

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Кафедра Транспортні вузли

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

_____ /М. І. Березовий/

« _____ » _____ 20__ р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **27 Транспорт**

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

Спеціалізація **275.02 Транспортні технології на залізничному транспорті**

Тема **Дослідження впливу конструкції гіркової горловини сортувального парку сортувальної станції Б на показники її роботи**

Theme **Research of influence of a hump neck design of the sorting park of the sorting station B on its work indicators**

Керівник дипломної роботи

доц. _____ І. Я. Сковрон

Нормоконтролер

доц. _____ В. В. Малашкін

Студент групи УЗ1922

_____ Д. В. Береза

Student

Bereza Denys

Дніпро – 2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Факультет Управління процесами перевезень **Кафедра** «Транспортні вузли»

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

Спеціалізація 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

_____ / М. І. Березовий /
(підпис)

2020 р. _____ «__»

ЗАВДАННЯ

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

отримав студент групи У31922 Береза Денис Віталійович
(номер групи) (ПІБ)

1 Тема дипломного проекту (роботи): Дослідження впливу конструкції гіркової
горловини сортувального парку сортувальної станції Б на показники її роботи

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

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

3 Вихідні дані до дипломного проекту (роботи): схема станції, технологічний процес
роботи станції; техніко-розпорядчий акт станції; дані про обсяги роботи станції

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки):

(див. календарний план)

5 Перелік креслень дипломної роботи:

1. План сортувальної станції Б

2. Варіанти конструкції гіркової горловини

3. Добовий план-графік роботи сортувальної станції

6 Перелік слайдів дипломної роботи:

титульний слайд; мета роботи, об'єкт та предмет дослідження; діаграма вагонопотоків;
діаграма поїздопотоків; порівняльна характеристика варіантів конструкції гірки; основні
показники добового плану-графіку

6 Розділи та консультанти:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу дипломного проекту (роботи)	Термін виконання	Кількість аркушів	Обсяг розділу, %
1. Аналіз питання покращення конструкції гіркової горловини сортувального парку	строк 1	–	20
2. Техніко-експлуатаційна характеристика сортувальної станції Б та розробка технології її роботи	строк 1	1	15
3. Визначення розрахункових обсягів роботи сортувальної станції Б	строк 2	1	10
4. Визначення технічного оснащення станції Б	строк 2		10
5. Характеристика варіантів плану гіркової горловини сортувального парку та визначення їх основних показників	строк 2	1	14
6. Визначення раціонального варіанту плану та профілю гіркової горловини	строк 3	3	15
7. Складання добового плану-графіку роботи станції Б та визначення основних її показників	строк 3	1	10
8. Екологічні аспекти функціонування сортувальної станції	строк 3		6
Всього		8	100

Дата видачі завдання: « 12 » жовтня 2020 р.

Керівник дипломного проекту (роботи)

_____ (підпис)

Сковрон І. Я.

_____ (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Берега Д. В.

_____ (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків та 5 додатків. Повний обсяг проекту – 139 сторінок; основний текст на 119 сторінці містить 17 ілюстрацій, 36 таблиць та 35 літературних джерел.

Об'єктом розробки дипломної роботи на тему «Дослідження впливу конструкції гіркової горловини сортувального парку сортувальної станції Б на показники її роботи» є конструкція та технологічні процеси роботи сортувальної станції.

Метою даної роботи є вибір раціонального варіанту конструкції гіркової горловини сортувального парку.

В дипломній роботі виконано аналіз існуючих публікацій з питання реконструкції гіркових горловин сортувального парку; наведено коротку характеристику сортувальної станції Б, виконано аналіз недоліків її конструкції та технології в контексті розформування составів; вивчено основні рекомендації щодо проектування сортувальних пристроїв; розроблено два варіанта плану гіркової горловини сортувального парку, наведено їх основну характеристику; визначені варіанти профілю для кожного із варіантів плану; для кожного варіанту були визначені основні показники та вибрано найкращий варіант; виконано графічне моделювання роботи сортувальної станції Б.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ, УДОСКОНАЛЕННЯ, ТЕХНІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ, СОРТУВАЛЬНА ГІРКА.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ ..	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ПИТАННЯ ПОКРАЩЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГІРКОВОЇ ГОРЛОВИНИ СОРТУВАЛЬНОГО ПАРКУ	9
1.1 Аналіз та характер роботи сортувальних гірок	9
1.2 Основні вимоги до конструкції горловин сортувальних гірок	11
1.3 Аналіз існуючих методів проектування плану гіркових горловин	15
1.4 Аналіз методів вибору раціональної конструкції горловини	19
1.5 Висновок за розділом 1	22
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ Б ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЇЇ РОБОТИ	24
2.1 Технічне оснащення станції.....	24
2.2 Характеристика експлуатаційної роботи станції	28
2.3 Технологія роботи станції Б	30
2.4 Постановка задачі дипломної роботи	39
3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ Б	41
3.1 Вихідні дані, що характеризують обсяг роботи станції	41
3.2 Розрахунок маси та довжини составів вантажних поїздів	43
3.3 Визначення розрахункових розмірів вагонопотоків	47
3.4 Визначення потрібної пропускної спроможності прилеглих ділянок	48
4 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ СТАНЦІЇ Б	50
4.1 Технічне нормування тривалості операцій в парку прийому	50
4.2 Технічне нормування тривалості операцій по розформуванню составів на сортувальній гірці	52
4.3 Технічне нормування тривалості операцій в сортувальному парку	54

					0042.150246.ДР.2020.000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дослідження впливу конструкції гіркової горловини сортувального парку сортувальної станції Б на показники її роботи	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Береза					Н	4	139
Керівн.	Сковрон					ДНУЗТ		
Зав. каф.	Березовий							

4.4 Технічне нормування тривалості операцій у парку відправлення	57
4.5 Технічне нормування тривалості операцій в транзитних парках «Ч» та «Н»	59
4.6 Розрахунок кількості колій в парках станції	61
4.6.1 Розрахунок кількості колій в парку прийому «П»	61
4.6.2 Розрахунок кількості колій в сортувальному парку «С»	64
4.6.3 Розрахунок кількості колій у парку відправлення «В»	65
4.6.4 Розрахунок кількості колій в транзитних парках «Ч» та «Н»	68
5 ХАРАКТЕРИСТИКА ВАРІАНТІВ ПЛАНУ ГІРКОВОЇ ГОРЛОВИНИ СОРТУВАЛЬНОГО ПАРКУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ	71
5.1 Характеристика існуючої гіркової горловини станції Б	71
5.2 Характеристика варіантів плану гіркової горловини сортувального парку станції Б	72
5.3. Методика визначення розрахункової висоти гірки	73
5.4 Визначення розрахункової висоти гірки для 1-го варіанту плану гіркової горловини сортувального парку	78
5.5 Визначення розрахункової висоти гірки для 1-го варіанту плану гіркової горловини сортувального парку	82
5.6 Порівняльна характеристика планів гіркової горловини сортувального парку .	86
6. ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ПЛАНУ ТА ПРОФІЛЮ ГІРКОВОЇ ГОРЛОВИНИ	87
6.1 Характеристика варіантів проектування профілю гіркової горловини	87
6.2 Визначення параметрів 1-го варіанту	88
6.2.1 Визначення елементів профілю та перевірка головної ділянки	88
6.2.2 Моделювання скочування відчепів з гірки	90
6.2.3 Визначення резервів інтервалів і розрахункової швидкості розпуску	93
6.2.4 Перевірка потужності гальмових засобів	95
6.2.5 Визначення переробної спроможності сортувальної гірки	96
6.3 Визначення параметрів 2-го варіанту	97
6.4 Визначення параметрів 3-го варіанту	99
6.5 Визначення параметрів 4-го варіанту	102

6.6 Вибір раціонального варіанту гіркової горловини	105
7 СКЛАДАННЯ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ РОБОТИ СТАНЦІЇ Б ТА ВИ- ЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЇЇ ПОКАЗНИКІВ	106
7.1 Вихідні дані до розробки добового плану-графіка	106
7.2 Розробка добового плану-графіку роботи станції	107
7.3 Визначення показників роботи станції	108
8 ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ	111
ВИСНОВКИ	115
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	116
ДОДАТОК А. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	120
ДОДАТОК Б. ДАНІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ГРАФІКІВ $V=f(S)$ та $T=f(S)$	123
ДОДАТОК В. ДАНІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ	131
ДОДАТОК Г. МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ПРЕЗЕНТАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ	135
ДОДАТОК Д. ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	138

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВГ – вершина гірки

ВЗПГ-5, ВЗПГ-3 – тип вагонного уповільнювача

ВЧД – вагонне депо

ГМП – гірка малої потужності

ГД – головна ділянка гірки (від вершини гірки до початку першого сповільнювача)

ГП – гальмівна позиція

ДСП – черговий по станції

ДСПГ – черговий по гірці

ДСПП – черговий по парку

ДСЦ – маневровий диспетчер

ЕР-1, ЕР-2 – серії електросекцій для приміського руху

КНП-5 – тип вагонного уповільнювача

ПГП – паркова гальмівна позиція

ПКО – пункт комерційного огляду

ПТО – пункт технічного огляду

ПТЕ – правила технічної експлуатації

ПФП – план формування поїздів

РНЗ-2М – тип вагонного уповільнювача

СТЦ – станційний технологічний центр з обробки поїзної інформації і перевірних документів

СЦБ – сигналізація, централізація, блокування

ЧМЕ-3 – серія маневрового локомотиву

ЧС-4 – серії поїзного локомотиву для пасажирського руху

ВСТУП

Сортувальні гірки являються основними пристроями технічних станцій, що призначені для розформування составів поїздів. В залежності від обсягу переробної спроможності гірки, їх поділяють на сортувальні гірки малої, середньої та великої потужності. На якість сортувального процесу разом із конструкцією поздовжнього профілю гірки суттєво впливають параметри плану її горловини. Конструкція гіркової горловини характеризується кількістю сортувальних колій, числом пучків, в які об'єднуються ці колії, кількістю колій насуву, обхідних та спускних колій, числом та типом гальмових позицій тощо. Від параметрів елементів плану безпосередньо залежить довжина горловини, робота сил опору руху під час скочування відчепів і, відповідно, висота та параметри поздовжнього профілю гірки. Отже, конструкція гіркових горловин впливає на якість сортування вагонів, безпеку руху, збереження рухомого складу та вантажів і, відповідно, на конкурентоздатність залізничного транспорту. Таким чином виникає необхідність оптимізації плану горловин з метою забезпечення найбільшої ефективності сортувального процесу.

Складність проектування гіркових горловин пов'язана з щільним взаємозв'язком всіх елементів горловини та недосконалістю існуючих методів і підходів для вирішення даної задачі. На даний час параметри багатьох елементів плану визначаються аналітично або підбором, що не дозволяє розглянути всі можливі варіанти конструкції та обрати найкращий з них. Крім того, суттєвою проблемою під час проектування нових та реконструкції існуючих горловин являється вибір критерію їх оптимізації, який би враховував всі особливості, що притаманні процесу розформування. Таким чином, розрахунок та проектування гіркової горловини являється досить складною конструкторською задачею.

В даній дипломній роботі виконується вибір раціонального плану гіркових горловин з метою підвищення ефективності сортувального процесу та зменшення капітальних вкладень та експлуатаційних витрат під час їх будівництва та функціонування.

1 АНАЛІЗ ПИТАННЯ ПОКРАЩЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГІРКОВОЇ ГОРЛОВИНИ СОРТУВАЛЬНОГО ПАРКУ

В ряді випадків виникає необхідність скупчення функцій, які виконує сортувальна станція на одній опорній сортувальній станції, яка повинна мати сучасне технічне оснащення і ефективно виконувати усі покладені на неї функції.

В цьому випадку практично завжди, незалежно як вказана станція буде реалізована – шляхом реконструкції однієї із існуючих сортувальних станцій чи шляхом будівництва нової станції в обґрунтованому місці, виникає необхідність в виконанні аналізу та раціонального вибору нової горловини для проектування. Крім того, щоб забезпечувати якісні показники процесу розформування дана горловина повинна бути також економічно обґрунтованою.

1.1 Аналіз та характер роботи сортувальних гірок

Відомо, що основним пристроєм технічних станцій, який призначений для розформування составів вантажних поїздів є сортувальна гірка. Принцип роботи гірки базується на тому, що відчепи під дією сили тяжіння скочуються на певну сортувальну колію відповідно до плану формування поїздів при безпосередньому керівництві процесом чергового по гірці або оператора гіркового поста.

На даний час на сортувальних станціях Укрзалізниці функціонує 49 сортувальних гірок, які практично всі механізовані [1]. Процес сортування вагонів вимагає особливої пильності та уваги. Це пов'язано з тим, що швидкість відчепа під час його руху від вершини гірки до зупинки на сортувальній колії, регулюється лише на невеликих ділянках маршруту (гальмових позиціях). Помилки у керуванні уповільнювачами гальмових позицій можуть призводити до зіткнення відчепів на сортувальних коліях зі значним перевищенням допустимої швидкості співударення. Це може призводити до пошкодження рухомого складу та вантажу, погіршення стану безпеки руху, може завдати значні збитки оточуючому середовищу тощо. Точність регулювання швидкості руху вагонів значно погіршується у

зв'язку із застосуванням застарілих та зношених вагонних уповільнювачів, які на мережі залізниць складають близько 45% [1]. Крім того, регулювання швидкості скочування відчепів значно ускладнює низка випадкових факторів (опір від оточуючого середовища та вітру, а також стрілочних переводів та кривих ділянок, основний опір руху тощо), що під діють час скочування відчепів. У випадку недосконалого керування уповільнювачами може відбуватись потрапляння відчепів на іншу колію призначення. Для ліквідації даної помилки виникає необхідність додаткових маневрових пересувань, що збільшує енергетичні витрати на сортування вагонів.

Таким чином процес сортування вагонів являється основною технологічною операцією технічних станцій, від якості виконання якої багато в чому залежать показники роботи станції, а також, певною мірою, конкурентоспроможність залізниці в цілому.

Крім того, на якість розформування составів впливає конструкція сортувальної гірки (висота гірки, параметри плану та профілю, кількість та оснащення гальмових позицій тощо). Висота сортувальної гірки розраховується за методикою, що наведена в [2] і повинна забезпечувати докочування відчепа з найгіршими ходовими якостями в несприятливих кліматичних умовах до розрахункової точки, що знаходиться на відстані 50 м від останньої гальмової позиції на розрахунковій сортувальній колії. На характер руху відчепів впливають параметри плану розрахункової колії. Отже якісне проектування плану гіркової горловини може призводити до зменшення висоти гірки та, відповідно до скорочення енергетичних витрат під час розформування составів.

Крім якості конструкції плану та профілю гірки на ефективність процесу розформування суттєво впливає раціонально вибрана спеціалізація сортувальних колій, при цьому варто дотримуватися наступних вимог:

– сортувальні колії найбільшої довжини виділяються для призначень поїздів з найбільш потужними вагонопотоками;

– сортувальні колії з потужними потоками бажано щоб знаходилися в різних пучках сортувального парку, що забезпечить одночасне формування таких поїздів на витяжних коліях;

– для місцевих вагонів, що прибувають під вивантаження, виділяють колії, з яких подача вагонів до пунктів місцевої роботи є найбільш зручною.

– для призначень, в яких переважають легковагові та порожні вагони, повинні по можливості виділятися колії з меншою кількістю стрілок та кривих зі сторони гірки;

– для збірних поїздів виділяють колії в різних пучках сортувального парку, що забезпечить їх одночасне формування на різних витяжках;

– для несправних вагонів виділяють крайні колії сортувального парку, що полегшує їх обладнання різноманітними пристроями для ремонту;

– для поїзних груп групових поїздів, місцевих вагонів тощо, виділяють найбільш короткі колії;

Отже, впровадження організаційно-технічних заходів також дозволяє суттєво підвищити ефективність роботи сортувальних гірок.

1.2 Основні вимоги до конструкції горловин сортувальних гірок

Основним елементом сортувальної гірки являється її колійний розвиток, від правильності побудови якого залежить продуктивність та безпека роботи. Рационально запроектована гіркова горловина сортувального парку повинна забезпечувати [2, 3]:

– якнайменшу довжину пробігу вагонів від вершини гірки до граничного стовпчика найбільш віддаленої розділової стрілки в голові підгіркового парку. Зі зменшенням даної відстані скорочується проектна висота гірки та сумарна потужність гальмових засобів по маршруту скочування вагонів;

– якнайшвидше розділення вагонопотоків за призначенням, що дозволить збільшувати швидкість розпуску составів, оскільки регулювання швидкості руху відцепів ускладнюється зі збільшенням довжини шляху їх спільного прямування;

– по можливості однакова кількість стрілочних переводів та довжина пробігу відчепів в маршрутах прямування їх від вершини гірки до останніх розділових стрілок колій сортувального парку. Це дозволить покращити умови розмежування відчепів на стрілках та забезпечити рівномірне зношення деталей стрілочних переводів.

– можливість розміщення гальмових позицій на спускній частині гірки та встановлення пристроїв автоматизації.

Для досягнення вказаних вимог застосовуються наступні заходи:

– укладання симетричних стрілочних переводів з хрестовинами марок 1/6 та глухих пересічень марки 2/6; перехресних з'їздів (на початку голови сортувального парку) з мінімально допустимим міжколійям – 4,8 м;

– проектування між початком вістряка чи кінцем хрестовини стрілочного переводу та початком чи кінцем кругової кривої нульових вставок, роблячи повне уширення у межах кривої на відстані 4 м від її початку;

– застосуванням скорочених прямих вставок 5,26 м при послідовному укладанні стрілочних переводів, а у важких умовах – не менш 4,5 м;

– використанням кругових кривих малих радіусів 200 та 180 м;

– укладанням колій з більш вузькою міжколійною відстанню (4,8 м);

– застосуванням зустрічних симетричних стрілочних переводів з хрестовинами марки 1/6 для виходу з крайніх колій сортувального парку в обхід гірки.

Колії сортувального парку групуються у пучки із кількістю колій в них від чотирьох до восьми. При меншій кількості колій виникає необхідність у більшій кількості вагонних уповільнювачів, що значно підвищує капітальні та експлуатаційні витрати на обслуговування горловини. Збільшення кількості колій у пучках призводить до зростання довжини маршруту руху відчепів, що значно ускладнює регулювання швидкості руху для забезпечення їх надійного розділення на розділових елементах.

В маршруті за пучковою гальмовою позицією повинно бути не більше трьох розділових стрілочних переводів. Загальна кількість розділових стрілочних переводів в маршруті всієї гіркової горловини не повинна перевищувати шести (це обмеження виникає у зв'язку із існуючими типовими схемами ГАЦ та пристроями АЗШР). Кількість додаткових кривих, що проектуються на спускній частині гіркової горловини, а також сума кутів повороту цих кривих в маршруті прямування відчепа повинні бути мінімальними [4].

Як показав аналіз сортувальних станцій України, конструкція плану гіркових горловин часто має суттєві недоліки. Одним із основних недоліків конструкції являється застосування на спускній частині та сортувальних коліях кругових кривих радіусом менше мінімально допустимих (180 м, згідно з [2]). Це призводить до інтенсивного зносу рейок та колісних пар вагонів, підвищення опору руху вагонів під час їх скочування з гірки, а також може стати причиною порушення безпеки руху під час виконання сортувального процесу.

У зв'язку із влаштуванням кривих малого радіусу, відсутня можливість розташування уповільнювачів паркової гальмової позиції в кривих, конструкція яких це дозволяє. Влаштування паркової гальмової позиції за основною сполучною кривою суттєво скорочує корисну довжину сортувальних колій, яка визначається між парковою гальмовою позицією та граничним стовпчиком у вихідній горловині парку. В той же час, корисна довжина сортувальних колій повинна перевищувати довжину колій парку прийому на 10%. В той же час, як показав аналіз довжин діючих сортувальних станцій, колії підгіркового парку суттєво коротші за необхідні.

Великий вплив на конструкцію гіркової горловини має місце розташування гальмових позицій. Аналіз проектів, схем діючих гірок, а також проведені розрахунки з урахуванням допустимих швидкостей входу вагонів на гальмові позиції (ГП), на гірках з двома гальмівними позиціями, показують [5], що найбільш раціональним місцем розташування I ГП між вершиною гірки (ВГ) та II ГП являється

зона, що знаходиться на відстані 30–40% від вершини (вся відстань від ВГ до II ГП приймається за 100%). В середньому на мережі ця відстань дорівнює 34% загальної протяжності ділянки колії „ВГ – II ГП”. В той же час, існують гірки, де ця відстань не перевищує 18–20%, а I ГП розташовується лише на відстані 25–30 м від ВГ. На інших гірках ця відстань досягає 50–60%. Якщо у першому випадку потужність уповільнювачів на I ГП використовується на 15–20%, то в другому вони працюють у форсованому режимі, коли швидкість входу відчепів на них перевищує допустиму на 15%. На гірках із трьома механізованими ГП на маршруті „ВГ – III ГП” гальмові позиції повинні розташовуватися, як правило, від ВГ наступним чином: I ГП – на відстані 20–22% від ВГ; II ГП – на відстані 46–50% (тобто приблизно посередині ділянки „ВГ – III ГП”. При таких співвідношеннях гірки працюють найбільш стійко. Фактично ці відстані знаходяться для I ГП в межах від 10 до 40%, а II ГП – від 34 до 81%. Такі великі коливання призводять до тих же систематичних утруднень, що і при двох ГП, причому в певних випадках виправляти помилки за рахунок механізованої III ГП інколи досить важко, оскільки не завжди вистачає її потужності.

Недоліки конструкції існуючих сортувальних гірок багато в чому пов'язані з недосконалістю методів розрахунку та проектування гіркових горловин. Специфіка проектування гіркової горловини полягає у необхідності ув'язки умов розташування багатьох пристроїв механізації та автоматики, а також вимог конструкції плану та профілю гірки.

Конструкція головної частини сортувальних гірок відрізняється кількістю колій насуву та спускних колій. При спорудженні двох та більше колій насуву та одній спускній колії існує можливість виконання паралельного насуву составів на гірку. Це забезпечує мінімальний інтервал між составами, що послідовно розформовуються. В той час, коли на одній колії виконується розпуск состава, по іншій черговий состав насувається до вершини гірки. На гірках великої та підвищеної потужності при наявності двох спускних колій можливо виконувати паралельний

розпуск составів, що підвищує продуктивність гірки. Але він потребує додаткової маневрової роботи, що пов'язана з необхідністю повторного сортування перехресного потоку вагонів, що був направлений на відсівну колію. При цьому паралельний розпуск є ефективним при відносно невеликій частині вагонів перехресного потоку [6].

Одним із основних елементів плану гіркової горловини являється ділянка між вершиною гірки та першим розділовим елементом (стрілочним переводом або уповільнювачем). Саме від довжини цієї ділянки багато в чому залежить швидкість розпуску составів і, відповідно, переробна спроможність сортувальної гірки. Найменша відстань від ВГ до гостряків першої розділової стрілки визначають в залежності від величин ухилу швидкісної ділянки спускної частини гірки та розрахункової швидкості розпуску. Вона повинна забезпечувати при заданій швидкості розпуску достатній час для переводу стрілки та прохід ізольованої ділянки поганим бігуном при скочуванні за ним хорошого бігуна в несприятливих умовах [7].

Сортувальні гірки можуть відрізнятися конструкцією головиної частини; при цьому першим розділовим елементом може бути стрілочний перевід або вагонний уповільнювач. В [8] виконані дослідження впливу першого розділового елемента на показники роботи гірки. Встановлено, що розташування I гальмової позиції перед першою розділовою стрілкою збільшує довжину горловини і, відповідно, висоту гірки. Крім того, збільшується неконтрольована зона скачування відчепа до середньої гальмової позиції, збільшуються експлуатаційні витрати, що пов'язані з насувом та розпуском составів. Таким чином, з метою зменшення витрат першу гальмову позицію доцільно розташовувати за першою розділовою стрілкою.

Відповідно із Правилами та нормами проектування сортувальних пристроїв [1], в роботах [9, 10] наведені типові схеми гіркових горловин, які відрізняються кількістю сортувальних, обхідних колій, кількістю пучків та конструкцією го-

ловної частини гірки. Треба зазначити, що в типових схемах кут нахилу осей сортувальних колій відповідає куту нахилу вісі горловини (базису), в то час як в реальних умовах між базисом та осями колій може існувати деякий кут.

