплексної перевірки працездатності замінних пристроїв на

спеціальному стенді. Щомісяця експлуатаційним персоналом вилучається з колії й зазнає заміни й перевірки на стенді до 1000 ТВУ.

Паспортна переробна спроможність гірки становить 4000 ваг/добу. Однак на практиці через обмежену швидкість входу вагонів на ТВУ до 4,5–5,0 м/с і накладення інших обмежень за умовами автоматизації вона не перевищує 3000 ваг/добу.

Довжина составів свого формування у сортувальному парку не перевищує 40 вагонів, при цьому питома вага 4-осних вагонів близько 35 %, інші 2-осні. Швидкість насування вагонів становить на гірці 0,9 м/с. Незважаючи на досить легкі за вітчизняними мірками умови переробки составів, за календарний рік на гірці ст. Ференцварош за звітними даними було ушкоджено 13 вагонів.

1.7 Стан та основні причини аварійності на залізниці

В 2019 році допущено 1081 транспортну подію, з них 561 аварія, у т.ч., 6 випадків зіткнення рухомого складу, 3 випадки пожежі на рухомому складі, 495 випадків травмування осіб рухомим складом (315 зі смертельним наслідком), у т.ч. 7 робітників залізничного транспорту та 520 інцидентів, проти 1282 транспортних подій, з них 1 катастрофа, 626 аварій, у т.ч. 80 випадків сходження рухомого складу, 7 випадків зіткнення рухомого складу, 1 випадок пожежі на рухомому складі, 538 випадків травмування осіб рухомим складом, у т.ч. 4 працівника залізничного транспорту (317 зі смертельним наслідком) та 655 інцидентів за аналогічний період 2018 року.

Загальна кількість транспортних подій зменшилася на 201 випадок (з 1282 до 1081), кількість катастроф зменшилась на 1 випадок (з 1 до 0), кількість аварій зменшилася на 65 випадків (з 626 до 561), у т.ч. кількість

сходжень рухомого складу з рейок зменшилась на 23 випадки (з 80 до 57), кількість пожеж на рухомому складі збільшилась на 2 випадки (з 1 до 3), кількість зіткнень рухомого складу зменшилась на 1 випадок (з 7 до 6), кількість травмувань (загибелі) осіб рухомих складом зменшилася на 43 випадки (з 538 до 495), кількість інцидентів зменшилася на 135 випадків (з 655 до 520).[59]

При цьому приведений обсяг перевезень зменшився на 2,8%, а питомий показник кількості транспортних подій до обсягів перевезень зменшився з 6,09 до 5,26 подій на 1 млрд. приведених тонно-кілометрів.

Щодобово траплялось у середньому 2,96 випадків транспортних подій, проти 3,51 у 2018 році.

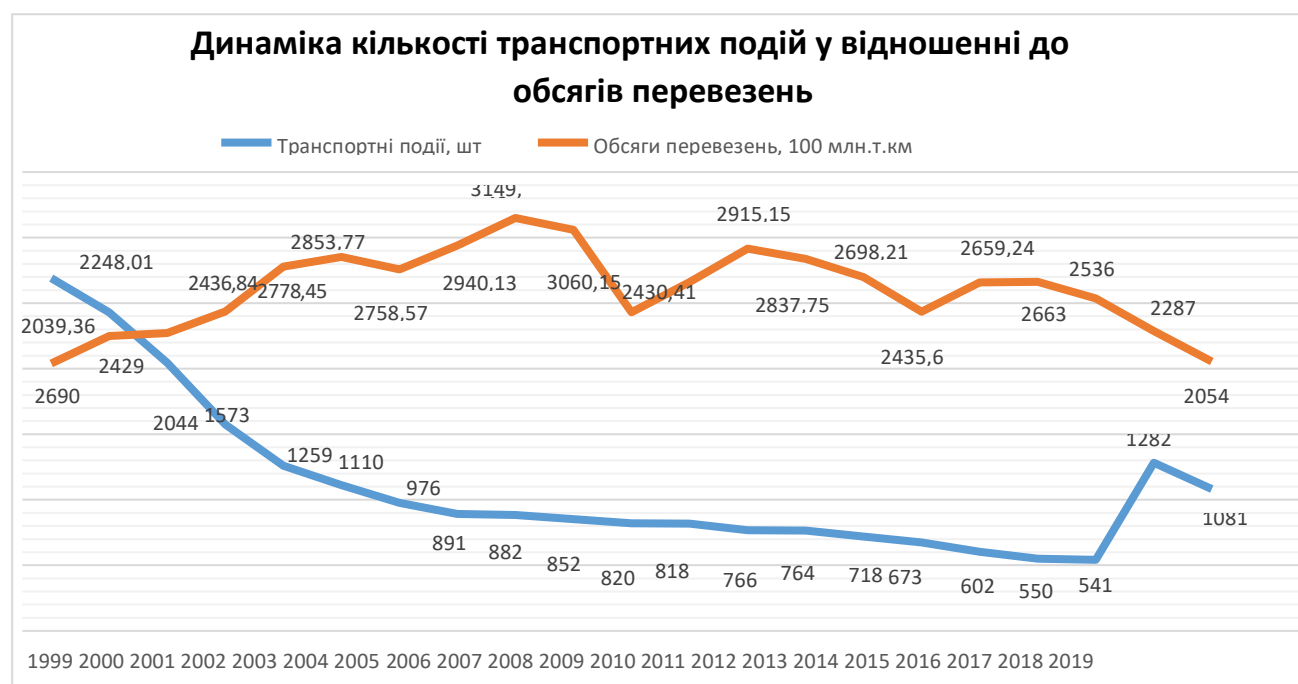


Рисунок 1.3 Динаміка кількості транспортних подій у відношенні до обсягів перевезень

Протягом 2019 року на залізниці сталося 128 сходжень рухомого складу. Про це відомо з тексту пояснювальної записки до проекту наказу МІУ щодо впровадження нової системи управління безпекою руху.

Зауважено, що понад 80% випадків сходжень рухомого складу сталися під час виконання маневрової роботи. Усього зі 128 випадків сходжень у 2019 році близько 30 сталися на під'їзних коліях.

“Аналіз транспортних подій на залізничному транспорті свідчить про те, що у понад 80% випадків причиною зазначених подій став людський фактор: неуважність, необережність, низький рівень підготовки працівників у сфері безпеки руху та маневрової роботи чи взагалі брак такої підготовки”, – ідеться в документі.

Нагадаємо, раніше в МІУ заявляли, що в минулому році було зафіксовано 25957 розукомплектованих вантажних вагонів.

73 аварії допущено з вини працівників філій АТ «Укрзалізниця», проти 92 випадків у 2018 році.

Найбільшу кількість транспортних подій допущено на регіональній філії «Південно-Західна залізниця» - 162 випадки (27,3%) та регіональній філії «Одеська залізниця» - 114 випадків (19,2%) від загальної кількості в АТ «Укрзалізниця».



Рисунок 1.4 Загальна кількість транспортних подій в АТ «Укрзалізниця»

2 АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ НА ЗАПОВНЕННЯ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ ВАГОНАМИ

2.1 Техніко-експлуатаційна характеристика сортувального комплексу об'єкта дослідження

Об'єктом дослідження даної магістерської роботи є розформування станції С (див. план сортувальної станції). Станція за характером роботи є сортувальною. З непарного боку до станції примикає підходи Б та В, а з парного – підхід А. На станції здійснюється приймання, відправлення, пропуск транзитних, розформування й формування поїздів, а також подача та прибирання вагонів на під'їзних коліях.

Парк приймання П складається з 6 колій, на яких здійснюються:

- прийом в розформування усіх вантажних поїздів з напрямків А, Б та В;
- здійснення маневрів та насув на колії.

Сортувальний парк складається з 22 колій, на яких здійснюються:

- розформування та формування составів;
- колії для здійснення маневрів та ходові колії.

Приймально-відправний парк Г складається з 13 колій, на яких здійснюються:

- відправлення поїздів свого формування на всі напрямки;
- приймання – відправлення вантажних поїздів парного та непарного напрямків;
- маневрові операції (подача та прибирання локомотива).

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;
- відчеп 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 дезпромпункт, на колії пунктів перевантаження і прибирання їх на станцію;
- перестановку составів і груп вагонів з парку в парк;
- пропуск пасажирських поїздів і обслуговування пасажирів.

Сортувальна гірка – автоматизована, обладнана пристроями гіркової автоматичної централізації (ГАЦ) і система автоматичного завдання швидкості розпуску (АЗСР), має дві колії насуву та одну обхідну. Колії сортувального парку ув'язані в пучки: 2 пучки по 8 колій в кожному та 1 пучок з 6 коліями. Розформування составів відбувається шляхом насуву на гірку з парку приймання, тому що він розташований паралельно з сортувальним парком. Маневри з вагонами, які заборонено спускати з гірки (ЗСГ) без локомотива виконується таким способом: гірковий локомотив осаджує состав, який розпускається, і ставить вагони ЗСГ на відповідну сортувальну колію.

Сортувальна гірка має три гальмові позиції, спочатку перша, друга – перед головними стрілками пучків, третя – на початку колій сортувальних парків. На першій, другій, третій гальмових позиціях сортувальної гірки гальмування відчепів здійснюється балковими вагонними уповільнювачами.

Сортувальна гірка обладнана автоматизованими гірковими сповіщувальними пристроями (АГСП) для інформації працівників гірок, парків приймання та сортувальних про початок насуву составів на гірку. Працівники гірки застосовують наступні пристрої для забезпечення техніки безпеки під час розчеплення вагонів: вилка для розчеплення, гачки для розчеплення замків автозчепів у разі їх

несправності, під час гальмування вагонів – вилки для укладки гальмових башмаків.

2.2 Технологія роботи сортувального комплексу

2.2.1 Обробка поїзда після прибуття на станцію.

Обробка составів після прибуття включає наступні операції: технічне обслуговування й комерційний огляд вагонів, контрольну перевірку состава й наявності перевізних документів, зняття хвостових сигналів.

Під час технічного обслуговування вагонів після прибуття виявляються технічні несправності, відзначаються вагони, що вимагають відчіпного ремонту.

Приймальники поїздів оглядають состави в комерційному відношенні, під час якого виявляються несправності вагонів, що загрожують схоронності вантажу й безпеки руху. У процесі огляду состава приймальники поїздів перевіряють наявність запірно пломбувальних пристроїв (ЗПП) на вагонах з наступним звіренням натурних даних з даними перевізних документів.

Про закінчення технічного обслуговування й комерційного огляду состава старший оглядач вагонів або оператор пункту технічного огляду вагонів (ПТО) і приймальник поїздів повідомляють чергового по станції.

Час на комерційний огляд вагонів не повинний перевищувати часу, установленого на технічне обслуговування состава.

2.2.2 Розформування-формування составів поїздів.

Одержавши повідомлення з сусідньої станції про відправлення поїзда, черговий по станції інформує працівників ПТО та прийомоздавальника вантажу та багажу про номер поїзда, колію та час прибуття на станцію.

Обробка состава по прибуттю включає:

- контрольну перевірку состава;
- закріплення состава гальмовими башмаками;
- відчеплення поїзного локомотива;
- приймання перевізних документів від локомотивної бригади та порівняння їх з натурним листком;
- огороження состава;
- технічний та комерційний огляди.

Після зупинки поїзда, закріплення состава гальмовими башмаками, згідно технічно-розпорядчого акту (ТРА) станції, та відчеплення поїзного локомотива, працівники ПТО за узгодженням з черговим по станції (ДСП) огороджують состав і починають проводити технічний огляд вагонів.

Технічний огляд виконує бригада із 2-х оглядачів вагонів.

Паралельно з технічним оглядом прийомоздавальник вантажу та багажу одночасно перевіряє стан вагонів та вантажу в комерційному відношенні, списує состав з натури по номерах і передає оператору ЕОМ.

Під час огляду виявляються вагони з несправностями, які загрожують безпеці руху поїздів, та збереженню вантажу, які потребують відчійного ремонту, а також несправності, усунення яких можливо провести на коліях станції, перевіряється наявність і стан запірно-пломбувальних пристроїв (ЗПП).

Ремонт вагонів без відчеплення їх від составу, або усунення комерційних несправностей вантажу у вагонах, які не потребують відчеплення, здійснюється під час огляду.

2.3 Нормування маневрової роботи на станції

Нормування маневрової роботи на станції передбачає визначення технологічних норм часу на виконання маневрових операцій за типовими нормами часу, розробленими відповідно до типових технологічних процесів роботи сортувальної, дільничної, вантажної та пасажирської станції.

Маневрова робота розподіляється на операції. Складається перелік послідовного виконання технологічних операцій відповідно до технологічного процесу роботи та схеми колійного розвитку станції.

Розраховується технологічний час на виконання окремих маневрових операцій за встановленими нормативами часу на їх виконання.

Технологічний час на виконання нормованого виду маневрової роботи визначається підсумовуванням технологічного часу на операції, з яких складається ця робота. Якщо конкретна робота виконується двома або більшим числом локомотивів, технологічний час розраховується для кожного локомотива окремо.

Норми часу на маневрову роботу визначаються з урахуванням додаткових витрат часу на підготовчо-заклучні операції та технологічних перерв, пов'язаних з виконанням маневрової роботи на станції. Для зручності визначення норм часу на маневрову роботу, перелік операцій та розрахунки з визначення витрат часу на їх виконання розраховано нижче.

Технологічною основою роботи сортувальної гірки є поєднання процесу розформування та формування поїздів. У процесі розпуску составів вагони

надходять на колії сортувального парку для формування составів нових призначень, відповідно до плану формування та правил технічної експлуатації (ПТЕ).

Технологічний час на розформування состава з сортувальної гірки складається з окремих маневрових операцій та визначається за формулою відповідно до [2.1]

$$T_{\text{рф}} = t_3 + t_{\text{зн}} + t_{\text{нас}} + t_{\text{роз}}, \text{ хв}, \quad (2.1)$$

де t_3 – час заїзду маневрового локомотива у парк приймання під состав, хв;

$t_{\text{зн}}$ – час на прибирання башмаків, хв;

$t_{\text{нас}}$ – час насуву состава до горба гірки, хв;

$t_{\text{роз}}$ – час розпуску состава з сортувальної гірки, хв.

Заїзд маневрового локомотива в парк приймання за составом визначається за формулою [2.2]

$$T_3 = a + b \cdot m_c, \text{ хв}, \quad (2.2)$$

де a, b – нормативи часу на виконання півреїсів, хв;

m_c – кількість вагонів у маневровому складі.

В даній формулі b та m_c будуть дорівнювати нулю, тому час заїзду фактично відповідатиме часу який витрачається на виконання півреїсів (таблиця 2.1).

Кількість вагонів у маневровому складі визначається за формулою [2.3]

$$m_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{н}}}{q_{\text{а}}}, \quad (2.3)$$

де $Q_{\text{н}}$ – маса бруто составу поїзда, т;

m_a – середня маса вагона у складі поїзда, т.

$$m_c = \frac{3850}{70} = 55 \text{ ваг.}$$

Таблиця 2.1

Розрахунок часу заїзду локомотива в парк прийому за составом.

Номер колії	Довжина напіврейсу, $L_3, м$	Норматив часу на виконання піврейсів, $a, хв$	Тривалість заїзду, $T_3, хв$
6	240	1	1
7	265	1,1	1,1
8	265	1,1	1,1
9	265	1,1	1,1
10	265	1,1	1,1
11	250	1	1
12	250	1	1

Приймаємо $T_3 = 1,1 \text{ хв}$, та $t_{3н} = 5,5 \text{ хв}$.

2.3.1 Насув составу на сортувальну гірку.

Технологічний час насуву состава на сортувальну гірку визначається за формулою [2.4]

$$T_{\text{нас}} = t_{\text{нас}}, \text{ хв}, \quad (2.4)$$

де $t_{\text{нас}}$ – час насуву состава з парку приймання на сортувальну гірку, хв.

Технологічний час насуву состава на сортувальну гірку з парку приймання визначається за формулою [2.5]

$$t_{\text{нас}} = 0,061 \cdot l_{\text{нас}} / v_{\text{нас}}, \text{ хв}, \quad (2.5)$$

де $l_{\text{нас}}$ – відстань від вершини гірки до середньої точки положення граничних стовпчиків парку приймання або до стрілки гіркової витяжної колії, м;

$v_{\text{нас}}$ – середня швидкість насуву состава на сортувальну гірку, 5 км/год.

При даній схемі розміщення парку приймання і сортувального парку часу $t_{\text{пер}}$ не буде. Состав буде насуватися на гірку з парку приймання.

$$l_{\text{нас}} = 142 \text{ м.}$$

$$t_{\text{нас}} = \frac{0,061 \cdot 142}{5} = 1,73 \text{ хв.}$$

2.3.2 Розпуск состава з гірки.

Технологічний час розпуску состава з сортувальної гірки визначається за формулою [2.6]

$$T_{\text{роз}} = t_{\text{роз}} + t'_{\text{роз}}, \text{ хв}, \quad (2.6)$$

де $t_{\text{роз}}$ – час на розпуск состава з гірки, без урахування додаткового часу на маневри з вагонами ЗСГ;

$t'_{\text{роз}}$ – збільшення часу розпуску на маневри з вагонами ЗСГ.

Час розпуску составів з гірки, без урахування додаткового часу на вагони ЗСГ, визначається за формулою [2.7]

$$t_{\text{роз}} = \frac{0,06 \cdot l_{\text{в}} \cdot m_{\text{с}}}{v_{\text{роз}}} \left(1 - \frac{1}{2 \cdot g_0}\right), \quad (2.7)$$

де l_b – розрахункова довжина вагона, 15 м;

m_c – число вагонів у составі;

g_0 – число відчепів;

$V_{\text{роз}}$ – середня розрахункова швидкість розпуску состава, 5 км/год.

Для того щоб визначити час на розпуск составу з гірки спочатку потрібно знайти середнє число вагонів у відчепі.

Середнє число вагонів у відчепі визначимо за формулою [2.8]

$$x = \sum_{k=1}^n k \cdot \delta, \text{ ваг.} \quad (2.8)$$

де k – кількість вагонів у відчепі,

δ – ймовірність того, що у відчепі буде k вагонів.

Для того, щоб визначити δ була проведена обробка сортувальних листів поїздів в розформування на станції С. Виявлено, що максимальна кількість вагонів у відчепі – 10 вагонів. Дані спостережень наведено у додатку А в таблицях А.1 – А.3.

$$x = 0,521 + 0,32 + 0,250 + 0,204 + 0,24 + 0,142 + 0,215 + 0,116 + 0,140 + 0,36 = 2,508 \text{ ваг.}$$

Тепер визначимо середнє число відчепів за формулою [2.9]

$$g_0 = \frac{m_c}{x}, \text{ відчепів.} \quad (2.9)$$

$$g_0 = \frac{55}{2,508} = 21,93 \text{ відчепів.}$$

$$t_{\text{роз}} = \frac{0,06 \cdot 15 \cdot 55}{5} \left(1 - \frac{1}{2 \cdot 21,93}\right) = 9,67 \text{ хв.}$$

Збільшення середнього часу розпуску за рахунок додаткових маневрів з вагонами ЗСГ, що приходить на один состав, що розпускається, визначається шляхом статистичної обробки хронометражних спостережень або за формулою [2.10]

$$t_{\text{роз}} = b_{\text{ЗСГ}} \cdot t_{\text{рЗСГ}}, \quad (2.10)$$

де $b_{\text{ЗСГ}}$ – доля составів з вагонами ЗСГ від загальної кількості составів, що розформовуються;

$t_{\text{рЗСГ}}$ – час на маневри з вагонами ЗСГ, що приходить на один состав.

Маневри з вагонами, які заборонено розпускати з гірки без локомотива, виконуються двома способами:

- гірковий локомотив осаджує состав, який розпускається, і ставить вагони ЗСГ на спеціальну або сортувальну колію;
- вагони ЗСГ відчіпляють від состава на вершині гірки, переставляють в підгірковий парк іншим локомотивом, який залучається додатково, а по закінченні розпуску ставлять на колії за призначенням.

Приймаємо 1 спосіб виконання маневрів.

Визначимо збільшення часу розпуску за рахунок сортування вагонів ЗСГ у составі.

Час на маневри з вагонами ЗСГ визначається [31] у залежності від часу розпуску составу ($t_{\text{рЗСГ}} = 8,70 \text{ хв}$).

Долю составів, які мають в своєму складі вагони ЗСГ визначено після обробки статистичних даних натурних листів поїздів. Ці дані були використанні з [33]. Було виявлено, що близько 20% составів, які розформовувались на даній станції мали вагони ЗСГ. Маючи $b_{\text{ЗСГ}}$ та $t_{\text{рЗСГ}}$ можемо визначити збільшення часу

розпуску составу, пов'язане з осаджуванням вагонів, заборонених до спускання з гірки, на сортувальну колію маневровим локомотивом.

$$b_{\text{ЗСГ}} = 0,2 \cdot 8,70 = 1,74 \text{ хв.}$$

Тепер визначимо технологічний час розпуску состава з гірки, з урахуванням часу на вагони ЗСГ:

$$T_{\text{роз}} = 1,74 + 9,67 = 11,41 \text{ хв.}$$

Тоді технологічний час на розформування:

$$T_{\text{рф}} = 1,1 + 5,5 + 1,73 + 9,67 = 18 \text{ хв.}$$

Таким чином, в даному розділі було розглянуто технічну характеристику та технологію роботи станції С, а також з урахуванням вимог нормативних документів розрахована тривалість виконання основних технологічних операцій з поїздами і складами на сортувальній станції.

2.4 Дослідження залежності дальності скочування відчепа від висоти сортувальної гірки

Для дослідження впливу висоти сортувальної гірки на показники якості заповнення вагонами сортувальних колій використовується програмний пакет «ГОРКА». Методика розрахунку і нормативи проектування гірки повністю відповідають [34]. Разом з тим, передбачена можливість зміни як методики, так і нормативів проектування з ціллю виконання дослідження.

Висота сортувальної гірки повинна забезпечувати пробіг вагонів розрахункової вагової категорії при несприятливих погодних умовах та умовах роботи гірки до розрахункової точки. За розрахункову важку колію приймаю 21

колію, оскільки на ній сумарна питома робота сил опору має найбільше значення, для цієї колії найбільша довжина маршруту від умовної вершини гірки до останнього стрілочного перевodu, найбільша кількість стрілочних переводів та найбільша сума кутів повороту.

При складанні розгорнутого плану основні елементи розташовуються послідовно за напрямком розпуску(скочування), а додаткові елементи прив'язуються до основних за допомогою параметра «Прив'язка» (dS). Прив'язка характеризує положення додаткових елементів відносно початку основного елемента ($-dS$, м) або його кінця ($+dS$, м) відповідно до напрямку скочування. Різновиди елементів розгорнутого плану маршруту, а також характеризуючі їх параметри приведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Різновиди елементів розгорнутого плану

Тип	Найменування елементів	Параметр 1	Параметр 2
Основні	Пряма ділянка	Довжина, L , м	–
	Крива	Довжина, L , м	Радіус, R , м
	Стрілочний перевід	Довжина, L , м	Кут, α , градусів
	Глухе пересічення	Довжина, L , м	–
Додаткові	Роздільний елемент	Прив'язка, dS , м	Довжина, $l_{из}$, м
	Початок зони снігу	Прив'язка, dS , м	–
	Уповільнювач	Прив'язка, dS , м	Довжина, $l_{зам}$, м
	Останній уповільнювач ТП	Прив'язка, dS , м	Довжина, $l_{зам}$, м
	Башмакоскидувач	Прив'язка, dS , м	–

При підготовці даних маршруту потрібно враховувати закладені в модель обмеження:

- перед вершиною гірки повинен бути хоча б один елемент профілю надвижної частини;
- сумарна довжина елементів надвижної частини повинна бути не менше 50 м;
- загальна кількість елементів маршруту не повинно перевищувати 255.

Розрахунок, проектування і аналіз конструкції гірки проводяться по окремому маршруту на визначений шлях сортувального парку. Розрахункова точка приймається на відстані 50 м від вихідного кінця паркової гальмівної позиції. В процесі введення плану і профілю маршруту, коли стає визначеною ситуація з вершиною гірки, розрахунковою точкою і гальмівними позиціями, програмою визначається кількість розрахункових (між позиційних) ділянок.

Попередньо була складена графічна схема розгорнутого плану маршруту, а також характеруючі її параметри які наведені в рисунку. 2.2.