1.3 Аналіз існуючих методів проектування плану гіркових горловин

Під час розрахунку параметрів плану гіркових горловин іноді досить важко визначити величину кута повороту додаткових кривих спускної частини гірки, що розташовані між вершиною гірки та першими пучковими стрілками.

В [11] розглянуто графічний метод розрахунку плану колійного розвитку горловини, при цьому побудова виконується окремими етапами, під час яких послідовно визначається величина повороту β додаткових кривих та розташування пучків. Побудова розпочинається з внутрішніх пучків горловини та розрахунку кутів повороту кривих, що найбільш віддалені від вершини гірки (ВГ). З цією метою вручну викреслюють основне та допоміжне масштабне креслення колійного розвитку пучку, що має спільну кругову криву з кутом β , який необхідно знайти. При цьому, як на основному, так і на допоміжному кресленнях, викреслюють продовження кругової кривої в обидві боки, що дозволяє більш точно, максимально наближуючи пучки один до одного, сумістити креслення та знайти величину кута β . На подальших етапах до внутрішніх пучків приєднуються зовнішні і аналогічно визначаються величини кутів β , що розташовані ближче до вершини гірки. Процес повторюється до тих пір доки всі пучки не будуть об'єднані в єдину горловину. Суттєвим недоліком вказаного методу є відсутність перевірки сполучення допустимим радіусом елементів спускної частини і всіх сортувальних колій. Крім того, даний метод являється досить трудомістким та потребує високої точності побудови креслень.

Графічний метод окрім масштабної накладки потребує низку трудомістких аналітичних розрахунків, які включають вирішення тригонометричних рівнянь. В [12] розроблено аналітичний метод знаходження кутів повороту кривих спускної частини гірки за допомогою двох прямокутних трикутників із загальною гіпоте-

нузою. Даний метод дозволяє при тій же точності, що й вирішення тригонометричних рівнянь, отримати більш простіші, універсальні рівняння, які можуть вирішуватися як вручну, так і за допомогою ЕОМ. Проте недоліком запропонованого підходу є контроль сполучення плану спускної частини та сортувальних колій тільки на крайніх коліях пучків. Крім того, при розрахунку кута повороту кривих, що розташовані після розділової стрілки двох суміжних пучків, не враховується умова рівності даних кутів, що не дозволяє розмістити уповільнювачі гальмових позицій в створі.

В [13] при визначенні значень кутів спускної частини в першу чергу визначається кут φ повороту після головної стрілки пучка. З цією метою на поперечну вісь пучка від пучкової стрілки проектується всі елементи найбільш важкого за вписуванням колії. В подальшому складається рівняння, в якому різниця ординат центра переводу пучкової стрілки та осі важкої сортувальної колії дорівнює сумі проєкцій елементів даної колії; із отриманого рівняння визначається кут φ , який необхідно визначити. На подальшому етапі аналогічно, шляхом складання рівняння, при відомій величині φ , розраховується кут β повороту після розділової стрілки двох суміжних пучків. Після отримання значень кутів φ та β , визначається третій кут δ повороту після першого розділового стрілочного переводу горловини. Істотним недоліком вказаного підходу являється відсутність інформації про величину прямої вставки між торцем хрестовини останньої стрілки та початком сполучної кривої важкої колії, яка в значній мірі впливає на умови вписування і, відповідно, на величину кутів φ , β та δ . Крім того, у зв'язку зі значним впливом кутів поворотів спускної частини на параметри сполучних кривих, необхідно контролювати можливість улаштування кривих допустимого радіусу як на важкій, так і на всіх інших сортувальних коліях.

В роботі [14] кути додаткових кривих розраховуються виходячи із умови максимального наближення пучків один до одного. При цьому передбачається, що вісь стрілочного переводу, від якого починається розрахунок, являється пара-

лельною координатній осі OX (базису). Однак, при подальших розрахунках кут вісі стрілочного переводу, що розглядається відносно базису, змінюється, що призводить до збільшення кутів сполучних кривих на сортувальних коліях. При цьому може виникнути ситуація, коли на крайній (або суміжній з крайньою) колії неможливо вписати сполучну криву допустимим радіусом. Крім того, величину кута повороту додаткових кривих рекомендується підбирати кратним стрілочному куту, що не дозволяє виконати оптимізацію параметрів вказаних кривих.

З метою спрощення знаходження невідомих кутів на спускній частині в [15] запропоновано визначати кут повороту кривих, що розташовані перед протишерстною стрілкою, виходячи із довжини перед стрілочної ділянки. Даний підхід має суттєві недоліки, оскільки із-за малого відхилення приходиться збільшувати довжину гіркової горловини. Крім того, велика ймовірність відсутності можливості сполучення елементів плану на внутрішніх сортувальних коліях.

Застосування ЕОМ під час розрахунків параметрів гіркових горловин дозволяє автоматизувати знаходження кутів спускної частини, що в свою чергу дозволяє збільшити швидкість процесу проектування та покращити якість проектних рішень. В [16] розроблено ітераційний алгоритм розрахунку кута повороту β , що потребує незначної підготовчої роботи, а також програмне забезпечення для реалізації вказаного алгоритму. При цьому спочатку задається довільне значення кута β_0 , що потребує визначення, та визначається сума проєкцій елементів розрахункової колії на вісь ординат, що являється функцією даного кута $f(\beta_0)$. Значення, що було розраховане, порівнюється з ординатою розрахункової колії (E) та, в залежності від результатів порівняння, кут β_0 збільшується або зменшується на величину $\Delta\beta$. Отримана величина кута β_1 використовується для визначення чергового значення $f(\beta_1)$. Зазначена процедура повторюється до тих пір, доки не буде знайдено інтервал (β_k, β_{k+1}) , в якому величина $f(\beta) - E$ змінює знак, після чого в межах знайденого інтервалу методом половинного ділення визначається значення

кута β , що потребує визначення. Проте застосування вказаного алгоритму можливе при наявності лише однієї кривої з невідомою величиною кута на спускній частині гірки.

В [17] проектування гіркових горловин здійснюється із застосуванням графічного пакету AutoCad, який дозволяє виконувати розрахунки та будувати в масштабі гіркові горловини сортувальних станцій із кількістю сортувальних колій із кількістю від 24 до 64. Алгоритми і програми даного методу створені і побудовані за блочним принципом. В процесі розрахунку і побудови на моніторі з являється відповідна схема горловини, по якій можливо оцінити якість побудованої горловини, взаємного вписування пучків та інших її елементів. Якщо план побудованої горловини за якихось причин вийшов незадовільним, можлива зміна окремих її параметрів, перерахунок і викреслення знову на старому плані, що дозволяє відразу бачити результат коригування і оцінити її якість. Використання даного методу дозволяє суттєво прискорити процесу проектування гіркової горловини, проте визначення невідомих кутів повороту кривих на спускній частині гірки виконується за допомогою підбору, що не дає можливості вибору їх оптимальних значень.

Величина кута повороту кривих спускної частини здійснює безпосередній вплив на кут сполучних кривих на сортувальних коліях. В [18] використовуючи методи аналітичної геометрії, запропонований алгоритм знаходження координат вершин кутів повороту сполучних кривих усіх колій пучка. Встановлено, що в деяких випадках здійснити сполучення елементів спускної частини гірки і сортувальних колій можливо тільки за наявності двох сполучних кривих, направлених в одну чи різні сторони. При цьому критерієм оптимізації параметрів додаткової сполучної кривої є кут її відхилення, який необхідно мінімізувати. В той же час параметри сполучних кривих здійснюють суттєвий вплив на величину міжколійя із суміжними коліями, тому їх оптимізацію слід виконувати в комплексі для всієї горловини, а не для окремої сортувальної колії.

При розрахунку плану гіркової горловини в [3] спочатку визначається кут нахилу крайнього пучка до основного напрямку сортувального парку. Величина даного кута повинна дозволяти укладку всіх елементів найбільш важкої колій і визначається на основі проєціювання вказаних елементів на вертикальну ОУ. Аналогічно визначаються кути нахилу для решти пучків горловини. Недоліком вказаного підходу є відсутність ширини міжколійя між суміжними пучками, що може призвести до необхідності коригування розрахованих кутів.

1.4 Аналіз методів вибору раціональної конструкції горловини

Важливою задачею під час проектування плану колійного розвитку гіркових горловин являється оцінка якості та оптимізація її конструкції. На даний час існує декілька підходів до визначення раціональної конструкції горловини, проте вони не в повній мірі враховують особливості функціонування сортувальних гірок.

В [19] якість проекту колійного розвитку гіркових горловин запропоновано оцінювати коефіцієнтом γ , що визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{A_{\min}}{A_{\max}}, \quad (1.1)$$

де A_{\min} , A_{\max} – відповідно, найменша та найбільша питома робота, що витрачається на подолання всіх сил опору дуже поганим бігуном при проходженні ним відстані від ВГ до РТ при несприятливих умовах скочування.

Вважається, що збільшення коефіцієнту γ (при $\gamma_{\max}=1$) покращує якість проекту. Однак даний підхід до вирішення задачі не в повній мірі характеризує конструкцію колійного розвитку горловини, оскільки розглядає маршрути скочування лише на дві сортувальні колії та не враховує роботу сил опору на інших коліях горловини.

В якості критерію оптимізації гіркової горловини в роботі [20] запропонована

довжина маршруту від вершини гірки до граничного стовпчика останнього розділового стрілочного перевodu, яку необхідно мінімізувати. З цією метою маршрут скочування відчепа розбивається на дві ділянки: від ВГ до початку передстрілкової ділянки першого розділового стрілочного перевodu (l) і від кінця ділянки l до розрахункової точки (L). Мінімальна відстань l повинна забезпечити допустимий інтервал між найбільш несприятливим сполученням відчепів на першому розділовому стрілочному переводі при прийнятих значеннях швидкості розпуску і ухилу її швидкісної ділянки. Мінімізація відстані L досягається завдяки зменшенню довжини кривих спускної частини гірки. При цьому з використанням методу множників Лагранжа вирішується умовна варіаційна задача визначення величини всіх невідомих кутів β розрахункової колії. Проте даний підхід не враховує обмеження, які накладаються на значення окремих кутів, а також їх вплив на умови вписування внутрішніх пучків горловини, внаслідок чого не отримав широкого розповсюдження.

В [21] запропонована методика пошукової оптимізації при аналітичному розрахунку координат гіркової горловини сортувального парку. При цьому попередньо визначається значення кута повороту для одного пучка, двох симетрично розташованих пучків, а також несиметрично розташованих пучків (при їх непарній кількості). Розрахунку підлягають лише верхні колії кожного пучка і нижня колія середнього пучка. До недоліків даного методу слід віднести відсутність перевірки значень кутів повороту на сортувальних коліях всередині пучка, що може призвести до невиконання нормативних вимог при вписуванні сполучних кривих на даних коліях.

В роботі [4] показником якості проекту гіркової горловини є кількість додаткових сполучних кривих на сортувальних коліях. Їх мінімізація дозволить знизити опір від кривих, зменшити ступінь зносу рейок і колісних пар. Однак додаткові криві здійснюють суттєвий вплив на параметри основних сполучних кривих і, як наслідок, на положення паркової гальмової позиції і розрахункової точки, що мо-

же призвести до подовження гіркової горловини і скорочення корисної довжини сортувальних колій.

В роботі [22] критерієм оцінки конструкції гірки є максимальна допустима швидкість розпуску состава $V_{0д}$ за умови розділення відчепів на ізольованих елементах. Такий підхід дозволяє скоротити гірковий технологічний інтервал, збільшити переробну спроможність гірки, підвищити надійність розділення відчепів. Проте в реальних умовах функціонування сортувальних гірок, у зв'язку із застосуванням ручної праці під час розчеплення вагонів максимальна величина $V_{0д}$ обмежується вимогами охорони праці, умовами роботи складача і не може перевищувати встановленої величини $V_{0д}$.

Виконаний в [23] аналіз існуючих методів оцінки конструкції гіркових горловин показав, що ці методи не в повній мірі характеризують проектне рішення чи існуючу горловину. У зв'язку з цим в [24] запропоновано виконувати таку оцінку з використанням комплексного показника G , який враховує приведені витрати, а також показники надійності і безпеки функціонування гірок і представляє собою адитивну функцію. Параметрами даної функції є: величина приведених витрат на спорудження гіркової горловини, середній строк праці вагонних уповільнювачів, ймовірність відмови і відновлення уповільнювачів. Кожному із параметрів відповідає певний ваговий коефіцієнт, значення якого визначається методом експертних оцінок. Недоліком запропонованої методики є відсутність в цільовій функції G параметру, що характеризує загальні експлуатаційні витрати на розформування составів, а не тільки на утримання і ремонт вагонних уповільнювачів. Крім того, вагові коефіцієнти параметрів функції G залежать від технічного обладнання і конструкції гіркової горловини і не можуть бути однаковими для всіх сортувальних гірок.

Як показав аналіз [25], існуючі методи конструкції гіркових горловин в основному базуються на техніко-економічному порівнянні проектних рішень. При цьому методи комплексної оцінки конструкції гірки, із врахуванням надійності робо-

ти її елементів, в даний час відсутні.

Вказані методи знайшли свій розвиток в роботах [26–29], які направлені на автоматизоване проектування оптимальних конструкцій гіркових горловин.

1.5 Висновок за розділом 1

Як показав огляд досвіду проектування та оптимізації плану гіркових горловин визначення раціональної конструкції горловини являє собою досить складну та багатоваріантну задачу. Основними елементами горловини, що потребують розрахунку являються додаткові криві спускної частини гірки та сполучні криві на сортувальних коліях, які тісно взаємопов'язані між собою. Основним недоліком існуючих методів проектування гіркових горловин являється те, що параметри зазначених елементів визначаються за допомогою підбору, що не дозволяє виконати комплексну оптимізацію конструкції горловини.

В результаті аналізу наукових публікацій можна зробити висновок, що при виконанні реконструкції сортувального парку слід особливу увагу звернути на вибір гіркової горловини сортувального парку, що забезпечить належні параметри переробки вагонопотоку у розформування.

З врахуванням сказаного вище, в даній роботі буде розглянуто ряд варіантів плану та профілю нової гіркової горловини сортувального парку у зв'язку з необхідністю збільшення кількості колій в сортувальному парку.

Вказана проблема виникла у зв'язку з закриттям сусідніх сортувальних станцій та зосередження всієї роботи по обслуговуванню вантажного вагонопотоку у переробку на сортувальній станції Б, що розглядається в дипломній роботі. Для кожного запропонованого варіанту плану та профілю були визначені основні показники, що дозволило визначити варіант, найбільш доцільний для проектування.

2. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ Б ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЇЇ РОБОТИ

За характером та розмірами роботи, що виконує станція Б, вона є позакласною сортувальною станцією (дивись рисунок 2.1).

У парному напрямку до станції Б прилягають дільниці:

– А - Б – двоколійна дільниця, що обладнана пристроями двостороннього автоблокування;

– Д - Б – двоколійна дільниця, що обладнана пристроями одностороннього автоблокування.

У непарному напрямку до станції Б прилягає напрямок В - Б – двоколійна дільниця, що обладнана пристроями двостороннього автоблокування.

2.1. Технічне оснащення станції

Для забезпечення виконання операцій по прийманню-відправленню, формуванню-розформуванню поїздів, сортуванню вагонів, колійний розвиток станції складається з п'яти парків: парку прийому «П», парку відправлення «В», транзитних парків «Ч» та «Н», а також сортувального парку «С».

Парк прибуття, сортувальний парк та парк відправлення розташовані послідовно, транзитні парки розташовані паралельно паркам відправлення.

Парк прибуття розташований зі сторони підходів А та Д, і складається з 8 колій корисною довжиною від 850 м до 1050 м, які призначені для приймання вантажних поїздів у розформування, обслуговування бригадами ПТО та ПКО, а також очікування насуву состава на гірку.

Парк відправлення складається з 10 колій корисна довжина яких знаходиться в межах від 850 м до 1056 м, та призначених для обробки составів поїздів свого формування виставлених із сортувального парку, а також для відправлення поїздів свого формування на усі напрямки.

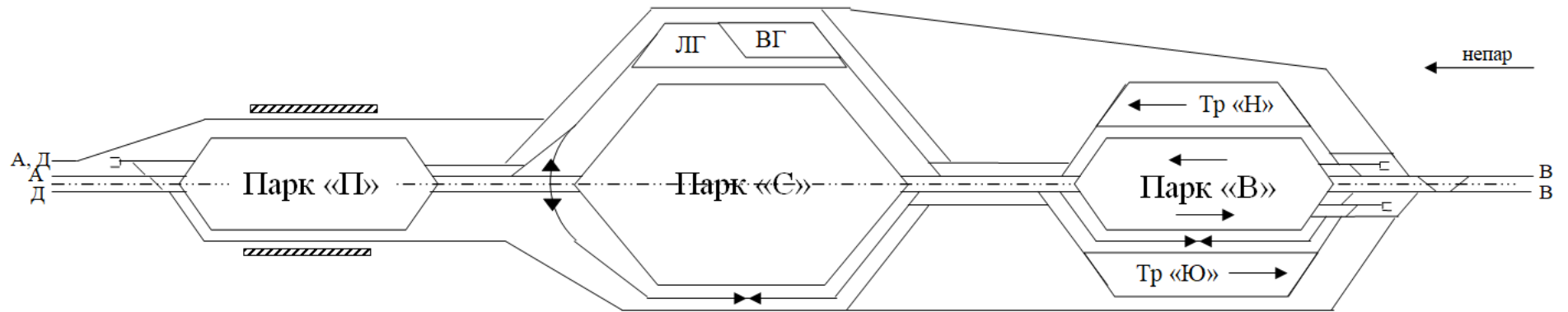


Рисунок 2.1. – Схема сортувальної станції Б

Транзитний парк «Н» складається з 5 колій (корисна довжина від 850 м до 1056 м) які призначені для обслуговування усіх транзитних поїздів із В.

Транзитний парк «Ч» має також 5 колій (корисна довжина від 850 м до 1058 м); вони призначені для обслуговування усіх транзитних поїздів із А та Д.

Сортувальний парк складається з 23 колій, які призначені для накопичення вагонів на прилягаючі перегони, а також місцевих, несправних вагонів, відстою локомотивів та колійних машин.

Для забезпечення виконання операцій по розформуванню та формуванню составів, на станції передбачена механізована гірка великої потужності.

Гальмування відчепів виконується на трьох гальмових позиціях:

1. перша гальмова позиція типу 2хВЗПГ-5, передбачена для дотримання інтервалів між відчепами в районі стрілочної зони;
2. друга гальмова позиція типу 2хВЗПГ-5 передбачена для гальмування відчепів, які йдуть із надмірною швидкістю;
3. третя гальмова позиція типу 1хВЗПГ-3 знаходиться на коліях сортувального парку і передбачена для прицільного гальмування відчепів.

Гіркові стрілочні переводи обладнані пристроями електричної централізації. Переведення стрілок виконується оператором гірки (пост ДСПГ).

Маневровий пост та гальмові позиції регулювальників швидкості руху вагонів обладнані гірковим двостороннім парковим зв'язком, а також маневровий пост обладнаний маневровим радіозв'язком для роботи з маневровими локомотивами. Для забезпечення виконання операцій технічного огляду, поточного ремонту вагонів та випробування автогальм, на станції розташований пункт технічного огляду вагонів, який має необхідні пристрої.

Для оперативного керування роботою станції, робочі місця працівників станції обладнані засобами зв'язку:

4. прямий телефонний зв'язок - чергові по станції мають з черговими по парку, операторами постів централізації, постом списування.
5. міжстанційний зв'язок - чергові по станції мають з черговими по сусідніх станціях А, Д, В.

6. селекторний зв'язок – чергові по станції мають з вузловим поїзним диспетчером (ДНЦ) та ДНЦ дільниці Д-Б, енергодиспетчером, постанційний та службовий зв'язок.

7. поїзний зв'язок - чергові по станції мають із машиністами поїзних локомотивів.

8. маневровий зв'язок - чергові по станції мають із машиністами маневрових локомотивів, складацькими бригадами, операторами поста списування, сигналістом.

Пост маневрового диспетчера (ДСЦ) має:

1. маневровий радіозв'язок із маневровими локомотивами.
2. двосторонній парковий зв'язок – обладнані усі парки станції.

Маневровий пост та гальмові позиції регулювальників швидкості руху вагонів обладнані гірковим двостороннім парковим зв'язком.

Для забезпечення виконання маневрової та сортувальної роботи, на станції використовується 3 маневрових локомотиви серії ЧМЕ-3, обладнаних маневровим зв'язком.

Загальне керування маневровою роботою на станції здійснює маневровий диспетчер, а на сортувальній гірці, по розформуванню-формуванню составів – складач поїздів.

Маневрова робота на станції виконується в 2 маневрових районах:

1-й маневровий район – 1 локомотив, серії ЧМЕ-3, (парк прибуття, непарна горловина сортувального парку) – розформування, формування поїздів, причеплення та відчеплення вагонів, прибирання та подавання вагонів під вантажні операції, перестановка составів у сортувальний парк.

2-й маневровий район - 2 локомотиви, серії ЧМЕ-3, (парна горловина сортувального парку, парк відправлення, транзитні парки) – формування составів, відчеплення несправних вагонів, перестановка составів у сортувальному парку, подача та прибирання вагонів на ПТО, підбір місцевих вагонів під навантаження та розвантаження, подавання та прибирання вагонів на під'їзну колію.

Для списування составів, у непарній та парній горловинах станції розташовані пости списування.

Стрілочні переводи станції Б обладнані пристроями маршрутно-релейної централізації блокового типу.

Для доставки перевізних документів між станційним технологічним центром обробки поїзної інформації та перевізних документів і постом списування на станції обладнана електропошта.

2.2. Характеристика експлуатаційної роботи станції

На станції Б обслуговуються пасажирські дальні та приміські поїзди, а також вантажні поїзди різних категорій: транзитні поїзди та поїзди в розформування.

Станція обслуговує вантажні поїзди в розформування, свого формування та транзитні в яких знаходяться транзитні вагони з переробкою та без переробки, а також місцеві вагони.

Транзитні поїзди прибувають на приймально-відправні колії транзитних парків «Ч» (для поїздів із А та Д) та «Н» (із В). В дані парки прибувають транзитні поїзди як зі зміною локомотивів (кутові поїзди) так і без зміни локомотивів (прямі поїзди). Колійний розвиток парку «Н» включає 5 колій, які мають корисну довжину від 978 м до 1056 м. В парку «Ч» для обслуговування транзитних поїздів передбачено також 5 колій корисною довжиною від 862 м до 994 м.

Парк прийому «П» станції Б призначений для обслуговування поїздів у розформування зі всіх напрямків. Для цього в даному парку є 8 колій корисною довжиною від 850 м до 968 м.

Після цього состави насуваються на сортувальну гірку великої потужності та розформовуються на колії сортувального парку «С». У хвостовій горловині цього парку відбувається закінчення формування составів вантажних поїздів, після чого їх виставляють на колії парку відправлення «В» звідки відправляються на усі напрямки. В даному парку передбачено 10 відправних колій корисною довжиною від 862 м до 1058 м.

Непарні пасажирські дальні поїзди (із В) проходять сортувальну станцію Б без зупинки по головній колії I в обхід сортувальної системи та транзитних парків. Парні пасажирські дальні поїзди (із А та Д) аналогічним чином проходять станцію по колії II.

Приміські поїзди зупиняються на станції на головних коліях, які обладнані пасажирськими платформами, та, після висадки пасажирів, прямують на наступні станції.

Для проходу та посадки пасажирів на поїзди використовуються низькі пасажирські платформи та пішохідні мостові переходи між ними.

Маневрова робота станції передбачає:

- розформування поїздів через сортувальну гірку;
- подачу вагонів під вантажні операції на під'їзну колію;
- формування поїздів через витяжну колію, накопичення вагонів на сортувальних коліях, виставлення сформованих составів на колії відправлення;
- відчеплення технічно несправних вагонів.

Станція Б відкрита для приймання та видачі вантажів повагонними та дрібними відправками, завантажених цілими вагонами, тільки на під'їзних коліях та місцях не загального користування. Місць загального користування на станції немає. Усі вантажні операції виконуються на коліях не загального користування (під'їзних коліях).

Вагони призначенням на вантажні fronti станції надходять у складі поїздів у розформування. Після обробки составів здійснюється їх розформування через гірку. У сортувальному парку здійснюється накопичення составів відповідно до плану формування. Добірка місцевих вагонів по пунктах подач виконується на витяжній колії. Після виконання операцій по навантаженню на під'їзних коліях, здійснюється прибирання вагонів і розформування по коліях сортувального парку відповідно до прийнятої спеціалізації. Після накопичення составу вагони переставляються в парк відправлення, де виконується їх обробка. Після причеплення поїзного локомотива і проби автогальм готові состави відправляються на відповідні підходи.

Ушкоджені вагони маневровим локомотивом встановленим порядком передаються на ремонтні колії МВРК.

Після ремонту вагони маневровим порядком переставляються через гірку на сортувальну колію відповідно до призначення.

2.3 Технологія роботи станції Б

В даному підрозділі розглянуті основні особливості роботи станції Б в умовах збільшення обсягів руху. Усі зміни конструкції станції відповідають рекомендаціям [30]. Нормування технологічних операцій на станції виконувалось у розділі 4.

2.3.1. Технологія роботи з поїздами, що прибувають у розформування

Поїзда, що надходять на станцію Б в переробку, приймаються на колії парку прийому «П» № 1– 8.

По відправленні поїзда із сусідньої станції, черговий по станції (ДСП), парку «П» сповіщає працівників технічної контори, пункту технічного огляду (ПТО) і пункту комерційного огляду (ПКО) про номер, індекс поїзда, колію прийому і часу його прибуття для підготовки до зустрічі прибуваючого поїзда. Працівники, що беруть участь в обробці поїзда, завчасно виходять до колії прийому, щоб зробити огляд і знайти несправності, що виявляються на ходу [30].

Списування інвентарних номерів вагонів виконується працівниками пункту списування на ходу в горловинах парку прийому. Дані про інвентарні номери вагонів передаються у технічну контору по телетайпному зв'язку. При одночасному прибутті декількох поїздів ДСП повідомляє працівникам ПТО черговість їхньої обробки.

Обробка поїздів, що прибули у розформування складається з наступних операцій:

- технічного обслуговування поїзда і підготовки його до розформування;
- контрольної перевірки поїзда і наявності документів;
- комерційного огляду.

Поїзди, що прибули у парк закріплюють гальмівними башмаками з метою попередження їхнього уходу з колій парку. Закріплювання поїздів виконує сигналіст, який по закінченні даної операції безпосередньо повідомляє ДСП парку «П». ДСП дає дозвіл локомотивній бригаді, зробити відчеплення локомотива від составу і після фактичного відчеплення виконується огороження составу.

Здійснивши огороження, оператор ПТО повідомляє про це по двосторонньому парковому зв'язку всіх працівників, що причетні до технічного і комерційного огляду. Під час технічного огляду бригада ПТО виконує огляд составу з метою виявлення пошкоджених вагонів і при необхідності може здійснювати безвідчипний ремонт. Комерційний огляд составу виконує бригада ПКО, яка перевіряє вагони на наявність порушень у правильності навантаження і фактів розкрадання чи доступу до вантажу. По закінченні технічного і комерційного огляду працівники ПТО і ПКО доповідають по двосторонньому парковому зв'язку оператору ПТО про закінчення робіт, після чого старший оглядач дає вказівку оператору ПТО про зняття огороження на даній колії і повідомлення про цю подію ДСП парку «П».

У випадку виявлення вагонів, що вимагають відчипного ремонту, оглядач повідомляє оператору ПТО відповідні інвентарні номери вагонів з метою внесення змін у сортувальний лист.

Керуючись інформацією про підхід поїздів, розміченими телеграмами-натурними листами (ТГНЛ), наявністю вагонів на коліях сортувального парку і планом відправлення поїздів, маневровий диспетчер (ДСЦ) устанавлює черговість розформування поїздів з урахуванням найшвидшого накопичення вагонів і формування поїздів з метою зменшення простою вагонів на станції. ДСЦ дає вказівки причетним працівникам про послідовність розпуску, змінах у сортувальному листі, спеціалізації сортувальних колій і ін.

Процес розформування і формування составів через сортувальну гірку складається з наступних операцій:

- заїзд гірочного локомотива під состав;
- насув составу на гірку;
- розпуск состава;
- осаджування вагонів на коліях сортувального парку для ліквідації «вікон» – простору між вагонами;
- закінчення формування составів на коліях сортувального парку.

Маневровою роботою по розформуванню і формуванню поїздів у сортувальному парку керує ДСЦ, якому підлеглі:

- черговий по гірці (ДСПГ);
- оператори паркової гальмівної позиції;
- складачі гірки;
- складачі маневрового району хвостової горловини сортувального парку.

ДСП готує маршрут заїзду гірчного локомотива під состав і маршрут насуву його на гірку за вказівкою ДСЦ. Заїзд гірчного локомотива під состав виконується через локомотивний тупик, що розташований у парній горловині парку прийому «П». ДСПГ, у свою чергу, попереджає працівників парку прийому про насув поїзда і дає команду машиністу гірчного локомотива. Перед безпосереднім початком розформування составу ДСПГ повинний переконатися в готовності всіх причетних до розпуску працівників.

Під час розпуску составу ДСЦ, ДСПГ, оператори паркових гальмівних позицій та бригада складачів гірки користуються сортувальним листком.

Розчеплення вагонів на горбу гірці виконує складальна бригада. При неможливості розчеплення вагонів, складальна бригада припиняє роботу, повідомляє ДСЦ про несправність і за його вказівкою розчіплює на один вагон більше. Відчеплена група направляється на одну з колій сортувального парку. Дана несправність усувається працівниками ПТО чи працівниками пункту відчіпного ремонту вагонів після перестановки.

ДСЦ у процесі розпуску повинний контролювати ступінь заповнення колій сортувального парку, колії проходження відчепів. Також він повинний контролювати правильність відчеплення вагонів на горбі гірки по номерах вагонів, зазначених у сортувальному листку.

ДСЦ зобов'язаний готувати колії сортувального парку, щоб забезпечити мінімальний час розпуску составів з гірки. Для цього періодично виконується осаджування і підтягування вагонів. Осаджування чи підтягування робить маневровий локомотив за вказівкою ДСЦ після закінчення розпуску состава.

Графік обробки поїзда, що прийшов у розформування зображений на рисунку 2.2.

операція	до при- буття	час, хв.			виконавець
		10	20	30	
отримання від поїзного диспетчера повідомлення про номер і час прибуття поїзда	■				черговий по станції
повідомлення відповідних робітників про номер поїзда і номер колії прийому	■				черговий по станції
прийом поїзда на відповідну колію	■				поїзний локомотив
закріплення состава	3	■			сигналіст
відпуск автогальм і відчепка поїзного локомотива	2	■			локомотивна бригада
технічний огляд состава	18	■			бригада ПТО
комерційний огляд состава	18	■			бригада ПКО
загальний час	20	■			

Рисунок 2.2. Графік обробки поїзда, що прийшов у розформування

2.3.2 Технологія роботи з поїздами свого формування

По закінченні процесу накопичення вагонів на сортувальній колії, з накопченим составом виконується операція закінчення формування. Ця операція може виконуватися у хвостовій горловині сортувального парку «С», або на сортувальній гірці. Звичайно одnogрупні або двогрупні поїзди формуються у хвості горловини, а збірні – на сортувальній гірці. Після закінчення формування состав переставляється маневровим локомотивом у парк відправлення «В». В залежить від напрямку відправлення поїзду у його верхню або нижню частину. Якщо поїзд сформований для відправлення на напрямки А чи Д, то він переставляється у парк «В» на колії № 1, 2, 3, 4, 5, в іншому випадку (на напрямки «Б» чи «Г») – на колії № 6, 7, 8, 9, 10. Під час перестановки составу з сортувального парку у парк відправлення виконується спи-

сування інвентарних номерів вагонів з метою перевірки наявності всіх документів на вагони в технічній конторі.

З поїздами свого формування виконуються наступні операції:

- технічне обслуговування і поточний безвідчіпний ремонт вагонів;
- комерційний огляд вагонів і усунення несправностей;
- видача локомотивній бригаді документів на поїзд і бланка діючих попереджень по колії прямування поїзда;
- причеплення поїзного локомотива і випробування автогальм;
- установлення хвостових сигналів.

Відправлений зі станції поїзд повинний бути сформований відповідно до плану формування поїздів і мати встановлені сигнали.

При технічному обслуговуванні поїздів перед відправленням виявляються технічні несправності, отримані в процесі розпуску і накопичення состава. Несправності, отримані в процесі навантаження чи вивантаження вагонів, виявляються й усуваються відповідними працівниками на під'їзних коліях і місцях загального користування.

Після закінчення технічного обслуговування поїзда про це сповіщає оператор ПТО, який доповідає ДСП про готовність поїзда. Оператор ПТО знімає огороження і на колію під состав подається поїзний локомотив після чого виконується випробування автогальм.

Паралельно з технічним обслуговуванням виконується комерційний огляд состава. Виявлені комерційні несправності повинні бути усунуті до відправлення поїзда. По закінченню комерційного огляду й усунення несправностей, старший прийомодавач повідомляє ДСП про готовність поїзда в комерційному відношенні.

Одночасно з цим ведеться обробка поїзда в документальному відношенні в технічній конторі. ДСП може відправити поїзд після одержання готовності в технічному і комерційному відношенні, а також при наявності документів на поїзд у локомотивної бригади, наявності хвостових сигналів. Можливість відправлення поїзда ДСП повинний узгодити з поїзним диспетчером.

Графік обробки поїзда свого формування зображений на рисунку 2.3.

операція	тривалість, хв.	час, хв.					виконавець
		10	20	30	40	50	
перестановка состава в приймально-відправний парк	█						маневровий локомотив
закріплення состава	3	█					сигналіст
відчеплення маневрового локомотиву	2	█					локомотивна бригада
технічний огляд	23	██████████					бригада ПТО
комерційний огляд	23	██████████					бригада ПКО
причеплення поїзного локомотиву	2			█			локомотивна бригада
зняття закріплення	3			█			сигналіст
проба автогальм	11			██████			бригада автоматників
відправлення поїзду	3				█		поїзний локомотив
загальний час	47	██████████████████					

Рисунок 2.3. Графік обробки поїзда свого формування

2.3.3 Технологія обробки документів в технічній конторі

Технічна контора забезпечує всі станційні процеси, а також роботу товарної контори інформацією про поїзди, вагони і вантажі, основою, якої служить натурний лист поїзда. В технічній конторі виконуються операції, послідовність яких відповідає технології роботи станції.

У процесі прибуття поїзда на станцію в ЕОМ вводиться повідомлення 201 про прибуття поїзда, а також листок списування – повідомлення 05, після чого працівники технічної контори одержують розмічену ТГНЛ. Документи доставляються з прийомного бункера в технічну контору порядком, встановленим начальником станції.

По прибуттю виконується перевірка розміченої ТГНЛ (повідомлення 02) з перевізними документами і повідомленням 08. Невідповідності, виявлені при перевір-

ці, видаються у виді заготовки повідомлення 09. Після обробки цього повідомлення і введення коректувального повідомлення 09 автоматично виконується розрахунок сортувального листка і видача його на телетайпи ДСЦ, ДСПГ, бригаді складачів, операторів паркової гальмової позиції і на посаді укладачів гірки. У випадку виявлення вагонів, що вимагають відчіпного ремонту, після внесення необхідних коректив сортувальний лист видається повторно.

Після розпуску поїзда ДСЦ вводить повідомлення 203 про фактичне закінчення розпуску поїзда. У свою чергу після цього повідомлення ЕОМ видає накопичувальну відомість. Дані накопичувальної відомості підключаються до аркушів накопичення на відповідні сортувальні колії.

Оператор технічної контори здійснює звірку заготовки натурального листа з даними накопичувальної відомості. При наявності невідповідностей він складає повідомлення 08 чи виконується маневрова робота з викиду з поїзда «чужих» вагонів.

Після обробки цього повідомлення на друк в технічній конторі видаються:

- натурний лист поїзда форми ДУ-1;
- довідка для заповнення маршруту машиніста;
- накопичувальна відомість залишкової групи вагонів на колії, з якого був виставлений поїзд.

На підставі натурального листа поїзда оператор технічної контори робить добірку перевізних документів, конвертує їх і разом з натурним листом і довідкою для заповнення маршруту машиніста здає ДСПП.

При формуванні групи вагонів на під'їзні колії під вивантаження, документи передаються в товарну контору.

Після відправлення поїзда оператор при ДСП вводить повідомлення 200 про фактичне відправлення поїзда. При надходженні цього повідомлення в ЕОМ інформація про даний поїзд листується в архів і автоматично передається в дорожній обчислювальний центр.

2.3.4. Технологія роботи з транзитними поїздами

До транзитних поїздів відносяться поїзди, що проходять станцію без переробки. Транзитні поїзди, що прибувають з напрямку «А» та «В», приймаються у транзитний парк «Н», а поїзди, що прибувають з напрямків «Б» та «Г» – на колії транзитного парку «Ч».

До прибуття транзитного поїзда ДСП одержує від поїзного диспетчера інформацію про номер, індекс поїзда, очікуваному часі прибуття, станції призначення, а також інших особливих умовах подальшого проходження.

ДСП по двосторонньому парковому зв'язку чи по телефону сповіщає чергового по локомотивному депо, працівників технічної контори, ПТО і ПКО про прибуття поїзда з указівкою часу і колії прибуття.

До прибуття поїзда на станцію надходить повідомлення 02 про состав поїзда. По прибуттю поїзда на станцію оператор технічної контори вводить повідомлення 201 про фактичне прибуття поїзда. Порядок огороження і закріплення поїзда аналогічний огороженню і закріпленню поїздів прибулих у розформування.

Обробка транзитного поїзда складається з наступних операцій:

- технічного обслуговування і безвідчіпного ремонту;
- зміни локомотивів чи локомотивних бригад;
- перевірки документів операторами технічної контори;
- випробування гальм у випадку зміни локомотива чи локомотивної бригади.

Після прибуття поїзда машиніст віддає документи ДСПІІ чи оператору технічної контори, що доставляє документи в технічну контору для перевірки. При виявленні розбіжності даних про состав поїзда з ТГНЛ, а також у випадку змін у составі поїзда, оператор технічної контори зобов'язаний ввести в ЕОМ коректувальне повідомлення 08. При введенні повідомлення 08 ЕОМ по запиті забезпечує видачу скоректованого натурального листа і довідки про состав поїзда для відання маршруту машиніста.

Перед відправленням поїзда ДСП повинний переконатися в готовності поїзда в технічному і комерційному відношенні, наявності хвостових сигналів, наявності на локомотиві документів і попередження. Відправити поїзд ДСП може тільки з дозволу ДНЦ.

Після відправлення транзитного поїзда зі станції підготовляється і вводиться в ЕОМ повідомлення 200 про факт відправлення поїзда. Факт підключення станції до системи АСОУП забезпечує передачу інформації в дорожній обчислювальний центр про всі події поїзної роботи, про зміну складу транзитного поїзда і ін.

Зміна поїзних локомотивів виконується під час технічного обслуговування за узгодженням зі старшим зміни оглядачів вагонів і попередженням машиніста локомотива по радіозв'язку про те, що поїзд обробляється.

Причеплення поїзного локомотива до поїзда виконується не пізніше чим за 10 хвилин до відправлення поїзда. Після цього оглядачі-автоматники роблять випробування автогальм, заповнюють довідку про гальма і вручають її машиністу локомотива.

Графік обробки транзитного поїзда зображений на рисунку 2.4.

операція	тривалість, хв.	час, хв.					виконавець
		10	20	30	40	50	
прийм поїзда на відповідну колію		■					поїзний локомотив
закріплення состава	3	■					сигналіст
відчеплення поїзного локомотиву	2	■					локомотивна бригада
технічний огляд	31	■					бригада ПТО
комерційний огляд	31	■					бригада ПКО
причеплення поїзного локомотиву	2				■		локомотивна бригада
зняття закріплення	3				■		сигналіст
проба автогальм	11				■		бригада автоматників
відправлення поїзду	3					■	поїзний локомотив
загальний час	55	■					

– Рисунок 2.4 – Графік обробки транзитного поїзда

2.3.5 Технологія роботи з пасажирськими поїздами

Непарні пасажирські дальні поїзди проходять сортувальну станцію Б без зупинки по головній колії I в обхід транзитного парку «Ч», сортувального парку «С» та парку прийому «В». Парні пасажирські дальні поїзди також проходять сортувальну станцію Б без зупинки по головній колії II.

Місцеві пасажирські поїзди непарного напрямку (з Б та Г на А та Д) проходять станцію з зупинкою на колії I, і далі прямують на потрібні станції. Місцеві пасажирські поїзди парного напрямку (з А та Д на Б та Г) прямують по II колії з зупинкою на цій же колії і продовжують рух далі.

Приміські поїзди зупиняються на станції на коліях пасажирського парку, та, після висадки-посадки пасажирів, прямують далі.

Для проходу та посадки пасажирів на поїзди використовуються високі пасажирські платформи та переходи в різних рівнях між ними.

2.3.6 Технологія роботи з місцевими вагонами

Сортувальна станція Б виконує обслуговування під'їзних колій підприємств, що примикають до неї. Вагони, призначенням на під'їзні колії прибувають в складах поїздів, що переробляються.

Після накопичення на колії сортувального парку «С», місцеві вагони знову подаються на основну гірку для їх повторного сортування на кінці колій парку С (приймаємо, що одночасно для підбірки груп вагонів може бути використано до 8-ми колій цього парку). Надалі відбувається підбірка цих вагонів по групах розподільчим методом. Після підбирання вагони маневровим локомотивом подаються на під'їзну колію.

Після повернення подачі місцевих вагонів до станції Б вони потрапляють у парк «П», а згодом сортуються на колії парку «С» за призначеннями вагонів згідно плану формування поїздів (ПФП).

2.4. Постановка задачі дипломної роботи

В цей час залізничний транспорт функціонує в умовах жорсткої конкуренції з іншими видами транспорту, тому проблема підвищення якості наданих послуг по перевезенню вантажів і пасажирів є дуже важливою.

Сортувальна станція Б розташована в районі крупного населеного пункту і є вузловою, так як до неї примикає 4 підходи. Дана станція є пунктом зародження і погашення вагонопотоків. Від якості роботи даної станції Б в значній мірі залежить функціонування залізничного вузла і підприємств міста. Ефективність роботи сортувальної станції, у свою чергу, визначається рівнем її технічного оснащення і технологією роботи.

У зв'язку з закриттям сусідніх сортувальних станцій та зосередженням сортувальної роботи на станції Б виникла проблема збільшення транзитного вагонопотоку з переробкою. Для вирішення даної проблеми в дипломній роботі передбачено розглянути декілька варіантів організації реконструкції гіркової горловини сортувального парку, після чого буде вибрано із них найбільш раціональний за техніко-експлуатаційними показниками.

3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ Б

3.1. Вихідні дані, що характеризують обсяг роботи станції

Сортувальна система станції Б переробляє поїзди, що надходять із чотирьох напрямків: А, Д, В та Г.

До вихідних даних, що характеризують обсяг виконаної роботи на станції, відносяться: пасажирські поїздопотоки, транзитні вагонопотоки та вагонопотоки в розформування (див. Додаток А.1).

Пасажирські поїздопотоки, що прибувають на станцію з усіх напрямків, приведені в таблиці 3.1 (див. таблицю А.1 Додатку А.1):

Таблиця 3.1. Пасажирські поїздопотоки сортувальної станції

З	На				
	А	Д	В	Г	Всього
А	–	–	4/2 ¹⁾	2/2	6/4
Д	–	–	1/2	1/2	2/4
В	4/2	1/2	–	–	5/4
Г	2/2	1/2	–	–	3/4
Всього	6/4	2/4	5/4	3/4	16/16

¹⁾ Примітка: 1/2 – пасажирські дальні / приміські

Усього через станцію проходить 32 пасажирські поїзди за добу.

Транзитний вагонопотік без переробки, відповідно до таблиці А.2 Додатку А.1, наведено в таблиці 3.2:

Таблиця 3.2. Транзитний вагонопотік без переробки

З	На				
	А	В	Д	Г	Всього
А	–	371	106	477	954
В	424	–	265	159	848
Д	106	265	–	265	636
Г	424	106	212	–	742
Всього	954	742	583	901	3180

Усього через станцію Б проходить без переробки 3180 транзитних вагонів за добу.

Кількість вагонів у розформування з усіх напрямків на підставі вихідних даних з таблиці А.3 Додатку А.1 наведено в таблиці 3.3:

Таблиця 3.3. Вагонопотоки з переробкою

З	На					
	А	В	Д	Г	Б	Всього
А	–	752	106	546	15	1419
В	636	–	252	72	23	983
Д	106	159	–	312	8	585
Г	265	58	236	–	14	573
Б	15	23	8	14	–	60
Всього	1022	992	602	944	60	3620

Добовий обсяг вагонів, що розформовують на станції Б складає 3620 вагонів.

Всього кількість вагонів з усіх напрямків за даними таблиць 3.2 та 3.3 вказана в таблиці 3.4:

Таблиця 3.4. Загальні вагонопотоки сортувальної станції Б

З	На					
	А	В	Д	Г	Б	Всього
А	–	1123	212	1023	15	2373
В	1060	–	517	231	23	1831
Д	212	424	–	577	8	1221
Г	689	164	448	–	14	1315
Б	15	23	8	14	–	60
Всього	1976	1734	1185	1845	60	6800

Добовий загальний вагонопотік станції Б складає 6800 вагонів.

За отриманими даними будуть визначені поїздопотоки станції Б. Для цього необхідно встановити величину складу вантажного поїзда.

3.2. Розрахунок маси та довжини складів вантажних поїздів

Розрахункова маса вантажного поїзда в основному залежить від сили тяги поїзного локомотива і від керівного ухилу на ділянці. Тому, відповідно до «Правил тягових розрахунків» [31], визначимо вагу вантажного поїзда:

$$Q = \frac{F_{кр} - (w'_0 + i_p) \cdot P}{w''_0 + i_p}, \quad (3.1)$$

де $F_{кр}$ – розрахункове значення дотичної сили тяги, H ;

w'_0 – основний питомий опір руху локомотива, $H/\kappa H$;

w''_0 – основний питомий опір руху складу, $H/\kappa H$;

i_p – розрахунковий підйом, ‰;

P – розрахункова маса локомотива, t .

Питомі опори руху локомотива і складу визначаються відповідно по формулах:

$$w'_o = 1,9 + 0,01 \cdot V_p + 0,0003 \cdot V_p^2, \quad (3.2)$$

$$w''_o = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot V_p + 0,0025 \cdot V_p^2}{q_0}, \quad (3.3)$$

де V_p – швидкість на розрахунковому підйомі, км/год;

q_0 – навантаження від осі вагона на рейку, кН.

Довжина поїзда з урахуванням довжини локомотива визначається по формулі:

$$L_{\Pi} = m_{\text{ваг}} \cdot l_{\text{ваг}} + l_{\text{лок}}, \quad (3.4)$$

де $m_{\text{ваг}}$ – кількість вагонів у складі;

$l_{\text{ваг}}$ – довжина вагона по осях автозчеплення, м;

$l_{\text{лок}}$ – довжина локомотива по осях автозчеплення, м;

Кількість вагонів у складі поїзда обмежується або корисною довжиною колій $L_{\text{кор}}$, або масою составу Q , що може бути перевезена на розрахунковому підйомі. Таким чином за масу складу беремо менше із цих значень:

$$m_c = \min(m_L; m_Q). \quad (3.5)$$

При цьому кількість вагонів, що залежить від маси буде визначатись як

$$m_Q = \frac{Q}{q_{\text{ваг}}}, \quad (3.6)$$

де Q – вага поїзда, т;

$q_{\text{ваг}}$ – вага вагона, т.

Кількість вагонів, що залежить від корисної довжини колій знаходиться так

$$m_L = \frac{L_{\text{кор}} - l_{\text{лок}} - a}{l_{\text{ваг}}}, \quad (3.7)$$

де $L_{\text{кор}}$ – корисна довжина колій, m ;

$l_{\text{лок}}$ – довжина локомотива, m ;

$l_{\text{ваг}}$ – довжина вагона, m ;

a – допуск на установку состава, m .

Вихідні дані прийняті згідно Додатку А.1.

Згідно Додатку А взято:

– локомотив для вантажних поїздів – 2ТЭ116;

– маса бруто вагона $q_{\text{ваг}}$ – 80 t ;

– ухили на лініях: на Б-А 9,8 ‰, на Б-Д 7,9 ‰, на Б-В 4,9 ‰ та на Б-Г 8 ‰.