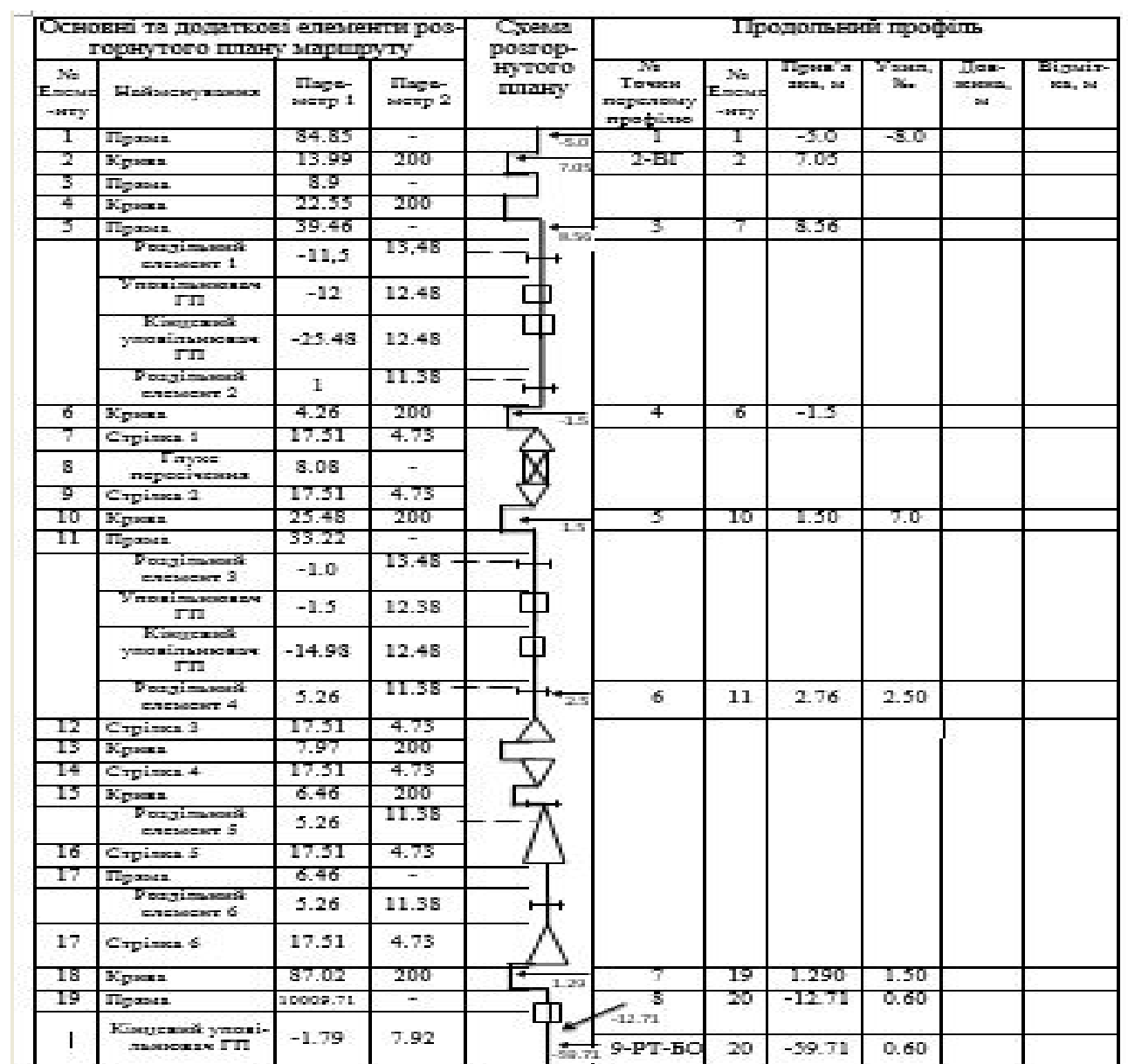


Рисунок 2.2 - Елементи розгорнутого плану маршруту

За результатами моделювання були отримані графіки залежності дальності скочування відчепів від висоти сортувальної гірки (рисунки 2.3 – 2.5):

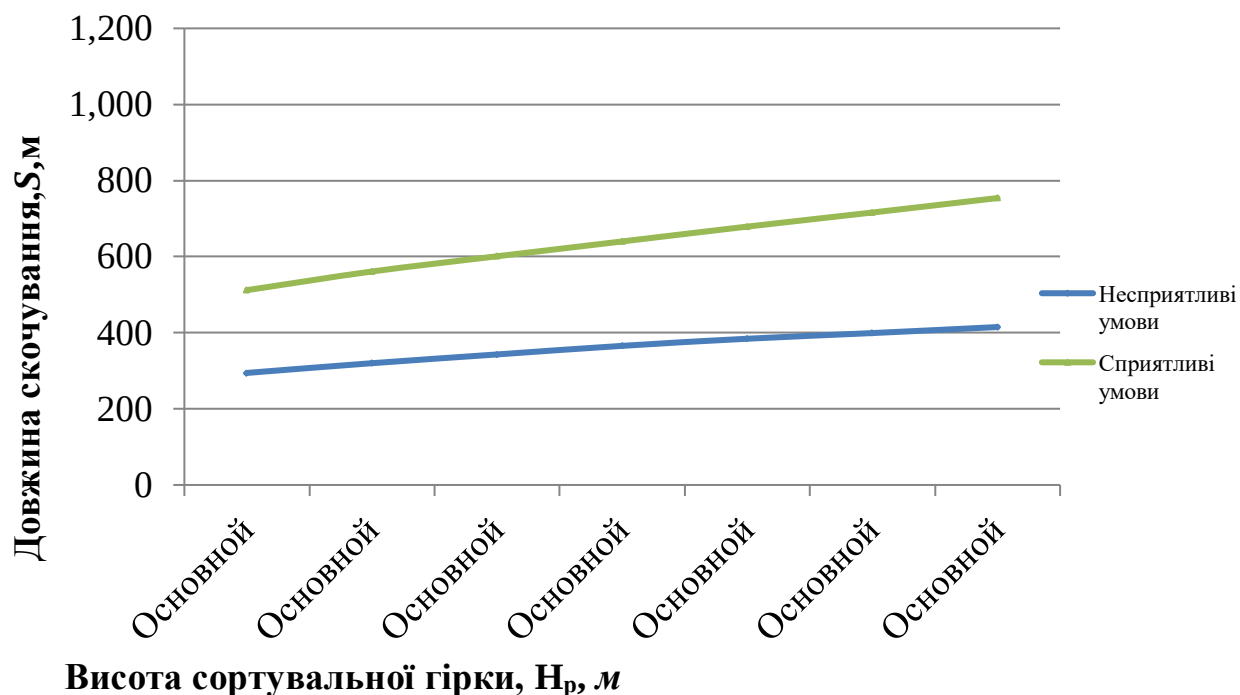


Рисунок 2.3 – Графіки залежності дальності скочування розрахункового відчепа з дуже поганими ходовими властивостями від висоти сортувальної гірки

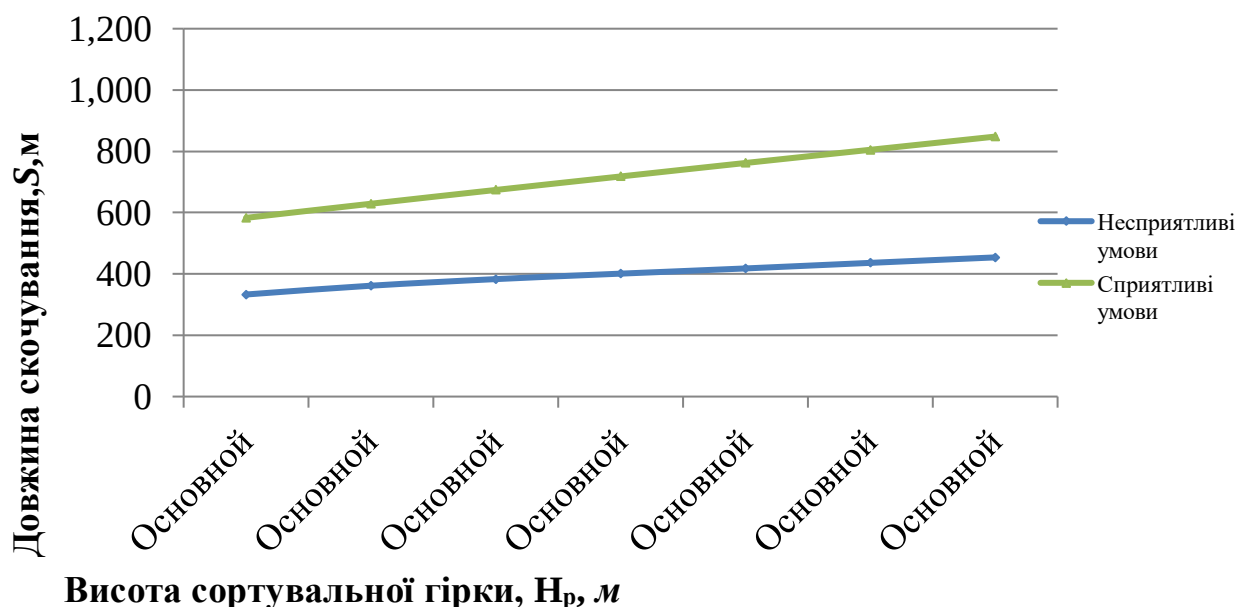


Рисунок 2.4 – Графіки залежності дальності скочування розрахункового відчепа з поганими ходовими властивостями від висоти сортувальної гірки

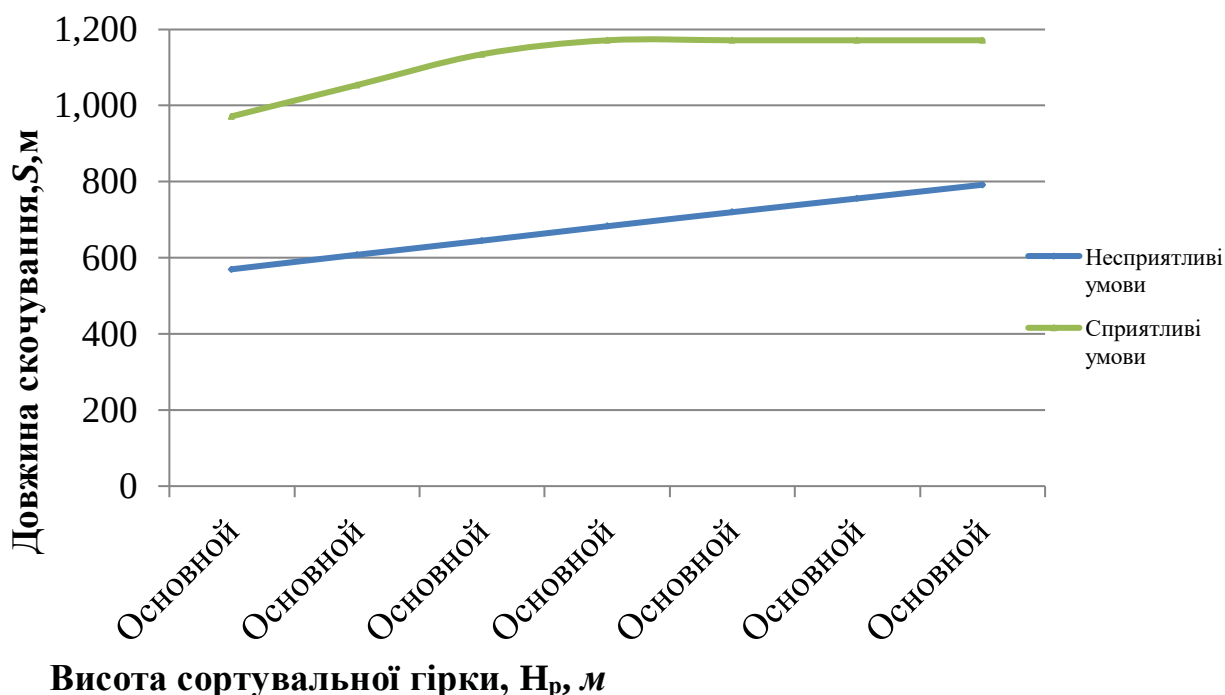


Рисунок 2.5 – Графіки залежності дальності скочування масового відчепа з середніми ходовими властивостями від висоти сортувальної гірки

Відчепа з хорошими ходовими властивостями практично всі спроможні докочуватись до кінця сортувального парку за будь-яких погодних умов. За сприятливих умов відчепа з хорошими ходовими властивостями після виходу з ПГП прискорюються. І це може призвести до пошкодження вагонів що знаходяться на сортувальній колії. Тому цю проблему не можна вирішити навіть за допомогою гальмування на ПГП, якщо не має засобів регулювання швидкості відчепів на сортувальній колії після ПГП.

Висновок до розділу: відчеп з поганими ходовими властивостями за будь-яких погодних умов не докочується до кінця сортувальної колії. Але чим вище сортувальна гірка тим далі відчепа з поганими ходовими властивостями спроможні просунутися по сортувальній колії. Далі відчепа з середніми ходовими властивостями докочуються до кінця сортувального парку в залежності від погодних умов та висоти сортувальної гірки. Наприклад за сприятливих погодних умов відчеп з середніми ходовими властивостями спроможний просунутися до кінця сортувального парку якщо висота сортувальної гірки більше за 3,25 м. Тому

можна зробити висновок що висота сортувальної гірки лише частково впливає на якість заповнення сортувальної колії вагонами, а саме від неї залежить дальність скочування по сортувальній колії відчепів з поганими ходовими властивостями.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЯХ

Система розподіленого регулювання швидкості відчепів являє собою низку установлених уздовж шляху скочування відчепів із сортувальної гірки точкових регуляторів швидкості вагонів. Пристрої кріпляться до рейок із заздалегідь визначеними інтервалами, тобто з певною щільністю. Пристрої взаємодіють із колесом рухомого складу і в залежності від швидкості налаштування регуляторів гальмують вагон.

Регулятори швидкості точкового типу залежно від робочого тіла поділяють на гідравлічні, пневматичні й механічні. Гальмовий ефект виникає у гідравлічних або пневматичних регуляторах швидкості за рахунок використання як робочого тіла рідини або повітря. У регуляторах механічного типу гальмове зусилля виникає за рахунок сили тертя дисків. Незважаючи на використання різних принципів поглинання енергії, принцип взаємодії регуляторів з колесом вагона в них однаковий.

Вперше фірмою Dowty розроблено точкові пристрої регулювання швидкості вагонів. Це ТВУ.

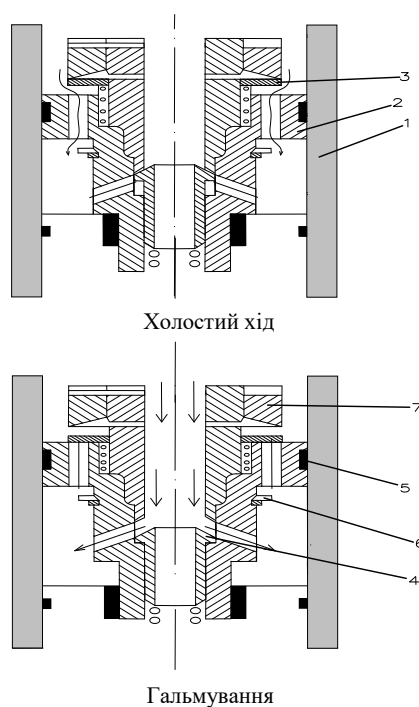
3.1 Устрій та принцип дії ТВУ

ТВУ являє собою металевий циліндр, у який вставлений капсуль уповільнювача з грибоподібною голівкою зверху і з поршнем, що вмонтований усередині капсуля. Циліндр кріпиться до внутрішньої сторони шийки рейки.

Капсуль виготовлений з високоміцної сталі із загартованою грибоподібною голівкою. Капсуль може бути вийнятий з корпусу циліндра для технічного обслуговування. Поршнева частина зі швидкісним (2) та перепускним (4) клапанами усередині капсуля (рисунок 3.1) заповнена маслом та азотом.

Проїжджаючи через ТВУ, гребінь колеса вагона натискає на виступаючу над рівнем головки рейки частину капсуля уповільнювача. У залежності від швидкості руху вагона капсуль уповільнювача просувається усередину корпусу під тиском гребеня колеса вагона з відбиранням або без відбирання енергії.

ТВУ заздалегідь налаштовують на певну контрольну швидкість спрацьовування, яка для ТВУ може регулюватися в межах від 0 до 5 м/с.



1 - стінка капсуля; 2 - швидкісний клапан; 3 - регулювальна пластина; 4 - перепускний клапан; 5 - ковзун; 6 - демпфер; 7 - регулювальний болт.

Рисунок 3.1 – Капсуль ТВУ в розрізі

Коли вагон рухається зі швидкістю нижче за контрольну швидкість, відбувається так зване холосте спрацьовування ТВУ, капсуль уповільнювача (1, рис. 3.1) переміщується вниз під тиском гребеню колеса вагона майже без опору. Тобто колесо вагона повільно наїжджає на капсуль уповільнювача, гребінь колеса вагона натискає на грибоподібний капелюшок капсуля уповільнювача, капсуль уповільнювача на ковзунах (5) пересувається донизу, а швидкісний клапан лишається на місці нерухомим. Об'єм верхньої камери усередині капсуля зменшується, натомість збільшується об'єм нижньої камери капсуля уповільнювача. Масло усередині капсуля перетікає із верхньої камери в нижню через отвори регулювального клапана доти, поки не вирівняється тиск у верхній і нижній камерах.

Від удару капсуля об дно циліндра уповільнювача фірми DOWTY захищає стиснутий азот, якій амортизує удар. В конструкції ТВУ фірми Thyssen ця функція покладена на пружини, на які спирається капсуль уповільнювача.

Стрілочками показаний напрямок перетікання масла з верхньої в нижню камеру капсуля уповільнювача.

Після звільнення уповільнювача колесом вагона стиснутий азот виштовхує капсуль в вихідне положення. Масло знов через отвори регулювального клапана перерозподіляється між верхньою та нижньою камерами капсуля уповільнювача. Таким чином пересування капсуля уповільнювача в вертикальному напрямку відбувається без відчутного опору.

Коли вагон рухається зі швидкістю вище за контрольну швидкість спрацьовування ТВУ, колесо вагона достатньо швидко натискає на капелюшок капсуля уповільнювача. Різко зростає тиск у верхній і падає в нижній камерах капсуля уповільнювача. Різке зростання тиску у верхній камері капсуля миттєво стискає пружину, що утримує регулювальну пластину (3) від перекриття отворів швидкісного клапана, і регулювальна пластина перекриває отвори в швидкісному клапані. Тобто перепад тиску між камерами капсуля перекриває швидкісний

клапан. Після перекриття швидкісного клапана високий тиск масла у верхній камері капсуля починає тиснути на перепускний клапан (4). Під тиском стискається пружина перепускного клапана і відкриваються отвори перепускного клапана. Масло через ці отвори перетікає в нижню камеру капсуля. Таким чином переміщення капсуля уповільнювача у вертикальному напрямку відбувається з подоланням опору пружини перепускного клапана. Енергія вагона витрачається на стиснення пружини перепускного клапана для його відкриття.

Таким чином, енергія вагона витрачається на проштовхування масла з верхньої камери в нижню через перепускний клапан уповільнювача. Кількість енергії гальмування залежить від контрольної швидкості спрацьовування, на яку заздалегідь налаштовують ТВУ. Ця швидкість налаштовується за допомогою спеціального регулювального болта (7). Ним регулюється ступінь стиснення пружини, яка утримує регулювальну пластину від закриття отворів швидкісного клапана. Контрольна швидкість спрацьовування ТВУ може регулюватися в межах від 0 (у так званих точкових затримувачів) до 5 м/с.

Як тільки-но колесо вагона звільняє уповільнювач, відбувається розширення стислого азоту. Капсуль уповільнювача починає повертатися у початкове положення. Перепускний клапан (якщо він відкривався) замикається, а масло через швидкісний клапан перетікає з нижньої камери у верхню доти, поки тиск між ними не вирівняється. Демпфер (6) призначено для плавного повернення капсуля уповільнювача у початкове положення.

Важливою особливістю ТВУ є те, що налаштовані на певну контрольну швидкість спрацьовування вони працюють повністю автономно, не потребують ручного або автоматизованого керування, а також зовнішніх джерел енергії, або живлення. Їх установлюють уздовж колії скочування відчепів у сортувальному парку для утримування швидкості скочування відчепів у визначених межах. На коліях, обладнаних ТВУ, постійну швидкість відчепів із поганими ходовими властивостями повинний забезпечувати ухил сортувальної колії. А відчепи з

хорошими ходовими властивостями, якщо їхня швидкість перевищує контрольну, на яку налаштовані ТВУ, повинні гальмуватися.

Згідно с технічною характеристикою ТВУ питома робота на гальмування чотирьохвісного вагона масою 80 т при контрольній швидкості 5 м/с складає близько 0,008 м е. в.

3.2 Параметри системи розподіленого регулювання швидкості відцепів точковими регуляторами швидкості

При вільному коченні колеса по рейці на нього діють рушійні сили: складова ваги вагона й сили опору тертя в підшипниках, тертя кочення колеса по рейці, опір від кривих і стрілок, опір вітру тощо. Коли ж вагон вступає у взаємодію з регулятором швидкості, на нього діють додаткові зовнішні сили з боку цих регуляторів. Якщо взяти гідравлічний уповільнювач, налаштований на розрахункову швидкість виходу вагонів і якщо швидкість вагона буде перевищувати розрахункову він гальмуватиме відцепи. Відповідно до цього дія зовнішніх сил на колесо вагона й робота, виконувана цими силами, будуть мати різні значення.

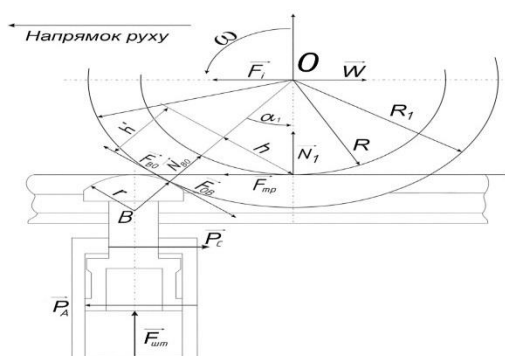


Рисунок 3.2 – Схема відносного розташування ТВУ, колеса вагона та рейки в момент набігання колеса на голівку капсуля уповільнювача

Протягом певного часу, коли колесо вагона повертається на кут α_1 (рисунок 3.2), на нього чинить вплив вертикальна сила опору переміщенню капсуля уповільнювача $F_{\text{шт}}$, яка в свою чергу спричиняє додатковий опір руху вагона $\vec{W}$ і залежить від контрольної швидкості спрацьовування ТВУ $V_{\text{контр}}$ та від швидкості руху вагона під час набігання його колеса на уповільнювач V . Робота сили опору руху вагона, чинена одним точковим регулятором на одне колесо $a = f(R, R_1, r_1, F_{\text{шт}})$ є функцією від радіусу колеса вагона по колу катання R , радіусу по гребеню колеса вагона R_1 , радіусу капелюшка капсуля уповільнювача r_1 та вертикальної сили опору капсуля уповільнювача $F_{\text{шт}}$.

Установити взаємозв'язок між ухилом колії й кількістю точкових регуляторів швидкості можна, виходячи із закону збереження енергії.

Енергія відчепа по колії скочування змінюється за рахунок дії сил опору руху й за рахунок роботи, чиненої ТВУ:

$$E_1 - E_2 = P + A,$$

де E_1 – повна енергія відчепа на початку ділянки скочування, Дж;

E_2 – повна енергія відчепа в будь-якій наступній точці ділянки скочування, Дж;

P – робота сил опору руху відчепа на ділянці, Дж;

A – робота, чинена ТВУ, Дж.

Відчеп в будь-якій точці має запас кінетичної й потенційної енергії

$$E = T + U,$$

де T, U – відповідно кінетична й потенційна енергія відчепа, Дж.

За умови утримання сталої швидкості відчепа в будь-якій точці ділянки скочування кінетична енергія на початку й в кінці ділянки повинна бути однаковою. Тоді рівняння прийме вигляд

$$U_1 - U_2 = P + A, \quad (3.1)$$

де U_1 й U_2 – потенційна енергія на початку й в кінці ділянки скочування,

Дж.

Потенційна енергія відчепа визначається за формулою[3.2]

$$U = mgh, \quad (3.2)$$

де m – маса відчепа, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с,

h – перепад висот на ділянці скочування, м.

З врахуванням (3.2) рівняння (3.1) приймає наступний вигляд

$$mg(h_1 - h_2) = P + A, \quad (3.3)$$

де $(h_1 - h_2)$ – перепад висоти на ділянці колії, м, що визначається за формулою[3.4]

$$h_1 - h_2 = iL \cdot 10^{-3}, \quad (3.4)$$

де L – довжина ділянки колії, м;

i – ухил колії, ‰.

Тоді рівняння (3.4) прийме вигляд:

$$mgiL \cdot 10^{-3} = P + A, \quad (3.5)$$

Робота сил опору руху відчепа визначається як

$$P = W \cdot L,$$

де W – сила опору руху відчепа, H ;

або через питомий опір руху відчепа:

$$P = mg\Sigma wL \cdot 10^{-3}, \quad (3.6)$$

де Σw – сумарний питомий опір руху відчепа, $H/\kappa H$.

Робота ТВУ визначається за формулою [3.7]

$$A = nNa, \quad (3.7)$$

де n – кількість осей у відчепі;

N – кількість ТВУ на ділянці скочування відчепа;

a – робота, чинена одним ТВУ за одне спрацьовування, $Дж$.

Підставимо (3.6) і (3.7) у рівняння (3.5):

$$mgiL \cdot 10^{-3} = mg\Sigma wL \cdot 10^{-3} + nNa. \quad (3.8)$$

Розділимо обидві частини рівняння (3.8) на mg і перейдемо до поняття щільності розміщення ТВУ:

$$r = N / L.$$

У результаті рівняння (3.8) прийме наступний вигляд:

$$(i - \Sigma w) 10^{-3} = r \frac{na}{mg}. \quad (3.9)$$

При застосуванні на сортувальній гірці ТВУ необхідно визначити, як часто (з якою щільністю) їх потрібно розставити на колії скочування відчепів, а також визначити ухил цієї колії. Задача в цьому випадку зводиться до того, щоб всі осі відчепів з найкращими ходовими властивостями гальмувалися б ТВУ й за рахунок цього їх швидкість залишалася б на рівні тієї, на яку налаштовані ТВУ (на рівні контрольної швидкості спрацьовування), наприклад, $V = 1,4$ м/с.

З іншого боку, всі осі відчепа з поганими ходовими властивостями втрачають енергетичну висоту від «холостого» спрацьовування уповільнювачів і при цьому швидкість відчепа повинна залишатися на рівні швидкості спрацьовування уповільнювачів.

У якості розрахункового візьмемо дуже поганий бігун (ДП): 4-осний піввагон на роликівих підшипниках масою 22 т і з основним питомим опором руху $4,5$ Н/кн. Підставимо дані розрахункового дуже поганого бігуна в рівняння (3.9) і одержимо залежність щільності розміщення уповільнювачів від уклону колії:

$$p_y = \frac{m^{\text{ДП}} \cdot g \cdot (i - w^{\text{ДП}})}{n^{\text{ДП}} \cdot a_{\text{ХХ}}}, \quad (3.10)$$

де $m^{\text{дп}}$, $n^{\text{дп}}$, $w^{\text{дп}}$ – відповідно маса, кг; кількість осей і питомий опір руху дуже поганого бігуна, $H/\kappa H$;

a_{xx} – енергія, що поглинає уповільнювач при холостому спрацьовуванні, 20 Дж.

Використання ТВУ у сортувальному парку дозволяє накопичувати состави без «вікон» і без осаджувань локомотивом з боку гірки, забезпечує підхід відчепів один до одного з безпечною швидкістю.

Значно спрощується алгоритм керування парковою гальмовою позицією, тому що всі відчепи передбачається випускати з однаковою швидкістю 1,4 м/с.

За допомогою даних формул розроблено програму, яка моделює скочування вагонів з гірки. Результати розрахунків приведено в наступних розділах даної роботи.

3.3 Принцип моделювання заповнення сортувальної колії вагонами

Система розподіленого регулювання швидкості відчепів насамперед, характеризується щільністю розташування ТВУ, контрольною швидкістю, на яку вони налаштовані, і уклоном сортувальної колії.

Якість заповнення сортувальної колії вагонами прийнято оцінювати за:

- 1) ступенем заповнення сортувальної колії вагонами;
- 2) ймовірністю підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю.

Причому обидва показники необхідно максимізувати.

Для вирішення поставленого завдання використано математичну модель процесу заповнення сортувальної колії, знайти шляхи її вирішення й оптимізації.

Завдання оптимізації параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальній колії зводиться до того, що потрібно мінімальною кількістю точкових елементів на уклоні, максимально наближеному до нормативного, досягти максимально повного заповнення сортувальної колії вагонами із забезпеченням підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю.

Для вирішення поставленої задачі використана імітаційна модель заповнення вагонами сортувальної колії й здійснена спроба оптимізації результатів за двома критеріями. Як критерії оптимізації обраний ступінь заповнення сортувальної колії відчепами й імовірність зіткнення відчепів із безпечною швидкістю. У якості змінних обраний профіль сортувальної колії, кількість і схема розташування точкових елементів на колії й швидкість їхнього спрацьовування.

Починаючи від паркової гальмової позиції, по кількості ТВУ, розташованих на елементах профілю сортувальної колії, складається масив координат.

Координата i -го ТВУ на k -ом елементі профілю визначається по формулі[3.11]

$$S_{\text{тр } j} = \frac{L_k}{N_k} \cdot \frac{2 \cdot \left(j - \sum_{m=1}^{k-1} N_m \right) + 1}{2} + \sum_{m=1}^{k-1} L_m, \quad (3.11)$$

де L – довжина елемента профілю, м;

N – кількість ТВУ на елементі профілю;

j – лічильник елементів профілю;

m – лічильник ділянок профілю.

Далі визначаються початкові умови скочування відчепів.

Температура навколишнього середовища, сила й напрямок вітру моделюються як випадкові величини, задані розподілом частот їхнього повторення.

Кут між напрямком скочування відчепа й напрямком вітру визначається по формулі [3.12]

$$\beta = \left| \alpha_B - \alpha_P - 180^\circ \right|, \quad (3.12)$$

де α_B, α_P – напрямок вітру й напрямок розпуску відповідно, $^\circ$.

Кількість вагонів моделюється як випадкова величина.

Аналогічно для кожного вагона у відчепа визначається його вага й тип. По типу вагона визначається кількість осей, навантаження на вісь і відстані між сусідніми осями відчепа.

Значення основного питомого опору руху вагона визначається випадково згідно [1].

Основний питомий опір руху відчепа визначається як середньозважене по масі вагонів, що входять у відчеп:

$$w_0 = \frac{\sum_{i=1}^n q_i \cdot w_{oi}}{\sum_{i=1}^n q_i}, \quad (3.13)$$

де q – вага вагона, t ;

w_o – основний питомий опір вагона, $H/\kappa H$;

n – кількість вагонів у відчепі.

Використання стаціонарної паркової гальмової позиції необхідно для того, щоб загальмувати всі відчепа до контрольної швидкості ТВУ. Цю функцію не можна залишити ТВУ, установленим з великою щільністю, оскільки різко зростає ймовірність не розділення відчепів на останніх елементах на спускній частині гірки у зв'язку з тим, що швидкість довгих легких відчепів швидко знижується за рахунок

гальмування передніх осей відчепа в той час як останні осі ще не звільнили останній розділовий елемент. Оператор паркової гальмової позиції може загальмувати будь-які осі відчепа залежно від оперативної обстановки, що складається в процесі розпуску состава, не допускаючи загальмовування відчепа, поки той не звільнить останній роздільний елемент. Швидкість виходу відчепа з паркової гальмової позиції моделюється як нормально розподілена випадкова величина по формулі [3.14]

$$V_n = M[V_n] + \sigma[V_n] \cdot R_i^n, \quad (3.14)$$

де $M[V_n]$ – математичне очікування швидкості виходу відчепа з паркової гальмової позиції, м/с;

$\sigma[V_n]$ – середньоквадратичне відхилення швидкості виходу відчепа з паркової гальмової позиції, м/с;

R_i^n – випадкове число з нормальним законом розподілу.

Координата точки прицілювання першого відчепа дорівнює довжині сортувальної колії. Після скочування відчепа знову моделюється нова координата точки прицілювання від координати останньої осі попереднього відчепа. Якщо ця координата виявиться менше довжини наступного відчепа, то моделюється операція осаджування вагонів.

Далі моделюється початкове положення відчеплення після виходу його з паркової гальмової позиції, тобто формується:

- масив номерів елементів, на яких перебувають осі відчепа;
- масив відстаней від кожної осі відчепа до кінця елемента профілю, на якому вона перебуває;
- масив, у якому записана кількість ТВУ пройдених кожною віссю до моменту виходу відчепа з паркової гальмової позиції.

У момент виходу відчепа з паркової гальмової позиції потоковій координаті першої осі у відчепа присвоюється значення відстані між першою й останньою осями відчепа.

Вибирається крок переміщення, що порівнюється з відстанню від кожної осі відчепа до наступного ТВУ й з відстанню до кінця елемента профілю, по якому котиться дана вісь. Після всіх порівнянь кроку переміщення присвоюється менше із всіх порівняних значень.

На кожному кроці переміщення визначається еквівалентний уклон:

$$i_E = \frac{\sum_{j=1}^k q_j \cdot i_j}{Q_o}, \quad (3.15)$$

де q_j – навантаження на j -у вісь відчеплення, $t/вісь$;

i_j – уклон, по якому котиться j -а вісь, ‰;

Q_o – вага відчепа, t .

Потім моделюється питомий опір середовища й вітру згідно [35].

$$w_{CB} = V_P^2 \cdot \frac{17,8 \cdot \sum_{i=1}^k C_x \cdot S}{(273 + t^o) \cdot Q_o}, \quad (3.16)$$

де V_P – відносна швидкість відчепа, m/c ;

C_x – коефіцієнт опору вітру;

S – площа поперечного перерізу вагона, m^2 ;

t_o – розрахункова температура вітру, $^{\circ}C$;

k – кількість вагонів у відчепі.

$$V_p = \sqrt{V_j^2 + V_B^2 - 2V_jV_B \cdot \cos \beta} \dots \quad (3.17)$$

де V_j – швидкість відчепа на початку кроку переміщення, м/с;

V_B – швидкість вітру, м/с;

β – кут між напрямком скочування відчепа й напрямком вітру, °.

Коефіцієнт опору вітру визначається згідно [35].

$$C_x = C_o \cdot \exp(d_1\alpha - d_2\alpha^2), \quad (3.18)$$

де α – кут між вектором відносної швидкості й напрямком руху відчепа, °;

d_1, d_2 – постійні коефіцієнти.

$$\alpha = \arcsin \frac{V_B \sin \beta}{V_p}, \quad (3.19)$$

Швидкість відчепа наприкінці чергового кроку переміщення визначається по формулі [3.20]

$$V_{j+1} = \sqrt{V_j^2 + 2G \cdot \delta S (i_E - w_o - w_{CB})}, \quad (3.20)$$

де δS – крок переміщення відчепа, м;

G – коефіцієнт, що враховує інерцію обертових частин відчепа, м/с².

$$G = \frac{2g}{1 + 0,42 \frac{n}{Q_o}}, \quad (3.21)$$

де g – прискорення вільного падіння, m/c^2 .

З урахуванням кроку переміщення наращується поточне значення координати відчепа й коректується масив розташування осей відчепа на елементах профілю.

Якщо після коректування з'ясується, що координата якої-небудь осі відчепа виявиться рівній координаті якого-небудь ТВУ, то моделюється спрацьовування цього уповільнювача.

При спрацьовуванні ТВУ швидкість відчепа знижується:

$$V_{j+1} = \sqrt{V_j^2 - Z \frac{G}{Q_o}}, \quad (3.22)$$

де Z – робота ТВУ, $m \cdot m$.

Робота ТВУ прямо пропорційна швидкості спрацьовування й відбувається тільки якщо швидкість відчепа в момент проходження колеса відчепа по ТВУ вище контрольної швидкості ТВУ. Якщо швидкість відчепа нижче швидкості спрацьовування ТВУ, то відбувається так зване «холосте» спрацьовування ТВУ, тобто відчеп проходить ТВУ практично без втрати кінетичної енергії [36].

Моделюється послідовне скочування відчепа із гірки і, якщо відчеп досягнув точки прицілювання, то фіксується з'єднання, якщо немає - «вікно».

У якості початкових даних при виконанні дослідження залежності показників якості заповнення вагонами сортувальних колій, використовуються:

1. Статистичні дані про вагонопотік, що прямує на сортувальну колію:
 - а) відносні частоти розподілу відчепів по кількості вагонів (від 0 до 10);
 - б) частоти розподілу вагонів по 5-ти масових категоріях;
 - в) частоти розподілу по 7-ми типах вагонів;

- 4-х і 8-ми вісні піввагони;
- 4-х і 8-ми вісні цистерни;
- 4-х вісні криті вагони;
- 4-х вісні платформи;
- 4-х вісні вагони-хопери.

2. Кліматичні дані: відносні частоти повторення температури навколишнього середовища й повторення вітру по силі напрямку;

3. Поздовжній профіль сортувальної колії: уклон і довжина елемента профілю, кількість ТВУ на даному елементі;

- 4. Контрольна швидкість ТВУ;
- 5. Середня швидкість виходу відчепів із паркової гальмової позиції;
- 6. Кількість відчепів, що скочуються на дану колію.

За результатами моделювання скочування чергового відчепа фіксується:

- швидкість виходу, m/s ;
- кількість вагонів у відчепі, $ваг$;
- кількість осей у відчепі;
- довжина відчепа, m ;
- вага відчепа, t ;
- координата відчепа, m ;
- точка прицілювання, m .

За результатами статистичної обробки в моделі розраховуються наступні показники:

- частота з'єднання відчепів;
- середня швидкість з'єднання відчепів;
- середньоквадратичне відхилення швидкості з'єднання;
- частота перевищення допустимої швидкості з'єднання;
- середня швидкість з'єднань, що перевищили допустиму;
- середня довжина «вікна»;

- середня довжина «вікна», що доводиться на один перероблений вагон.

Для розрахунку гіркового циклу були зібрані статистичні дані по вагонопотоку станції Одеса-сортувальна. Для цього було оброблено натурні листи поїздів, які прибувають на станцію в розформування. З них було виявлено, 20% поїздів мають вагони заборонені для розпуску з гірки, також виявлено що середнє число розчеплень вагонів, що підлягають формуванню, у місцях розбіжності поздовжніх осей автозчепу і постановки вагонів прикриття близько 10% від загальної кількості вагонів.

Початкові дані для моделювання наведено в таблиці 3.1.

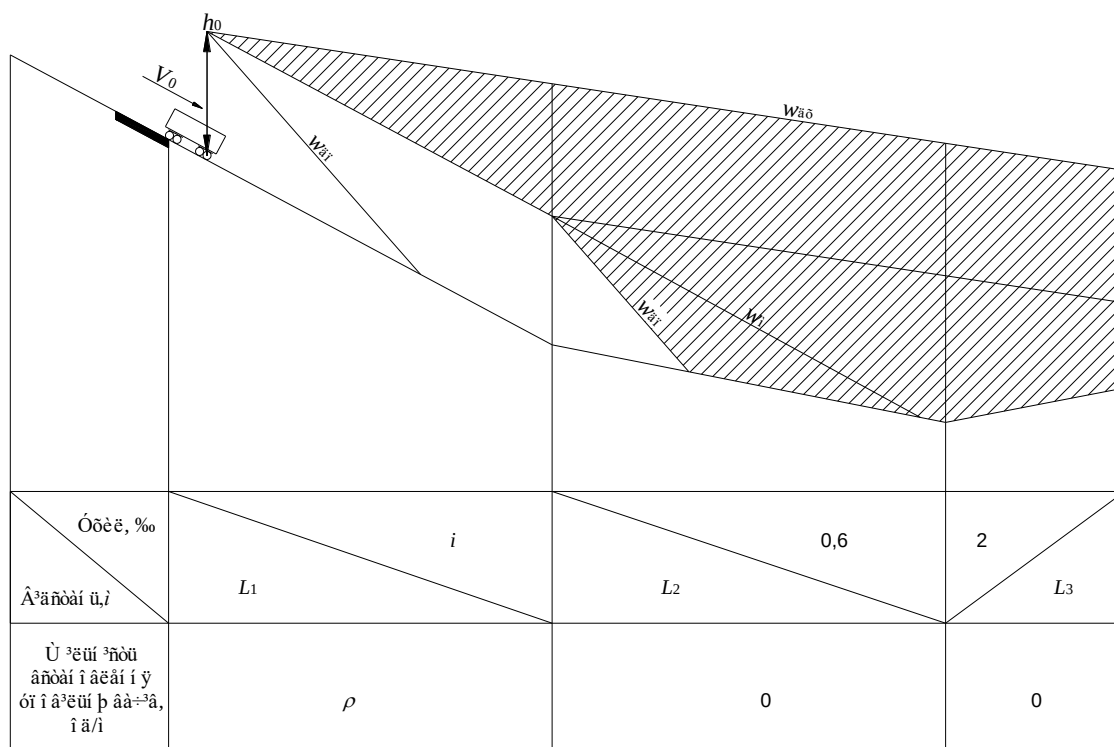
Таблиця 3.1

Загальні параметри для розрахунку скочування відчепу на колію
сортувального парку

Назва параметру		Значення параметру
Математичне очікування швидкості виходу з паркової гальмової позиції		1,40 м/с
Середньоквадратичне відхилення швидкості виходу з паркової гальмової позиції		0,2 м/с
Довжина сортувальної колії		950 м
Питомий опір руху вагона	Математичне очікування	1,7 хв
	Середньоквадратичне відхилення	0,5 хв

Профіль сортувальної колії зображений на рисунку 3.2. У процесі дослідження показника ефективності заповнення колії, зміни уклону першої ділянки профілю, що міняє значення 0,6 ‰, 1,0 ‰, 1,5 ‰, 2,0 ‰, 2,5 ‰, 3,0 ‰, 3,5 ‰, 4,0 ‰ та довжини відповідно 400 м. Так само варіюється щільність ТВУ для цієї ділянки: 0 од/м; 0,1 од/м (40 од.); 0,2 од/м (80 од.); 0,3 од/м (120 од.); 0,4 од/м (160 од.); 0,5 од/м (200 од.); 0,6 од/м (240 од.); 0,7 од/м (280 од.); 0,8 од/м (320); 0,9 од/м (360); 1,0 од/м (400).

Повний перелік розглянутих при дослідженні ефективності заповнення сортувальних колій варіантів профілю й кількості ТВУ представлений у таблиці 3.2.



h_0 – енергетична висота, що відповідає швидкості виходу відчепа з ПГП, м е.в.; w_m – питомий опір масового відчепа з середніми ходовими властивостями, $H/\kappa H$; V_0 – швидкість виходу відчепа з ПГП, м/с.

Рисунок 3.3 – Поздовжній профіль сортувальної колії та рішення рівняння руху відчепа в енергетичному вигляді

Таблиця 3.2

Перелік розглянутих варіантів при моделюванні

Довжина першої ділянки, <i>м</i>	Розглянуті ухили, ‰	Розглянута кількість ТВУ, <i>од.</i>
400	0,6; 1,0; 1,5 ; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0	0, 50, 100,150,200,250,300,350,400

Висновок до розділу: проаналізувавши устрій та принцип дії точкових регуляторів швидкості вагонів встановлено, що робота сил гальмування ТВУ є функцією контрольної швидкості, на яку налаштовані ці пристрої, робота сил гальмування при холостому спрацьовуванні є практично сталою величиною й не залежить від контрольної швидкості, на яку налаштовані точкові регулятори швидкості вагонів. При обладнанні сортувальних колій точковими регуляторами швидкості вагонів необхідно визначити, з якою щільністю їх потрібно розташовувати по колії скочування відчепів, а також визначити ухил цієї колії. Для цього встановлено взаємозв'язок між ухилом сортувальної колії та щільністю розташування точкових регуляторів швидкості вагонів на колії. За даними табл. 3.1 виконано моделювання процесу заповнення вагонами сортувальної колії по всім варіантам розміщення ТВУ на сортувальній колії. В подальших розділах дипломного проекту виконано за цими результатами дослідження та аналіз залежностей показників системи, виконується оцінка доцільності використання. Тому їх розрахунок є найважливішим процесом, на основі якого виконується дипломний проект.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ НА ЯКІСТЬ ЗАПОВНЕННЯ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ ВАГОНАМИ

Якість заповнення вагонами сортувальних колій оцінюють за різними показниками. Але всі вони недосконалі. Кожний з них не в повній мірі характеризує якість процесу. Універсального показника немає [37-42]. Це зв'язано з тим, що мета процесу полягає в тому, щоб з одного боку всі відчепи докотилися до вже зупинених на сортувальній колії вагонів без утворення вікон, а з іншого боку щоб швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії при цьому була в безпечних межах. Тому для оцінки якості заповнення вагонами сортувальних колій обрані два показники, що характеризують обидва боки процесу:

- ступінь G заповнення сортувальної колії вагонами;
- ймовірність P підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії із безпечною швидкістю.

Обидва показники потрібно максимізувати.

Ступінь заповнення сортувальної колії вагонами визначається за формулою [4.1]

$$G = \frac{\sum l_{\text{ваг}}}{L_{\text{кор}}}, \quad (4.1)$$

де $\sum l_{\text{ваг}}$ – довжина всіх вагонів, що знаходяться на сортувальній колії, м;

$L_{\text{кор}}$ – корисна довжина сортувальної колії, м.

Цей показник фіксується після чергового розпуску состава з гірки. По завершенні моделювання визначається середнє значення.

Ймовірність P підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії із безпечною швидкістю визначається наступним чином [4.2]

$$P = \frac{\sum k_{V \leq 1,4}}{\sum k}, \quad (4.2)$$

де $\sum k_{V \leq 1,4}$ – кількість відчепів, що з'єдналися з вагонами на сортувальній колії з безпечною швидкістю;

$\sum k$ – загальна кількість відчепів з врахуванням відчепів, які утворили вікна.

Для більш чіткого уявлення характеру змін процесу заповнення сортувальної колії вагонами використовується ще один показник: ймовірність p з'єднання відчепів з вагонами на сортувальній колії з безпечною швидкістю. На відміну від попереднього показника він відображає відношення кількості відчепів, що з'єдналися з безпечною швидкістю, до кількості всіх відчепів, що з'єдналися з вагонами на сортувальній колії, тобто без врахування відчепів, які утворили вікна.

При цьому кількість точкових регуляторів швидкості вагонів на сортувальній колії та ухил сортувальної колії повинні бути мінімальними.

Дослідження залежності проводилося шляхом математичного моделювання процесу заповнення вагонами сортувальної колії.

За результатами моделювання процесу заповнення вагонами сортувальних колій виконано дослідження та аналіз залежності показників якості процесу від параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів.

4.1 Модель заповнення вагонами сортувальних колій

Модель заповнення вагонами сортувальних колій дозволяє задавати профіль сортувальної колії, обладнаної системою розподіленого регулювання швидкості відчепів і фіксувати показники якості процесу накопичення вагонів з урахуванням

проштовхування відчепів, що передчасно зупинилися, черговими відчепами [5, 8]. Алгоритм моделювання приведений на рис. 4.1.

В процесі накопичення вагонів на сортувальній колії вирішується дві задачі: задача найбільш повного заповнення колії вагонами з одного боку і задача забезпечення безпечної швидкості підходу відчепів до вагонів, що зупинилися на колії, з іншого.

На процес чинить вплив безліч факторів, велика частка з яких некеровані. А якість заповнення сортувальної колії вагонами прийнято оцінювати за ступенем заповнення сортувальної колії вагонами і ймовірністю підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку з допустимою швидкістю, причому обидва показники необхідно максимізувати. Крім того, що ці показники не повною мірою відображають якість заповнення сортувальної колії вагонами, вони є суперечливими в тому сенсі, що при збільшенні ухилу сортувальної колії та збільшенні швидкості входу відчепа на сортувальну колію поліпшується перший показник, тобто збільшується ступінь заповнення сортувальної колії вагонами, і погіршується другий – зростає ймовірність підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку з допустимою швидкістю.

Для того, щоб отримати показники якості накопичення вагонів на сортувальній колії потрібно виконати спостереження з фіксацією швидкостей підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії, а також довжини вікон між вагонами після розпуску чергового состава і після кожного осаджування або підтягування вагонів.

Провести такі натурні спостереження технічно і організаційно дуже складно. Тому для вирішення поставленої задачі використовувалася імітаційна модель заповнення вагонами сортувальної колії.

Починаючи від ПГП, відповідно до кількості ТВУ, розташованих на елементах профілю сортувальної колії, складається масив координат ТВУ за формулою [4.3].

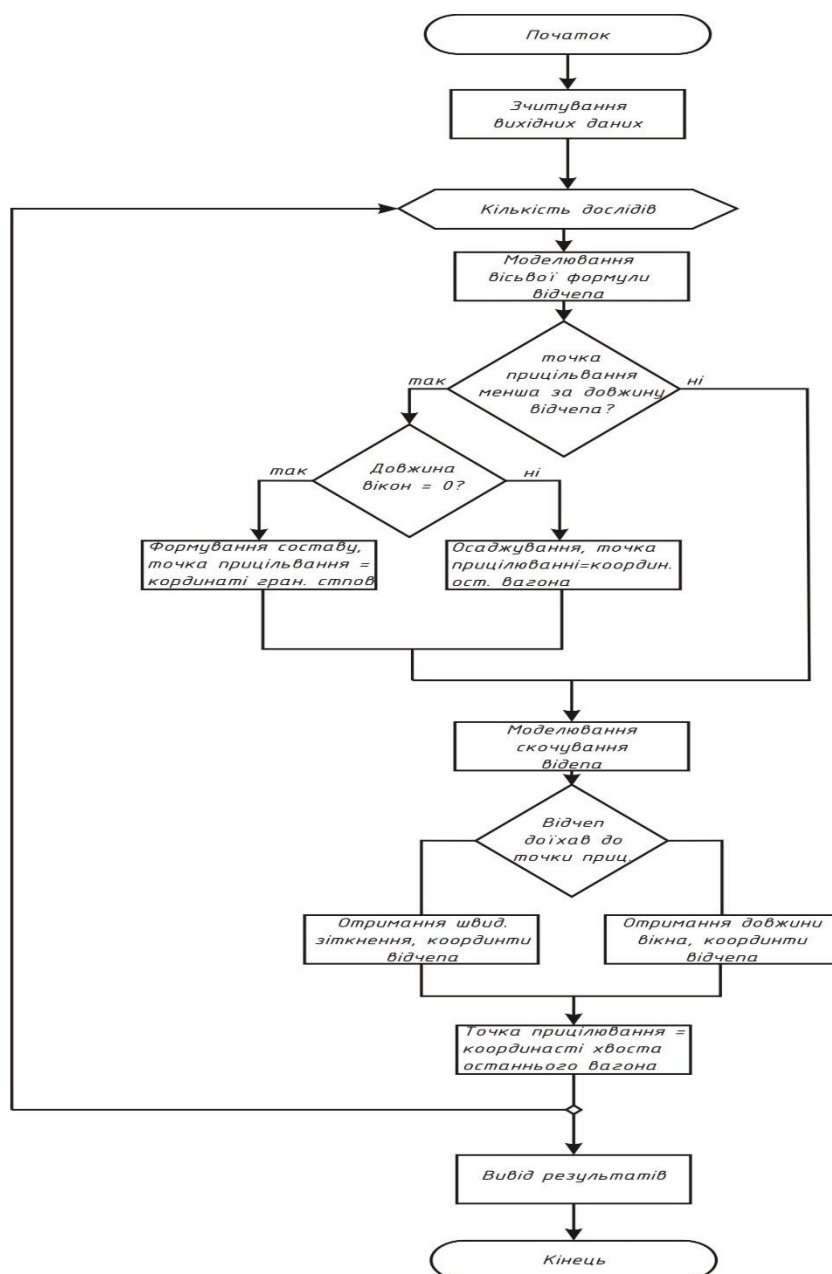


Рисунок 4.1 – Алгоритм моделювання заповнення вагонами сортувальних колій

Далі визначаються початкові умови скочування відчепа. Температура навколишнього середовища, швидкість й напрямок вітру моделюються як випадкові величини за розподілом частот повторення цих параметрів.