Для розрахунку згідно [31] взято:

– розрахункове значення дотичної сили тяги $F_{\text{кр}}$ – 50600 H ;

– розрахункова маса локомотива P – 274 t ;

– розрахункова швидкість локомотива V – 24,2 $км/год$;

– довжина локомотива $L_{\text{лок}}$ – 36,0 m .

Отже, основний питомий опір руху локомотива серії 2ТЭ116 в режимі тяги становить:

$$\omega_0' = 1,9 + 0,01 \cdot 24,2 + 0,0003 \cdot 24,2^2 = 2,318 \text{ } H / \kappa H$$

Навантаження на вісь вагону складе:

$$q_0 = \frac{80}{4} = 20 \text{ } t / \text{вісь}.$$

Основний питомий опір руху вагонів становитиме

$$\omega_0'' = 0,7 + \frac{(3 + 0,1 \cdot 24,2 + 0,0025 \cdot 24,2^2)}{20} = 1,044 \text{ } H / \kappa H.$$

Таким чином, отримаємо масу составу бруто на напрямку А-Б

$$Q_{\text{бр}} = \frac{50600 - 274 \cdot (2,318 + 9,8)}{1,044 + 9,8} = 4350 \text{ } t$$

Результати розрахунків маси поїздів на всіх напрямках наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Результати розрахунків маси поїздів

Напрямок	$i_p, ‰$	$w'_0, H/кН$	$w''_0, H/кН$	$Q, т$
А	9,8	2,318	1,044	4350
Д	7,9	2,318	1,044	5300
В	4,9	2,318	1,044	8150
Г	8,0	2,318	1,044	5250

Розрахунок кількості вагонів на усіх напрямках:

Для напрямку А-Б :

$$m_Q = \frac{4350}{80} = 54 \text{ ваг ,}$$

$$m_L = \frac{850 - 36 - 10}{15} = 53 \text{ ваг .}$$

Приймаємо кількість вагонів на напрямку А-Б рівним 53 вагона.

Для напрямку Д-Б :

$$m_Q = \frac{5350}{80} = 66 \text{ ваг ,}$$

$$m_L = \frac{850 - 36 - 10}{15} = 53 \text{ ваг .}$$

Приймаємо кількість вагонів у поїзді на Д-Б рівним 53 вагона.

Для напрямку В-Б :

$$m_Q = \frac{8150}{80} = 101 \text{ ваг ,}$$

$$m_L = \frac{850 - 36 - 10}{15} = 53 \text{ ваг .}$$

На дільниці В-Б кількість вагонів дорівнює 53 вагона.

Для напрямку Г-Б :

$$m_Q = \frac{5250}{80} = 65 \text{ ваг ,}$$

$$m_L = \frac{850 - 36 - 10}{15} = 53 \text{ ваг.}$$

На дільниці Г-Б кількість вагонів дорівнює 53 вагона.

Таким чином, для подальших розрахунків приймаємо кількість вагонів у складі поїзда на всіх дільницях рівною 53 вагона.

3.3. Визначення розрахункових розмірів поїздопотоків

Кількість поїздів визначається по формулі:

$$N = \frac{n}{m_c}, \quad (3.8)$$

де n – вагонопотік, *ваг*;

m_c – кількість вагонів у складі, *ваг*.

При розрахунку кількість поїздів округляється у більшу сторону до цілого значення. Для прикладу визначимо транзитний поїздопотік з А на В при транзитному вагонопотоці без переробки в 371 ваг (див. табл. 3.2).

$$N_{A-B} = \frac{371}{53} = 7 \text{ поїздів}$$

Визначення транзитного поїздопотоків виконано по формулі 3.8; результати приведені в таблиці 3.6:

Таблиця 3.6 – Транзитний поїздопотік

З	На				
	А	В	Д	Г	Всього
А	–	7	2	9	18
В	8	–	5	3	16
Д	2	5	–	5	12
Г	8	2	4	–	14
Всього	18	14	11	17	60

Розрахунок поїздопоток у розформування виконано по формулі 3.6.

Для прикладу визначимо поїздопотік у переробку з А при сумарному транзитному вагонопотоці з переробкою із А рівному 1419 ваг (див. табл. 3.3).

$$N_A = \frac{1419}{53} = 26,8 \text{ поїздів}$$

Прийнято 27 поїздів, при цьому 26 поїздів наскрізних та 1 збірний.

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Визначення поїздопоток у розформування та свого формування

Вагонопотік із	Вагонопотік на						Поїзди у розформування		
	А	В	Д	Г	Б	Всього вагонів	всього	у т. ч. збірні	
А	–	752	106	546	15	1419	27	1	
В	636	–	252	72	23	983	18	1	
Д	106	159	–	312	8	585	9	2	
Г	265	58	236	–	14	573	10	1	
Б	15	23	8	14	–	60	3	-	
Всього вагонів	1022	992	602	944	60	3620	-	-	
Поїзди	Всього	19	17	10	17	-	-	67	-
	Збірних	1	1	2	1	-	-	-	5

Таким чином, транзитний поїздопотік сортувальної станції Б становить 60 поїздів за добу, а поїздопотік у розформування – 67 поїздів за добу. Кількість вагонів у складі поїзда 53 вагони та 40 вагонів у збірному поїзді.

3.4. Визначення потрібної пропускної спроможності прилеглих ділянок

Потрібна пропускна спроможність прилеглих до станції Б ліній визначається за формулою [32]:

$$N = \alpha(N_{ван} + N_{нас} \varepsilon_{нас} + N_{зб}(\varepsilon_{зб} - 1)) \quad (3.9)$$

де α – коефіцієнт резерву пропускної спроможності, $\alpha=1.20$;

$N_{ван}$ – число вантажних поїздів на даній лінії (з врахуванням збірних);

$N_{пас}, N_{зб}$ – відповідно число пасажирських і збірних потягів на лінії;

$\varepsilon_{пас}, \varepsilon_{зб}$ – коефіцієнти зйому вантажних поїздів відповідно пасажирськими і збірними поїздами, $\varepsilon_{пас} = 1.5; \varepsilon_{зб} = 2.0$.

За даними таблиць 3.1, 3.6 та 3.7, потрібна пропускна спроможність прилеглих ліній складе:

$$N_{Б-А} = 1.20 \cdot ((18+26) + 10 \cdot 1.5 + 1(2-1)) = 74 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{Б-В} = 1.20 \cdot ((16+17) + 9 \cdot 1.5 + 1(2-1)) = 59 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{Б-Д} = 1.20 \cdot ((12+10) + 5 \cdot 1.5 + 2(2-1)) = 37 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{Б-Г} = 1.20 \cdot ((14+10) + 6 \cdot 1.5 + 1(2-1)) = 41 \text{ пар поїздів};$$

Згідно розрахованої потрібної пропускної спроможності прилеглих до станції Б ліній, вибираємо кількість головних колій і технічні засоби регулювання інтервалів між поїздами для цих ліній (дивись таблицю 3.8).

Таблиця 3.8 – Кількість головних колій на лініях примикання та їх технічне оснащення

Лінія	Потрібне технічне оснащення		Наявне технічне оснащення	
	Кількість головних колій	Пристрої СЦБ	Кількість головних колій	Пристрої СЦБ
Б – А	2	одностороннє автоблокування	2	одностороннє автоблокування
Б – В	2	одностороннє автоблокування	2	одностороннє автоблокування
Б – Д	1	диспетчерська централізація	2	одностороннє автоблокування
Б – Г	1	диспетчерська централізація	-	-

Таким чином, існуюче технічне оснащення прилеглих до станції Б ліній не гірше за потрібне.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ СТАНЦІЇ Б

Технічне нормування тривалості основних операції технологічного процесу станції є однією з головних умов злагодженої роботи окремих систем сортувальної станції. До них можна віднести парк прийому, сортувальний парк, приймально-відправний парк. Для проведення розрахунків, пов'язаних з нормуванням основних операції, можна скористатися методикою І. Б. Сотникова [33]. Крім того, результати технічного нормування тривалості технологічних операцій є основою для перевірки необхідної кількості колій у парках сортувальної станції «Б».

4.1 Технічне нормування тривалості операцій в парку прийому

На сортувальну станцію Б в парк прийому «П» прибувають поїзди в розформовування з підходів А, Д, В та Г, де з ними виконуються наступні операції:

- прийом поїзда на відповідну колію;
- обробка составу бригадою ПТО;
- розформовування составу на гірці.

Час заняття маршруту при прийомі поїзда в парк визначається по формулі:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot l'_{\text{бл}}}{V} + \frac{0,06 \cdot (l''_{\text{бл}} + L_{\text{вх}})}{V_{\text{вх}}}, \quad (4.1)$$

де $t_{\text{м}}$ – час на приготування маршруту, *хв.*;

$l'_{\text{бл}}, l''_{\text{бл}}$ – довжина першої та другої блок-ділянок, *м*;

V – встановлена швидкість руху поїзда по перегону, *км/год*;

$V_{\text{вх}}$ – середня швидкість входу поїзда на станцію, *км/год*;

$L_{\text{вх}}$ – відстань, що проходить поїзд від вхідного сигналу до зупинки на колії, *м*.

$$L_{\text{вх}} = l_{\text{с}} + l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (4.2)$$

де $l_{\text{с}}$ – відстань від вхідного сигналу до першої стрілки горловини, *м*;

$l_{\text{гор}}$ – довжина вхідної горловини, *м*;

$l_{\text{п}}$ – довжина поїзда, *м* (див. п. 2.3).

Використовуючи дані Додатку А та розділу 2 отримаємо

$$L_{\text{вх}} = 300 + 350 + 841 = 1491 \text{ м},$$

$$t_{\text{пр}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1300}{70} + \frac{0,06 \cdot (1100 + 1480)}{40} = 5,1 \text{ хв.}$$

Час на прийом поїзду приймаємо 5 хв.

Час, пов'язаний з закріпленням рухомого складу на коліях парку прийому визначається за формулою:

$$t_{\text{зак}} = \frac{l_{\text{ваг}} n_{\text{б}}}{4} \left(\frac{1}{V_1} + \frac{3}{V_0} \right) + n_{\text{б}} \cdot t_{\text{в/у}} + 20 \quad (4.3)$$

де $l_{\text{ваг}}$ – довжина вагона, 15 м;

$n_{\text{б}}$ – кількість гальмівних башмаків, що використовується для закріплення составу;

V_1, V_0 – відповідно швидкість підходу з одним башмаком ($V_1 = 0,87 \text{ м/с}$) та без башмаків ($V_0 = 1,1 \text{ м/с}$);

$t_{\text{в/у}}$ – час на взяття та укладку одного башмака, $t_{\text{в/у}} = 5 \text{ с}$.

$$t_{\text{зак}} = \frac{15 \cdot 8}{4} \left(\frac{1}{0,87} + \frac{3}{1,1} \right) + 8 \cdot 5 + 20 = 176,3 \text{ с.}$$

Час на закріплення составу прийнято $t_{\text{зак}} = 176,3 / 60 = 3 \text{ хв.}$

Час, що необхідний на технічний огляд составу вантажного поїзда бригадою ПТО, визначається за формулою:

$$t_{\text{обр}} = \frac{\tau' \cdot m_{\text{с}}}{K_{\text{гр}}} + a \quad (4.4)$$

де τ' – середня тривалість технічного огляду одного вагону з урахуванням нетрудомісткого безвідчіпного ремонту, приймається 0,9 хв.;

$m_{\text{с}}$ – число вагонів в составі поїзду, $m_{\text{с}} = 53 \text{ ваг}$ (див. п. 2.2);

a – час підготовчо-заклучних операцій, приймаємо $a = 2,4 \text{ хв.}$

$K_{\text{гр}}$ – кількість груп в бригаді ПТО, визначається за умови:

$$K_{\text{гр}} \geq \frac{N_{\text{п}} \cdot (\tau' \cdot m_{\text{с}})}{1440 \cdot 0,8}, \quad (4.5)$$

де $N_{\text{п}}$ – добова кількість поїздів, що прибуває у розформування, згідно табл.

2.7 $N_{\text{п}} = 66$ поїздів;

0,8 – припустимий коефіцієнт завантаження бригади ПТО.

$$K_{\text{гр}} = \frac{66 \cdot (0,9 \cdot 53)}{1440 \cdot 0,8} = 3,27$$

Необхідно прийняти $K_{\text{гр}} = 4$ групи.

$$t_{\text{обр}} = \frac{0,9 \cdot 53}{3} + 2,4 = 18,3 \text{ хв.}$$

Час на обробку одного составу приймаємо 18 хв.

4.2 Технічне нормування тривалості операцій по розформуванню составів на сортувальній гірці

Технологічний час на розформування поїздів на сортувальній гірці складається з наступних операцій:

- заїзд гірчного локомотива в парк прибуття під состав t_z ;
- насув составу на гірку $t_{\text{нас}}$;
- розпуску составу на сортувальній гірці t_p ;
- осаджування составів у сортувальному парку $t_{\text{ос}}$.

Схема взаємного розташування парку прийому «П» і сортувального парку «С» приведена на рисунку 4.1.

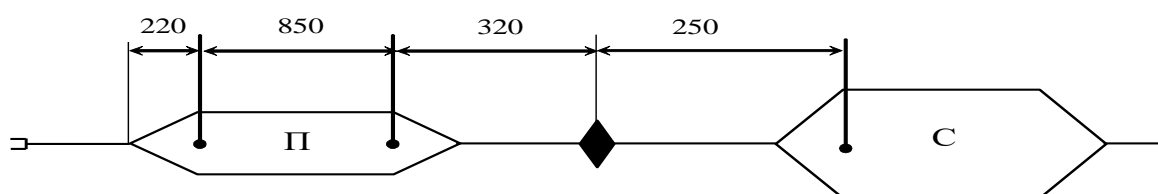


Рисунок 4.1 – Схема взаємного розташування парків «П» і «С»

Час на заїзд визначається як сума тривалості півреїсів заїзду. Тривалість маневрового півреїсу визначається за емпіричною формулою:

$$t_{\text{п/р}} = a + b \cdot m, \quad (4.6)$$

де a , b – нормативні коефіцієнти, значення яких залежить від довжини маневрового півреїса і визначається по [33, табл. 1];

m – число вагонів.

Довжина піврейса заїзду маневрового локомотива з горба гірки в локомотивний тупик (див. рис. 4.1) складає:

$$L_1 = 320 + 850 + 220 = 1390 \text{ м, при цьому } a = 2,72 \text{ хв.}$$

Довжина другого піврейса заїзду локомотива з тупика під состав:

$$L_2 = 220 \text{ м, } a = 1,0 \text{ хв.}$$

Таким чином, тривалість заїзду локомотива під состав складає:

$$t_3 = 2,72 + 1,0 = 3,72 \text{ хв.}$$

Час на заїзд локомотиву під состав приймається 3,7 хв.

Тривалість насуву составу на вершину гірки визначається по формулі:

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,068 \frac{l_{\text{нас}} - 60}{10}, \quad (4.7)$$

де $l_{\text{нас}}$ – відстань насуву (див. рис. 4.1), $l_{\text{нас}} = 320 \text{ м}$.

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,068 \frac{320 - 60}{10} = 3,2 \text{ хв.}$$

Час на розпуск состава на гірці визначається за формулою:

$$t_p = \frac{l_{\text{ваг}} \cdot m_c}{V_p \cdot 60}, \quad (4.8)$$

де $l_{\text{ваг}}$ – довжина вагону, 15 м;

V_p – середня швидкість розпуску, для гірки великої потужності швидкість складає 1,70 м/с.

$$t_p = \frac{15 \cdot 53}{1,70 \cdot 60} = 7,79 \text{ хв.}$$

Час на осаджування вагонів на коліях сортувального парку визначається по емпіричній формулі:

$$t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot m_c \quad (4.9)$$

$$t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot 53 = 3,2 \text{ хв}$$

Гірочний технологічний інтервал при наявності 1 локомотива визначається за формулою:

$$t_{\Gamma} = t_3 + t_{\text{н}} + t_{\text{п}} + t_{\text{ос}} \quad (4.10)$$

У зв'язку з тим, що на станції є 2 колії насуву і 2 гіркових локомотива необхідно розрахувати час гіркового циклу за допомогою побудови технологічного графіку роботи сортувальної гірки (рисунок 4.2). При 2 коліях насуву і 2 локомотивах паралельно можуть виконуватися операції розпуску составу по одній колії та заїзду чи насуву по другій колії. При розробці технологічного графіка між закінченням розпуску і початком розпуску наступного составу слід передбачати інтервал часу не менш 1 хв на отримання черговим по гірці сортувального листа, завдання маршрутів розпуску тощо.

Операції	Значення	Тривалість виконання операцій, хв									
		0	10	20	30	40	50	60	70		
Заїзд	5,6	5,6		16,3		27					
Зняття закріплення	2,6		8,2		18,9		28,1				
Насув	3,4			11,6							
Розпуск	9,7						32,1				
Осаджування	9,6	1	10,7	11,7	21,4	22,4		41,7			
Загальна тривалість		← T _ц = 41,7 хв →									

Рисунок 4.2 – Гірочний технологічний графік роботи 2-х локомотивів при 2-х коліях насуву

Тривалість гірочного технологічного інтервалу становить:

$$t_{\Gamma} = 41,7 / 3 = 13,9 \text{ хв.}$$

$$\Psi_{\text{лок}} = \frac{N_{\text{п}} \cdot t_{\Gamma}}{1440} = \frac{67 \cdot 13,9}{1440} = 0,64$$

4.3 Технічне нормування тривалості операцій в сортувальному парку

В сортувальному парку «С», окрім процесу накопичення вагонів на відповідні напрямки, виконується закінчення формування збірних і групових поїздів. Згідно табл. 2.7, на станції Б виконується формування 10 багатогрупних і 59 одноступінних поїздів.

Процес закінчення формування збірних поїздів на даній станції виконується через гірку в наступному порядку. Маневровий диспетчер, після накопичення необхідної кількості вагонів, дає вказівку на проведення закінчення формування збірного поїзду. Для цього він візуально і по документах, визначає, які сортувальні колії найменш заповнені. Після цього состав збірного поїзду розпускається через гірку наперед визначені колії відповідно до станцій призначення вагонів. Після закінчення розпуску маневровий локомотив збирає вагони з вищезгаданих колій в необхідному порядку. Таким чином, тривалість закінчення формування збірного можна визначити по формулі:

$$T_{зф}^{зб} = t_{з.п} + t_{вит} + t_p + T_{зб}, \quad (4.11)$$

Після закінчення розпуску маневровий локомотив збирає вагони з вищезгаданих колій в необхідному порядку. Таким чином, тривалість закінчення формування збірного можна визначити по формулі:

$$T_{зф}^{зб} = t_{з.п} + t_{вит} + t_p + T_{зб}, \quad (4.12)$$

де $t_{з.п}$ – час на заїзд маневрового локомотива і причіпку його до состава збірного поїзда, хв.;

$t_{вит}$ – час витягування составу на колію парку прийому, хв.;

t_p – час розпуску составу збірного поїзду через гірку, хв.;

$T_{зб}$ – час збирання груп вагонів з відповідних колій, хв.

При заїзді локомотив проходить відстань 250 м від вихідної горловини парку прийому за граничний стовпчик сортувальної колії (див. рис. 4.1). Значення коефіцієнту a складає 1,00 відповідно до [33, табл.1]. Час на причіпку локомотива прийнято 1 хв. Таким чином, $t_{з.п} = 1,00 + 1 = 2,0$ хв.;

Час на витягування составу на колію парку прийому знаходиться за формулою (4.6). При середньому складі збірного поїзда 30 вагонів, довжина піврейсу витягування складає:

$$l_{\text{виг}} = 250 + 320 + 30 \cdot 15 = 1020 \text{ м}, \quad a = 2,25, \quad b = 0,040.$$

Таким чином, $t_{\text{виг}} = 2,25 + 0,040 \cdot 30 = 3,5 \text{ хв.}$

Час розпуску составу збірною поїзда визначається за формулою :

$$t_p = \frac{l_{\text{ваг}} \cdot m_c}{V_p \cdot 60} \quad (4.13):$$

$$t_p = \frac{15 \cdot 40}{1,70 \cdot 60} = 5,88 \text{ хв.}$$

Час збирання груп вагонів з колій визначається за формулою:

$$T_{зб} = 1,8 \cdot p + 0,3 \cdot m_{зб}, \quad (4.14)$$

де p – кількість колій, з яких збираються вагони. В даному випадку їх можна прийняти середній кількості призначень вагонів в збірному поїзді, а саме 5 колій;

$m_{зб}$ – число вагонів в збірному поїзді; згідно Додатку А.1 $m_{зб} = 40 \text{ ваг.}$

$$T_{зб} = 1,8 \cdot 5 + 0,3 \cdot 40 = 21,0 \text{ хв.}$$

$$T_{зф}^{зб} = 2,0 + 3,5 + 5,88 + 21,0 = 32,38 \text{ хв.}$$

Нормативний час на закінчення формування одноступінних поїздів визначається по формулі:

$$T_{зф}^{\text{од}} = T_{\text{пте}} + T_{\text{підт}}, \quad (4.15)$$

де $T_{\text{пте}}$ – час, необхідний на розстановку вагонів у складі поїзда відповідно до вимог ПТЕ (усунення неспівпадінь осей автозчеплення більш ніж на 100 мм, постановка вагонів прикриття та ін.);

$T_{\text{підт}}$ – час, необхідний на підтягування вагонів з боку парку відправлення для ліквідації «вікон» на сортувальних коліях.

$$T_{\text{пте}} = B + E \cdot m, \quad (4.16)$$

де B, E – нормативні коефіцієнти, що визначаються по [33, табл.6]. При $n_0 = 0,5$ (середня кількість операцій по розчепленню вагонів на один состав) $B = 1,6$ та $E = 0,1$.

$$T_{\text{підт}} = 0,08 \cdot m \quad (4.17)$$

$$T_{\text{пге}} = 1,6 + 0,1 \cdot 40 = 5,6 \text{ хв.},$$

$$T_{\text{підт}} = 0,08 \cdot 40 = 3,2 \text{ хв.},$$

$$T_{\text{зф}}^{\text{од}} = 5,6 + 3,2 = 8,8 \text{ хв.}$$

4.4 Технічне нормування тривалості операцій у парку відправлення

В парку відправлення станції «Б» виконуються наступні операції з поїздами:

- перестановка составів свого формування з сортувального парку на колії відправлення;
- обробка составів поїздів бригадами ПТО;
- причіпка локомотивів до поїздів свого формування;
- випробування автогальм;
- відправлення поїздів.

Час на перестановку состава з сортувального парку визначається в залежності від довжини піврейсу перестановки за формулою (4.6). Довжина напіврейсу перестановки визначається згідно рисунку 4.3.

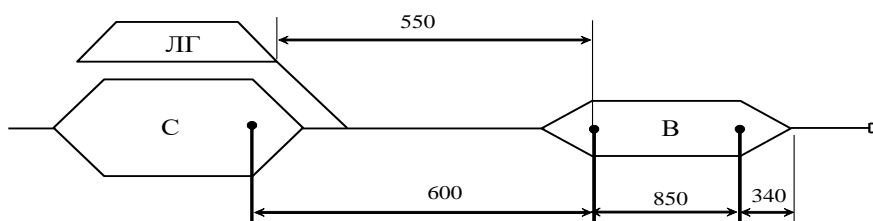


Рисунок 4.3 – Схема взаємного розташування парків «С» і «В»

При перестановці состава свого формування з парку «С» в парк «В» потрібно подолати наступну відстань:

$$l_{\text{пер}} = 600 + 850 = 1450 \text{ м}, \quad a = 2,89 \text{ хв}, \quad b = 0,048 \text{ хв/ваг.}$$

Час на перестановку состава в парк «В» складає:

$$t_{\text{пер}} = 2,89 + 0,048 \cdot 53 = 5,4 \text{ хв.}$$

Час на закріплення $t_{\text{зак}}$ розраховується за формулою (4.3) та складає 3 хв.

Тривалість обробки состава бригадою ПТО визначається за формулою:

$$t_{\text{обр}} = \frac{\tau \cdot m}{S_{\text{бр}} \cdot K_{\text{гр}}} + \alpha \cdot t_{\text{рем}} + a, \quad (4.18)$$

де α – частка составів, що вимагають трудомісткого безвідчіпного ремонту, приймається 0,2;

$t_{\text{рем}}$ – середня тривалість безвідчіпного ремонту вагонів, що припадає на один состав, 20,0 хв.;

$S_{\text{бр}}$ – кількість бригад ПТО, $S_{\text{бр}} = 2$.