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

Аналогічно для кожного вагона у відчепі визначається його вага й тип. Ці дані отримані також шляхом обробки статистичних даних натурних спостережень. За типом вагона визначається кількість осей, навантаження на вісь і відстані між сусідніми осями відчепа.

Основний питомий опір руху відчепа визначається як середньозважена величина по масі вагонів у складі відчепа:

$$w_o = \frac{\sum_{i=1}^n q_i w_{o_i}}{\sum_{i=1}^n q_i}, \quad (4.3)$$

де q – маса вагона, т;

w_o – основний питомий опір вагона, Н/кН;

n – кількість вагонів у відчепі.

Використання керованої ПГП необхідно для того, щоб загальмувати всі відчепи до контрольної швидкості ТВУ. Цю функцію не можна залишити за ТВУ, установленим з великою щільністю, оскільки різко зростає ймовірність не розділення відчепів на останніх елементах на спускній частині гірки. Це пов'язане з тим, що швидкість довгих легких відчепів швидко знижується за рахунок гальмування передніх осей відчепа в той самий час останні осі таких відчепів ще не звільнили останній розділювальний елемент. Збільшується ризик нагону таких відчепів наступними відчепами і, як наслідок, їх не розділення. Оператор ПГП може загальмувати будь-які осі відчепа залежно від оперативного становища, що складається в процесі розпуску состава, не допускаючи загальмовування відчепа, поки той не звільнить останній розділювальний елемент. Швидкість виходу відчепа з ПГП моделюється як нормально розподілена випадкова величина за формулою [4.4]

$$V_H = M[V_H] + \sigma[V_H] \cdot R_i^H, \quad (4.4)$$

- де $M[V_H]$ – математичне очікування швидкості виходу відчепа з ПГП, м/с;
 $\sigma[V_H]$ – середньоквадратичне відхилення швидкості виходу відчепа з ПГП, м/с;
 R_i^H – випадкове число з нормальним законом розподілу.

Координата точки прицілювання залежить від корисної довжини сортувальної колії, якщо відчеп скочується на вільну колію, або від координати автозчепного пристрою вагона, який надійшов на сортувальну колію останнім в попередньому відчепі.

Далі моделюється початкове положення відчепа після виходу його з ПГП, тобто формується:

- масив номерів елементів, на яких перебувають осі відчепа;
- масив відстаней від кожної осі відчепа до кінця елемента профілю, на якому вона перебуває;
- масив, у якому записана кількість ТВУ пройдених кожною віссю до моменту виходу відчепа з ПГП.

У момент виходу відчепа з ПГП поточній координаті першої осі у відчепі присвоюється значення відстані між першою й останньою осями відчепа.

Швидкість відчепа V_{i+1} в кінці кроку переміщення ΔS розраховується за формулою [4.5]

$$V_{i+1} = \sqrt{V_i^2 + 2g \cdot \int_{S_i}^{S_{i+1}} (i - \sum w) dS}. \quad (4.5)$$

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

4.2 Дослідження впливу параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів із застосуванням ТВУ на якість заповнення сортувальних колій вагонами

За результатами моделювання, побудовані графіки залежностей ступеня заповнення сортувальної колії вагонами, ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю, часу осаджування вагонів, кількості пошкоджених вагонів по варіантах від параметрів системи.

Результати моделювання ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю при щільності розташування ТВУ від 0 до 1,0 од./м, а також при ухилах від 0,6 до 4,0 ‰ наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Ймовірність підходу з безпечною швидкістю відчепів до вагонів на сортувальній колії, оснащений ТВУ

Щільність ТВУ, r , од./м	Ухил, i ‰							
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	0,9349	0,9074	0,7960	0,4976	0,2233	0,0841	0,0377	0,0266
0,1	0,9763	0,9720	0,9628	0,9035	0,6844	0,3964	0,2338	0,1378
0,2	0,9904	0,9878	0,9891	0,9866	0,9580	0,8333	0,5684	0,3531
0,3	0,9967	0,9954	0,9966	0,9963	0,9935	0,9809	0,9231	0,7495
0,4	0,9975	0,9964	0,9978	0,9977	0,9972	0,9902	0,9679	0,9177
0,5	0,9980	0,9967	0,9989	0,9988	0,9991	0,9983	0,9966	0,9936
0,6	0,9982	0,9969	0,9990	0,9989	0,9989	0,9965	0,9965	0,9949
0,7	0,9979	0,9968	0,9991	0,9990	0,9992	0,9990	0,9988	0,9983
0,8	0,9979	0,9970	0,9991	0,9990	0,9992	0,9991	0,9987	0,9985
0,9	0,9981	0,9975	0,9993	0,9988	0,9992	0,9991	0,9993	0,9986
1,0	0,9981	0,9977	0,9993	0,9990	0,9993	0,9994	0,9993	0,9993

Графіки залежності ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю від ухилу сортувальної колії та щільності розташування ТВУ зображено на рисунку 4.1.

Аналіз залежностей (див. рисунок 4.1) показує, що ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях без застосування ТВУ при ухилах до 1,5 ‰ допустима, а при більшому дуже погана, навіть доходить до 5 %. За умови використання ТВУ до 2 ‰ ймовірність допустима, при щільності 0,1 на ухилі 2,5 ‰ ймовірність має поганий показник. При щільності 0,5 і більше на ухилі 4,0 ‰ ймовірність майже однакова.

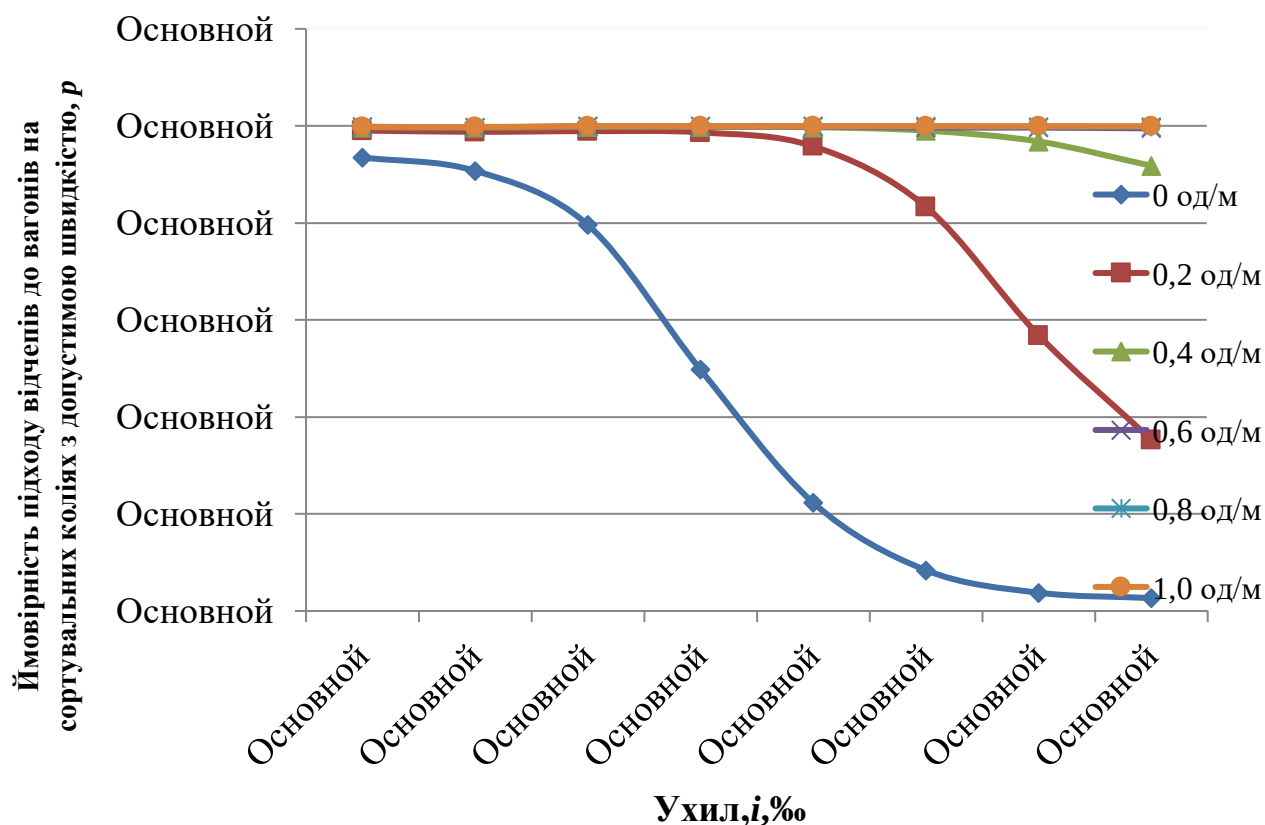


Рисунок 4.1 – Графік залежності ймовірності підходу відчепів до вагонів з безпечною швидкістю від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ

Результати моделювання ступеня заповнення сортувальної колії вагонами при щільності розташування ТВУ від 0 до 1,0 од./м, а також при ухилах від 0,6 до

4,0 ‰ наведені в таблиці 4.2. Графіки залежності ступеня заповнення колії вагонами від ухилу сортувальної колії та щільності розташування ТВУ зображено на рисунку 4.2.

Таблиця 4.2

Ступінь заповнення вагонами сортувальної колії,
що оснащена ТВУ

Щільність ТВУ, r , од./м	Ухил, i ‰							
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	0,546152	0,564316	0,630635	0,725273	0,795338	0,831898	0,869134	0,902232
0,1	0,543985	0,561468	0,626601	0,715964	0,780206	0,787952	0,805033	0,828621
0,2	0,541683	0,558649	0,620886	0,712073	0,778071	0,785450	0,785224	0,790470
0,3	0,539655	0,556674	0,616153	0,709817	0,776585	0,785978	0,785244	0,784429
0,4	0,539184	0,556055	0,612001	0,705997	0,774623	0,785463	0,785533	0,784541
0,5	0,537306	0,554863	0,608139	0,700084	0,772486	0,785732	0,785553	0,784583
0,6	0,537009	0,552927	0,604877	0,697041	0,769798	0,785318	0,785318	0,784404
0,7	0,536464	0,551924	0,601192	0,692083	0,766307	0,784951	0,785554	0,784365
0,8	0,535675	0,551837	0,598670	0,689082	0,764723	0,784703	0,785429	0,784840
0,9	0,535193	0,550703	0,595150	0,683347	0,759834	0,784357	0,785562	0,784481
1,0	0,534730	0,549887	0,591002	0,678574	0,757728	0,783780	0,785473	0,784894

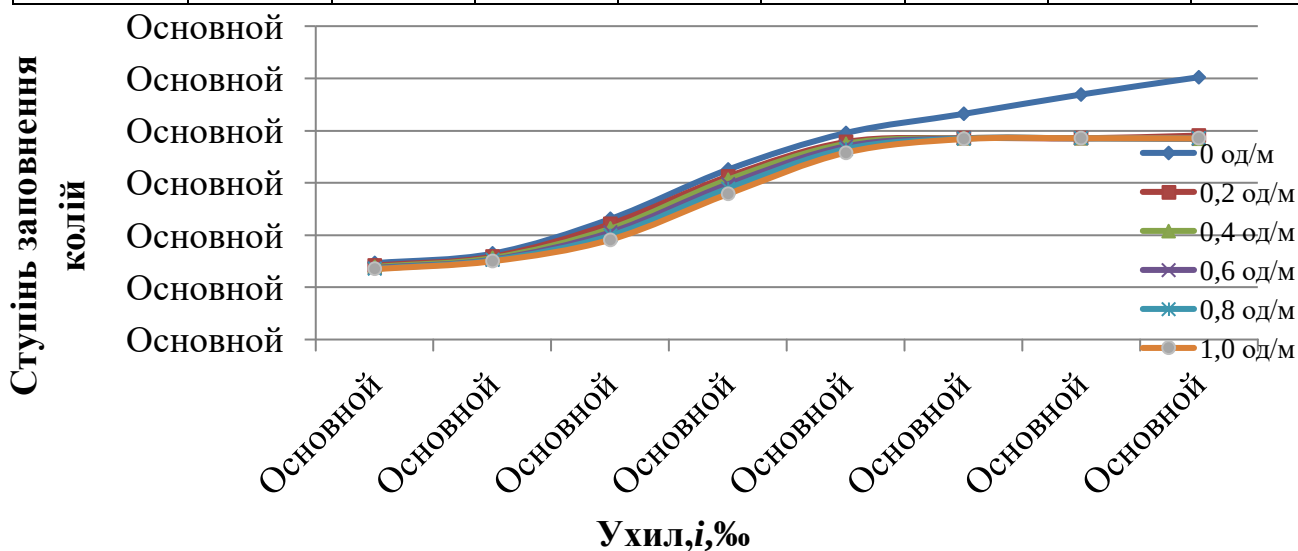


Рисунок 4.2 – Графік залежності ступеня заповнення сортувальної колії вагонами від ухилу і щільності розташування ТВУ

Ступінь заповнення колії вагонами повинна бути якнайбільшою. Аналіз залежностей на рис. 4.2 показує, що за умов збільшення ухилу колії за відсутності ТВУ ступінь заповнення сортувальних колії вагонами зростає більш помітно ніж із оснащенням колій ТВУ. За умов оснащення ТВУ ступінь заповнення сортувальних колій стабілізується на рівні 78 % незалежно від щільності їх розташування на колії починаючи з ухилу 2,5 ‰ і більше. За умов щільності 0,1 та вище ступінь майже однакова

4.3 Аналіз результатів скочування відчепів з гірки

Результати моделювання розподілу відчепів по категоріях за результатами скочування з гірки при щільності розташування ТВУ від 0 до 1,0 од./м, а також при ухилах від 0,6 до 4,0 ‰ наведені в додатку Б в таблиці Б.1 – Б.8. Графіки залежності розподілу відчепів по категоріях за результатами скочування з гірки зображенні на рисунках 4.3-4.10.

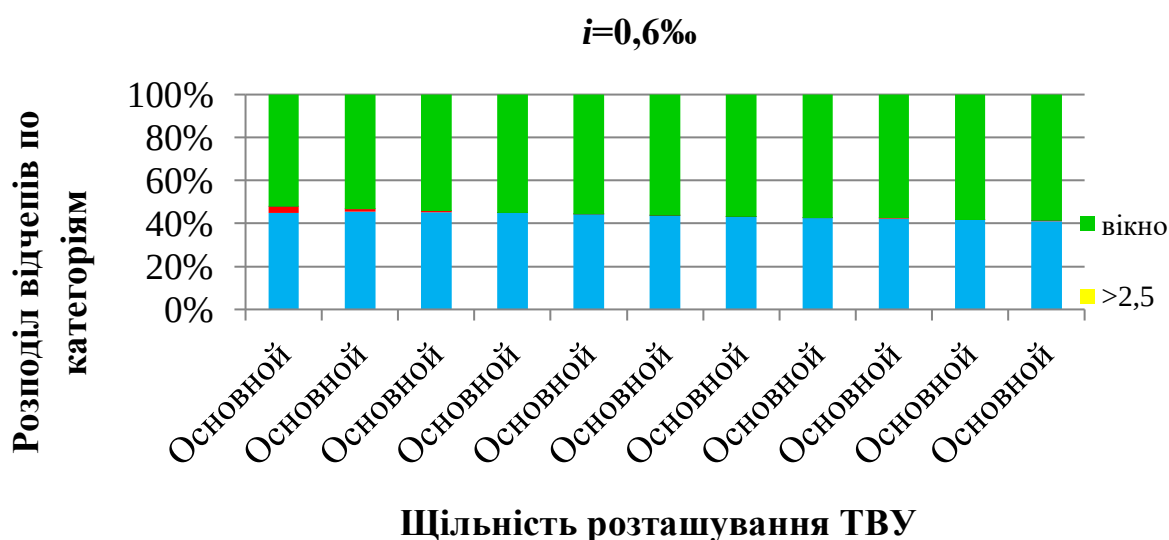


Рисунок 4.3 – Розподілу відчепів по категоріях за результатами скочування з гірки при ухилі 0,6 ‰

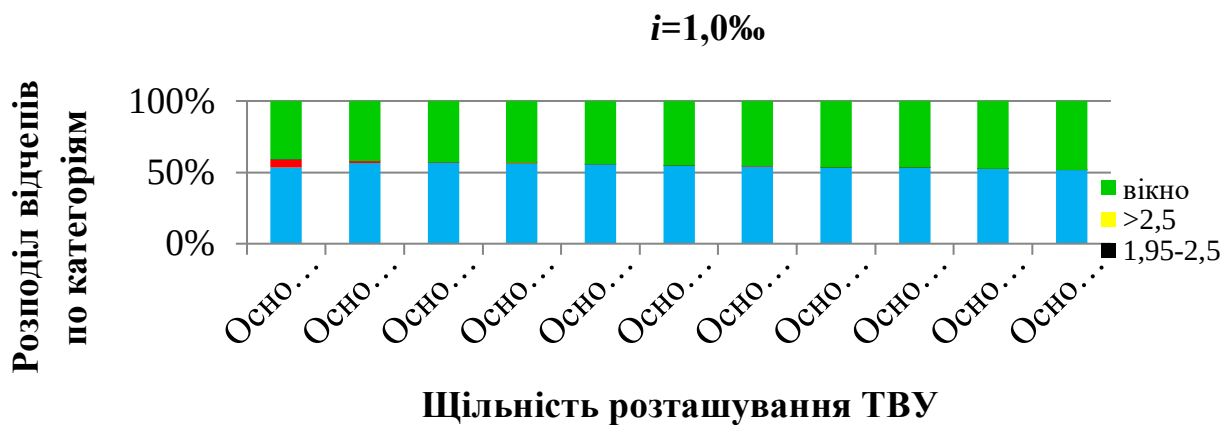


Рисунок 4.4 – Діаграма розподілу відчепів по категоріям за результатами скочування з гірки при ухилі 1 %

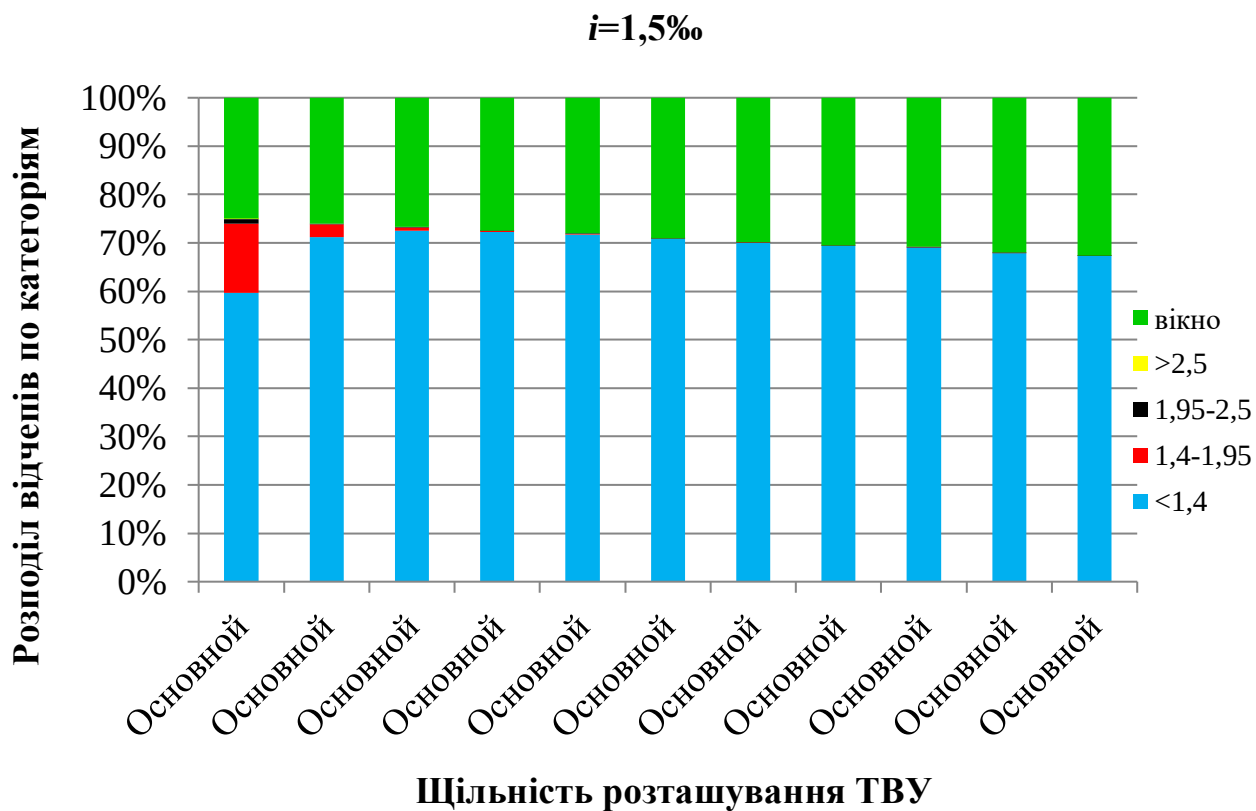
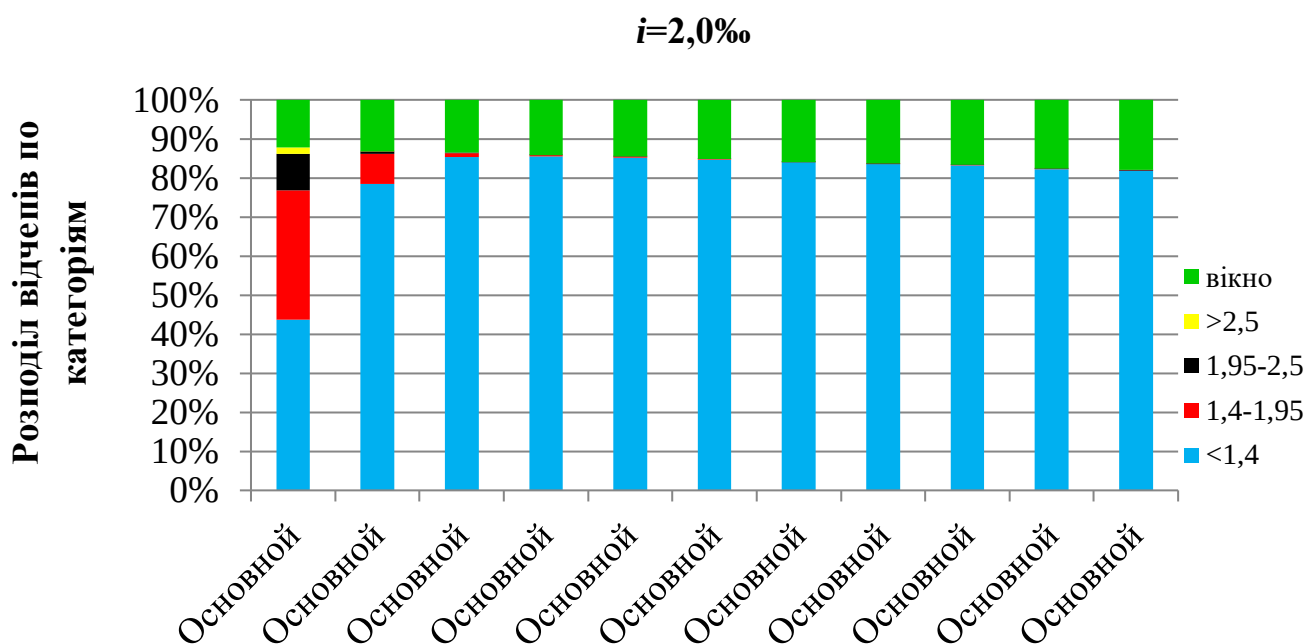


Рисунок 4.5 – Діаграма розподілу відчепів по категоріям за результатами скочування з гірки при ухилі 1,5 %



Щільність розташування ТВУ

Рисунок 4.6 – Діаграма розподілу відчепів по категоріям за результатами скочування з гірки при ухилі 2 %

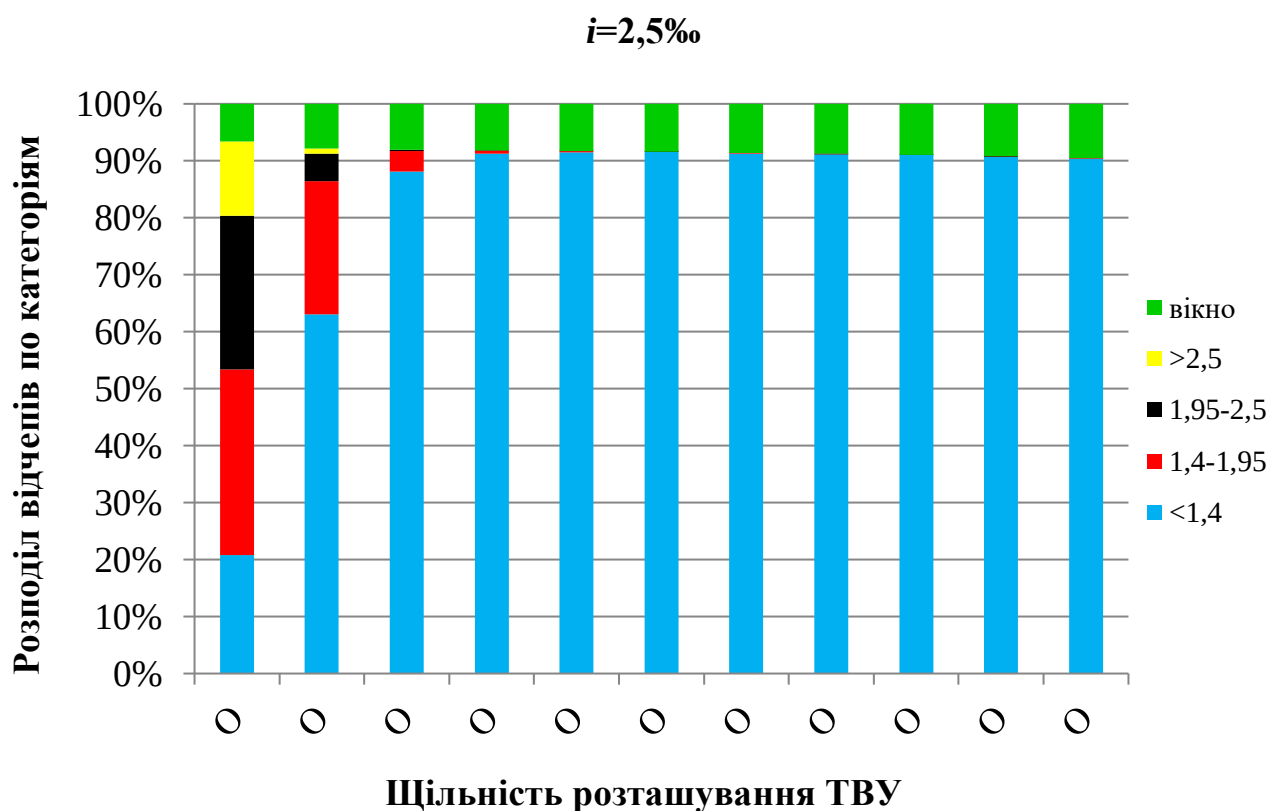


Рисунок 4.7 – Діаграма розподілу відчепів по категоріям за результатами скочування з гірки при ухилі 2,5 %

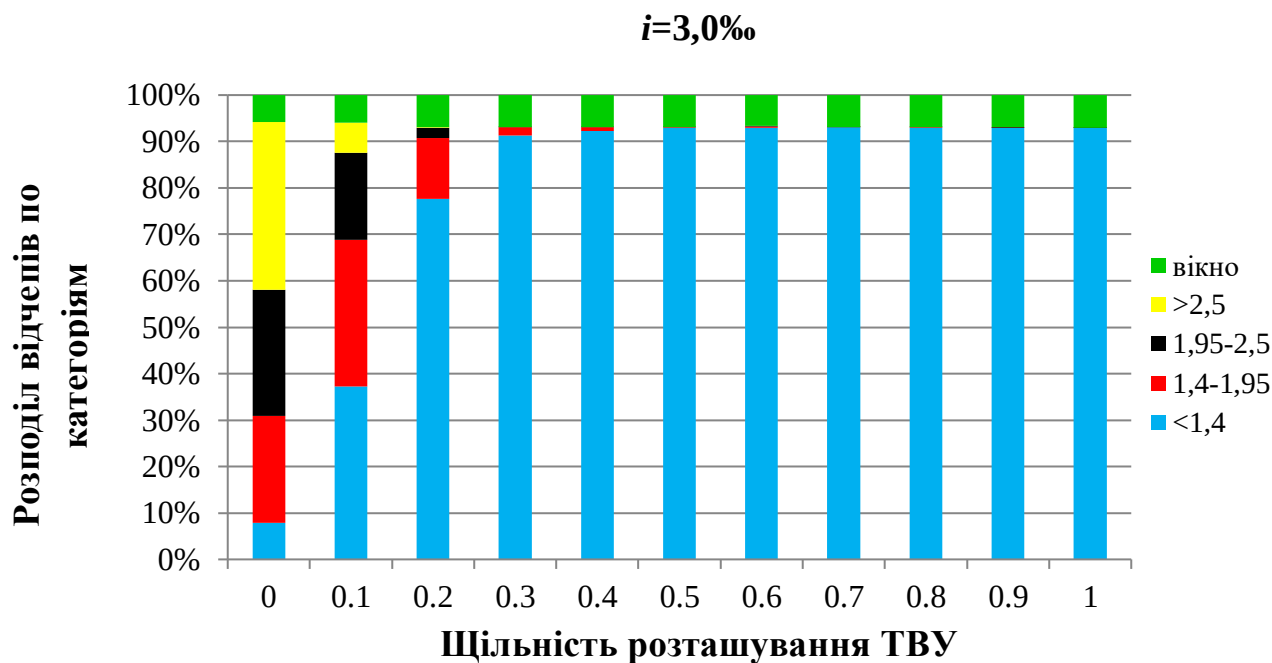


Рисунок 4.8 – Діаграма розподілу відчепів по категоріям за результатами скочування з гірки при ухилі 3,0 %

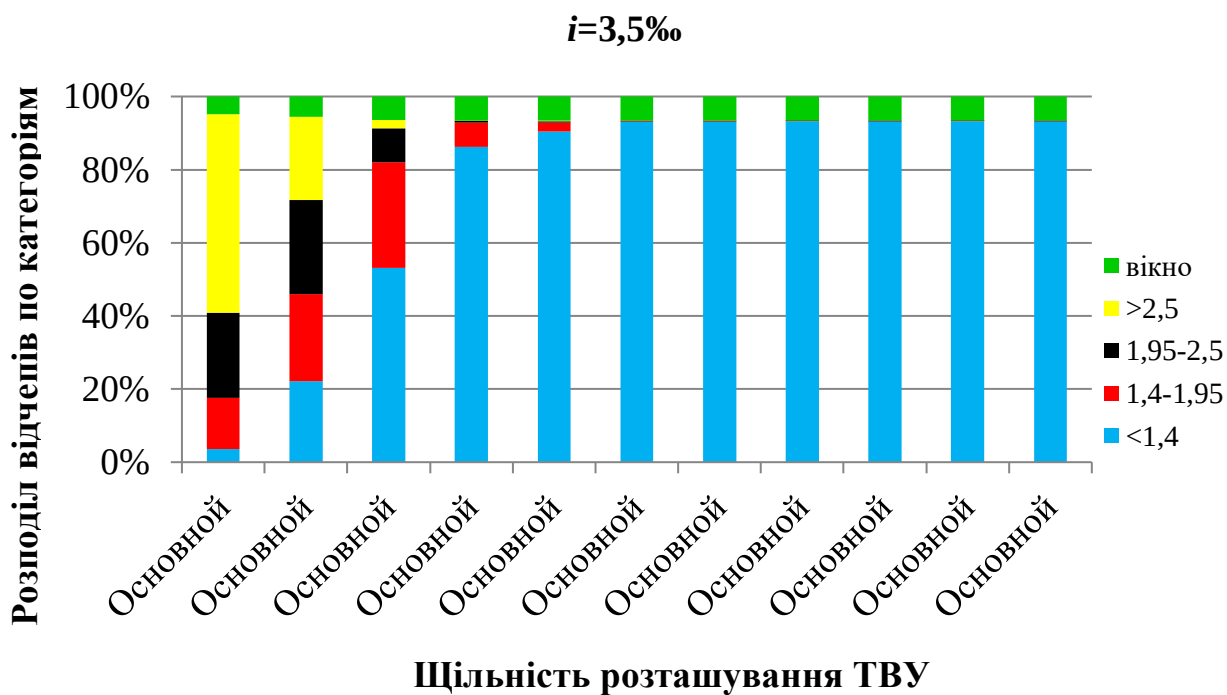
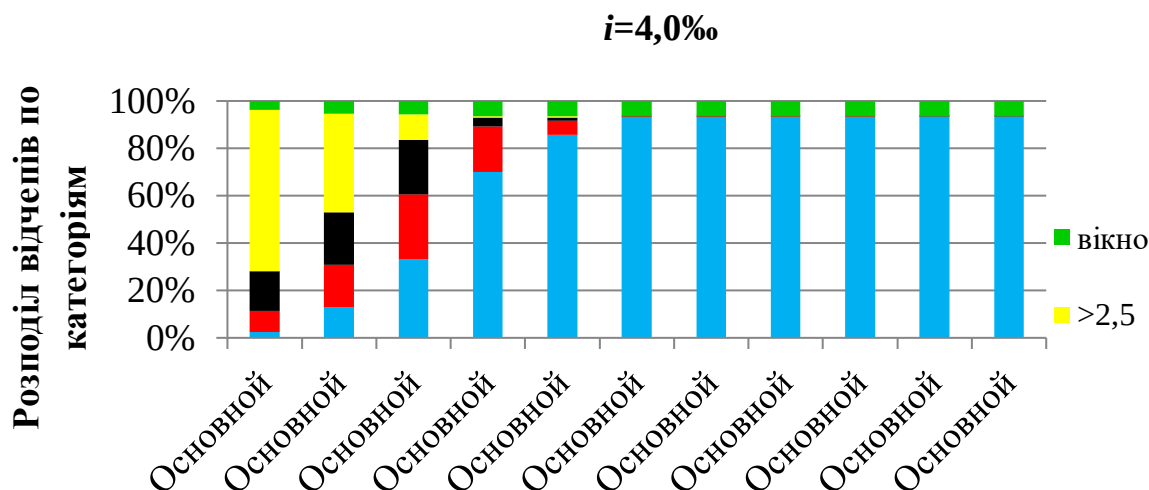


Рисунок 4.9 – Діаграма розподілу відчепів по категоріям за результатами скочування з гірки при ухилі 3,5 %



Щільність розташування ТВУ

Рисунок 4.10 – Діаграма розподілу відчепів по категоріям за результатами скочування з гірки при ухилі 4,0 %

На діаграмах показано розподіл відчепів по різних категоріям, при ухилах від 0,6–4,0 % та щільності ТВУ від 0–400 од. За даними рисунками можна спостерігати коливання розподілу відчепів з різними швидкостями, тобто відчепи які не докочуються до вагонів та утворюють вікна, з'єднуються з допустимою швидкістю, а також з'єднані з перевищенням допустимої швидкості які тим самим пошкоджують вагони при з'єднанні.

При збільшенні щільності розташування ТВУ збільшується частка відчепів, що підходять із безпечною швидкістю до відчепів на сортувальній колії : на рис. 4.3 – 4.5 відбувається коливання в межах 40 - 70%; на рис. 4.9 і 4,10 розподіл по категоріям стабілізується при частоті 0,5 од./м; на рис. 4.6 – 4.8 при частоті 0,3 од./м спостерігається помітне покращення ситуації більше 80%. Як видно на рисунках покращення починається з 2 % та щільності ТВУ 0,3 од./м, при цих параметрах ліквідуються вікна на сортувальних коліях та практично відсутні відчепи зі швидкістю яка перевищує 1,4 м/с, тобто відчепи при з'єднанні не пошкоджуються.

Дослідженням встановлено, що показники якості заповнення сортувальної колії вагонами протилежно реагують на зміні параметрів системи розподіленого регулювання швидкості.

Висновок до розділу: при збільшенні щільності розташування точкових регуляторів швидкості ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю асимптотично зростає, як і ступінь заповнення сортувальної колії вагонами, за умов наявності ТВУ на них.

Щоб одночасно покращувалися обидва показники якості заповнення вагонами сортувальних колій потрібно збільшувати і ухил сортувальної колії, і щільність розташування ТВУ. Проте дослідження залежності показників якості заповнення вагонами сортувальних колій при обладнанні їх системою розподіленого регулювання швидкості не дає однозначної відповіді стосовно того, які параметри повинна мати така система, тому що показники якості характеризують різні боки процесу заповнення сортувальної колії вагонами і не можуть безпосередньо порівнюватися між собою. Тому треба встановити ще одне обмеження на параметри системи, яке стосується окупності обладнання колій системою розподіленого регулювання швидкості відчепів.

5 ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ

Ефективність застосування систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях можливо оцінити тільки в масштабах всієї станції, а точніше всього сортувального комплексу станції. Тому для оцінки ефективності системи обрана сортувальна станція з послідовним розташуванням парку приймання і сортувального парку.

Критерієм для кількісної оцінки ефективності застосування систем розподіленого регулювання швидкості на сортувальних коліях є максимальний ефект від скорочення приведених річних експлуатаційних витрат за умови забезпечення потрібного рівня переробної здатності сортувальної гірки.

Розв'язком задачі є визначення таких параметрів системи (ухил сортувальної колії та щільність розташування ТВУ на колії), за яких досягається максимальний економічний ефект.

В дослідженні за початковий варіант приймається варіант технічного оснащення сортувальних колій з ухилом першої ділянки сортувального парку 0,6 ‰, розглянуті варіанти з відмінним профілем сортувальних колій та застосуванням ТВУ.

Капітальні та експлуатаційні витрати при порівнянні варіантів конструкції і технічного оснащення сортувальної гірки повинні визначатися по елементах витрат, що розрізняються за наступними статтями витрат:

- капітальні витрати – на засоби регулювання швидкості руху відчепів, засоби автоматизованого управління розформовуванням составів, земляні роботи при зміні висоти і профілю гірки, гіркові локомотиви;
- експлуатаційні витрати – на амортизацію, матеріали і запасні частини, технічне обслуговування і ремонт технічних засобів, простій составів в очікуванні

розформовування, витрати електроенергії на регулювання швидкості руху відчепів, відшкодування втрат від пошкодження вагонів і вантажів [43].

5.1 Розрахунок капітальних витрат на обладнання ТВПУ сортувальних колій станції та експлуатаційних витрат на їх утримання

Економія капітальних витрат у варіанті обладнання сортувальних колій системою розподіленого регулювання швидкості відчепів в порівнянні з початковим варіантом без застосування системи розподіленого регулювання швидкості відчепів:

$$\Delta K = n_{сч(1)} \cdot e_{сч(1)} - n_{сч(2)} \cdot e_{сч(2)} + n_{ск(1)} \cdot e_{ск(1)} - n_{ск(2)} \cdot e_{ск(2)} - C_{авт} + (M_{Г(1)} - M_{Г(2)})e_{Г} - \Delta v_3 e_3, \quad (5.1)$$

де $n_{сч(1)}$, $n_{ск(1)}$ – кількість засобів регулювання швидкості руху відчепів в початковому варіанті відповідно на спускній частині гірки і сортувальних коліях;

$n_{сч(2)}$, $n_{ск(2)}$ – те саме в порівнюваному варіанті;

$e_{сч(1)}$, $e_{ск(1)}$ – вартість одного засобу, встановленого відповідно на спускній частині і сортувальних коліях в початковому варіанті, *тис. грн*;

$e_{сч(2)}$, $e_{ск(2)}$ – те саме в порівнюваному варіанті, *тис. грн*;

$C_{авт}$ – капітальні витрати на оснащення гірки системою автоматизації розформовування составів, *тис. грн*;

$M_{Г(1)}$, $M_{Г(2)}$ – потрібна кількість гіркових локомотивів по варіантах;

$e_{Г}$ – вартість гіркового локомотива, *тис. грн*;

Δv_3 , e_3 – відповідно збільшення обсягів, m^3 , і вартість виконання земляних робіт, *тис. грн.*

Оскільки засоби, що використовуються в системах розподіленого (із застосуванням ТВУ) регулювання швидкості вагонів в Україні не виробляють, вартість їх можна оцінити за даними закордонного досвіду. Прийнято, що вартість одного ТВУ разом з монтажем становить 20 *тис. грн.*

В розрахунку економії капітальних витрат не враховуються витрати на земляні роботи. Також не враховується вартість маневрових локомотивів, тому що на гірці працює два маневрових локомотиви у всіх варіантах технічного оснащення. Експлуатаційні витрати на утримання ТВУ складають 10 % від їх вартості [44]. Вартість встановлення ТВУ визначається на весь сортувальний парк станції, а у сортувальному парку 22 колії.

Розрахунки вартості встановлення ТВУ на сортувальній колії та витрат на їх утримання наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Розрахунок вартості встановлення ТВУ та витрат на їх утримання

Кількість ТВУ, од.	Вартість встановлення ТВУ, <i>тис. грн</i>	Витрати на їх утримання, <i>тис. грн</i>
0	0	0
40	360	36
80	720	72
120	1080	108
160	1440	144
200	1800	180
240	2160	216
280	2520	252
320	2880	288
360	3240	324
400	3600	360

5.2 Розрахунок економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з пошкодженням вагонів

Втрати від пошкодження вагонів на гірках складаються з вартості ремонту вагонів, додаткових витрат на вагонний парк для компенсації втрат через простій в ремонті, а також втрат оборотних коштів для галузі в результаті затримок в доставці вантажів клієнтурі [45].

Кількість пошкоджених вагонів на 10 000 перероблених на гірці розраховується за формулою [46]:

$$n_{\text{пошк}} = 0,00143 \cdot \bar{V}_{\text{підх}}^{3,865},$$

де $\bar{V}_{\text{підх}}$ – середня швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії, км/год.

За допомогою моделі скочування відчепів з гірки підраховано кількість пошкоджених вагонів на 10 000 розформованих. Розподіл цієї кількості по варіантах наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Кількість пошкоджених вагонів на 10 000 перероблених

Щільність ТВУ, r , од./м	Ухил, i ‰							
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	16,65	30,15	114,9	699,5	2545,5	4803,7	6422,5	7516,8
0,1	6,95	9,5	16,2	71,05	401,4	1550,35	3424,95	5132,6
0,2	3,25	4,9	5,75	6,85	28,4	175	749,3	2117,55
0,3	1,8	2,55	2,65	2,75	4,05	10,3	53,9	290,05
0,4	1,6	2,35	2,55	2,65	3,4	7,35	33,8	131,3
0,5	1,2	2,25	2,45	2,55	3,05	4,25	6,65	7,05
0,6	0,8	2,15	2,25	2,4	2,6	3,05	3,4	3,6

Продовження таблиці 5.2

0,7	0,8	2,05	2,15	2,25	2,4	2,6	2,75	2,85
0,8	0,8	1,6	1,8	2,05	2,25	2,4	2,65	2,75
0,9	0,75	1,55	1,6	1,75	1,8	2,25	2,4	2,65
1,0	0,75	1,45	1,5	1,65	1,75	2,05	2,25	2,4

Кількість пошкоджених вагонів за рік при добовій переробці N вагонів розраховується за формулою [5.2]

$$N_{\text{пошк}} = \frac{N \cdot 365}{10000} \cdot n_{\text{пошк}} = 0,0365 \cdot N \cdot n_{\text{пошк}}, \quad (5.2)$$

де $n_{\text{пошк}}$ – кількість пошкоджених вагонів на 10 000 розформованих;

N – добова переробка вагонів на сортувальній гірці, $N=1200$ вагонів/добу.

Результати розрахунку наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Кількість пошкоджених вагонів за рік

Щільність ТВУ, r , од./м	Ухил, i ‰							
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	730	1321	5033	30638	111493	210402	281306	329236
0,1	305	416	710	3112	17582	67906	150013	224808
0,2	143	215	252	300	1244	7665	32820	92749
0,3	79	112	116	121	178	452	2361	12704
0,4	70	103	112	116	149	322	1481	5751
0,5	53	99	108	112	134	186	292	309
0,6	35	95	99	106	114	134	149	158
0,7	35	90	94	99	106	114	121	125
0,8	35	70	79	90	99	106	116	121
0,9	33	68	70	77	79	99	106	116
1,0	33	64	66	73	77	90	99	106

Графіки залежностей кількості пошкоджених вагонів за рік від параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях наведені на рисунку 5.1.

Аналізуючи графіки на рис. 5.1, можна відмітити, що кількість пошкоджених вагонів без ТВУ на сортувальній колії різко зростає при збільшенні ухилу. Але за їх наявності кількість пошкоджених вагонів наближається до нуля. Отже ТВУ виконують свої функції.

Витрати на ремонт вагонів (*тис. грн*) визначаються за формулою [5.3]

$$З = N_{\text{пошк}} \cdot C_p, \quad (5.3)$$

де C_p – вартість ремонту одного вагона, $C_p = 70$ *тис. грн*;

$N_{\text{пошк}}$ – кількість пошкоджених вагонів на 10 000 перероблених за рік.

Результати розрахунків по варіантах наведено в таблиці 5.4.

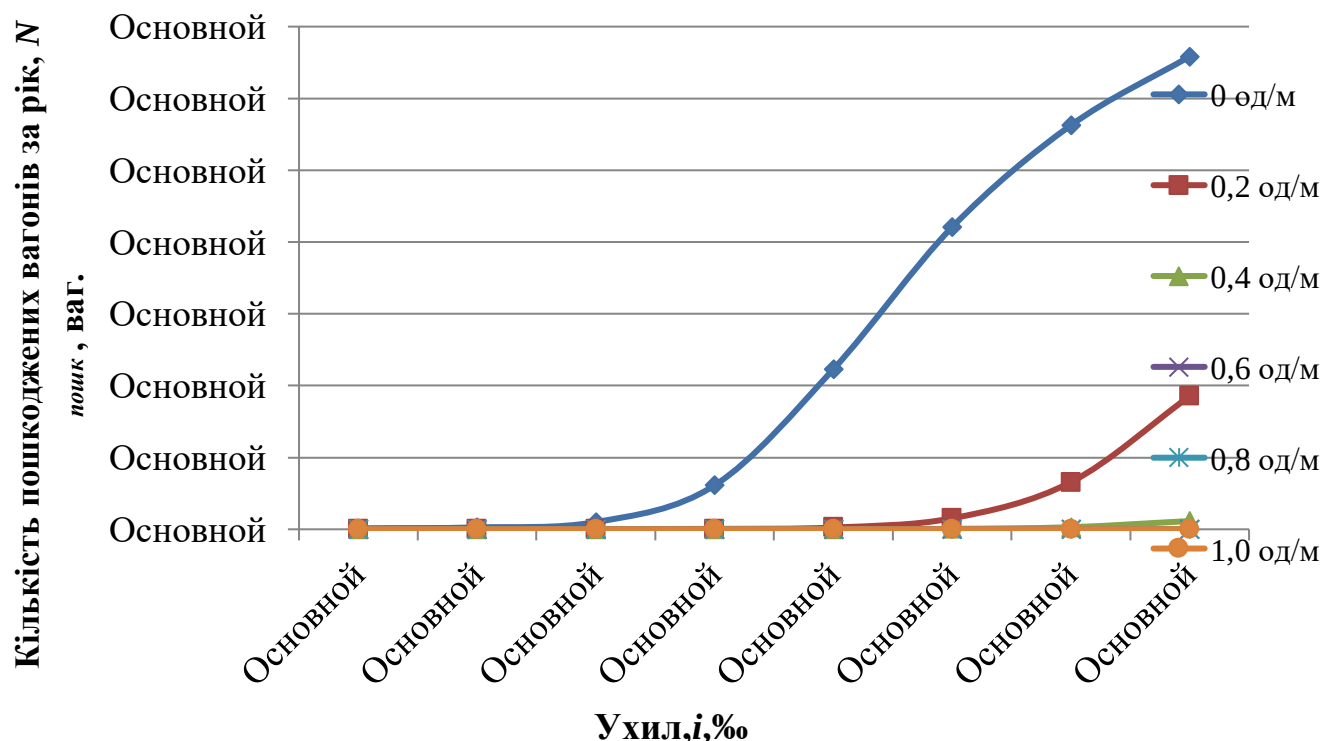


Рисунок 5.1 – Графік залежності кількості пошкоджених вагонів за рік від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ.