При цьому кількість груп в бригаді ПТО визначається за формулою:

$$K_{\text{гр}} \geq \frac{N_{\text{с/ф}} \cdot (\tau' \cdot m_{\text{с}})}{1440 \cdot 0,75 \cdot S_{\text{бр}}}, \quad (4.19)$$

де $N_{\text{с/ф}}$ – добова кількість поїздів свого формування, згідно з табл. 2.7

$N_{\text{с/ф}} = 79$ поїзда;

0,75 – норма завантаження бригади ПТО.

$$K_{\text{гр}} \geq \frac{69 \cdot (0,9 \cdot 53)}{1440 \cdot 0,75 \cdot 2} = 1,52$$

Приймаємо $K_{\text{гр}} = 3$ групи.

$$t_{\text{обр}} = \frac{0,9 \cdot 53}{3} + 0,2 \cdot 20 + 2,4 = 22,3 \text{ хв, приймаємо } 23 \text{ хв.}$$

Час на причіпку локомотива приймаємо 2 хв.

Тривалість випробування автогальм визначається за формулою:

$$t_{\text{авт}} = 3,0 + 0,14 \cdot m, \quad (4.20)$$

$$t_{\text{авт}} = 3,0 + 0,14 \cdot 53 = 10,4 \text{ хв.}$$

Приймаємо 11 хв.

Час заняття колії при відправленні поїзда:

$$t_{\text{відп}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot L_{\text{вих}}}{V_{\text{вих}}}, \quad (4.21)$$

де $L_{\text{вих}}$ – відстань, що проходить поїзд до моменту звільнення маршруту, m ;

$V_{\text{вих}}$ – середня швидкість виходу поїзда зі станції з урахуванням розгону, приймаємо 35 км/год .

$$L_{\text{вих}} = l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (4.22)$$

де $l_{\text{гор}}$ – довжина горловини парку, приблизно складає 360 м ;

$l_{\text{п}}$ – довжина поїзда, 830 м .

$$L_{\text{вих}} = 360 + 830 = 1190 \text{ м},$$

$$t_{\text{відп}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1190}{35} = 2,2 \text{ хв.}$$

Тривалість відправлення приймаємо 3 хв .

Час на подачу та прибирання поїзних локомотивів розраховується за допомогою формули (4.6) та рис. 4.3. Причому подача та прибирання локомотивів з парної горловини парку «В» виконується за допомогою локомотивних тупиків .

$$L_{\text{под/приб}} = 550 + 850 + 340 = 1740 \text{ м.}$$

При $a = 3,43 \text{ хв}$, $b = 0,054 \text{ хв}$ отримаємо $t_{\text{под/приб}} = 3,43 \text{ хв.}$

Приймаємо $t_{\text{под/приб}} = 4 \text{ хв}$.

4.5 Технічне нормування тривалості операцій в транзитних парках «Ч» та «Н»

В транзитних парках «Ч» та «Н» виконуються наступні операції з поїздами:

- прийом транзитних поїздів зі всіх напрямків;
- обробка составів поїздів бригадами ПТО;
- зміна локомотивів поїздів і локомотивних бригад транзитних поїздів;
- відправлення поїздів.

Час на закріплення составів $t_{\text{зак}}$ розраховується за формулою (4.3) та складає 3 хв .

Тривалість обробки состава бригадою ПТО визначається за формулою:

$$t_{\text{обр}} = \frac{\tau \cdot m}{S_{\text{бр}} \cdot K_{\text{гр}}} + \alpha \cdot t_{\text{рем}} + a, \quad (4.23)$$

де α – частка составів, що вимагають трудомісткого безвідчіпного ремонту, приймається 0,2;

$t_{\text{рем}}$ – середня тривалість безвідчіпного ремонту вагонів, що припадає на один состав, 20,0 хв.;

$S_{\text{бр}}$ – кількість бригад ПТО, $S_{\text{бр}} = 2$.

При цьому кількість груп в бригаді ПТО визначається за формулою:

$$K_{\text{гр}} \geq \frac{N_{\text{тр}} \cdot (\tau' \cdot m_c)}{1440 \cdot 0,75 \cdot S_{\text{бр}}}, \quad (4.24)$$

де $N_{\text{тр}}$ – добова кількість транзитних поїздів, згідно з табл. 2.6 $N_{\text{тр}} (M) = 53$ поїздів, $N_{\text{тр}} (H) = 48$ поїздів

0,75 – норма завантаження бригади ПТО.

для парку «Ч»:
$$K_{\text{гр}} \geq \frac{38 \cdot (0,9 \cdot 53)}{1440 \cdot 0,75 \cdot 1} = 1,67$$

Приймаємо $K_{\text{гр}} = 2$ групи.

для парку «Н»:
$$K_{\text{гр}} \geq \frac{30 \cdot (0,9 \cdot 53)}{1440 \cdot 0,75 \cdot 2} = 1,33$$

Приймаємо $K_{\text{гр}} = 2$ групи.

$$t_{\text{обр}} = \frac{0,9 \cdot 53}{2} + 0,2 \cdot 20 + 2,4 = 30,25 \text{ хв.} \quad \text{Приймаємо 31 хв.}$$

Час на причіпку локомотива приймається 2 хв.

Тривалість випробування автогальм визначається за формулою:

$$t_{\text{авт}} = 3,0 + 0,14 \cdot m, \quad (4.25)$$

$$t_{\text{авт}} = 3,0 + 0,14 \cdot 53 = 10,4 \text{ хв.} \quad \text{Приймаємо 11 хв.}$$

Час на прийом транзитних поїздів визначається по формулі (4.12) та складає 5 хв.

Час заняття колії при відправленні поїзда:

$$t_{\text{відп}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot L_{\text{вих}}}{V_{\text{вих}}}, \quad (4.26)$$

де $L_{\text{вих}}$ – відстань, що проходить поїзд до моменту звільнення маршруту, m ;

$V_{\text{вих}}$ – середня швидкість виходу поїзда зі станції з урахуванням розгону, 35 км/год .

$$L_{\text{вих}} = l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (4.27)$$

де $l_{\text{гор}}$ – довжина горловини парку, приблизно складає 360 м ;

$l_{\text{п}}$ – довжина поїзда, 830 м .

$$L_{\text{вих}} = 360 + 830 = 1190 \text{ м}, \quad t_{\text{відп}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1190}{35} = 2,2 \text{ хв.}$$

Час відправлення приймаємо 3 хв .

Час на подачу та прибирання поїзних локомотивів розраховується за допомогою формули (4.6). Причому подача та прибирання локомотивів у транзитні парки виконується за допомогою локомотивних тупиків.

$$L_{\text{под/приб}} = 550 + 850 + 340 = 1740 \text{ м}, \quad a = 3,43, \quad b = 0,054$$

$$t_{\text{под/приб}} = 3,43 \text{ хв. Приймаємо } t_{\text{под/приб}} = 4 \text{ хв.}$$

4.6 Розрахунок кількості колій в парках станції

Колійний розвиток парків сортувальної системи повинен відповідати розрахунковим обсягам роботи станції і забезпечувати найменші простой поїздів, пов'язані з відсутністю вільних колій для приймання чи перестановки составів. Існуючий колійний розвиток включає: в парку прийому «П» 8 колій, в сортувальному парку «С» 32 колій, в відправному парку «В» 10 колій, в транзитному парку «Ч» 5 колій, в транзитному парку «Н» 5 колій. В даному розділі виконано перевірку достатності кількості колій в парках сортувальної станції і відповідності колійного розвитку парків розмірам поїзної та маневрової роботи. При визначенні необхідної кількості колій використана методика, запропонована в [33].

4.6.1 Розрахунок кількості колій в парку прийому «П»

В парк прийому «П» прибувають поїзди в розформування з напрямків А, Б, В та Г. Колійний розвиток парку складається з 8 колій для прийому поїздів. Кількість колій, що необхідна в парку прийому визначається за формулою [33]:

$$\Pi = 0,01 \cdot N_p + n_{оч}^c + n_{оч}^p + f \cdot \sqrt{(n_{оч}^c)^2 + (n_{оч}^p + \Delta)^2}, \quad (4.28)$$

де N_p – число поїздів, що прибуває в розформування, 67 поїздів (див. табл. 2.7);

$n_{оч}^c$ – середнє число составів, що знаходяться в парку в очікуванні і в процесі технічного огляду;

$n_{оч}^p$ – середнє число составів, що знаходяться в парку прийому в очікуванні розформування;

f – кількість середніх квадратичних відхилень кількості составів, що одночасно знаходяться в парку, від середнього значення цього числа составів, приймаємо 2;

Δ – параметр, що залежить від коефіцієнтів варіації інтервалів між моментами надходження составів в систему $v_{вх}$, коефіцієнта варіації тривалості обслуговування $v_{об}$ і завантаження системи ψ .

Середнє число составів, що знаходяться в парку в очікуванні і в процесі технічного огляду визначається за формулою:

$$n_{оч}^c = n_{оч}^{то} + \psi_{бр}, \quad (4.29)$$

де $n_{оч}^{то}$ – середнє число составів, що знаходяться в очікуванні технічного огляду;

$\psi_{бр}$ – завантаження бригади ПТО.

$$\psi_{бр} = \frac{t_{обр} \cdot N_p}{1440}, \quad (4.30)$$

Враховуючи те, що час обробки состава бригадою ПТО був визначений раніше і складає 18 хв. (див. п. 4.1), маємо:

$$\psi_{бр} = \frac{18 \cdot 63}{1440} = 0,66.$$

Середнє число составів, що знаходяться в очікуванні технічного огляду, визначається за формулою:

$$n_{\text{оч}}^{\text{то}} = \frac{\psi_{\text{бр}} \cdot (1 + \nu_{\text{то}}^2) + \nu_{\text{вх}}^2 - 1}{2 \cdot (\psi_{\text{бр}}^{-1} - 1)} + \varepsilon, \quad (4.31)$$

де $\nu_{\text{то}}$ – коефіцієнт варіації тривалості технічного огляду составів бригадою ПТО, згідно рекомендаціям [33, с. 51] приймаємо 0,25;

$\nu_{\text{вх}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами прибуття поїздів в парк прийому, згідно рекомендаціям [33, с. 51] приймаємо 0,8;

ε – коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта варіації інтервалів між моментами прибуття поїздів в парк прийому, згідно рекомендаціям [33, с. 52] при $\nu_{\text{вх}} = 0,8$ $\varepsilon = 0,06$.

$$n_{\text{оч}}^{\text{то}} = \frac{0,66 \cdot (1 + 0,25^2) + 0,8^2 - 1}{2 \cdot (0,66^{-1} - 1)} + 0,06 = 1,52 \text{ поїздів},$$

$$n_{\text{оч}}^{\text{с}} = 1,52 + 0,66 = 2,18 \text{ поїздів}.$$

Середнє число составів, що знаходяться в парку прийому в очікуванні розформування визначається за формулою:

$$n_{\text{оч}}^{\text{р}} = \frac{\psi_{\text{г}} \cdot (1 + \nu_{\text{г}}^2) + \nu_{\text{вх.г}}^2 - 1}{2 \cdot (\psi_{\text{г}}^{-1} - 1)} + \varepsilon, \quad (4.32)$$

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

$\nu_{\text{г}}$ – коефіцієнт варіації гірочного інтервалу, згідно [33, с. 51] приймаємо 0,4;

$\nu_{\text{вх.г}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами надходження составів на сортувальну гірку.

Коефіцієнт завантаження сортувальної гірки визначається за формулою:

$$\psi_{\text{г}} = \frac{N_{\text{р}} \cdot t_{\text{г}}}{1440}, \quad (4.33)$$

$$\psi_{\text{г}} = \frac{63 \cdot 11,36}{1440} = 0,5.$$

Коефіцієнт варіації інтервалів між моментами надходження составів на гірку визначається за формулою:

$$v_{\text{ВХ.Г}} = v_{\text{ВХ}} - 0,5 \cdot (v_{\text{ВХ}} - v_{\text{ТО}}) \cdot \psi_{\text{бр}}^{2 \cdot v_{\text{ВХ}}}, \quad (4.34)$$

$$v_{\text{ВХ.Г}} = 0,8 - 0,5 \cdot (0,8 - 0,25) \cdot 0,5^{2 \cdot 0,8} = 0,561$$

Значення ε залежить від $v_{\text{ВХ.Г}}$, тому приймаємо $\varepsilon = 0,09$ [33, с. 52]. Тоді розрахуємо $n_{\text{оч}}^{\text{р}}$ за формулою (4.29):

$$n_{\text{оч}}^{\text{р}} = \frac{0,5 \cdot (1 + 0,4^2) + 0,561^2 - 1}{2 \cdot (0,5^{-1} - 1)} + 0,09 = 0,207 \text{ поїздів.}$$

Значення Δ , згідно з [33, табл. 23] приймаємо 0,29. Тоді кількість колій в парку прийому складатиме:

$$П = 0,01 \cdot 67 + 2,18 + 0,207 + 2 \cdot \sqrt{2,18^2 + (0,207 + 0,29)^2} = 6,48 \text{ кол}$$

Приймаємо 7 колій.

Так як розрахована кількість колій менше існуючої, то колійний розвиток парку прийому задовольняє заданим розмірам руху.

4.6.2 Розрахунок кількості колій в сортувальному парку «С»

В сортувальному парку «С» виконується накопичення вагонів по призначенням плану формування. Колійний розвиток парку складає 32 колії. Необхідну кількість колій в сортувальному парку можна визначити за допомогою таблиці 4.1 з використанням даних таблиці А.4 Додатку А.1.

Для заповнення таблиці 4.1 визначається сума граф кожного із напрямків, на які формуються поїзди (окремі стовпчики таблиці А.4), після чого це сумарне значення заноситься у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок кількості колій в сортувальному парку

№	Призначення	Вагонопотік	Число колій	
1	2	3	4	
1	на А1	263	1022	2
2	на А2	261		2
3	на А3	268		2
4	на А4	190		1
5	збірні на А	40		1
6	на Д1	195	602	1
7	на Д2	185		1
8	на Д3	142		1
9	збірні на Д	80		1

Продовження таблиці 4.1

10	місцеві (на В)	60	2
11	на В1	296	992
12	на В2	263	
13	на В3	194	
14	на В4	199	
15	збірні на В	40	
16	на Г1	270	944
17	на Г2	254	
18	на Г3	183	
19	на Г4	197	
20	збірні на Г	40	
21	для несправних вагонів		1
22	для вагонів з розрядними		1
23	резервна		1
Всього			30

Таким чином, розрахована кількість колій в сортувальному парку «С» свідчить про необхідність збільшення кількості колій в сортувальному парку для забезпечення повної переробки розрахункових обсягів вагонопотоків.

4.6.3 Розрахунок кількості колій у парку відправлення «В»

В парк відправлення «В», колійний розвиток якого налічує 10 колій, також виставляються состави свого формування з сортувального парку «С».

Необхідне число колій в приймально-відправному парку визначається за формулою:

$$П = 0,015 \cdot N_{\text{сф}} + n_{\text{с}}^{\text{обр}} + n_{\text{оч}}^{\text{л}} + \sum_{i=1}^d n_{\text{оч}}^{\text{від}} + 1,5 \sqrt{(n_{\text{с}}^{\text{обр}})^2 + (n_{\text{оч}}^{\text{л}} + 0,5)^2 + \sum_{i=1}^d (n_{\text{оч}}^{\text{від}} + 0,5)_i^2}, \quad (4.35)$$

де $N_{\text{сф}}$ – число поїздів свого формування, згідно до табл 3.7 складає 63 поїзда;

d – число напрямків відправлення поїздів, $d = 4$;

$n_{\text{оч}}^{\text{л}}$ – середнє число составів в очікуванні причіпки локомотива;

$n_{\text{оч}}^{\text{від}}$ – середнє число поїздів в очікуванні відправлення;

$n_{\text{с}}^{\text{обр}}$ – середнє число составів в очікуванні обробки.

$$n_{\text{с}}^{\text{обр}} = \left(\frac{\psi_{\text{бр}}^3 (v_{\text{вх}}^2 + v_{\text{обр}}^2)}{1 - \psi_{\text{бр}}^2} - \psi_{\text{бр}} (1 - v_{\text{вх}}^2) + 0,06 \right) + S \cdot \psi_{\text{бр}}, \quad (4.36)$$

де $\psi_{бр}$ – коефіцієнт завантаження бригади ПТО у приймально-відправному парку;

$\nu_{вх}$ – коефіцієнт варіації вхідного потоку, згідно [33, с. 51] приймаємо 0,9;

$\nu_{обр}$ – коефіцієнт варіації тривалості обробки состава, згідно [33, с. 51] приймаємо 0,3;

S – кількість бригад ПТО.

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО, що працює в парку:

$$\psi_{бр} = \frac{t_{обр} \cdot N_{сф}}{1440 \cdot S} \quad (4.37)$$

$$\psi_{бр} = \frac{23 \cdot 63}{1440 \cdot 2} = 0,66$$

Середнє число составів в очікуванні обробки в парку «В»:

$$n_{с}^{обр} = \left(\frac{0,66^3 (0,9^2 + 0,3^2)}{1 - 0,66^2} - 0,66 \cdot (1 - 0,9^2) + 0,06 \right) + 2 \cdot 0,66 = 1,71 \text{ поїздів.}$$

Середнє число составів, що знаходяться в очікуванні причіпки локомотива визначається за формулою:

$$n_{оч}^л = (1,16 \cdot \nu_{гот} + 0,81 \cdot \nu_{л}^2 - 0,35 + \varepsilon) + (2,58 \cdot \nu_{гот}^2 + 3,23 \cdot \nu_{л}^2 + 0,75)(\psi_{л} - 0,7) \quad (4.38)$$

де $\nu_{гот}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами завершення технічного огляду составів, що відправляються на дані ділянки, згідно [33, с. 66] приймається 0,6;

$\psi_{л}$ – коефіцієнт завантаження локомотивів, приймаємо 0,75;

$\nu_{л}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами готовності локомотивів для подачі їх до составів поїздів, приймаємо 0,6 згідно з [33, с. 66].

$$n_{оч}^л = (1,16 \cdot 0,6 + 0,81 \cdot 0,6^2 - 0,35 + 0,06) + (2,58 \cdot 0,6^2 + 3,23 \cdot 0,6^2 + 0,75)(0,75 - 0,7) = 0,84 \text{ поїздів}$$

Середнє число поїздів в очікуванні відправлення визначається за формулою:

$$n_{оч}^{від} = \frac{\psi_{діл} \cdot (1 + \nu_{від}^2) + (\nu'_{гот})^2 - 1}{2 \cdot (\psi_{діл}^{-1} - 1)} + \varepsilon, \quad (4.39)$$

де $\psi_{\text{дл}}$ – коефіцієнт завантаження ділянки;

$\nu_{\text{від}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між розкладами відправлення поїздів по графіку, згідно [33, табл. 25] приймаємо 0,7;

$\nu'_{\text{гот}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами фактичної причіпки локомотивів до поїздів, що відправляються.

$$\nu'_{\text{гот}} = \nu_{\text{гот}} - 0,5 \cdot (\nu_{\text{гот}} - \nu_{\text{лок}}) \cdot \psi_{\text{лок}}^{2 \cdot \nu_{\text{гот}}} \quad (4.40)$$

Для всіх напрямків маємо:

$$\nu'_{\text{гот}} = 0,6 - 0,5 \cdot (0,6 - 0,6) \cdot 0,75^{2 \cdot 0,6} = 0,6$$

З урахуванням розрахованих параметрів роботи ділянок визначимо розрахункову кількість колій в парку відправлення «В». Розрахунок кількості колій в парку «В» зведено до таблиці 4.2:

Таблиця 4.2 – Розрахунок кількості колій в парку «В»

Параметри		Значення
$N_{\text{сф}}$, поїздів		83
$n_{\text{с}}^{\text{обр}}$, составів		1,71
$n_{\text{оч}}^{\text{л}}$, составів		0,840
$n_{\text{оч}}^{\text{від}}$, составів	А	0,13
	Д	0,11
	В	0,08
	Г	0,09
P , колій		7,32

Таким чином, в парку потрібно мати 8 колій, що менше наявної кількості. Отже існуючий колійний розвиток задовольняє заданому об'єму роботи.

4.6.4 Розрахунок кількості колій в транзитних парках «Ч» та «Н».

В транзитних парках «Ч» та «Н», колійний розвиток яких налічує по 6 колій, перебувають транзитні вантажні поїзди з напрямків А, Д, В та Г.

Необхідне число колій в транзитному парку визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \Pi = 0,015 \cdot N_{\text{тр}} + n_c^{\text{обр}} + n_{\text{оч}}^{\text{л}} + \sum_{i=1}^d n_{\text{оч}}^{\text{від}} + \\ + 1,5 \sqrt{(n_c^{\text{обр}})^2 + (n_{\text{оч}}^{\text{л}} + 0,5)^2 + \sum_{i=1}^d (n_{\text{оч}}^{\text{від}} + 0,5)^2}, \end{aligned} \quad (4.43)$$

де $N_{\text{тр}}$ – число транзитних поїздів, згідно до табл 2.6 складає 30 поїздів для парку «Ч» і також 30 поїздів для парку «Н»;

d – число напрямків відправлення поїздів, $d = 4$;

$n_{\text{оч}}^{\text{л}}$ – середнє число составів в очікуванні причіпки локомотива;

$n_{\text{оч}}^{\text{від}}$ – середнє число поїздів в очікуванні відправлення;

$n_c^{\text{обр}}$ – середнє число составів в очікуванні обробки.

$$n_c^{\text{обр}} = \left(\frac{\psi_{\text{бр}}^3 (v_{\text{вх}}^2 + v_{\text{обр}}^2)}{1 - \psi_{\text{бр}}^2} - \psi_{\text{бр}} (1 - v_{\text{вх}}^2) + 0,06 \right) + S \cdot \psi_{\text{бр}}, \quad (4.44)$$

де $\psi_{\text{бр}}$ – коефіцієнт завантаження бригади ПТО у приймально-відправному парку;

$v_{\text{вх}}$ – коефіцієнт варіації вхідного потоку, згідно [33, с. 51] прийнято 0,9;

$v_{\text{обр}}$ – коефіцієнт варіації тривалості обробки, згідно [33, с. 51] прийнято 0,3;

S – кількість бригад ПТО.

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО, що працює в парку :

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{t_{\text{обр}} \cdot N_{\text{тр}}}{1440 \cdot S} \quad (4.45)$$

для парку «Ч» :

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{30,25 \cdot 30}{1440 \cdot 2} = 0,56$$

для парку «Н»:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{40,25 \cdot 30}{1440 \cdot 2} = 0,67$$

Середнє число составів в очікуванні обробки в парку «Ч»:

$$n_{\text{с}}^{\text{обр}} = \left(\frac{0,56^3(0,9^2 + 0,3^2)}{1 - 0,56^2} - 0,56 \cdot (1 - 0,9^2) + 0,06 \right) + 2 \cdot 0,56 = 0,79 \text{ поїздів.}$$

В парку «Н»:

$$n_{\text{с}}^{\text{обр}} = \left(\frac{0,67^3(0,9^2 + 0,3^2)}{1 - 0,67^2} - 0,67 \cdot (1 - 0,9^2) + 0,06 \right) + 2 \cdot 0,67 = 0,97 \text{ поїздів}$$

Середнє число составів, що знаходяться в очікуванні причіпки локомотива визначається за формулою:

$$n_{\text{оч}}^{\text{л}} = (1,16 \cdot v_{\text{гот}} + 0,81 \cdot v_{\text{л}}^2 - 0,35 + \varepsilon) + (2,58 \cdot v_{\text{гот}}^2 + 3,23 \cdot v_{\text{л}}^2 + 0,75)(\psi_{\text{л}} - 0,7) \quad (4.46)$$

де $v_{\text{гот}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами завершення технічного огляду составів, що відправляються на дані ділянки, згідно [33, с. 66] приймається 0,6;

$\psi_{\text{л}}$ – коефіцієнт завантаження локомотивів, приймаємо 0,75;

$v_{\text{л}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами готовності локомотивів для подачі їх до составів поїздів, приймається 0,6 згідно з [33, с. 66].

$$n_{\text{оч}}^{\text{л}} = (1,16 \cdot 0,6 + 0,81 \cdot 0,6^2 - 0,35 + 0,06) + (2,58 \cdot 0,6^2 + 3,23 \cdot 0,6^2 + 0,75)(0,75 - 0,7) = 0,84 \text{ поїздів}$$

Середнє число поїздів в очікуванні відправлення визначається за формулою:

$$n_{\text{оч}}^{\text{від}} = \frac{\psi_{\text{діл}} \cdot (1 + v_{\text{від}}^2) + (v'_{\text{гот}})^2 - 1}{2 \cdot (\psi_{\text{діл}}^{-1} - 1)} + \varepsilon, \quad (4.47)$$

де $\psi_{\text{дл}}$ – коефіцієнт завантаження ділянки;

$\nu_{\text{від}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між розкладами відправлення поїздів по графіку, згідно [33, табл. 25] приймаємо 0,7;

$\nu'_{\text{гот}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами фактичної причіпки локомотивів до поїздів, що відправляються.

$$\nu'_{\text{гот}} = \nu_{\text{гот}} - 0,5 \cdot (\nu_{\text{гот}} - \nu_{\text{лок}}) \cdot \psi_{\text{лок}}^{2 \cdot \nu_{\text{гот}}} \quad (4.48)$$

Для всіх напрямків маємо:

$$\nu'_{\text{гот}} = 0,6 - 0,5 \cdot (0,6 - 0,6) \cdot 0,75^{2 \cdot 0,6} = 0,6$$

З урахуванням розрахованих параметрів роботи ділянок визначимо розрахункову кількість колій в транзитних парках «Ч» та «Н». Розрахунок кількості колій наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок кількості колій в парках «Ч» та «Н»

Параметри		Значення	
		Парк «Ч»	Парк «Н»
$N_{\text{тр, поїздів}}$		30	30
$n_{\text{с}}^{\text{обр}}, \text{составів}$		0,97	0,97
$n_{\text{оч}}^{\text{л}}, \text{составів}$		0,84	0,84
$n_{\text{оч}}^{\text{від}}, \text{составів}$	А	0,13	0,13
	В	0,11	0,11
	Д	0,08	0,08
	Г	0,09	0,09
П, колій		3,25	3,77

Таким чином, в парках потрібно мати по 4 колії, що менше наявної кількості. Отже існуючий колійний розвиток задовольняє збільшеному обсягу роботи.

Таким чином, в даному розділі була розрахована тривалість технічних операцій у парках станції. Розраховано кількість бригад ПТО у парках станції, а також виконано розрахунок і перевірку необхідної кількості колій в усіх парках станції Б. Згідно отриманих розрахунків кількість колій в усіх парках станції, крім сортувального, задовольняє заданим розмірам руху.

5. ХАРАКТЕРИСТИКА ВАРІАНТІВ ПЛАНУ ГІРКОВОЇ ГОРЛОВИНИ СОРТУВАЛЬНОГО ПАРКУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ

Сортувальні гірки є основними пристроями для сортування вагонів на залізничних станціях. Конструкція, технічне оснащення і технологія роботи сортувальної гірки у великій мірі визначають ефективність переробки вагонів на станції. Тому основне призначення даної деталі проекту полягає в покращенні конструкції та технології роботи сортувальної гірки.

5.1. Характеристика існуючої гіркової горловини станції Б

Для розформування составів на станції Б використовують сортувальну гірку середньої потужності висотою 3,28 м, гіркова горловина якої складена із симетричних стрілочних переводів (СП) марки 1/6. Для витягування або відправлення поїздів з колій сортувального парку передбачена 1 колія в обхід гірки. Також в даній горловині є одна колія розпуску та 2 колії насуву.

Регулювання швидкості скочування вагонів здійснюється за допомогою трьох механізованих гальмівних позицій (ГП): на першій та другій знаходяться 2 сповільнювачі типу ВЗПГ-5, а на парковій – 1 сповільнювач типу ВЗПГ-3.

План існуючої гіркової горловини парку С наведено на рисунку 5.1

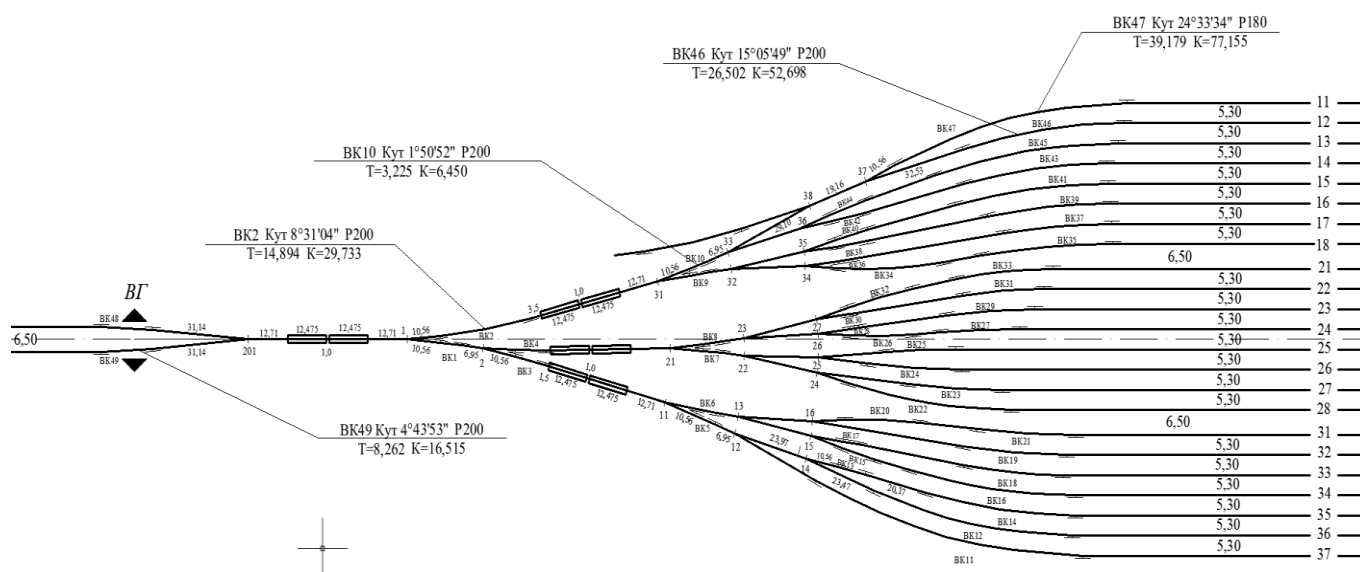


Рисунок 5.1 – План існуючої гіркової горловини сортувального парку С

5.2 Характеристика варіантів плану гіркової горловини сортувального парку станції Б

Для забезпечення можливості розформування составів на кожен колію сортувального парку необхідно виконати реконструкцію його гіркової горловини. Кількість колій у сортувальному парку становить 30 колій, які об'єднані у 4 пучки з наступною формулою кількості колій 7+8+8+7. Гіркова горловина запроектована симетричними стрілочними переводами марки 1/6 з рейок типу Р50, параметри яких становлять: $a = 6,95$ м; $b = 10,56$ м; $l_{\text{СП}} = 17,51$ м; $\alpha = 9^{\circ}27'45''$; $\alpha/2 = 4^{\circ}43'52,5''$.

Колійний розвиток нової гіркової горловини включає 2 колії насуву, 2 спускні колії, які з'єднані між собою на спускній частині за допомогою глухого пересічення, 2 обхідні колії, що мають вихід на 2х3 зовнішні колії сортувального парку.

Регулювання швидкості скочування вагонів в новій горловині здійснюватиметься за допомогою трьох механізованих гальмівних позицій: на першій та другій гальмових позиціях знаходяться 2 сповільнювачі типу ВЗПГ-5, а паркова гальмова позиція оснащена 1-м сповільнювачем типу ВЗПГ-3.

Далі виконаємо аналіз двох варіантів плану гіркової горловини:

- з першою гальмівною позицією (вершина гірки (ВГ) запланована на відстані 55 м від початку ізольованої ділянки першої гальмівної позиції (ІД ГП1));
- з першим протишерстним стрілочним переводом (вершина гірки запланована на відстані 25 м від ІД СПЗ) .

План верхньої частини 1-го варіанту гіркової горловини парку С наведено на рисунку 5.2.

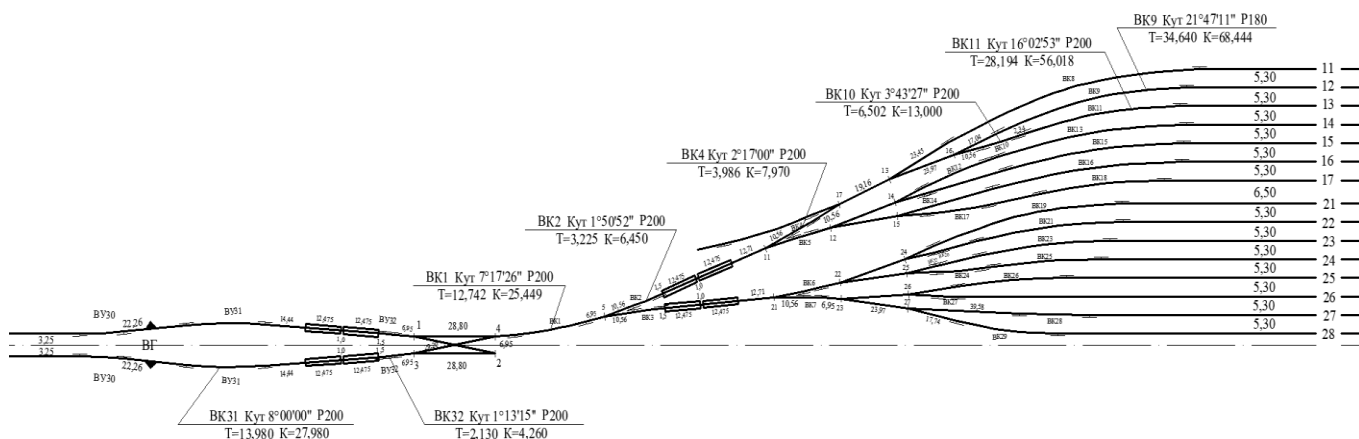


Рисунок 5.2 – План 1-го варіанту гіркової горловини сортувального парку С

План верхньої частини 2-го варіанту гіркової горловини парку С наведено на рисунку 5.3.

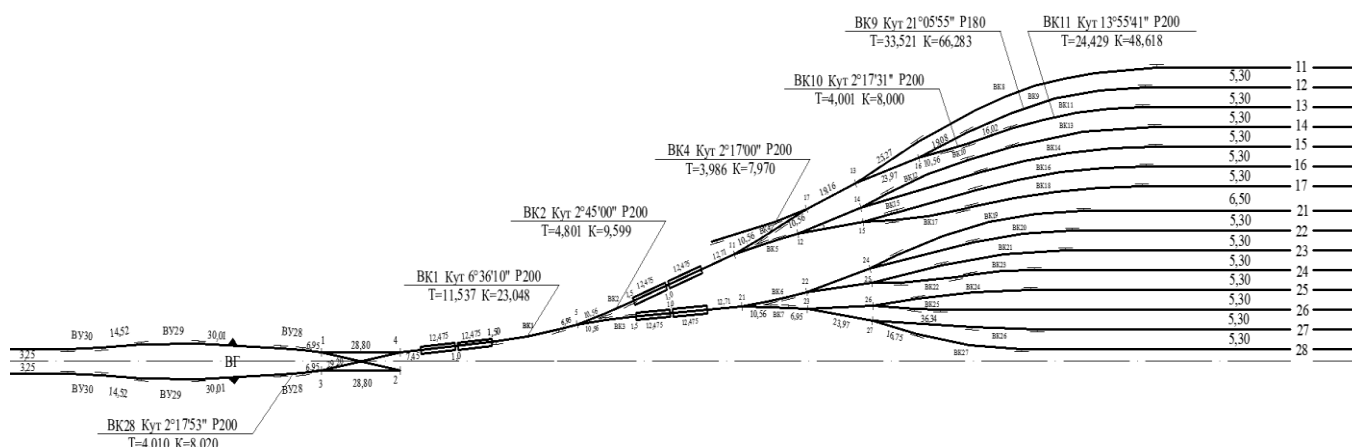


Рисунок 5.3 – План 2-го варіанту гіркової горловини сортувального парку С

5.3 Методика визначення розрахункової висоти гірки

Технічне оснащення і потужність сортувальної гірки, що проектується, необхідно визначати на основі розрахункових обсягів вагонопотоку, що підлягає переробці, і кількості сортувальних колій [2, 34, 35].

На основі обсягу $N_{\text{пер}}$ визначимо потрібну переробну спроможність гірки:

$$N_{\text{потр}} = \frac{\alpha_{\text{нр}} N_{\text{пер}}}{K}, \quad (5.1)$$

де $\alpha_{\text{нр}}$ – коефіцієнт нерівномірності обсягів переробки, $\alpha_{\text{нр}} = 1,05..1,15$;

K – коефіцієнт використання переробної спроможності, $K = 0,85..0,90$.

Для визначеного у розділі 3 середньодобового обсягу переробки 3620 вагонів і прийнятих величин $\alpha_{\text{нр}} = 1,1$, $K = 0,9$ [35] за формулою (5.1) визначається потрібна переробна спроможність гірки:

$$N_{\text{потр}} = \frac{1,1 \cdot 3620}{0,90} = 4424.$$

Від отриманого значення потрібної переробної спроможності та кількості колій в сортувальному парку залежить потужність гірки. Згідно [34] при $m_{\text{СП}} = 30$ колій та $N_{\text{потр}} = 4424$ вагонів потрібно проектувати гірку великої потужності.

Нормативні величини швидкостей розпуску V_0 та скочування вагонів $V_{\text{ваг}}$ окремими ділянками гірки (РД) наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормативні швидкості розпуску і скочування вагонів

Потужність гірки	Гальмові позиції спускної частини	Швидкість розпуску, м/с		Середня швидкість скочування вагонів на ділянках гірок, $V_{\text{ваг}}$, м/с		
		номінальна $V_{0.\text{ном}}$	максимальна $V_{0.\text{max}}$	РД1	РД2	РД3
ГВП	механізовані	1,7	2,2	5	4	1,5

Розрахунок і проектування сортувальної гірки здійснюється за розрахунковим важким маршрутом на окрему сортувальну колію від умовної вершини гірки (УВГ) до розрахункової точки (РТ). Розрахунковий важкий маршрут можна орієнтовно визначити з умов:

- а) найбільша довжина (L) маршруту до останнього стрілочного переводу;
- б) найбільша сума кутів повороту ($\Sigma\phi$), якщо декілька маршрутів мають однакову найбільшу довжину;
- в) найбільша кількість стрілочних переводів ($n_{\text{сп}}$), якщо декілька маршрутів мають однакову найбільшу довжину та суму кутів повороту.

Висота гірки (H_p) повинна забезпечувати скочування вагонів від ВГ до РТ усіх колій у несприятливих для роботи гірки умовах і визначається за формулою

$$H_p = h_{\text{осн}} + h_{\text{ск}} + h_{\text{сн}} + h_{\text{св}} - h_0, \quad (5.2)$$

де $h_{\text{осн}}$, $h_{\text{ск}}$, $h_{\text{сн}}$, $h_{\text{св}}$ – питома робота відповідних сил опору руху: основного, стрілок і кривих, снігу та інею, середовища і вітру, м ен. в.;

h_0 – енергетична висота, що відповідає швидкості розпуску, м ен. в.

Елементи h у виразі (5.2) визначаються для 4-вісного піввагона з характеристиками повільного легкого бігуна (ПЛ), який скочується важким маршрутом у несприятливих метеорологічних умовах.

Величина $h_{\text{осн}}$ розраховується за допомогою виразу:

$$h_{\text{осн}} = w_{\text{о.пл}} L_p 10^{-3}, \quad (5.3)$$

де L_p – розрахункова довжина маршруту від ВГ до РТ, м;

w_o – основний питомий опір руху вагонів при скочуванні їх з гірки.

Величина $h_{\text{СК}}$ визначається як сума середніх величин питомої роботи сил опору руху стрілок і кривих на окремих ділянках гірки:

$$\bar{h}_{\text{СК}} = (0,56n + 0,23 \sum \varphi) V_{\text{ваг}}^2 10^{-3}, \quad (5.4)$$

де n , $\sum \varphi$ – кількість стрілочних переводів та сума кутів повороту (включаючи стрілочні) на маршруті чи ділянці скочування.

Величина $h_{\text{СВ}}$ визначається як сума величин питомої роботи сил опору руху середовища і вітру на окремих ділянках гірки:

$$h_{\text{СВ}} = \sum_{i=1}^k h_{\text{СВ}i} = \sum_{i=1}^k w_{\text{СВ}i} L_{\text{рді}} 10^{-3} \quad (5.5)$$

де $w_{\text{СВ}i}$ – величина питомого опору руху середовища і вітру на i -й ділянці, Н/кН.

Згідно з [35], $w_{\text{СВ}i}$ слід визначати для несприятливих умов роботи гірки – за параметрами температури повітря, швидкості і напрямку вітру, при яких $h_{\text{СВ}}$ має найбільшу величину.

Опір руху від повітряного середовища і вітру визначається з виразу:

$$\pm w_{\text{СВ}} = K_{\text{ВС}} C_X V_p^2, \quad (5.6)$$

де $K_{\text{ВС}}$ – приведений коефіцієнт параметрів відчепа та середовища;

C_X – коефіцієнт повітряного опору вагона;

V_p – результуюча (відносна) швидкість вагона та вітру, м/с.

Коефіцієнта $K_{\text{вс}}$ для окремого вагона визначається за формулою:

$$K_{\text{вс}} = \frac{17,8F}{(273 + t^\circ)M} \quad (5.7)$$

де F – площа поперечного перерізу вагона, м^2 ;

t° – температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$.

При температурі $t_p = -25^\circ\text{C}$, масі $M_{\text{пл}} = 22,0$ т та площі $F = 8,5$ м^2 приведений коефіцієнт параметрів відчепа та середовища становитиме

$$K_{\text{вс}} = \frac{17,8 \cdot 8,5}{(273 - 25) \cdot 22} = 0,0277$$

Скалярне значення V_p та кут обдуву α розраховується за виразами

$$V_p^2 = V_{\text{ваг}}^2 + V_{\text{віт}}^2 + 2V_{\text{ваг}}V_{\text{віт}} \cos\beta \quad \text{та} \quad \alpha = \arcsin \frac{V_{\text{віт}} \sin\beta}{V_p} \quad (5.8)$$

де β – кут між напрямом скокування вагона і напрямом вітру;

Розподіл швидкості вітру подається у вигляді рози вітрів, з напрямком розпуску $A_{\text{нр}} = 170^\circ$ наведена на рисунку 5.4.

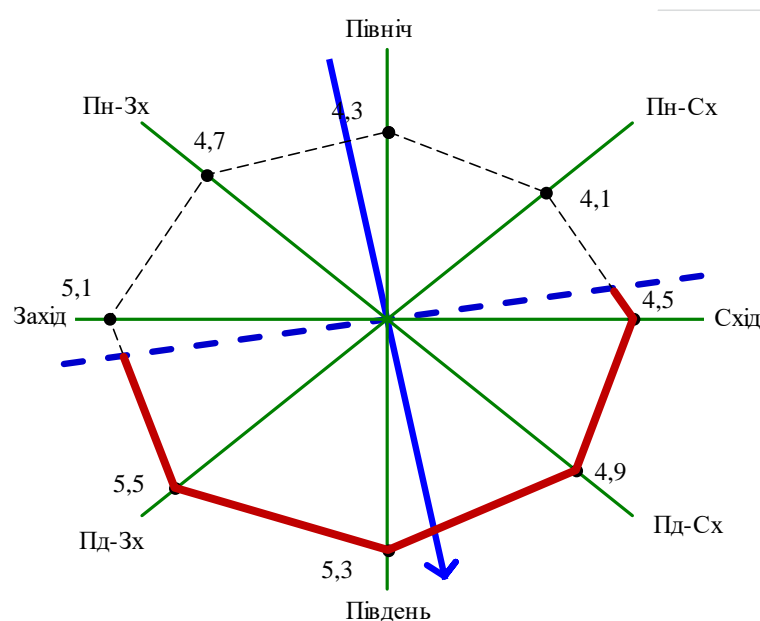


Рисунок 5.4 – Роза вітрів та напрямок розпуску

Для визначення параметрів несприятливих умов роботи гірки потрібно розрахувати питому роботу сил опору руху від повітряного середовища і вітру $h_{св.j}$ бігуна ПЛ для зустрічних румбів вітру з відповідними кутами до напрямку розпуску:

румб Сх ($\beta = 80^\circ$), румб Пд-Сх ($\beta = 35^\circ$), румб Пд ($\beta = 10^\circ$), румб Пд-Зх ($\beta = 55^\circ$).

Величину $h_{сн}$ визначають за виразом:

$$h_{сн} = w_{сн} (L_{рд2} + L_{рд3} - L_{тп2}) \cdot 10^{-3}, \quad (5.9)$$

де $w_{сн}$ – питома величина опору снігу та інею. Для бігуна ПЛ при температурі зовнішнього повітря $t_p = -25^\circ\text{C}$ згідно [35] отримаємо $w_{сн} = 0,4$ Н/кН.

Значення h_0 розраховують з допомогою виразу:

$$h_0 = \frac{V_{0.ном}^2}{2g'} \quad (5.10)$$

де g' – приведене прискорення вільного падіння, що враховує енергетичний вплив маси колісних пар, що обертаються.

Величина g' розраховується за формулою:

$$g' = \frac{g}{1 + \frac{0,42n_o}{M}}, \quad (5.11)$$

де g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с²;

n_o – кількість колісних пар вагона (відчепа);

M – маса відчепа, т.

З урахуванням параметрів бігуна ПЛ отримаємо:

$$g'_{пл} = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{22}} = 9,11 \text{ м/с}^2;$$

5.4 Визначення розрахункової висоти гірки для 1-го варіанту плану гіркової горловини сортувального парку

Розрахунковий маршрут скочування на важку та суміжну колії для 1-го варіанту плану гіркової горловини сортувального парку наведено на рисунку 5.5.

Як видно, найбільш віддаленим в горловині є стрілочний перевід № 16, кінцеві з'єднання після якого мають сумарний кут повороту на колію №12 $\Sigma\varphi = 21^{\circ}47'11,00''$; а на колію №13 сумарний кут становитиме $\Sigma\varphi = 3^{\circ}43'27,00'' + 16^{\circ}02'53,00'' = 19^{\circ}46'20,00''$. Оскільки $\Sigma\varphi_{12} > \Sigma\varphi_{13}$, важкою слід вважати колію №12, а колію №13 слід розглядати як суміжну з важкою.

Прийmemo з [35] $l_{ГС} = 35$ м, а положення ПГП взято на відстані 2 м від КР9. Розрахункова точка приймається на відстані 50 м від кінця ПГП.

Розгорнутий маршрут на важку колію наведений на рисунку 5.5. Розрахунки координат точок розгорнутого плану для першого варіанту горловини виконуються у таблиці 5.2.

За табл. 5.2 Координата ГС становить $S_{ГС} = 288,298 + 6,95 + 35 = 330,248$ м.

Конструкційні і технологічні розрахунки сортувальних гірок виконуються з використанням наведених в [35] та таблиці 5.2 нормативних величин швидкостей розпуску V_0 та скочування вагонів $V_{ваг}$ окремими ділянками гірки (РД).

За виразом (5.3) визначимо питому роботу сил основного опору руху

$$h_{очн} = 4,5 \cdot 440,632 \cdot 10^{-3} = 1,983 \text{ м ен. в.}$$

Визначимо параметри розрахункових ділянок маршруту скочування бігуна ПЛ: довжину $L_{рдi}$, суму кутів повороту $\Sigma\varphi_{рдi}$ та кількість стрілочних переводів $n_{рдi}$.