Таблиця 5.4

Витрати на ремонт вагонів, *тис. грн.*

Щільність ТВУ, r , $од./м$	Ухил, i ‰							
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	51100	92470	352310	2144660	7804510	14728140	19691420	23046520
0,1	21350	29120	49700	217840	1230740	4753420	10500910	15736560
0,2	10010	15050	17640	21000	87080	536550	2297400	6492430
0,3	5530	7840	8120	8470	12460	31640	165270	889280
0,4	4900	7210	7840	8120	10430	22540	103670	402570
0,5	3710	6930	7560	7840	9380	13020	20440	21630
0,6	2450	6650	6930	7420	7980	9380	10430	11060
0,7	2450	6300	6580	6930	7420	7980	8470	8750
0,8	2450	4900	5530	6300	6930	7420	8120	8470
0,9	2310	4760	4900	5390	5530	6930	7420	8120
1,0	2310	4480	4620	5110	5390	6300	6930	7420

Додаткові витрати на вагонний парк (*тис. грн*) для компенсації втрат через простій в ремонті:

$$K_B = B \cdot \Pi_B, \quad (5.4)$$

де B – втрати перевізних ресурсів через відчеплення вагонів в ремонт;

Π_B – середньозважена вартість вагона, $\Pi_B = 300$ *тис. грн.*

$$B = \frac{N_{\text{пошк}} \cdot t_{\text{пт}}}{0,95 \cdot 8\,760}, \quad (5.5)$$

де $t_{\text{пт}}$ – загальний простій вагона в поточному ремонті, $t_{\text{пт}} = 13,3$ *год*;

0,95·8 760 – річний фонд робочого часу вагону.

Результати розрахунків по варіантах наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Додаткові витрати на вагонний парк, *тис. грн.*

Щільність ТВУ, r , <i>од./м</i>	Ухил, i ‰							
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	350	634	2413	14690	53456	100878	134873	157853
0,1	146	200	340	1492	8430	32558	71924	107785
0,2	69	103	121	144	597	3675	15736	44469
0,3	38	54	56	58	85	217	1132	6091
0,4	34	50	54	56	72	155	710	2757
0,5	25	48	52	54	64	89	140	148
0,6	17	46	48	51	55	64	72	76
0,7	17	43	45	48	51	55	58	60
0,8	17	34	38	43	48	51	56	58
0,9	16	33	34	37	38	48	51	56
1,0	16	31	32	35	37	43	48	51

Втрати обігових коштів (*тис. грн*) для галузі в результаті затримок в доставці вантажів клієнтурі визначаються за формулою:

$$K_{об} = \frac{\Gamma \cdot \Pi_T \cdot t_{пт}}{0,95 \cdot 8760} \cdot N_{пошк}, \quad (5.6)$$

де Γ – розмір вантажної маси, що перевозиться у вагоні, $\Gamma = 65$ т;

Π_T – вартість 1 т вантажної маси, що перевозиться у вагоні,

$\Pi_T = 0,192$ *тис. грн.*

Результати розрахунків по варіантах наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6

Втрати обігових коштів для галузі в результаті затримок в доставці вантажів клієнтурі, *тис. грн.*

Щільність ТВУ, r , <i>од./м</i>	Ухил, i ‰							
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	14,6	26,4	100,4	611,1	2223,8	4196,5	5610,71	6566,7
0,1	6,1	8,3	14,2	62,1	350,7	1354,4	2992,04	4483,84
0,2	2,9	4,3	5,03	6	24,81	152,9	654,6	1849,9
0,3	1,6	2,23	2,31	2,41	3,6	9,02	47,1	253,4
0,4	1,4	2,1	2,23	2,31	3	6,42	29,54	114,7
0,5	1,1	2	2,15	2,23	2,7	3,71	5,82	6,2
0,6	0,7	1,9	2	2,11	2,3	2,7	3	3,2
0,7	0,7	1,8	1,9	2	2,11	2,3	2,41	2,5
0,8	0,7	1,4	1,58	1,8	2	2,11	2,31	2,41
0,9	0,66	1,35	1,4	1,54	1,58	2	2,11	2,31
1,0	0,66	1,28	1,32	1,46	1,54	1,8	2	2,11

Економію річних експлуатаційних витрат (*тис. грн*), пов'язаних з пошкодженням вагонів, по варіантах розраховано як різницю в порівнянні за початковим варіантом [47] за формулою [5.7]

$$\Delta E_B = (K_{об(1)} + K_{в(1)} + Z_{(1)}) - (K_{об(2)} + K_{в(2)} + Z_{(2)}), \quad (5.7)$$

де $K_{об(1)}$, $K_{в(1)}$, $Z_{(1)}$ – відповідно витрати обігових коштів, витрати на вагонний парк, та на ремонт вагонів в початковому варіанті конструкції;

$K_{об(2)}$, $K_{в(2)}$, $Z_{(2)}$ – відповідно витрати обігових коштів, витрати на вагонний парк, та на ремонт вагонів в варіантах конструкції, що розглядаються.

За початковий варіант ухил 0,6 ‰, без установки ТВУ.

Результати розрахунку економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з пошкодженням вагонів, по варіантах наведено в таблиці 5.7.

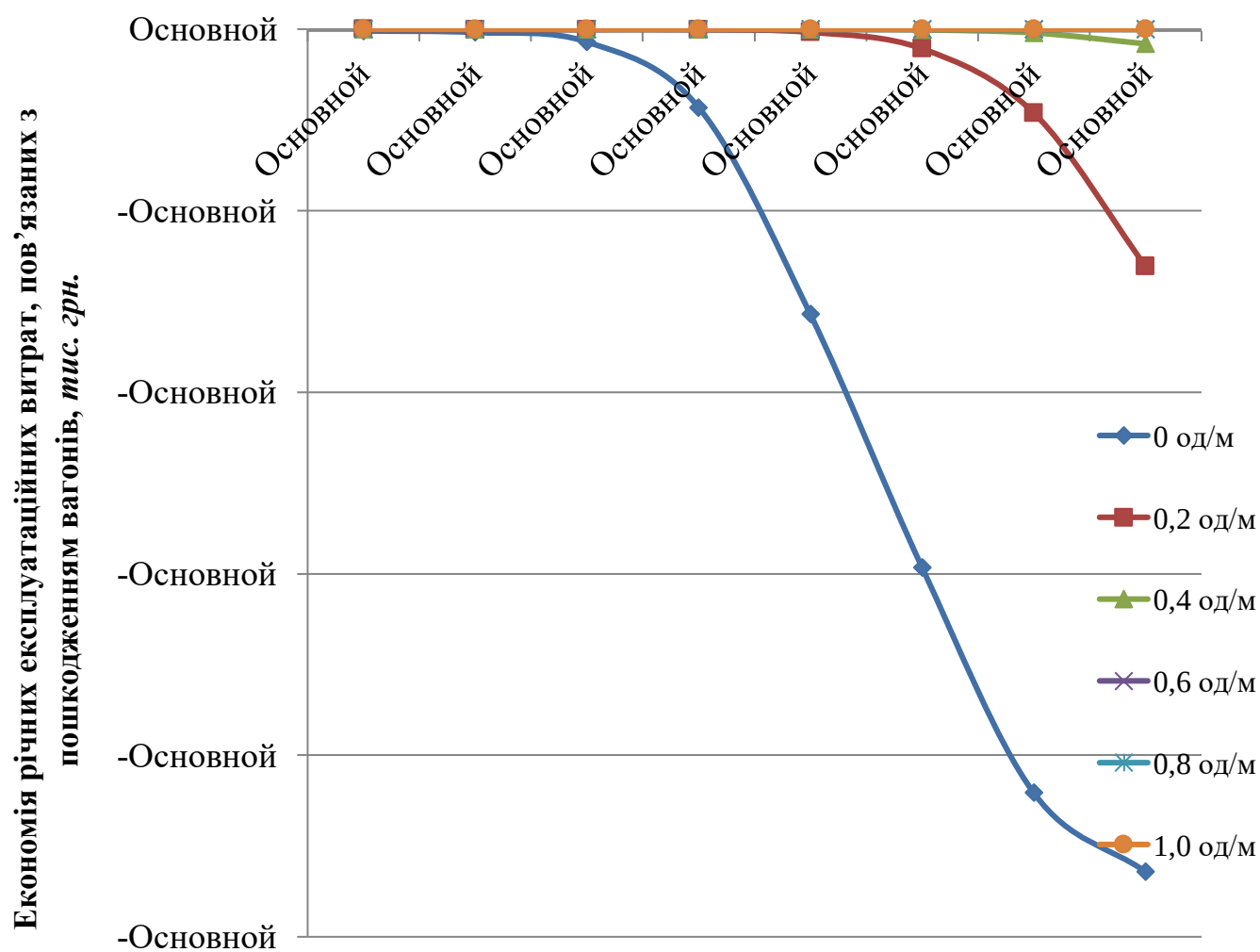
За даними табл. 5.7 побудовано графік залежності економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з пошкодженням вагонів, від ухилу першої ділянки сортувальної колії та щільності розташування ТВУ (рисунок 5.2).

Аналізуючи графік можливо відмітити, що витрати на ремонт вагонів, вагонний парк та обігових коштів галузі зменшуються від збільшення щільності розташування ТВУ і від зменшення ухилу першої ділянки сортувальної колії.

Таблиця 5.7

Економія річних експлуатаційних витрат, пов'язаних
з пошкодженням вагонів, *тис. грн*

Щільність ТВУ, r , <i>од./м</i>	Ухил, i ‰							
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	0	-41666	-303359	-2108497	-7808725	-14781750	-20990439	-23159475
0,1	29963	22136	1410	-167930	-1188056	-4735868	-10524361	-15797364
0,2	41383	36307	33699	30315	-36237	-488913	-2262326	-6487284
0,3	45895	43568	43286	42934,2	38916	19599	-114985	-844160
0,4	46529	44203	43568	43286	40960	28763	-52945	-353977
0,5	47729	44485	43851	43568	42018	38352	30879	29680
0,6	48997	44767	44485	43992	43427	42018	40960	40325
0,7	48997	45120	44838	44485	43992	43427	42934	42652
0,8	48997	46529	45895	45120	44485	43992	43286	42934
0,9	49138	46670	46529	46036	45895	44485	43992	43286
1,0	49138	46952	46811	46318	46036	45120	44485	43992



Ухил, i , ‰

Рисунок 5.2 – Графік залежності економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з пошкодженням вагонів, від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ.

5.3 Розрахунок економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з простоем составів в парку приймання сортувальної станції

Зміна тривалості простою составів в парку приймання у варіанті, що розглядається, відбудеться при зростанні або скороченні гіркового технологічного інтервалу t_r в порівнянні з початковим варіантом [46].

Для відомих розрахункових розмірів переробки составів за добу n_p ($n_p=36$ *составів*) і зміни гіркового технологічного інтервалу від $t_{r(1)}$ в початковому варіанті до $t_{r(2)}$ в тому варіанті, що розглядається, простій составів в очікуванні розформовування зміниться на величину $\Delta t_{\text{пш}}$, *год*:

$$\Delta t_{\text{пш}} = 0,000125 \cdot n_p^2 \cdot (t_{r(1)}^2 - t_{r(2)}^2) - 0,1568 \cdot n_p \cdot (t_{r(1)} - t_{r(2)}). \quad (5.8)$$

Розрахунки $t_{r(1)}$, $t_{r(2)}$ наведено в додатку В.

Результати розрахунків $\Delta t_{\text{пш}}$ наведено в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8

Скорочення часу простою составів в парку приймання, *год*

Щільність ТВУ, r , <i>од./м</i>	Ухил, i ‰							
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	0	1,513	3,536	4,728	5,331	5,495	5,606	5,716
0,1	-0,361	1,137	3,374	4,619	5,111	5,331	5,385	5,495
0,2	-0,515	1,040	3,267	4,565	5,111	5,166	5,221	5,331
0,3	-0,720	0,883	3,160	4,511	5,056	5,166	5,166	5,221
0,4	-0,874	0,727	3,053	4,511	5,056	5,166	5,166	5,221
0,5	-1,027	0,571	2,946	4,402	5,056	5,166	5,166	5,221
0,6	-1,180	0,415	2,839	4,347	5,002	5,166	5,166	5,221

На графіку (див. рис. 5.3) чітко простежується тенденція скорочення простою составів в парку приймання із збільшенням ухилу сортувальних колій. Щільність розташування ТВУ на сортувальній колії майже не впливає на цей показник.

Економія витрат від скорочення тривалості простою составів в парку приймання у разі зменшення гіркового технологічного інтервалу в порівнянні з початковим варіантом $\Delta E_{\text{пп}}$, (тис. грн) розраховується за формулою [5.10]

$$\Delta E_{\text{пп}} = 0,365 n_p \cdot m_c \cdot \Delta t_{\text{пп}} \cdot e_{\text{в-год}}, \quad (5.9)$$

де $e_{\text{в-год}}$ – вартість 1 вагоно-години, $e_{\text{в-год}} = 0,79$ грн.

Результати розрахунків по варіантах наведено в таблиці 5.9.

На рисунку 5.4 представлені залежності економії витрат від скорочення часу простою составів в парку приймання від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ, побудовані за даними табл. 5.9.

Таблиця 5.9

Економія витрат від скорочення часу простою составів в парку приймання,
тис. грн

Щільність ТВУ, r , од./м	Ухил, i ‰							
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	0	863,8	2018,8	2699,4	3043,6	3137,3	3200,7	3263,5
0,1	-206,1	649,2	1926,3	2637,1	2918,0	3043,6	3074,5	3137,3
0,2	-294,0	593,8	1865,2	2606,3	2918,0	2949,4	2980,8	3043,6
0,3	-411,1	504,1	1804,2	2575,5	2886,6	2949,4	2949,4	2980,8
0,4	-499,0	415,1	1743,1	2575,5	2886,6	2949,4	2949,4	2980,8
0,5	-586,3	326,0	1682,0	2513,2	2886,6	2949,4	2949,4	2980,8
0,6	-673,7	236,9	1620,9	2481,8	2855,8	2949,4	2949,4	2980,8
0,7	-731,9	177,6	1529,0	2450,4	2855,8	2949,4	2949,4	2980,8
0,8	-790,2	116,5	1467,9	2419,0	2855,8	2949,4	2949,4	2980,8

Продовження таблиці 5.9

0,9	-877,5	0	1375,9	2387,6	2825,0	2949,4	2949,4	2980,8
1,0	-964,9	-88,5	1284,0	2356,2	2794,2	2949,4	2949,4	2980,8

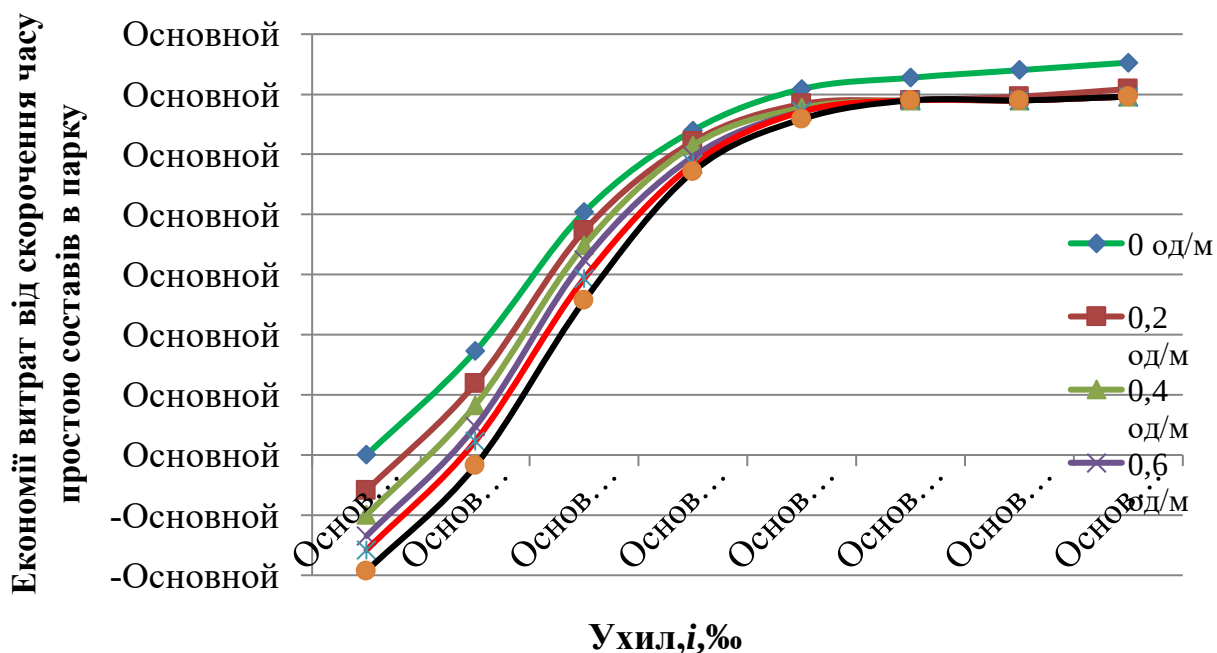


Рисунок 5.4 – Графік залежності економії витрат від скорочення часу простою составів в парку приймання від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ

Із збільшенням ухилу першої ділянки сортувальної колії та щільності розташування ТВУ гірковий технологічний цикл зменшується за рахунок зменшення кількості та тривалості маневрових пересувань, зв'язаних з осаджуванням і підтягуванням вагонів. В початковому варіанті щільність розташування ТВУ дорівнює нулю, ухил сортувальної колії 0,6 %. При скороченні гіркового технологічного циклу скорочується простій составів в парку приймання в очікуванні розформування. Це в свою чергу призводить до зменшення витрат, пов'язаних з простоем составів в парку приймання в очікуванні розформування. Як видно з графіків (рис. 5.4), оснащення колії ТВУ призводить до скорочення витрат по всім варіантам. Також можна відмітити, що значне скорочення витрат

відбувається за умов збільшення ухилу сортувальних колій від 0,6 ‰ до 2 ‰. При подальшому збільшенні ухилу від 2,5 ‰ до 4,0 ‰ скорочення уже незначне

5.4 Розрахунок економії приведених річних експлуатаційних витрат

Після визначення всіх видів річних експлуатаційних та капітальних витрат по кожному з варіантів технічного оснащення сортувальних колій системою розподіленого регулювання швидкості відчепів розраховано економію приведених річних експлуатаційних витрат:

$$E_{\text{пр}} = \Delta E_{\text{в}} + \Delta E_{\text{пп}} + e_{\text{н}} K_{\text{вст}} + K_{\text{утр}}, \quad (5.10)$$

де $K_{\text{утр}}$ та $K_{\text{вст}}$ – економія витрат на утримання та встановлення ТВУ відповідно. $K_{\text{утр}}$ та $K_{\text{вст}}$ наведені в табл. 5.1;

$e_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт окупності, $e_{\text{н}} = 0,1$.

Результати розрахунку приведених річних експлуатаційних витрат наведено в таблиці 5.10.

За даними табл. 5.10 побудуємо графік залежності приведених річних експлуатаційних витрат від ухилу першої ділянки сортувальної колії та щільності розташування ТВУ (рисунок 5.5).

Таблиця 5.10

Економія приведених річних експлуатаційних витрат, *млн грн*

Щільність ТВУ, r , од./м	Ухил, i ‰							
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0	0	-40802	-301340	-2105798	-7805681	-14778613	-20987246	-23156212
0,1	29829	22857	3408	-165221	-1185138	-4732752	-1052122	-15794155
0,2	41233	37045	35708	33065	-33175	-485820	-2259201	-6484096
0,3	45700	44288	45306	45726	42019	22764	-111820	-840963
0,4	46318	44906	45599	46150	44135	32000	-49708	-350708
0,5	47503	45171	45893	46441	45265	41661	34188	33021
0,6	48755	45436	46538	46906	46715	45399	44341	43738
0,7	48769	45802	46871	47439	47352	46880	46387	46137
0,8	48783	47222	47939	48115	47917	47517	46811	46491
0,9	48909	47318	48553	49072	49368	48082	47589	46915
1,0	48893	47584	48815	49394	49550	48789	48154	47693

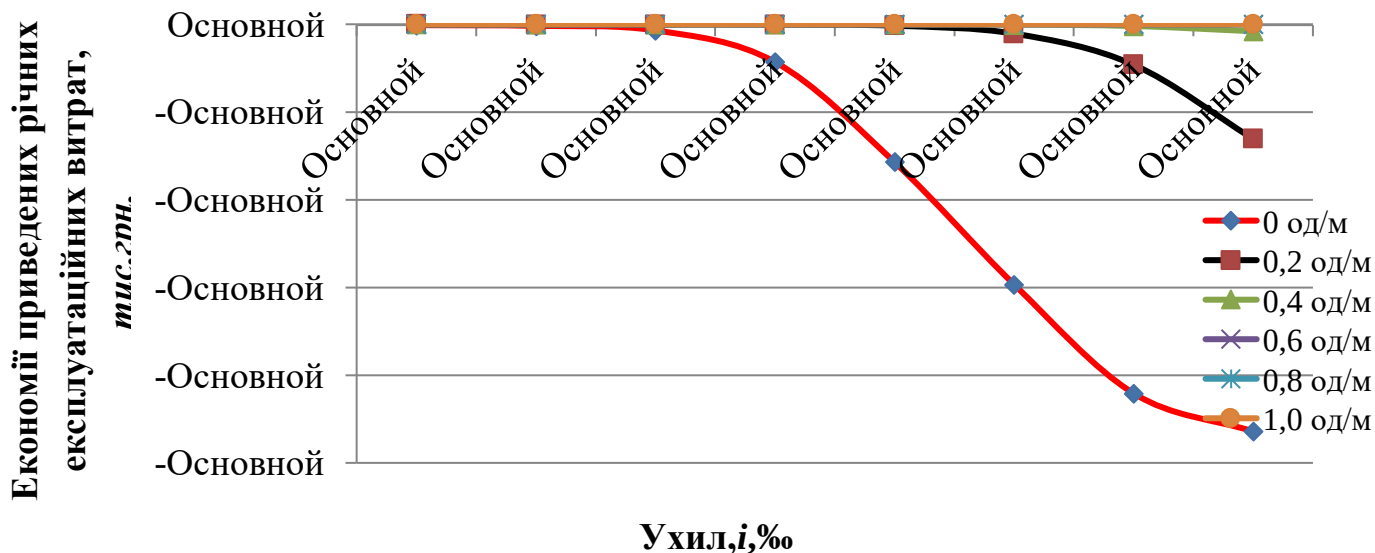


Рисунок 5.5 – Графік залежності економії приведених річних експлуатаційних витрат від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ

Висновок до розділу: варіант оснащення сортувальних колій системою розподіленого регулювання швидкості відчепів буде більш ефективним в порівнянні з початковим варіантом, якщо його застосування приведе до економії приведених річних експлуатаційних витрат.

Якщо проаналізувати графік залежності приведених річних експлуатаційних витрат від ухилу та щільності розташування ТВУ (рис. 5.5), можна помітити, що залежності не мають екстремального характеру. Приведені річні експлуатаційні витрати лишаються приблизно на одному і тому ж рівні незалежно від ухилу колії за умов достатньої щільності розташування ТВУ (>160 од/м).

Приведені річні експлуатаційні витрати різко зростають, коли щільності ТВУ недостатньо для того, щоб утримувати швидкість відчепів в допустимих межах. Витрати зростають за рахунок різкого збільшення кількості пошкоджених вагонів.

В цілому приведені річні експлуатаційні витрати в більшості варіантів вище в порівнянні з базовим варіантом, що свідчить про недоцільність використання ТВУ на сортувальних коліях з ухилами, близькими до нормативного значення.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ НА СОРТУВАЛЬНІЙ СТАНЦІЇ

Охорона праці – це система законодавчих та нормативних заходів по створенню умов, забезпечуючи безпеку, збереження здоров'я та працездатність людини в процесі виконання виробничих обов'язків.

Законодавча база з охорони праці України налічує ряд законів, основним з яких є: Конституція, Закон України «Про охорону праці» [48], Кодекс законів про працю (КЗпП) [49], а також Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві» [50]. Їх доповнюють державні нормативні акти – це стандарти, інструкції, правила, норми, положення, статuti та інші, яким надано чинність правових норм.

Закон України «Про охорону праці» є одним із найважливіших актів законодавства про охорону праці. Він визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, за участю відповідних державних органів регулює відносини між власником підприємства, установи чи організації або уповноваженим органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні

6.1 Небезпечні та шкідливі фактори під час виконання маневрової роботи на станції

На залізничному транспорті безпека руху – основна умова експлуатації і безперебійної роботи залізниці, яка безпосередньо пов'язана з охороною праці

робітників залізничного транспорту, тому що при аваріях чи інших браках в поїзній або маневровій роботі нерідко трапляються нещасні випадки з людьми, в тому числі з залізничниками.

Небезпечний виробничий фактор, згідно ДСТУ 2293-99. «Охорона праці. Терміни та визначення понять» [51], – фактор, вплив якого на робітника за певних умов може призвести до травм (порушення цілісності організму), гострому отруєнню або до іншого раптового чи різкого погіршення стану здоров'я. Шкідливий виробничий фактор – фактор, який за певних умов може призвести до захворювання (професійного), пониження працездатності, та (або) негативного впливу на потомство [51]. Особливо небезпечними на залізничному транспорті є роботи пов'язані безпосередньо з рухом поїздів, маневровою роботою, гальмуванням вагонів з використанням гальмівних башмаків, оглядом вагонів при прийомі поїздів в комерційному відношенні, ремонтними роботами, пов'язаними з усуненням несправностей в вагонах транзитних поїздів, та робіт, пов'язаних з електрикою і високою напругою.