Ділянка 1 – від УВГ до початку ГП2.

$$L_{рд1} = S_{п.гп2} = 184,368 \text{ м;}$$

$$\Sigma\varphi_{рд1} = 8^{\circ}0'0'' + 1^{\circ}13'15'' + 7^{\circ}17'26'' + 2^{\circ}45'0'' + 3 \cdot 4^{\circ}43'52,5'' = 33^{\circ}27'18,5'' = 33,455^{\circ}.$$

$$n_{рд1} = 4, \text{ (гіркова горловина має глухе перетинання);}$$

Ділянка 2 – від початку ГП2 до початку ПГП.

$$L_{рд2} = S_{п.пгп} - S_{п.гп2} = 382,732 - 184,368 = 198,364 \text{ м; } n_{рд2} = 4;$$

Таблиця 5.2 – Розрахунок координат точок розгорнутого плану (варіант 1)

№ п/п	Точки або елементи	Довжина l , м	Координата S , м
Важка колія			
1.	УВГ	-	0
2.	Пряма	13,08	13,08
3.	Крива 31, $\varphi=8^{\circ}0'0''$	27,98	41,06
4.	Пряма	14,44	55,5
5.	ГП1, 2хВЗПГ-5	25,95	81,45
6.	Пряма	1,5	82,95
7.	Крива 32, $\varphi=1^{\circ}13'15''$	4,26	87,21
8.	СП№1, 1/6 сим	17,51	104,72
9.	Глухе перетинання	8,08	112,8
10.	СП№2, 1/6 сим	17,51	130,31
11.	Крива 1, $\varphi=7^{\circ}17'26''$	25,449	155,759
12.	СП№5, 1/6 сим	17,51	173,269
13.	Крива 2, $\varphi=2^{\circ}45'0''$	9,599	182,868
14.	Пряма	1,5	184,368
15.	ГП2, 2хВЗПГ-5	25,95	210,318
16.	Пряма	5,76	216,078
17.	СП№11, 1/6 сим	17,51	233,588
18.	Крива 4, $\varphi=2^{\circ}17'0''$	7,97	241,558
19.	СП№17, 1/6 сим	17,51	259,068
20.	Пряма	5,26	264,328
21.	СП№13, 1/6 сим	17,51	281,838
22.	Пряма	6,46	288,298
23.	СП№16, 1/6 сим	17,51	305,808
24.	Пряма	6,48	312,288
25.	Крива 9, $\varphi=21^{\circ}47'11''$	68,444	380,732
26.	Пряма	2	382,732
27.	ПГП, 1хВЗПГ-3	7,9	390,632
28.	Пряма	50	440,632
29.	РТ	-	440,632
Суміжна колія			
24.	Крива 10, $\varphi=3^{\circ}43'27''$	13	318,808
25.	Пряма	2,34	321,148
26.	Крива 11, $\varphi=16^{\circ}2'53''$	56,018	377,166
27.	Пряма	5,566	382,732
28.	ПГП, 1хВЗПГ-3	7,9	390,632
29.	Пряма	50	440,632
30.	РТ	-	440,632

$$\Sigma\varphi_{рд2} = 2^{\circ}17'0'' + 21^{\circ}47'11'' + 4 \cdot 4^{\circ}43'52,5'' = 42^{\circ}59'41'' = 42,995^{\circ}$$

Ділянка 3 – від початку ПГП до РТ.

$$L_{рд3} = S_{РТ} - S_{П.ПГП} = 440,632 - 382,732 = 57,9 \text{ м}; n_{рд3} = 0;$$

$$\Sigma\varphi_{рд3} = 0^{\circ}0'0'' = 0^{\circ}$$

Розрахунки $\Sigma\varphi_2$ і $\Sigma\varphi_3$ виконуються також для маршруту на суміжну колію.

$$\Sigma\varphi_{рд2}^{\text{сум}} = 2^{\circ}17'0'' + 3^{\circ}43'27'' + 16^{\circ}2'53'' + 4 \cdot 4^{\circ}43'52,5'' = 40^{\circ}58'50'' = 40,981^{\circ}$$

$$\Sigma\varphi_{рд3}^{\text{сум}} = 0^{\circ}0'0'' = 0^{\circ}$$

Результати розрахунків наведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок питомої роботи опору стрілок і кривих

Ділянка	$L_{рді}$, м	$\Sigma\varphi_{рді}$, градусів		n , шт	$\bar{V}_{вагі}$, м/с	$\bar{h}_{скі}$, м е.в.	
		колія 12	колія 13			колія 12	колія 13
1	184,368	33,455°	33,455°	4	5	0,248	0,248
2	198,364	42,995°	40,981°	4	4	0,194	0,187
3	57,9	0°	0°	0	1,5	0,000	0,000
Σ	440,632			$h_{ск} =$		0,442	0,435

Результати розрахунків $h_{св}$ для усіх ділянок наводяться у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок питомої роботи опору середовища і вітру

Румби зустріч. вітрів	$V_{віт}$, м/с	β гр.	РД i	L_i , м	$V_{ваг}$, м/с	V_p^2 , м/с	α , град.	C_x	$w_{св}$, Н/кН	$h_{сві}$, м.е.в.	$h_{св}$, м.е.в.
Сх	4,5	80	1	184,368	5	53,06	37,5	1,57	2,31	0,426	0,776
			2	198,364	4	42,5	42,8	1,39	1,64	0,325	
			3	57,9	1,5	24,84	62,8	0,64	0,44	0,025	
Пд-Сх	4,9	35	1	184,368	5	89,15	17,3	1,8	4,45	0,82	1,653
			2	198,364	4	72,12	19,3	1,82	3,64	0,722	
			3	57,9	1,5	38,3	27	1,8	1,91	0,111	
Пд	5,3	10	1	184,368	5	105,28	5,1	1,54	4,49	0,828	1,683
			2	198,364	4	85,85	5,7	1,56	3,71	0,736	
			3	57,9	1,5	46	7,8	1,62	2,06	0,119	
Пд-Зх	5,5	55	1	184,368	5	86,8	28,9	1,77	4,26	0,785	1,547
			2	198,364	4	71,49	32,2	1,71	3,39	0,672	
			3	57,9	1,5	41,96	44,1	1,34	1,56	0,09	

За даними табл. 5.4 встановлюється, що несприятливим умовам роботи гірки відповідає Пд вітер зі швидкістю $V_{\text{віт}} = 5,3$ м/с під кутом $\beta = 10^\circ$ до напрямку розпуску. При цьому питома робота опору середовища і вітру має максимальну величину $h_{\text{св}} = 1,683$ м ен. в., що і приймається для розрахунку висоти гірки.

Величину $h_{\text{сн}}$ визначають за виразом (5.9):

$$h_{\text{сн}} = 0,4 \cdot (198,36 + 57,90 - 25,95) \cdot 10^{-3} = 0,092 \text{ м ен. в.}$$

Значення h_0 розраховують з допомогою виразу (5.10):

$$h_0 = \frac{1,7^2}{2 \cdot 9,11} = 0,159 \text{ м ен. в.}$$

В підсумку за допомогою (5.2) визначається розрахункова висота гірки для даного варіанту гіркової горловини:

$$H_p = 1,983 + 0,442 + 1,683 + 0,092 - 0,159 = 4,041 \text{ м.}$$

Прийнято висоту гірки для даного варіанту гіркової горловини $H_p = 4,04$ м.

5.5 Визначення розрахункової висоти гірки для 2-го варіанту плану гіркової горловини сортувального парку

Розрахунковий маршрут скочування на важку та суміжну колії для 2-го варіанту плану гіркової горловини сортувального парку наведено на рисунку 5.6.

Найбільш віддаленим в горловині є стрілочний перевід № 16, кінцеві з'єднання після якого мають сумарний кут повороту на колію № 12 $\Sigma\varphi = 21^\circ 05' 55,00''$; а на колію № 13 сумарний кут становитиме $\Sigma\varphi = 2^\circ 17' 31,00'' + 13^\circ 55' 41,00'' = 16^\circ 13' 12,00''$. Оскільки $\Sigma\varphi_{12} > \Sigma\varphi_{13}$, важкою слід вважати колію № 12, а колію № 13 слід розглядати як суміжну з важкою.

Приймемо з [35] $l_{\text{ГС}} = 35$ м, а положення ПГП взято на відстані 2 м від КР9.

Розрахункова точка приймається на відстані 50 м від кінця ПГП.

Розрахунки координат точок розгорнутого плану виконуються у таблиці 5.5.

За табл. 5.5 Координата ГС становить $S_{\text{ГС}} = 256,897 + 6,95 + 35 = 298,847$ м.

Таблиця 5.5 – Розрахунок координат точок розгорнутого плану (варіант 2)

№ п/п	Точки або елементи	Довжина l , м	Координата S , м
Важка колія			
1.	УВГ	-	0
2.	Пряма	22,24	22,24
3.	Крива 28, $\varphi=2^{\circ}17'53''$	8,02	30,26
4.	СП№3, 1/6 сим	17,51	47,77
5.	Глухе перетинання	8,08	55,85
6.	СП№4, 1/6 сим	17,51	73,36
7.	Пряма	0,5	73,86
8.	ГП1, 2хВЗПГ-5	25,95	99,81
9.	Пряма	1,5	101,31
10.	Крива 1, $\varphi=6^{\circ}36'10''$	23,048	124,358
11.	СП№5, 1/6 сим	17,51	141,868
12.	Крива 2, $\varphi=2^{\circ}45'0''$	9,599	151,467
13.	Пряма	1,5	152,967
14.	ГП2, 2хВЗПГ-5	25,95	178,917
15.	Пряма	5,76	184,677
16.	СП№11, 1/6 сим	17,51	202,187
17.	Крива 4, $\varphi=2^{\circ}17'0''$	7,97	210,157
18.	СП№17, 1/6 сим	17,51	227,667
19.	Пряма	5,26	232,927
20.	СП№13, 1/6 сим	17,51	250,437
21.	Пряма	6,46	256,897
22.	СП№16, 1/6 сим	17,51	274,407
23.	Пряма	8,52	282,927
24.	Крива 9, $\varphi=21^{\circ}5'55''$	66,283	349,21
25.	Пряма	2	351,21
26.	ПП, 1хВЗПГ-3	7,9	359,11
27.	Пряма	50	409,11
28.	РТ	-	409,11
29.			
Суміжна колія			
23.	Крива 10, $\varphi=2^{\circ}17'31''$	8	282,407
24.	Пряма	16,02	298,427
25.	Крива 11, $\varphi=13^{\circ}55'41''$	48,618	347,045
26.	Пряма	4,165	351,21
27.	ПП, 1хВЗПГ-3	7,9	359,11
28.	Пряма	50	409,11
29.	РТ	-	409,11

За виразом (5.3) визначимо питому роботу сил основного опору руху

$$h_{\text{осн}} = 4,5 \cdot 409,11 \cdot 10^{-3} = 1,841 \text{ м ен. в.}$$

Визначимо параметри розрахункових ділянок маршруту скочування бігуна

ПЛ: довжину $L_{\text{рді}}$, суму кутів повороту $\Sigma\varphi_{\text{рді}}$ та кількість стрілочних переводів $n_{\text{рді}}$.

Ділянка 1 – від УВГ до початку ГП2.

$$L_{\text{рді1}} = S_{\text{п.гп2}} = 152,967 \text{ м};$$

$$\Sigma\varphi_{\text{рді1}} = 2^{\circ}17'53'' + 6^{\circ}36'10'' + 2^{\circ}45'0'' + 3 \cdot 4^{\circ}43'52,5'' = 25^{\circ}50'40,5'' = 25,845^{\circ}.$$

$$n_{\text{рді1}} = 4, \text{ (гіркова горловина має глухе пересічення);}$$

Ділянка 2 – від початку ГП2 до початку ПГП.

$$L_{\text{рді2}} = S_{\text{п.пгп}} - S_{\text{п.гп2}} = 351,21 - 152,967 = 198,243 \text{ м}; n_{\text{рді2}} = 4 ;$$

$$\Sigma\varphi_{\text{рді2}} = 2^{\circ}17'0'' + 21^{\circ}5'55'' + 4 \cdot 4^{\circ}43'52,5'' = 42^{\circ}18'25'' = 42,307^{\circ}$$

Ділянка 3 – від початку ПГП до РТ.

$$L_{\text{рді3}} = S_{\text{рт}} - S_{\text{п.пгп}} = 409,11 - 351,21 = 57,9 \text{ м}; n_{\text{рді3}} = 0 ;$$

$$\Sigma\varphi_{\text{рді3}} = 0^{\circ}0'0'' = 0^{\circ}$$

Розрахунки $\Sigma\varphi_2$ і $\Sigma\varphi_3$ виконуються також для маршруту на суміжну колію.

$$\Sigma\varphi_{\text{рді2}}^{\text{сум}} = 2^{\circ}17'0'' + 2^{\circ}17'31'' + 13^{\circ}55'41'' + 4 \cdot 4^{\circ}43'52,5'' = 37^{\circ}25'42'' = 37,428^{\circ}$$

$$\Sigma\varphi_{\text{рді3}}^{\text{сум}} = 0^{\circ}0'0'' = 0^{\circ}$$

Результати розрахунків наведені у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок питомої роботи опору стрілок і кривих

Ділянка	$L_{\text{рді}}$, м	$\Sigma\varphi_{\text{рді}}$, градусів		n , шт	$\bar{V}_{\text{вагі}}$, м/с	$\bar{h}_{\text{скі}}$, м ен. в.	
		колія 12	колія 13			колія 12	колія 13
1	152,967	25,845°	25,845°	4	5	0,205	0,205
2	198,243	42,307°	37,428°	4	4	0,192	0,174
3	57,9	0°	0°	0	1,5	0,000	0,000
Σ	409,11				$h_{\text{ск}} =$	0,397	0,379

Величина h_{CB} визначається як сума величин питомої роботи сил опору руху середовища і вітру на окремих ділянках гірки. Результати розрахунків для усіх ділянок наводяться у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Розрахунок питомої роботи опору середовища і вітру

Румби зустріч. вітрів	$V_{\text{віт}}, \text{ м/с}$	β гр.	РД i	$L_i, \text{ м}$	$V_{\text{ваг}}, \text{ м/с}$	$V_p^2, \text{ м/с}$	$\alpha, \text{ град.}$	C_x	$w_{CB}, \text{ Н/кН}$	$h_{CBi}, \text{ м.ен.в.}$	$h_{CB}, \text{ м.ен.в.}$
Сх	4,5	80	1	152,967	5	53,06	37,5	1,57	2,31	0,353	0,703
			2	198,243	4	42,5	42,8	1,39	1,64	0,325	
			3	57,9	1,5	24,84	62,8	0,64	0,44	0,025	
Пд-Сх	4,9	35	1	152,967	5	89,15	17,3	1,8	4,45	0,681	1,514
			2	198,243	4	72,12	19,3	1,82	3,64	0,722	
			3	57,9	1,5	38,3	27	1,8	1,91	0,111	
Пд	5,3	10	1	152,967	5	105,28	5,1	1,54	4,49	0,687	1,541
			2	198,243	4	85,85	5,7	1,56	3,71	0,735	
			3	57,9	1,5	46	7,8	1,62	2,06	0,119	
Пд-Зх	5,5	55	1	152,967	5	86,8	28,9	1,77	4,26	0,652	1,414
			2	198,243	4	71,49	32,2	1,71	3,39	0,672	
			3	57,9	1,5	41,96	44,1	1,34	1,56	0,09	

За даними табл. 5.7 встановлюється, що несприятливим умовам роботи гірки відповідає Пд вітер зі швидкістю $V_{\text{віт}} = 5,3 \text{ м/с}$ під кутом $\beta = 10^\circ$ до напрямку розпуску. При цьому питома робота опору середовища і вітру має максимальну величину $h_{CB} = 1,541 \text{ м ен. в.}$, що і приймається для розрахунку висоти гірки.

Величину h_{CH} визначають за виразом (5.9):

$$h_{CH} = 0,4 \cdot (198,24 + 57,90 - 25,95) \cdot 10^{-3} = 0,092 \text{ м ен. в.}$$

Значення h_0 розраховують з допомогою виразу (5.10):

$$h_0 = \frac{1,7^2}{2 \cdot 9,11} = 0,159 \text{ м ен. в.}$$

За допомогою (5.2) визначається розрахункова висота гірки:

$$H_p = 1,841 + 0,397 + 1,541 + 0,092 - 0,159 = 3,712 \text{ м.}$$

Прийнято висоту гірки для даного варіанту плану гіркової горловини сортувального парку $H_p = 3,71 \text{ м.}$

5.6 Порівняльна характеристика планів гіркової горловини сортувального парку

Наведені на рисунках 5.2 та 5.3 плани гіркових горловин відрізняються деякими параметрами, найбільш основними з яких є наведені у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Основні параметри нових гіркових горловин сортувального парку

Параметри	Гіркова горловина	
	1-й варіант	2-й варіант
Довжина розгорнутого маршруту	440,632	409,110
Кількість стрілочних переводів	34	34
Висота гірки	4,04	3,71

В подальших розділах буде виконано порівняння профілів та характеристик процесу скочування вагонів.

6. ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ПЛАНУ ТА ПРОФІЛЮ ГІРКОВОЇ ГОРЛОВИНИ

6.1. Характеристика варіантів проектування профілю гіркової горловини

Для кожного варіанту плану гіркової горловини, що були запропоновані в розділі 5 розглянемо по два варіанти профілю:

1. з 1-м швидкісним елементом профілю на головній ділянці;
2. з 2-ма швидкісними елементами профілю на головній ділянці.

Для першого та другого варіантів плану гіркової горловини, що відображені на рис. 5.2 та 5.3, вказані варіанти будуть мати схематичний вигляд, що показаний на рис. 6.1.

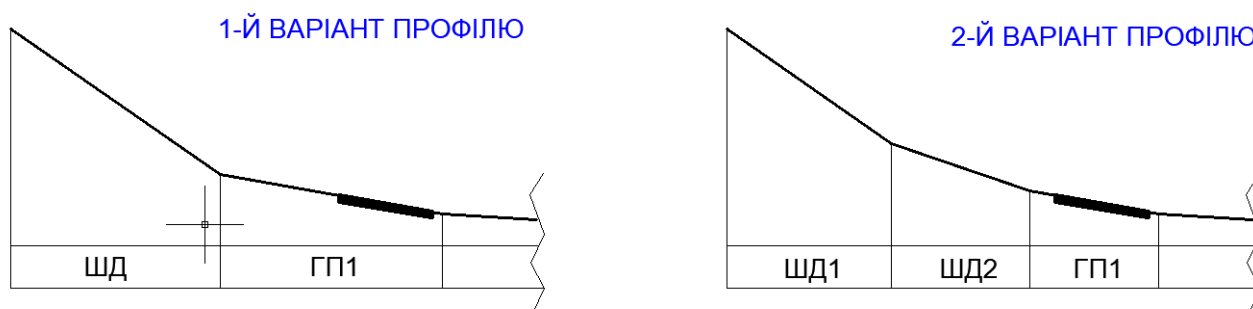


Рисунок 6.1 – Схематичні варіанти профілю гіркової горловини

Таким чином, отримаємо 4 варіанти конструкції гіркової горловини, які показані у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Варіанти конструкції гіркової горловини

Варіант конструкції горловини	Варіант плану	Варіант профілю
1	1	1
2	1	2
3	2	1
4	2	2

Далі визначимо основні показники для вказаних варіантів гіркової горловини сортувального парку з використанням методики, що детально розглянута в [34, 35].

6.2 Визначення параметрів 1-го варіанту

6.2.1 Визначення елементів профілю та перевірка головної ділянки

Розрахункові параметри поздовжнього профілю для першого варіанту конструкції гірки наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Параметри поздовжнього профілю гірки

Точка перелому профілю	l , м	i , ‰	h , м	H_j , м	Y_j , мм
РТ	–	–	–	0	0
Д	47	0,6	0,028	0,028	1,4
Г	13,9	1,5	0,021	0,049	2,45
В	166,414	2,5	0,416	0,465	23,25
Б	128,868	7	0,902	0,689	34,45
А	33,95	16,7	0,567	1,934	96,7
ВГ	50,5	41,7	2,106	4,04	202

Аналіз поздовжнього профілю дозволяє стверджувати, що параметри всіх його окремих елементів відповідають вимогам [35].

Для забезпечення допустимих швидкостей входу вагонів на ГП1 профільна висота головної частини гірки $h_{ГД}$ повинна відповідати умові:

$$h_{ГД} \leq h_{ГД.мах} \quad (6.1)$$

Профільна висота головної ділянки даної гірки складає

$$h_{ГД} = \sum_{ГП1}^{УВГ} il10^{-3} \quad (6.2)$$

$$h_{ГД} = (41,7 \cdot 50,5 + 16,7 \cdot 5) \cdot 10^{-3} = 2,19 \text{ м ен. в.}$$

Максимальна профільна висота головної ділянки $h_{ГД.мах}$ визначається для швидкого бігуна важкої категорії маси (ШВ) і сприятливих умов скочування:

$$h_{ГД.мах} = \frac{V_{вх.доп}^2 - V_{0.мах}^2}{2g'_{ШВ}} + h_{в.ГД}, \quad (6.3)$$

де $g'_{ШВ}$ – приведенне прискорення вільного падіння для бігуна ШВ з урахуванням інерції маси елементів, що обертаються, $g'_{ШВ} = 9,65 \text{ м/с}^2$;

$h_{w.ГД}$ – сумарна питома робота усіх сил опору руху для бігуна ШВ у межах головної ділянки, м ен. в.; розраховується як:

$$h_{w.ГД} = \left(w_{o.ШВ} L_{ГД} + (0,56n_{ГД} + 0,23\sum\varphi_{ГД}) V_{ГД}^2 \right) 10^{-3} \quad (6.4)$$

де $w_{o.ШВ}$ – основний питомий опір руху для бігуна ШВ, $w_{o.ШВ} = 0,5 \text{ Н/кН}$;

$L_{ГД}$, $n_{ГД}$, $\sum\varphi_{ГД}$ – параметри плану головної ділянки, відповідно: довжина, кількість стрілочних переводів та сума кутів повороту;

$V_{ГД}$ – середня швидкість скочування бігуна ШВ головною ділянкою, м/с.

У розрахунках $h_{ГД,max}$ опором середовища і вітру допускається нехтувати, приймаючи при скочуванні бігуна ШВ $w_{св} = 0$, а величину $V_{ГД}$ визначаємо як:

$$V_{ГД} = \frac{V_{вх.доп} + V_{0,max}}{2}. \quad (6.5)$$

Для розрахунку висоти $h_{ГД,max}$ визначимо необхідні значення параметрів: допустима швидкість входу вагонів на ГП1 для ВЗПГ-5 $V_{вх.доп} = 8 \text{ м/с}$, максимальна швидкість розпуску для ГСП $V_{0,max} = 2,2 \text{ м/с}$, а параметри бігуна ШВ: 4-вісний піввагон, $M_{ШВ} = 100 \text{ т}$, $w_{o.ШВ} = 0,5 \text{ Н/кН}$, $g'_{ШВ} = 9,65 \text{ м/с}^2$. За рис. 5.1 визначають параметри головної ділянки гірки: $L_{ГД} = 55,5 \text{ м}$, $n_{ГД} = 0$, $\sum\varphi_{ГД} = 8^\circ$.

Середня швидкість скочування бігуна ШВ головною ділянкою становить:

$$V_{ГД} = \frac{8 + 2,2}{2} = 5,1 \text{ м/с}$$

Визначимо сумарну питому роботу всіх сил опору руху для бігуна ШВ у межах головної ділянки:

$$h_{w.ГД} = (0,5 \cdot 55,50 + (0,56 \cdot 0 + 0,23 \cdot 8) \cdot 5,1^2) \cdot 10^{-3} = 0,076 \text{ м ен. в.}$$

Максимальна профільна висота головної ділянки гірки визначається за формулою (6.3) і становить:

$$h_{\text{гд.мак}} = \frac{8^2 - 2,2^2}{2 \cdot 9,65} + 0,076 = 3,141 \text{ м ен. в.}$$

Отримане значення головної ділянки $h_{\text{гд}} = 2,19$ м ен. в. менше максимального значення $h_{\text{гд.мак}} = 3,141$ м ен. в., тобто існуюча висота головної ділянки допустима та не потребує реконструкції.

6.2.2 Моделювання скочування відчепів з гірки

Згідно з [35] конструкція і технічне оснащення гірки (план, висота, поздовжній профіль, технічні засоби механізації і автоматизації) повинні забезпечувати безперервне, безперебійне і безпечне розформування составів з вказаною номінальною швидкістю розпуску залежно від потужності і оснащення гірки. Перевірка викладених вимог виконується шляхом моделювання процесу скочування вагонів з гірки. Моделюванням одержують дані швидкості $V = f(S)$ і тривалості $T = f(S)$ скочування вагонів, які використовують для аналізу працездатності гірки.

Перевірка вимог виконується за результатами моделювання скочування розрахункового сполучення відчепів легкої (Л) і важкої (В) категорій маси, що скочуються у послідовності Л₁-В₂-Л₃ у несприятливих і сприятливих кліматичних умовах.

Розрахунковими бігунами згідно з [35] вважаються 4-вісні піввагони з параметрами, наведеними в таблиці 6.3. Параметри M , w_0 прийняті за [35].