Працівники залізниці, як правило, працюють позмінно в денні та нічні зміни. Вечірні та нічні періоди роботи є більш небезпечними, ніж денні. Тому керівники станцій приймають заходи по створенню безпечних умов праці. В першу чергу це інформування робітників про небезпечні місця на станції та на територіях, що обслуговуються робітниками станції.

Для створення безпечних умов праці складача поїздів при розпусканні вагонів з гірки використовується спеціальна вилка, що виключає необхідність заходу складача в міжвагонний простір при рухові состава, а для роз'єднання автозчеплювальних пристосувань в випадках їх несправності використовується спеціальна вилка з гачком.

Робітники, що працюють на відкритому просторі, користуються спецодягом та спецвзуттям, рукавицями, плащами в відповідності до строків їх використання. Крім того, для робітників станції передбачені спеціальні жилети безпеки

оранжевого кольору, що забезпечують взаємний контроль за переміщенням робітників станції.

Для робітників станції при проході на робочі місця розроблені спеціальні маршрути проходу з визначенням їх табличками – дороговказами, які забезпечують безпечний прохід з використанням мостів чи тунелів (якщо вони є на станції).

При супроводі маневрового состава складач поїздів повинен знаходитись на перехідній площадці вагону. Категорично забороняється стояти на залізничній платформі або сидіти на борту платформи при рухові состава.

В останній час складачі поїздів забезпечені переносними радіостанціями і мають прямий зв'язок з машиністи маневрового локомотиву та маневровим диспетчером (черговим по станції), що значно зменшує ризик травмування складача поїздів при виникненні нестандартних ситуацій в роботі.

До об'єктів підвищеної небезпеки які можуть впливати на робітників станції можна віднести: рухомий склад, що рухається, та транспортні засоби, машини, механізми та контактну мережу, трансформатори.

Особливо небезпечно виконувати маневрову роботу взимку. Необхідно робочі зони і зони проходу робітників станції очищати від снігу та посипати піском чи сіллю, дрібним гравієм. Не наступати на головки рейок, не допускати сходу з маневрового состава при рухові, користуватись спеціальними перехідними площадками на вагонах для супроводу маневрового складу.

Безпека руху та охорона праці на залізничному транспорті тісно пов'язані між собою і забезпечуються точним і неухильним виконанням вимог ПТЕ [52] та Інструкцій з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України [53] та Інструкції по сигналізації на залізницях України, також інструкцій з охорони праці [54], які є нормативним документом при виконанні своїх обов'язків. Робітники, пов'язані з рухом поїздів, несуть в межах своїх обов'язків особисту відповідальність за безпеку руху. Коли існує загроза життю людей або безпеці руху

кожен залізничник повинен прийняти необхідні заходи для зупинки поїзда або інші заходи, щоб попередити виникнення надзвичайних ситуацій.

6.2 Організаційно-технічні заходи по забезпеченню охорони праці

Заходи по попередженню випадків травмування при експлуатації об'єктів залізничного транспорту і транспортного будівництва умовно розподіляються на 5 основних груп:

- 1) організаційні;
- 2) технічні;
- 3) санітарно-гігієнічні;
- 4) економічні;
- 5) правові;

Організаційні заходи

До організаційних заходів відноситься робота по вихованню у кожного члена виробничого колективу почуття високої відповідальності за особисту безпеку та безпеку людей, які працюють поряд, за неухильне виконання норм і правил охорони праці, дотримання трудової і виробничої дисципліни згідно з НПАОП 0.00-4.15-98. «Положення про розробку інструкцій з охорони праці» [55].

Якість цієї роботи забезпечується ретельним дотриманням встановленого порядку навчання працівників правилам охорони праці, проведення належних інструктажів та перевірки знань з охорони праці, забезпечення робітників необхідними інструкціями з охорони праці, розробкою та приміненням ефективного трьохступінчатого оперативного контролю за станом охорони праці на виробничих місцях.

При цьому необхідно більше уваги приділяти використанню та розповсюдженню досвіду роботи колективів, які досягли повної ліквідації виробничого травматизму. Проводити колективні збори, на яких необхідно аналізувати стан охорони праці і вирішувати питання широкого примінення стандартів безпечної праці та передових методів роботи, пов'язаних з безпечним їх виконанням.

Важливу роль в навчанні безпечним прийомам праці відіграють кабінети по охороні праці та наявність на робочих місцях куточків з охорони праці, оснащені сучасним обладнанням та іншими наочними посібниками.

Технічні заходи

Технічні заходи включають розробку та впровадження комплексної механізації і автоматизації важких, шкідливих та монотонних робіт, а також обладнань і пристосувань, виключаючи необхідність знаходження виконавців в зонах з шкідливими та небезпечними виробничими факторами.

Велике значення при цьому має створення безпечної техніки, удосконалення діючих технологічних процесів в відповідності до вимог охорони праці.

Санітарно-гігієнічні заходи

Згідно НПАОП 0.00-6.23-92 – «Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці» [56], санітарно-гігієнічні заходи передбачають створення нормальних метеорологічних умов на робочих місцях і в приміщеннях. Для цього організовується ефективна вентиляція виробничих приміщень та робочих місць, впроваджуються заходи по зниженню рівня шуму і вібрації, облаштовуються ефективні джерела світла, впроваджуються нові технологічні процеси з заміною шкідливих речовин нешкідливими або менш шкідливими, виконується систематичний контроль за наявністю шкідливих речовин в повітрі робочої зони і при необхідності забезпечувати робітників засобами індивідуального захисту згідно з ДСН 3.3.6.096-2002. «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів» [57].

Економічні заходи

Фінансування робіт з охорони праці здійснює роботодавець. Фінансування профілактичних заходів, виконання загальнодержавних, галузевих та регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці, запобігання нещасних випадків передбачається за рахунок коштів держбюджету та інших джерел фінансування, визначених законодавством. Для підприємств витрати на охорону праці передбачаються в державному або місцевому бюджетах і становить не менше 0,5% від фонду оплати праці.

Правові заходи

До правових відносяться заходи регламентуючі обов'язки і відповідальність керівних, інженерно-технічних робітників, робочих, службовців за ретельне дотримання діючих норм і вимог з охорони праці. В першу чергу – це режим праці і відпочинку для локомотивних бригад, робітників, що пов'язані зі зміною системою праці на залізничному транспорті, та праці жінок і підлітків.

6.3 Правила безпечного виконання робіт для складача поїздів

Інструкція з охорони праці для працівників станції є нормативним документом, який встановлює вимоги безпеки при виконанні цими працівниками робіт у виробничих приміщеннях, на території станції та інших місцях, де вони виконують доручені їм обов'язки.

Інструкції з охорони праці для працівників станції складаються відповідно до [48], Правилам з охорони праці для працівників станції і вокзалів, стандартів з безпеки праці, галузевих норм і правил, інших нормативно-технічних і організаційно-методичних документів з охорони праці з урахуванням місцевих особливостей роботи станції.

Порядок розробки, затвердження та введення в дію повинен відповідати Положенню про залізничну станцію ЦД/0054 та Положенню про залізничну станцію С.

Рухом маневрового локомотива керує складач поїздів керівник маневрової роботи, який відповідає за правильність і безпечність її виконання. Він же керує розставленням робітників, причетних до маневрової роботи та інформує кожного робітника про план виконання маневрів.

Інструкція з охорони праці складача поїздів знаходиться при ТРА станції як Додаток і є на кожному робочому місці. Крім того, на робочих місцях складачів є наглядні посібники по охороні праці та виписки з Інструкцій, схеми проходу на робочі місця, а також перелік негабаритних місць на станції.

При виконанні професійних обов'язків складач поїздів повинен :

- дотримуватися правил ОП при знаходженні на залізничних коліях, викладених в цій інструкції;
- користуватися тільки справними засобами індивідуального радіозв'язку та індивідуальним сигнальним приладдям;
- бути одягнутим у спецодяг і спецвзуття за встановленими зразками та в сигнальний жилет оранжевого кольору, що регламентується НПАОП 0.00-3.02-90 «Про затвердження Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту» [58], таким чином, щоб одяг не заважав руху, гудзики були застібнуті, а головний убір не глушив чутність звукових сигналів;
- при знаходженні на міжколійї під час руху поїздів по обох суміжних коліях повинен зупинитися, дочекатися проходження (зупинки) поїзда по одній із колій і тільки після цього йти по міжколійю.

Забороняється :

- користуватися несправними перехідними площадками, підніжками, поручнями;

- підніматися на підніжки перехідних площадок вагонів (спеціальні підніжки) та сходити з них на стрілочних переводах, переїздах, у недостатньо освітлених місцях, коло високих пасажирських та вантажних платформ, вантажних складів та в місцях вивантаження навалочних вантажів, а також в місцях розташування негабаритних споруд та інших небезпечних місцях ;
- сходити і підійматися з (на) перехідної (у) площадки вагонів та спеціальної (у) підніжки (у) під час руху маневрового складу при несприятливих погодних умовах.

В випадку виявлення порушень габариту вивантаження та других відступів від вимог правил безпечного виконання робіт, складач поїздів повинен докладати про це черговому по гірці, станції, маневровому або станційному диспетчеру для прийняття мір, порядок якого зазначений в [53].

Під час руху вагонами вперед складач поїздів повинен знаходитися на першій за рухом перехідній площадці (тамбурі) на спеціальній підніжці. А в разі несправності спеціальної підніжки першого вагона складач поїздів повинен знаходитися на найближчій площадці до голови рухомого складу, що осаджується. При цьому повинна забезпечуватися видимість колії попереду осаджуваного рухомого складу. Якщо ці вимоги не дотримуються, складач поїздів повинен йти по міжколійю або по узбіччю колії попереду вагонів, що осаджуються, з швидкістю не більше 3 км/год. При знаходженні складача поїздів на спеціальній підніжці швидкість руху состава має бути не більше 40 км/год. При русі маневрового состава або одиночних локомотивів в негабаритних місцях, а також при швидкості руху понад 40 км/год, забороняється знаходитися складачу поїздів на спеціальній підніжці вантажних вагонів і на підніжці пасажирських вагонів при закритих дверях тамбуру. В цьому випадку складач поїздів повинен їхати на площадці локомотива чи вагона, в тамбурі пасажирського вагона або пройти це місце по обочині колії.

Забороняється проїзд складачів поїздів на автозчехах, буксах, стоячи на платформі чи сидючи на її бортах. При русі одиночного локомотива або маневрового состава локомотивом вперед на відстань більше 1 км, коли у составі відсутні вагони з перехідною площадкою складачу поїздів дозволяється знаходитися на локомотиві. При цьому відповідальність за своєчасну подачу сигналів працюючим колійним бригадам при наближенні до переїздів та в усіх випадках, коли виникає необхідність забезпечення проїзду локомотива з особливою пильністю, покладається на машиніста маневрового локомотива. Забороняється під час руху маневрового состава заходити в простір між вагонами для їх розчеплення та розчіплювати вагони, які рухаються в межах стрілочного переводу, настилу переїзду, гальмових уповільнювачів, в негабаритних місцях, а також в місцях вивантаження та навантаження навалочних вантажів.

В випадках виробничої необхідності заходити в міжвагонний простір при русі вагонів складач поїздів повинен дотримуватися наступних заходів безпеки :

- тільки при повній зупинці та при наявності дозволу чергового по гірці;
- складач поїздів зобов'язаний особисто попередити машиніста маневрового локомотива за допомогою носимої радіостанції або локомотивного маневрового зв'язку через чергових по гірках (оператора сортувальної гірки), чергових по станції, маневрового диспетчера;
- про закінчення робіт складач поїздів повинен доповісти черговому по гірці, оператору розпорядчого посту сортувальної гірки, маневровому диспетчеру, черговому по станції відповідно і машиністу локомотива по носимій радіостанції. При несправності носимої радіостанції заходити в міжвагонний простір тільки при залученні другої особи;
- машиніст маневрового локомотива має право привести в рух маневровий состав тільки після відповідного повідомлення від складача поїздів про вихід з міжвагонного простору;

- черговий по гірці або оператор розпорядчого поста після доповіді складача поїздів про виконану роботу відкриває гірочний світлофор на дозволяюче показання та передає розпорядження машиністу локомотива про продовження розпуску состава.

Категорично забороняється підкладання сторонніх предметів під автозчепа для усунення різниці по висоті між їх поздовжніми осями. Різницю по висоті усувають тільки перестановкою вагонів.

При виконанні зчеплення та розчеплення рухомого складу:

- роботу по зчепленню та розчепленню вагонів, з'єднання та роз'єднання гальмових рукавів дозволяється виконувати тільки в рукавицях;
- перед розчепленням вагонів необхідно перекрити кінцеві крани суміжних вагонів і тільки після цього роз'єднувати гальмові рукави між вагонами. Перекриття і відкриття кінцевих кранів, роз'єднання і з'єднання гальмових рукавів дозволяється виконувати тільки після повної зупинки вагонів;
- під час розпуску составів з гірки вагони мають розчіплюватися тільки в межах розчіпної площадки, яка повинна мати рівну поверхню, ретельно очищену від сміття та сторонніх предметів. Якщо із-за несправності автозчепу розчепити вагони на гірці неможливо, то відчепа з вагонами із автозчепами направляють на відповідну колію сортувального парку;
- розчеплення автозчепів повинно виконуватися стоячи збоку вагона за допомогою розчіплювального важеля приводу автозчепу, не заходячи в міжвагонний простір. При несправності розчіплювального важеля приводу автозчепу розчеплення виконувати за допомогою спеціальної вилки-важеля;
- огляд несправного автозчепного пристрою має виконуватися тільки після розчеплення та розстановки вагонів не менше 5 м один від одного, закріплення їх гальмовими башмаками та попередження машиніста, чергового по станції, гірці або маневрового диспетчера про знаходження складача поїздів усередині колії. Рух маневрового локомотива з вагонами у цьому випадку дозволяється тільки після

одержання машиністом особистої команди складача поїздів після його виходу з міжвагонного простору на міжколійя або обочину колій, попередньо довівши до відома чергового по станції, гірці або маневрового диспетчера про закінчення робіт.

Відчеплення вагонів в хвостовій частині составів, які переставляються з сортувального парку в парк відправлення, дозволяється виконувати складачу поїздів при повній зупинці із східної сторони колій сортувального парку. Складач поїздів повинен сідати та сходити з платформ при повній зупинці маневрового состава та переконатися в справності бортів та запірних механізмів. При виконанні маневрів на коліях промислових підприємств перед проїздом воріт, складач поїздів повинен впевнитися в надійному їх закріпленні. При вступі на зміну робітники станції, пов'язані з рухом поїздів, обов'язково одержують інструктаж по охороні праці та безпечним способом виконання професійних обов'язків.

Інструктаж проводить начальник станції, його заступник або черговий по станції з розписом в журналі явки на роботу, де коротко фіксується тема інструктажів по охороні праці. При виникненні надзвичайних ситуацій під час роботи складач повинен терміново вжити заходи по ліквідації загрози життю чи здоров'ю людей, сповістити черговому по станції про стан рухомого складу, колії чи вантажу і по-можливості усунути перешкоди несправності.

6.4 Дії складача поїздів при виникненні пожежі на станції

Складач поїздів, виявивши вогнище загорання, повинен повідомити про загорання черговому по станції, при цьому необхідно назвати місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище

і негайно приступити до гасіння вогнища за допомогою первинних засобів гасіння пожежі.

У раз тривалої відсутності відповідальних за гасіння пожежі осіб, повинен:

- залучити до гасіння пожежі інших працівників станції;
- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування;
- припинити всі роботи, крім робіт, пов'язаних з гасінням пожежі;
- здійснити, у разі необхідності, відключення електроенергії (за винятком живлення систем протипожежного захисту);
- здійснювати керівництво гасінням пожежі до прибуття відповідальних осіб з урахуванням специфічних особливостей об'єкта, що горить;
- у разі потреби, викликати до місця пожежі медичну та інші аварійно-рятувальні служби;
- у разі виникнення пожежі біля контактної мережі потрібно негайно повідомити про це пожежну охорону через поїзного диспетчера, енергодиспетчера або працівників дистанції електропостачання;
- гасити предмети, що горять і розміщені на відстані менше 2 м від контактної мережі, дозволяється тільки після відключення напруги та заземлення контактної мережі за допомогою заземлювального штанга, отриманого від відповідального працівника дистанції електропостачання письмового дозволу на проведення гасіння;
- гасити предмети, що горять та розміщені на відстані понад 7 м від контактної мережі, яка перебуває під напругою, може бути дозволено без зняття напруги. При цьому потрібно стежити, щоб струмінь води або піни не наблизився до частин контактної мережі, що перебувають під напругою на відстані менше 2 м. При будівництві, модернізації електричної централізації стрілок і сигналів, подовження шляхів на станції, розробляється новий техніко-розпорядчий акт станції.

7 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

7.1 Загальний стан

Вплив об'єктів залізничного транспорту на природу обумовлено будівництвом колій, виробничо-господарською діяльністю підприємств, експлуатацією залізниць і рухомого складу, спалюванням великої кількості палива, застосуванням пестицидів на лісових смугах та ін. Будівництво та функціонування залізниць пов'язано з забрудненням природних комплексів викидами, стоками, відходами, які не повинні порушувати рівновагу в екологічних системах. Рівновагу екосистеми характеризується властивістю зберігати стійкий стан в межах регламентованих антропогенних змін в оточуючих транспортне підприємство природних комплексах.

Можливість природного середовища самоочищуватись знижується через зменшення кількості та виснаження природних комплексів. Фактори впливу об'єктів залізничного транспорту діють на природне середовище з різною тривалістю: довготривало, порівняно недовго, короткочасно і миттєво, тому час дії факторів не завжди визначає розмір шкоди, що завдається природі. Схематичне зображення факторів впливу на навколишнє середовище наведено на рисунку 7.1.

Фактори впливу об'єктів залізничного транспорту			
механічні	фізичні	хімічні речовини та сполуки	біологічні
<i>(механічний вплив на ґрунти будівельних, дорожніх, колійних та інших машин);</i>	<i>(теплові випромінювання, електричні поля, електромагнітні поля, шум, інфразвук, ультразвук, вібрація, радіація та ін.)</i>	<i>(кислоти, луги, солі металів, альдегіди, ароматичні вуглеводні, фарби і розчинники, органічні кислоти і з'єднання та ін.)</i>	<i>(макро- і мікроорганізми, бактерії, віруси).</i>

Рисунок 7.1 – Фактори впливу на навколишнє середовище

Особливу увагу слід звернути на колонку хімічних речовин, ці речовини можуть мігрувати і розсіюватися у повітрі, у воді, ґрунтах, завдаючи оборотний, частково оборотний і незворотній збиток природі. У міграції хімічних речовин і заразних мікроорганізмів важливе місце займає транспорт.

7.2 Забруднення повітря

Рівень забруднення повітря класифікується часом розпаду речовин, що виділяються при роботі ДВЗ. Кількість викидів у повітря залежить від режиму роботи двигуна. Основним джерелом забруднення атмосфери є відпрацьовані гази дизелів тепловозів. У них містяться оксид вуглецю, оксид і діоксид азоту, різні вуглеводні, сірчистий ангідрид, сажа. Вміст сірчистого ангідриду залежить від кількості сірки в дизельному паливі, а вміст інших домішок - від способу його спалювання, а також способу надування і навантаження двигуна. Токсичність відпрацьованих газів дизельних двигунів обумовлюється головним чином оксидом азоту та сажі. [33]

При згорянні 1 тони дизельного пального в атмосферу викидається, кг:

- оксиду вуглецю - 21;
- вуглеводнів – 20;
- окисів азоту - 34;
- альдегідів - 6,8;
- сажі - 2.
- забруднення атмосфери відпрацьованими газами.

Отже, залізничний транспорт хоч і впливає дуже негативно на довкілля, але, порівняно з автомобільним транспортом, вплив значно менший, тому що на

одиницю енергії, що виділяється при спалюванні одиниці палива, виконується більша робота.

На великих станціях в зміну працює 2-3шт. маневрових тепловоза, режим роботи маневрових тепловозів менш стабільний, ніж поїзних, тому і виділені токсичних речовин у них в кілька разів більше. Рівень забруднення повітряного середовища станцій і прилеглих до них зон відпрацьованими газами маневрових тепловозів залежить від числа одночасно зайнятих локомотивів. При цьому найбільше виділення оксидів азоту та сірчистого ангідриду.

Пропозиції щодо усунення шкідливих викидів:

1 зрошення водою щебеневої суміші(особливо в засушливий період року).

2 зниження негативного впливу шуму досягається завдяки організації, упорядкуванню та озелененню санітарно захисної зони.

3 ширина озеленення має складати не менше, ніж 10 м (смуга однорядна з шаховою посадкою дерев всередині смуги, при посадці смуги зелених насаджень повинне бути забезпечене щільне примикання крон дерев між собою та заповнення простору між кронами та поверхнею землі чагарниками. Породи дерев та чагарників швидкоростучі).

7.3 Шум і вібрація

Шум – це одна з форм фізичного (хвильового) забруднення навколишнього середовища. Він являє собою сукупність механічних коливань різноманітної частоти (в межах слухового діапазону, тобто 16...20 000 Гц) та інтенсивності, що виникають у результаті коливального руху частинок у пружному середовищі (газоподібному, рідкому чи твердому). Джерелом шуму може бути все, що здатне викликати вібрацію (коливання): різноманітні машини, обладнання, устаткування,

процеси, які відбуваються, вибухи, апаратура та, навіть, живі істоти та люди. Шум - один з видів звуку, який називають “небажаним”.

Вплив шуму на організм людини умовно поділяють на специфічний, що викликає зміни в органі слуху (тривала дія звуку при роботі в ковальсько-пресових, обслуговування літаків при працюючих двигунах, прослуховування голосної музики, робота в навушниках (радіооператори, радисти, акустики і т. ін.), і неспецифічний, який призводить до змін в інших органах і системах.

Не менше важливе значення для здоров'я і самопочуття людини має вібрація. Під цим терміном розуміють будь-які механічні коливання, що передаються у твердому середовищі та сприймаються організмом людини як струс. З фізичної точки зору між шумом і вібрацією різниці немає так як вони є механічними коливаннями, але сприйняття їх людиною дещо відрізняється. Вібрація сприймається вестибулярним апаратом і органами що сприймають дотик, а шум – переважно органами слуху. Джерелом вібрації є різні машини і механізми, пневматичні та електричні інструменти ударної та обертальної дії, а також транспорт, сільськогосподарська та інша техніка.

Найбільш шкідливими виробничими факторами є шум та вібрація, тому велику увагу приділяють способам зменшення негативного впливу.

Для зниження впливу шуму і вібрації на організм людини використовують різні методи і засоби, до яких можна віднести:

- зменшення шуму і вібрації у джерелах їхнього утворення за рахунок конструктивних рішень, підвищенням точності виготовлення деталей, балансуванням рухомих елементів;
- ізоляцією шуму і вібрації засобами звуко- і віброізоляції, звуко- і вібропоглинання. Наприклад, використання пористих матеріалів, матеріалів з високою шумо-поглинаючою здатністю, використання захисних екранів і т. ін.;
- архітектурно - планувальними рішеннями, що передбачають раціональне розміщення технологічного устаткування і механізмів, а при плануванні забудов –

дотримання відстаней між будівлями, відокремлення їх як між собою так і від транспортних магістралей за допомогою лісозахисних смуг, газонів, зелених насаджень;

- акустичним опрацюванням приміщень;
- використанням (на виробництві) – засобів індивідуального та колективного захисту (віброзахисних екранів, одягу, взуття, рукавиць, спеціальних навушників та ін.).

Персонал, що обслуговує вібраційне обладнання, повинен пройти медичний огляд один раз на рік. Забороняється залучати до робіт із шкідливими умовами праці неповнолітніх.

7.4 Пил як забруднюючий фактор

Пил - це зважені частинки, що утворюються внаслідок механічного подрібнення твердих матеріалів у порошкоподібний стан у процесі обпікання, висушування, завантажування, змішування, дозування, просіювання й транспортування насипних матеріалів, а також при спалюванні твердого палива. Пил - полідисперсна система з розміром частинок від 5 до 200 мкм і більше.

Причини пилоутворення - недосконалість технологічного обладнання, недостатня герметизація обладнання, порушення термінів проведення планово-попереджувальних ремонтів, порушення технологічних режимів, неякісне прибирання приміщень.

Тривале подразнення пилом слизової носа може призвести до виникнення хронічної запальної реакції. Під час дії токсичного пилу чи, навіть, при тривалій дії нетоксичного пилу можуть початись атрофічні процеси

Довгострокове вдихання пилу, що потрапляє до легенів, викликає пневмоконіоз. Найбільш небезпечна його форма – силікоз – розвивається при систематичному вдиханні пилу, що містить вільний діоксид кремнію SiO_2 . Борошняний, зерновий та деякі інші види пилу можуть спричинити хронічний бронхіт. Деякі види пилу (свинцевий, миш'яковий, марганцевий та ін.) обумовлюють отруєння і ведуть до функціональних змін ряду органів і систем.

Методи боротьби з шкідливими речовинами, що потрапляють в повітря робочої зони можна звести до конкретних заходів:

- 1) Запобігання проникненню шкідливих речовин у повітря робочої зони за рахунок герметизації обладнання, ущільнення з'єднань, люків та отворів, удосконалення технологічного процесу.
- 2) Видалення шкідливих речовин, що потрапляють до повітря робочої зони за рахунок вентиляції, аспірації або очищення і нормалізації повітря за рахунок кондиціонерів.
- 3) Застосування заходів захисту людини.

ВИСНОВОК

Предметом дослідження даної магістерської роботи є процес заповнення сортувальних колій вагонами. Дослідження проводиться на основі опрацювання результатів моделювання процесу заповнення сортувальної колії вагонами.

Задача дослідження знайти раціональне поєднання параметрів розташування точкових прискорювачів-уповільнювачів й профілю колії, з метою отримання найліпших показників якості заповнення колії.

В роботі було розглянуто технічну характеристику та технологію роботи станції С, а також з урахуванням вимог нормативних документів розрахована тривалість виконання основних технологічних операцій з поїздами і складами на сортувальній станції.

Проаналізовано устрій та принцип дії точкових регуляторів швидкості вагонів і встановлено, що робота сил гальмування ТВУ є функцією контрольної швидкості, на яку налаштований цей пристрій, робота сил гальмування при холостому спрацюванні є практично сталою величиною й не залежать від контрольної швидкості, на яку налаштовані точкові регулятори швидкості вагонів. Встановлено взаємозв'язок між ухилом сортувальної колії та щільністю розташування точкових регуляторів швидкості вагонів на сортувальній колії. Виконано моделювання процесу заповнення сортувальної колії вагонами. За результатами моделювання виконано аналіз залежностей показників якості заповнення сортувальних колій вагонами від параметрів системи розподіленого регулювання швидкості вагонів точковими регуляторами.

Дослідженням встановлено, що показники якості заповнення сортувальної колії вагонами протилежно реагують на зміні параметрів системи розподіленого регулювання швидкості. При збільшенні щільності розташування точкових регуляторів швидкості ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній

колії з безпечною швидкістю асимптотично зростає, а ступінь заповнення сортувальної колії вагонами зменшується. При збільшенні ухилу сортувальної колії асимптотично збільшується ступінь заповнення сортувальних колій вагонами, а ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю зменшується. Щоб одночасно покращувалися обидва показники якості заповнення вагонами сортувальних колій потрібно збільшувати і ухил сортувальної колії, і щільність розташування ТВУ.

Проте дослідження залежності показників якості заповнення вагонами сортувальних колій при обладнанні їх системою розподіленого регулювання швидкості не дає однозначної відповіді стосовно того, які параметри повинна мати така система, тому що показники якості характеризують різні боки процесу заповнення сортувальної колії вагонами і не можуть безпосередньо порівнюватися між собою. Тому треба встановити ще одне обмеження на параметри системи, яке стосується окупності обладнання колій системою розподіленого регулювання швидкості відчепів.

За оцінкою приведених річних експлуатаційних витрат дійшли до висновку про недоцільність використання ТВУ на сортувальних коліях з ухилами, близькими до нормативного значення. Використовувати ТВУ доцільно лише у випадку, якщо ухил сортувальних колій більше за 1,5 ‰

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР: ВСН 207-89/МПС СССР [Текст]. – М. : Транспорт, 1992. – 105 с. – (Нормативный документ МПС СССР, Инструкция).
2. Муха Ю. А. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях [Текст] / Ю. А. Муха, И. В. Харланович, В. П. Шейкин. – М. : Транспорт, 1985. – С. 248.
3. Муха Ю. А., Участие горочных операторов в управлении сортировочным процессом на автоматизированных сортировочных горках [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский, В. З. Яневич, А. М. Бледный // Тр. ДИИТа. – Д., 1976. – Вып. 181/10. – С. 41–56.
4. Самсонкин В. Н. Человеческий фактор в обеспечении безопасности железнодорожного транспорта [Текст] / В. Н. Самсонкин // Залізн. трансп. України. 2000. – №5–6. – С.65–67.
5. Назаров А. А. К вопросу оптимизации параметров системы регулирования скорости вагонов точечными вагонозамедлителями [Текст] / А. А. Назаров, И. С. Бардак // Тези доповідей 4-ї міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» – К. : КУЕТТ, 2008. – С. 150–151.
6. Муха Ю. А. Механизация и автоматизация формирования поездов [Текст] / Ю. А. Муха, В. А. Король, Н. М. Иванков и др. – К. : Техніка, 1987. – 136 с.
7. Каганович Е. И. Совершенствование работы сортировочной станции [Текст] / Е. И. Каганович // Сб. ЦНИИТЭИ. – М., 1981. – № 1.
8. Назаров О.А., Заповнення сортувальних колій вагонами з безпечною швидкістю [Текст] / О.А. Назаров // Зб. наук. праць «Транспортні системи та технології перевезень» – Д., 2011. – С. 58–61.
9. Атаманенко Е. Г. Регулирование скоростей при роспуске составов [Текст]

/ Е. Г. Атаманенко // Ж.-д. транспорт. 1991. – № 1. – С. 12–14.

10. Нагорный Е. В. Эффективность применения систем автоматического регулирования конечных скоростей движения отцепов [Текст] / Е. В. Нагорный, И. В. Берестов // Сб. научн. тр. – Вып. 7. – Харьков: ХИИТ, 1988. – С. 54–58.

11. Шелухин В. И. Прицельное торможение отцепов на базе адаптивных алгоритмов [Текст] / В. И. Шелухин, И. Н. Малышев, Д. А. Милёхин // Автоматика, связь, информатика. 2000. – № 2. – С. 29–32.

12. Аркатов В. С. Улучшение использования сортировочных путей при автоматизации роспуска [Текст] / В. С. Аркатов, В. И. Бобровский, Ю. А. Муха, А. А. Муратов // Ж.-д. трансп. 1983. – №11. – С. 20–22.

13. Муха Ю. А. Исследование режимов регулирования скорости и дальности скатывания отцепов при комплексном использовании на горке замедлителей и ускорителей (осаживателей) [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Межвуз. сб. науч. тр. ДИИТа. 1978. – Вып. 197/12. – С. 24–38.

14. Муха Ю. А. Оптимизация режимов торможения скатывающихся отцепов при расформировании составов на сортировочной горке [Текст] / Ю. А. Муха // Тр. ДИИТа. – Д., 1976. – Вып. 181/10. – С. 17–23.

15. Карасёв С. В. Анализ результатов комплексной оценки перспективы использования домкратовидных замедлителей производства КНР в сортировочном парке «С» станции Забайкальск [Текст] / С. В. Карасёв // Сб. науч. тр. СГУПС. 2004. – С. 34–40.

16. Рудановский В. М. Двухпозиционное регулирование скорости отцепов в сортировочном парке [Текст] / В. М. Рудановский, В. П. Шейкин // Вестник ВНИИЖТа. – М, 1980. – № 3. – С. 14–16.

17. Устенко А. Б. Оценка надежности и эффективности систем прицельного регулирования скорости движения вагонов на сортировочных станциях [Текст] / А. Б. Устенко, В. М. Рудановский, Н. М. Фонарев // Повышение надежности технических средств на станциях. – М., 1984. – С. 21–35.

18. Муха Ю. А. Управление скоростью скатывания вагонов на путях

накопления в сортировочном парке [Текст] / Ю. А. Муха, А. А. Назаров // Зб. наук. праць КУЕТТ «Транспортні системи і технології». – К. : КУЕТТ, 2005. – Вип. 8. – С. 169–163.

19. Муха Ю. А. О способах повышения качества процесса заполнения сортировочных путей при расформировании составов [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях ; межвуз. сб. науч. тр. ДИИТа. 1978. – Вып. 197/12. – С. 38–50.

20. Шафит Е. М. Дифференциальные уравнения скатывания отцепов с сортировочной горки при различных способах аппроксимации продольного профиля [Текст] / Е. М. Шафит // Тр. ДИИТа. – М. : Транспорт, 1965. – Вып. 52. – С. 55–72.

21. Бобровский В. И. Дифференциальные уравнения движения отцепа и методы их решения [Текст] / В. И. Бобровский // Информ.-управл системы на ж.-д. трансп. 1996. – № 6. – С. 34–39.

22. Шейкин В. П. Перспективы использования домкратовидных замедлителей / В. П. Шейкин // Вестник ВНИИЖТа. 1991, – № 5. – С. 10–11.

23. Савицкий А. Г. Перспективы использования зарубежного опыта автоматизации сортировочных горок [Текст] / А. Г. Савицкий, В. Н. Иванченко, А. Н. Шабельников // Автоматика, связь, информатика. 2001. – № 12. – С. 39–43.

24. Божко Н. П. Моделирование работы тормозных позиций на сортировочной горке / Н. П. Божко // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях ; межвуз. сб. науч. тр. – Д. : ДИИТ, 1978. – Вып. 197/12. – С. 73–87.

25. Бобровский В. И. Оценка влияния режимов торможения отцепов на качество процесса расформирования составов на сортировочных горках / В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов, А. И. Колесник // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Вип. 113. – Харків, 2010. – С.121–127.

26. Карасёв С. В. Влияние конструкции горки, структуры вагонопотока и внешней среды на качество заполнения путей сортировочного парка : дис. канд. техн. наук. [Текст] – Новосибирск, 2003.

27. Кобзев В. А. О возможностях применения точечных вагонных замедлителей на сортировочных горках / В. А. Кобзев // Автоматика, связь, информатика. 2006. . – № 6. – С. 25–26.

28. Инструкция по формированию и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм: ЦТ/4351 [Текст]. – М. : Транспорт, 1988. – 88 с.

29. Кобзев В. А. Вагонные замедлители [Текст] / В. А. Кобзев // Ж.-д. транспорт. 2001. – № 11. – С. 64–67.

30. Муха Ю. А. Исследование влияния высоты сортировочной горки на качество прицельного регулирования / Ю. А. Муха, В.И. Бобровский // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа, вып. 168/9. Днепропетровск, 1975. – С. 39–54.

31. Сотников И. Б. Эксплуатация железных дорог: (В примерах и задачах): Учеб пособие для техникумов и высших учебных заведений— 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1984, 224 с.

32. Руководство по техническому нормированию маневровой работы. – М.: Транспорт, 1978.

33. Назаров О.А. Підвищення ефективності сортувального процесу на гірках шляхом впровадження систем розподіленого регулювання швидкості відчепів: Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук - Дніпропетровськ, 2014, 200с.

34. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР, ВСН 207-89.

35. Кузьмин А. Н. Регулирование скорости движения отцепов на подгорочных путях [Текст] / А. Н. Кузьмин. – Новосибирск : НИИЖТ, 1964.

36. Муха Ю. А. Выбор технических средств и технологических режимов для управления процессом заполнения сортировочных путей на станциях [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Сб. науч. тр. МИИТа.– М. : МИИТ, 1980. – Вып. 674. – С. 72–73.

37. Билоус, Р. А. Влияние различных факторов на дальность пробега вагонов в сортировочном парке [Текст] / Р. А. Билоус, А. П. Осипов // Рукопись депонирована в ЦНИИ ТЭИ МПС № 3299, ХИИТ. – Харьков, 1985. – 6 с.

38. Павлов В. Е. Определение длины зоны автоматизации на сортировочных горках [Текст] / В. Е. Павлов, Г. С. Клейн // Сб. науч. тр. ЛИИЖТа.– Л., 1976. – Вып. 409 – С. 84–90.

39. Павлов В. Е. О прицельном регулировании скоростей отцепов на сортировочных горках [Текст] / В. Е. Павлов, Р. А. Доронин // Сб. науч. тр. ЛИИЖТа.– Л., 1977. – Вып. 412. – С. 84–90.

40. Нагорный Е. В. Повышение эффективности прицельного регулирования скорости отцепов на механизированных горках [Текст] / Е. В. Нагорный, В. Ф. Телегин // Проблемы и перспективы железнодорожных станций и узлов. – Гомель, 1978. – С. 83–86.

41. Клейн Г. С. О возможности улучшения качества прицельного торможения в системах АРС на сортировочных горках [Текст] / Г. С. Клейн // Сб. науч. тр. ЛИИЖТа.– Л., 1976. – Вып. 400. – С. 114–123.

42. Шабельников А. Н. Системы автоматизации сортировочных горок на основе современных компьютерных технологий [Текст] / А. Н. Шабельников, В. Н. Иванченко, С. М. Ковалев, Н. Н. Лябах, В. Н. Соколов, В. Р. Одикадзе, В. И. Сачко; под ред. А. Н. Шабельникова. – Ростов-на-Дону : НИИАС, Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2010. – 436 с.

43. Назаров О. А. Ефективність систем розподіленого регулювання швидкості вагонів на сортувальних коліях [Текст] / О. А. Назаров // Вісник ДПТУ. – Вип. 34. – Д., 2010. – С. 193-198.

44. Муха Ю. А. 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.

45. Правдин Н. В. Железнодорожные станции и узлы [Текст] / Н. В. Правдин,

Т. С. Банек, В. Я. Негрей и др.; под ред. Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 1984.

46. Муха Ю. А. 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.

47. Автоматизация сортировочных станций на сети национального общества французских железных дорог [Текст] // ЭИ ВИНТИ. Организация перевозок, автоматика, телемеханика и связь на ж.-д. 1976. – № 26.

48. Закон України «Про охорону праці».

49. Кодекс законів про працю (КЗпП).

50. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві».

51. ДСТУ 2293-99. «Охорона праці. Терміни та визначення понять».

52. Правил технічної експлуатації залізниць України.

53. Інструкції з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України.

54. Інструкції з охорони праці.

55. НПАОП 0.00-4.15-98. «Положення про розробку інструкцій з охорони праці».

56. НПАОП 0.00-6.23-92 – «Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці».

57. ДСН 3.3.6.096-2002. «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів».

58. НПАОП 0.00-3.02-90 «Про затвердження Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту».

59. Стан аварійності на залізничному транспорті за 2019 рік [Міністерство інфраструктури України](https://mtu.gov.ua/files/bezpeka)>><https://mtu.gov.ua/files/bezpeka>

ДОДАТОК А

Початкові данні для моделювання сортувальної колії вагонами

Таблиця А.1

Відносна частота розподілу відчепів по кількості вагонів (від 0 до 10)

	Кількість вагонів у відчепі									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 і більше
Відносна частота розподілу	0,521	0,170	0,084	0,056	0,052	0,024	0,031	0,027	0,016	0,019

Таблиця А.2

Частоти розподілу вагонів по 5-ох вагових категоріях

	Вагова категорія відчепа				
	легка	легко-середня	середня	середньо-важка	важка
Частоти розподілу	0,304	0,022	0,031	0,08	0,563

Таблиця А.3

Частоти розподілу по 7-ох типах вагонів

Тип вагона	Частоти розподілу
4-осні піввагони	0,612
8-осні піввагони	0,001
4-осні цистерни	0,130
8-осні цистерни	0,005
4-осні криті вагони	0,087
4-осні платформи	0,024
4-осні вагони-хопери	0,141

ДОДАТОК Б

Результати моделювання заповнення сортувальної колії вагонами

Таблиця Б.1

Розподіл відчепів по категоріях за результатами скочування з гірки при
ухилі 0,6 ‰.

Щільність ТВПУ, r , од./м	Ухил, $i=0,6$ ‰				
	Швидкість, V , км/год				
	<1,4	1,4-1,95	1,95-2,5	>2,5	вікно, м
0	44,79	3,09	0,03	0	52,8
0,1	45,64	1,07	0,04	0	55,9
0,2	45,32	0,41	0,03	0	57,6
0,3	44,85	0,12	0,03	0	59,43
0,4	44,27	0,08	0,03	0	60,54
0,5	43,75	0,07	0,02	0	62,12
0,6	43,18	0,07	0,01	0	63,32
0,7	42,53	0,08	0,01	0	64,54
0,8	42,35	0,08	0,01	0	65,24
0,9	41,61	0,07	0,01	0	66,7
1,0	41,14	0,07	0,01	0	68

Таблиця Б.2

Розподіл відчепів по категоріях за результатами скочування з гірки при
ухилі 1,0 ‰.

Щільність ТВПУ, r , од./м	Ухил, $i=1,0$ ‰				
	Швидкість, V , км/год				
	<1,4	1,4-1,95	1,95-2,5	>2,5	вікно, м
0	53,58	5,39	0,08	0	39,4
0,1	56,32	1,58	0,04	0	41,9
0,2	56,51	0,66	0,04	0	43,7
0,3	56,18	0,22	0,04	0	45,17
0,4	55,54	0,15	0,05	0	46,31
0,5	54,63	0,14	0,04	0	47,62
0,6	54,07	0,12	0,05	0	49,12
0,7	53,42	0,13	0,04	0	50,1
0,8	53,18	0,12	0,04	0	50,9
0,9	52,31	0,10	0,03	0	52,57
1,0	51,57	0,08	0,04	0	54,1

Таблиця Б.3

Розподіл відчепів по категоріях за результатами скочування з гірки при
ухилі 1,5 ‰.

Щільність ТВПУ, r , од./м	Ухил, $i=1,5$ ‰				
	Швидкість, V , км/год				
	<1,4	1,4-1,95	1,95-2,5	>2,5	Вікно, м
0	59,69	14,34	0,88	0,08	22,01
0,1	71,19	2,68	0,07	0	23
0,2	72,46	0,75	0,05	0	24,03
0,3	72,26	0,21	0,04	0	25,04
0,4	71,77	0,12	0,04	0	26
0,5	70,91	0,05	0,03	0	26,9
0,6	70,05	0,03	0,04	0	28
0,7	69,46	0,03	0,03	0	29,2
0,8	69,12	0,03	0,03	0	29,9
0,9	67,92	0,02	0,03	0	31,53
1,0	67,34	0,02	0,03	0	32,7

Таблиця Б.4

Розподіл відчепів по категоріях за результатами скочування з гірки при
ухилі 2,0 ‰.

Щільність ТВПУ, r , од./м	Ухил, $i=2,0$ ‰				
	Швидкість, V , км/год				
	<1,4	1,4-1,95	1,95-2,5	>2,5	Вікно, м
0	43,66	33,18	9,29	1,62	11,72
0,1	78,49	7,65	0,67	0,06	12,54
0,2	85,28	1,13	0,03	0	12,9
0,3	85,59	0,29	0,03	0	13,22
0,4	85,27	0,17	0,03	0	13,6
0,5	84,75	0,07	0,03	0	14,05
0,6	84,03	0,06	0,03	0	14,6
0,7	83,56	0,05	0,03	0	14,92
0,8	83,29	0,04	0,04	0	15,15
0,9	82,30	0,07	0,03	0	15,84
1,0	81,93	0,04	0,04	0	16,4

Таблиця Б.5

Розподіл відчепів по категоріях за результатами скочування з гірки при
ухилі 2,5 ‰.

Щільність ТВПУ, r , од./м	Ухил, $i=2,5$ ‰				
	Швидкість, V , км/год				
	<1,4	1,4-1,95	1,95-2,5	>2,5	вікно, м
0	20,85	32,58	26,89	13,07	6,9
0,1	63,09	23,32	4,87	0,90	8,3
0,2	88,12	3,60	0,26	0	8,51
0,3	91,27	0,57	0,03	0	8,6
0,4	91,49	0,23	0,03	0	8,7
0,5	91,56	0,05	0,03	0	8,9
0,6	91,29	0,07	0,03	0	9,02
0,7	91,16	0,04	0,03	0	9,2
0,8	91,00	0,04	0,03	0	9,33
0,9	90,70	0,04	0,03	0	9,6
1,0	90,41	0,03	0,03	0	9,8

Таблиця Б.6

Розподіл відчепів по категоріях за результатами скочування з гірки при
ухилі 3,0 ‰.

Щільність ТВПУ, r , од./м	Ухил, $i=3,0$ ‰				
	Швидкість, V , км/год				
	<1,4	1,4-1,95	1,95-2,5	>2,5	вікно, м
0	7,92	23,02	27,19	36,01	5,4
0,1	37,27	31,59	18,71	6,44	7,05
0,2	77,62	13,16	2,13	0,24	7,83
0,3	91,36	1,74	0,04	0	7,83
0,4	92,24	0,83	0,08	0	7,9
0,5	92,94	0,13	0,03	0	7,9
0,6	92,98	0,30	0,03	0	7,74
0,7	93,05	0,06	0,03	0	7,9
0,8	93,01	0,05	0,03	0	7,91
0,9	92,96	0,05	0,03	0	7,93
1,0	92,95	0,03	0,03	0	8

Таблиця Б.7

Розподіл відчепів по категоріях за результатами скочування з гірки при
ухилі 3,5 ‰.

Щільність ТВПУ, Γ , од./м	Ухил, $i=3,5$ ‰				
	Швидкість, V , км/год				
	<1,4	1,4-1,95	1,95-2,5	>2,5	вікно, м
0	3,59	14,02	23,31	54,20	4,2
0,1	22,08	23,83	25,77	22,75	6,24
0,2	53,21	28,82	9,23	2,36	7,51
0,3	86,17	6,70	0,46	0,02	7,73
0,4	90,34	2,52	0,43	0,04	7,73
0,5	93,00	0,29	0,03	0	7,73
0,6	92,98	0,30	0,03	0	7,74
0,7	93,25	0,08	0,03	0	7,73
0,8	93,19	0,09	0,03	0	7,73
0,9	93,27	0,04	0,03	0	7,74
1,0	93,25	0,04	0,03	0	7,74

Таблиця Б.8

Розподіл відчепів по категоріях за результатами скочування з гірки при
ухилі 4,0 ‰.

Щільність ТВПУ, Γ , од./м	Ухил, $i=4,0$ ‰				
	Швидкість, V , км/год				
	<1,4	1,4-1,95	1,95-2,5	>2,5	вікно, м
0	2,56	8,72	16,93	67,96	2,9
0,1	13,03	17,88	22,03	41,62	5,5
0,2	33,28	27,35	23,02	10,60	6,84
0,3	70,07	19,25	3,72	0,45	7,62
0,4	85,84	5,82	1,43	0,45	7,7
0,5	92,92	0,57	0,03	0	7,7
0,6	93,02	0,45	0,03	0	7,7
0,7	93,39	0,13	0,03	0	7,7
0,8	93,36	0,11	0,03	0	7,7
0,9	93,42	0,10	0,03	0	7,7
1,0	93,41	0,04	0,03	0	7,7

ДОДАТОК В

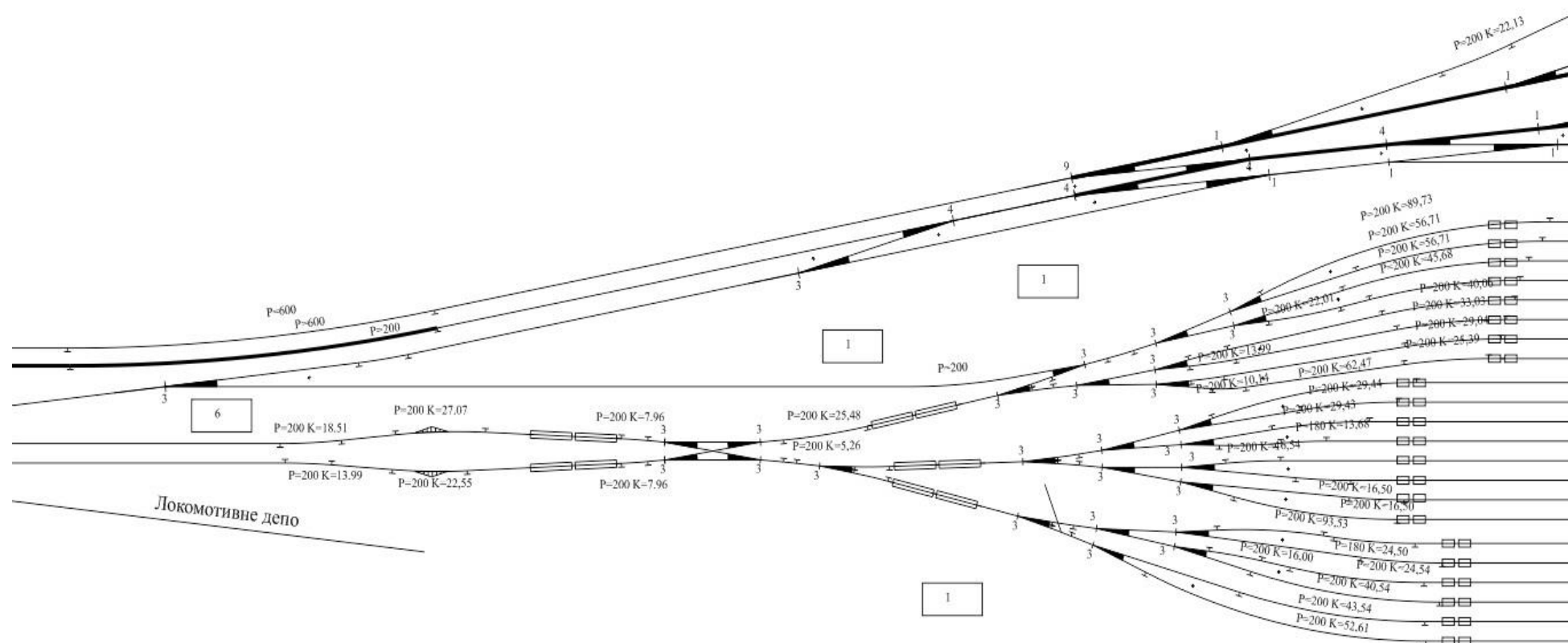


Рисунок В 1 – Сортивальна гірка і сортувальний парк станції С