Таблиця 6.3 – Параметри розрахункових бігунів

РБ	M , т	w_0 , Н/кН	g' , м/с ²	$K_{\text{вс}}$	F , м ²	$l_{\text{в}}$, м	$b_{\text{к}}$, м
ПЛ	22,0	4,5	9,11	0,0277	8,5	13,92	10,50
ШЛ	28,0	0,5	9,26	0,0218			
ПВ	72,0	2,6	9,59	0,0085			
ШВ	100,0	0,5	9,65	0,0061			

Для побудови ліній енергетичних висот виконуються розрахунки втрат енергетичної висоти кожного розрахункового бігуна на подолання діючих сил опору руху в межах кожної розрахункової ділянки гірки. Моделювання скочування бігунів

здійснюється за маршрутами: повільних (П) – на важку колію, швидких (Ш) – на суміжну з важкою колію.

Вихідні дані і результати розрахунків подаються у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок втрат енергетичної висоти

Параметри бігунів				РД <i>i</i>	$L_{рд}$, м	$h_{осн}$, м.єн.в.	$h_{ск}$, м.єн.в.	$h_{св}$, м.єн.в.	$h_{сн}$, м.єн.в.	h_w , м.єн.в.	H_w , м.єн.в.	Y , мм
РБ	$M_{рб}$, т	w_o , Н/кН	$w_{сн}$, Н/кН									
ПЛ	22	4,5	0,4	1	184,368	0,83	0,248	0,828	-	1,906	1,906	95,3
				2	198,364	0,892	0,194	0,736	0,069	1,891	3,797	189,85
				3	57,9	0,261	0	0,119	0,023	0,403	4,2	210
ШЛ	28	0,5	-	1	184,368	0,092	0,248	0,651	-	0,991	0,991	49,55
				2	198,364	0,099	0,187	0,578	-	0,864	1,855	92,75
				3	57,9	0,029	0	0,094	-	0,123	1,978	98,9
ПВ	72	2,6	0,15	1	184,368	0,479	0,248	0,253	-	0,98	0,98	49
				2	198,364	0,516	0,194	0,225	0,026	0,961	1,941	97,05
				3	57,9	0,151	0	0,036	0,009	0,196	2,137	106,85
ШВ	100	0,5	-	1	184,368	0,092	0,248	0,182	-	0,522	0,522	26,1
				2	198,364	0,099	0,187	0,162	-	0,448	0,97	48,5
				3	57,9	0,029	0	0,026	-	0,055	1,025	51,25

Використовуючи побудовані лінії енергетичної висоти, можна розрахувати швидкість відчепу у певній координаті шляху S :

$$V = \sqrt{2g'h_v}, \text{ де } h_v = Y_h M \cdot 10^{-3} \text{ і тоді } V = \sqrt{2g'Y_h M \cdot 10^{-3}}. \quad (6.6)$$

де M – масштабний коефіцієнт; для вертикального масштабу 1:20 буде $M=20$.

Ордината Y_h визначається з креслення заміром відстані між лінією енергетичної висоти і лінією поздовжнього профілю.

Розрахунки швидкості виконуються перш за все в характерних точках, до яких відносять:

- вхід на гальмову позицію ($SE_{гп}$) і вихід із неї ($SG_{гп}$);
- вхід на ізольовану ділянку розділового елемента ($SE_{ід}$) і вихід з неї ($SG_{ід}$);
- підхід до граничного стовпчика ($SE_{гс}$) і прохід за нього ($SG_{гс}$).

Координати SE , SG відповідають положенню центра ваги вагона (ЦВ) у

моменти зайняття (входу) та звільнення (виходу) відповідних елементів і визначаються таким чином:

- для зон гальмування $SE = SPI - b_k / 2$; $SG = SPI + l_{гп} + b_k / 2$;
- для ізольованих ділянок $SE = SPI - b_k / 2$; $SG = SPI + l_{ід} + b_k / 2$;
- для граничного стовпчика $SE = SPI - l_b / 2$; $SG = SPI + l_b / 2$.

де SPI – координата початку відповідного елемента;

$l_{гп}$, $l_{ід}$ – відповідно довжина гальмової позиції та ізольованої ділянки;

b_k , l_b – відповідно колісна база та довжина вагона (табл. 6.3).

Результати розрахунків наводяться в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Розрахунок координат контрольних точок

№	Назва елемента	$SPI, м$	$L_{ід}, L_{гп}, м$	$SE, м$	$SG, м$
1	ГП1	55,5	25,95	50,25	86,7
2	ГП2	184,368	25,95	179,118	215,568
3	ПП	382,732	7,9	377,482	395,882
4	ГС	330,248	0	323,288	337,208
5	ІД ГП1	55	13,475	49,75	73,725
6	ІД ГП2	183,868	13,475	178,618	202,593
7	ІД СП1	81,95	11,38	76,7	98,58
8	ІД СП5	150,499	11,38	145,249	167,129
9	ІД СП11	210,818	11,38	205,568	227,448
10	ІД СП13	259,068	11,38	253,818	275,698
11	ІД СП16	283,038	11,38	277,788	299,668

Тривалість скочування кожного бігуна між суміжними точками t_{ij} , від ВГ до заданої точки T_{i+1} , а також різницю тривалості їх скочування Δt знайдемо як

$$t_{ij} = \frac{2\Delta S_{ij}}{V_i + V_j}, \quad T_{i+1} = T_i + t, \quad \Delta t = T_1 - T_2 \quad (6.7)$$

де $V_{п}$, $V_{к}$ – швидкість на початку і в кінці відрізка шляху ΔS .

Результати розрахунків наводять у графічному вигляді кривими швидкості

$V = f(S)$ і тривалості $T = f(S)$ скочування розрахункових.

Криві $T = f(S)$ зображуються для послідовності бігунів ПЛ₁-(ШВ/ПВ)₂-ШЛ₃ з урахуванням інтервалу часу між моментами початку скочування (відриву від состава) суміжних відчепів, величина якого при постійній швидкості розпуску V_0 може бути розрахована як

$$I_0 = \frac{l_{B1} + l_{B2}}{2V_0}. \quad (6.8)$$

Для $l_{B1} = l_{B2} = 13,92$ м (див. табл. 6.3) і $V_0 = 1,7$ м/с маємо:

$$I_0 = \frac{13,92 + 13,92}{2 \cdot 1,7} = 8,19 \text{ с}$$

Результати розрахунків швидкості та тривалості скочування наведені в таблицях Б.1 та Б.2 Додатку Б.

6.2.3 Визначення резервів інтервалів і розрахункової швидкості розпуску

Проміжок часу між моментами звільнення елемента першим відчепом (TG_1) і моментом заняття другим відчепом (TE_2) являє собою резерв інтервалу δt (рисунок 5.3), величину якого можна розрахувати як

$$\delta t = I_0 + TE_2 - TG_1. \quad (6.9)$$

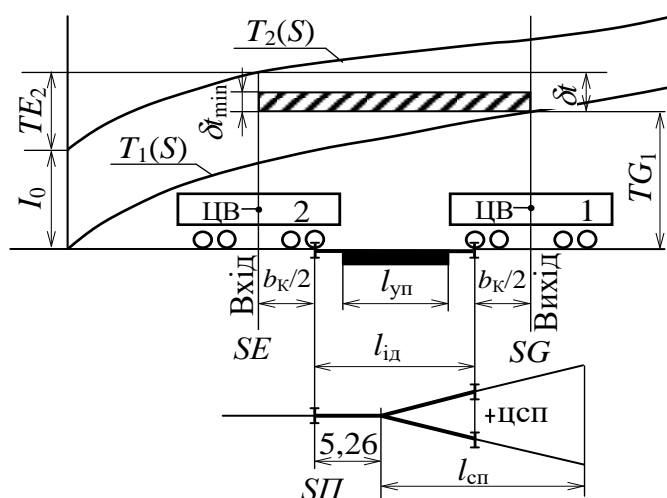


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема визначення резерву інтервалу

Для розділення відчепів на окремому елементі резерв інтервалу повинен бути

не менше мінімально необхідного δt_{\min} , тобто

$$\delta t \geq \delta t_{\min}, \quad (6.10)$$

Розрахунки для усіх розділових елементів виконуються в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Розрахунок резервів інтервалів

№ п/п	Назва елементу	SE м	SG м	ПЛ-ШВ			ПВ-ШЛ			δt_p	δt_{\min}
				TE ₂ , с	TG ₁ , с	δt , с	TE ₂ , с	TG ₁ , с	δt , с		
1	ГС	323,288	337,208	63,88	70,55	1,52	61,57	69,09	0,67	1,09	0
2	ІД ГП1	49,75	73,725	12,39	17,81	2,77	12,88	16,67	4,4	2,77	0,7
3	ІД ГП2	178,618	202,593	33,61	40,5	1,3	33,97	38,82	3,34	2,32	0,7
4	ІД СП1	76,7	98,58	16,76	22,01	2,94	17,32	20,95	4,56	3,75	1
5	ІД СП5	145,249	167,129	28,28	33,98	2,49	28,59	32,63	4,15	3,32	1
6	ІД СП11	205,568	227,448	38,28	45,21	1,26	38,53	43,97	2,75	2	1
7	ІД СП13	253,818	275,698	48,74	55,22	1,71	47,73	54,62	1,3	1,5	1
8	ІД СП16	277,788	299,668	53,98	60,76	1,41	52,43	60,12	0,5	0,95	1

Не для усіх розділових елементів дотримується умова $\delta t_p \geq \delta t_{\min}$, що свідчить про неможливість розділення відчепів і відповідність конструкції гірки вимогам [34] щодо можливості реалізації встановленої швидкості розпуску.

Найбільшу можливу (розрахункову) швидкість розпуску V_{0p} визначимо як

$$V_{0p} = \frac{l_{B1} + l_{B2}}{2(I_0 - \delta t + \delta t_{\min})}. \quad (6.11)$$

Розрахунки V_{0p} для всіх розділових елементів виконуються у таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Визначення розрахункових швидкостей розпуску

№№ п/п	Назва елементу	δt_p	δt_{\min}	V_{0p} , м/с
1	ГС	1,09	0	1,96
2	ІД ГП1	2,77	0,7	2,27
3	ІД ГП2	2,32	0,7	2,12
4	ІД СП1	3,75	1	2,56
5	ІД СП5	3,32	1	2,37
6	ІД СП11	2	1	1,94
7	ІД СП13	1,5	1	1,81
8	ІД СП16	0,95	1	1,69

Найменша величина розрахункової швидкості розпуску за умовою розділення на ІД СП16 дорівнює $V_{0p} = 1,69$ м/с, тобто на даній гірці можливо виконувати розпуск составів з постійною швидкістю до $V_{0п.маx} = 1,69$ м/с.

6.2.4 Перевірка потужності гальмових засобів

Сумарна потужність активних гальмових засобів усіх позицій спускної частини ГСП повинна забезпечувати можливість зупинки вагонів на пучковій гальмовій позиції ГП2.

Відповідність наявної потужності гальмових засобів на гірці висунутим вимогам може бути перевірена з використанням умови:

$$h_{гп1} + h_{гп2} \geq h_{гпф} + h_{о.маx} - h_w, \quad (6.12)$$

де $h_{гп1}$, $h_{гп2}$ – наявна потужність відповідно ГП1 і ГП2, м ен.в.;

$h_{гпф}$ – профільна висота між УВГ і кінцем зони гальмування ГП2;

$h_{о.маx}$ – енергетична висота, що відповідає максимальній швидкості розпуску $V_{0.маx}$, м ен. в.;

h_w – питома робота усіх сил опору руху на ділянці від УВГ до кінця зони гальмування ГП2.

Наявна потужність позицій ГП1 становить $h_{гп1} = 1,3$ м ен. в., а для ГП2 складе $h_{гп2} = 2 \cdot 1,3 = 2,6$ м ен. в. Перевірка викладених умов повинна здійснюватися для чотиривісного піввагона з параметрами бігуна ШВ (табл. 6.3) в сприятливих умовах скочування.

Довжина ділянки від УВГ до кінця зони гальмування ГП2 за даними табл. 5.2 становить $SG_{гп2} = 215,568$ м. Профільна висота цієї ділянки визначається за даними поздовжнього профілю гірки (табл. 6.2):

$$\begin{aligned} h_{гпф} &= (i_{c1}l_{c1} + i_{c2}l_{c2} + i_{гп1}l_{гп1} + i_{гп2}l_{гп2} + i_{сз}(SG_{гп2} - S_{г}))10^{-3} = \\ &= (41,7 \cdot 50,5 + 0 \cdot 0 + 16,7 \cdot 33,95 + 7 \cdot 96,918 + 7 \cdot 31,95 + \\ &\quad + 2,5 \cdot (215,568 - 213,318)) \cdot 10^{-3} = 3,581 \text{ м} \end{aligned}$$

Для бігуна ШВ з параметрами $M_{ШВ} = 100$ т, $w_0 = 0,5$ Н/кН, $g'_{ШВ} = 9,65$ м/с² визначаються:

– енергетична висота, що відповідає максимальній швидкості розпуску

$$h_{o.max} = \frac{V_{0.max}^2}{2g'_{ШВ}} = \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,65} = 0,324 \text{ м ен. в.};$$

– втрата енергетичної висоти від основного опору

$$h_{очн} = w_0 S G_{ГП2} 10^{-3} = 0,5 \cdot 215,568 \cdot 10^{-3} = 0,108 \text{ м ен. в.};$$

– втрата енергетичної висоти від опору стрілочних переводів і кривих приймається з табл. 6.3 для РД1 і становить $h_{ск} = 0,248$ м ен. в.;

– опором середовища й вітру для сприятливих умов скочування нехтують, тому приймається $h_{св} = 0$;

– питома робота усіх сил опору руху на ділянці від УВГ до кінця зони гальмування ГП2

$$h_w = h_{очн} + h_{ск} = 0,108 + 0,248 = 0,356 \text{ м ен. в.}$$

Таким чином, підставивши усі значення, отримаємо

$$3,9 \geq 3,581 + 0,324 - 0,356$$

$$3,9 \geq 3,549$$

Як помітно, умова (6.12) витримується, тобто величина наявної потужності гальмових засобів на гірці відповідає встановленим вимогам.

6.2.5 Визначення переробної спроможності сортувальної гірки

Добова переробна спроможність сортувальної гірки з розформування вагонів, що прибувають на станцію, може бути визначена за формулою

$$N_{Г} = \frac{1440\alpha_{П} - \Sigma T_{пост}}{\rho_{Г} t_{Г}} m_{В}, \quad (6.13)$$

де $\alpha_{П}$ – коефіцієнт паралельності маршрутів;

$\Sigma T_{пост}$ – тривалість операцій, не пов'язаних з розпуском составів, хв;

$\rho_{Г}$ – коефіцієнт надійності технічних засобів гірки;

t_{Γ} – середня тривалість гіркового технологічного інтервалу, хв;

$m_{\text{в}}$ – середня кількість вагонів у складі поїзда.

Коефіцієнт α_{Π} враховує можливі перерви в роботі гірки та становить $\alpha_{\Pi} = 0,95$. Період $\Sigma T_{\text{пост}}$ прийнято 60 хв. Коефіцієнт ρ_{Γ} враховує відмови технічних засобів, прийнято $\rho_{\Gamma} = 1,1$.

Методика визначення тривалості вказаних операцій і величини t_{Γ} взята із [35]. Величину t_{Γ} можна приблизно визначити як

$$t_{\Gamma} = t_{\text{р}} + t_{\text{інт}}, \quad (6.14)$$

де $t_{\text{р}}$ – тривалість розпуску состава з гірки;

$t_{\text{інт}}$ – середня тривалість інтервалу між моментом закінчення розпуску одного состава і початком розпуску наступного.

Тривалість розпуску состава з гірки

$$t_{\text{р}} = \frac{m_{\text{в}} l_{\text{в}}}{60 V_{\text{о}}}, \quad (6.15)$$

де $l_{\text{в}}$ – середня довжина одного вагона, $l_{\text{в}} = 15$ м;

$V_{\text{о}}$ – середня швидкість розпуску состава, м/с.

Величину $t_{\text{інт}}$ приймається при роботі двох локомотивів $t_{\text{інт}} = 4$ хв.

Тоді отримаємо

$$t_{\text{інт}} = 4 \text{ хв}, \quad t_{\Gamma} = 7,79 + 4 = 11,79 \text{ хв};$$

$$N_{\Gamma} = \frac{1440 \cdot 0,95 \cdot 60}{1,1 \cdot 11,79} \cdot 53 = 5345 \text{ ваг}$$

Коефіцієнт завантаження гірки $\Psi = 3620 / 5345 = 0,68$.

6.3 Визначення параметрів 2-го варіанту

Розрахункові параметри поздовжнього профілю для другого варіанту конструкції гірки наведені у таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Параметри поздовжнього профілю гірки

Точка перелому профілю	l , м	i , ‰	h , м	H_j , м	Y_j , мм
РТ	–	–	–	0	0
Є	47	0,6	0,028	0,028	1,4
Д	13,9	1,5	0,021	0,049	2,45
Г	166,414	2,5	0,416	0,465	23,25
В	31,95	7	0,224	0,689	34,45
В	96,918	9,3	0,901	1,59	79,5
Б	31,95	12	0,383	1,973	98,65
А	22,5	25	0,563	2,536	126,8
ВГ	30	50	1,5	4,04	202

Отримане значення головної ділянки $h_{ГД} = 2,099$ м ен. в. менше максимального значення $h_{ГД.маx} = 3,141$ м ен. в., тобто існуюча висота головної ділянки допустима та не потребує реконструкції.

Результати розрахунків швидкості та тривалості скочування наведені в таблицях Б.3 та Б.4.

Розрахунки для усіх розділових елементів виконуються в таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Розрахунок резервів інтервалів

№ п/п	Назва елементу	SE м	SG м	ПЛ-ШВ			ПВ-ШЛ			δt_p	δt_{min}
				TE_2 , с	TG_1 , с	δt , с	TE_2 , с	TG_1 , с	δt , с		
1	ГС	323,288	337,208	64,73	71,39	1,53	62,25	70,03	0,41	0,97	0
2	ІД ГП1	49,75	73,725	11,62	16,99	2,82	12,06	15,96	4,29	2,82	0,7
3	ІД ГП2	178,618	202,593	34,05	41,24	1	34,3	39,64	2,85	1,93	0,7
4	ІД СП1	76,7	98,58	16,11	21,43	2,87	16,65	20,53	4,31	3,59	1
5	ІД СП5	145,249	167,129	28,4	34,23	2,36	28,6	33	3,79	3,08	1
6	ІД СП11	205,568	227,448	39,06	46,05	1,2	39,16	44,91	2,44	1,82	1
7	ІД СП13	253,818	275,698	49,59	56,06	1,72	48,41	55,56	1,04	1,38	1
8	ІД СП16	277,788	299,668	54,83	61,6	1,42	53,11	61,06	0,24	0,83	1

Розрахунки V_{0p} для всіх розділових елементів виконуються у таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Визначення розрахункових швидкостей розпуску

№№ п/п	Назва елементу	δt_p	δt_{\min}	V_{0p} , м/с
1	ГС	0,97	0	1,93
2	ІД ГП1	2,82	0,7	2,29
3	ІД ГП2	1,93	0,7	2
4	ІД СП1	3,59	1	2,49
5	ІД СП5	3,08	1	2,28
6	ІД СП11	1,82	1	1,89
7	ІД СП13	1,38	1	1,78
8	ІД СП16	0,83	1	1,67

Найменша величина розрахункової швидкості розпуску за умовою розділення на ІД СП16 дорівнює $V_{0p} = 1,67$ м/с, тобто на даній гірці можливо виконувати розпуск составів з постійною швидкістю до $V_{0п.маx} = 1,67$ м/с.

Перевірка потужності гальмових засобів показала наступне

$$3,9 \geq 3,577 + 0,324 - 0,356$$

$$3,9 \geq 3,545$$

Як помітно, умова витримується, тобто величина наявної потужності гальмових засобів на гірці відповідає встановленим вимогам.

При мінімальній швидкості розпуску $V_0 = 1,7$ м/с і роботі на гірці двох локомотивів тривалість розпуску состава становить

$$t_{\text{INT}} = 4 \text{ хв}, t_{\Gamma} = 7,79 + 4 = 11,79 \text{ хв};$$

$$N_{\Gamma} = \frac{1440 \cdot 0,95 - 60}{1,1 \cdot 11,79} \cdot 53 = 5345 \text{ ваг}$$

Коефіцієнт завантаження гірки $\Psi = 3620 / 5345 = 0,68$.

6.4 Визначення параметрів 3-го варіанту

Розрахункові параметри поздовжнього профілю для третього варіанту конструкції гірки наведені у таблиці 6.11.

Таблиця 6.11 – Параметри поздовжнього профілю гірки

Точка перелому профілю	l , м	i , ‰	h , м	H_j , м	Y_j , мм
РТ	–	–	–	0	0
Д	47	0,6	0,028	0,028	1,4
Г	13,9	1,5	0,021	0,049	2,45
В	166,293	2,5	0,416	0,465	23,25
Б	79,107	7	0,554	0,689	34,45
А	62,81	16,4	1,03	2,049	102,45
ВГ	40	41,4	1,656	3,71	185,5

Аналіз поздовжнього профілю дозволяє стверджувати, що параметри всіх його окремих елементів відповідають вимогам [35].

Отримане значення головної ділянки $h_{ГД} = 2,211$ м ен. в. менше максимального значення $h_{ГД.макс} = 3,216$ м ен. в., тобто існуюча висота головної ділянки допустима та не потребує реконструкції.

Вихідні дані і результати розрахунків енергетичних висот зведені у таблиці 6.12.

Таблиця 6.12 – Розрахунок втрат енергетичної висоти

Параметри бігунів				РД i	$L_{рд}$, м	$h_{осн}$, м.ен.в.	$h_{ск}$, м.ен.в.	$h_{св}$, м.ен.в.	$h_{сн}$, м.ен.в.	h_w , м.ен.в.	H_w , м.ен.в.	Y , мм
РБ	$M_{рб, т}$	w_o , Н/кН	$w_{сн}$, Н/кН									
ПЛ	22	4,5	0,4	1	152,967	0,688	0,205	0,687	-	1,58	1,58	79
				2	198,243	0,892	0,192	0,735	0,069	1,888	3,468	173,4
				3	57,9	0,261	0	0,119	0,023	0,403	3,871	193,55
ШЛ	28	0,5	-	1	152,967	0,076	0,205	0,54	-	0,821	0,821	41,05
				2	198,243	0,099	0,174	0,578	-	0,851	1,672	83,6
				3	57,9	0,029	0	0,094	-	0,123	1,795	89,75
ПВ	72	2,6	0,15	1	152,967	0,398	0,205	0,21	-	0,813	0,813	40,65
				2	198,243	0,515	0,192	0,225	0,026	0,958	1,771	88,55
				3	57,9	0,151	0	0,036	0,009	0,196	1,967	98,35
ШВ	100	0,5	-	1	152,967	0,076	0,205	0,151	-	0,432	0,432	21,6
				2	198,243	0,099	0,174	0,162	-	0,435	0,867	43,35
				3	57,9	0,029	0	0,026	-	0,055	0,922	46,1

Результати розрахунків контрольних точок наводяться в таблиці 6.13.

Таблиця 6.13 – Розрахунок координат контрольних точок

№	Назва елемента	$SP, м$	$L_{ід}, L_{гп}, м$	$SE, м$	$SG, м$
1	ГП1	73,86	25,95	68,61	105,06
2	ГП2	152,967	25,95	147,717	184,167
3	ПП	351,21	7,9	345,96	364,36
4	ГС	298,847	0	291,887	305,807
5	ІД ГП1	73,36	13,475	68,11	92,085
6	ІД ГП2	152,467	13,475	147,217	171,192
7	ІД СП3	25	11,38	19,75	41,63
8	ІД СП5	119,098	11,38	113,848	135,728
9	ІД СП11	179,417	11,38	174,167	196,047
10	ІД СП13	227,667	11,38	222,417	244,297
11	ІД СП16	251,637	11,38	246,387	268,267

Результати розрахунків швидкості та тривалості скочування наведені в таблицях Б.5 та Б.6.

Розрахунки для усіх розділових елементів виконуються в таблиці 6.14.

Таблиця 6.14 – Розрахунок резервів інтервалів

№ п/п	Назва елемента	SE м	SG м	ПЛ-ШВ			ПВ-ШЛ			δt_p	δt_{min}
				$TE_2, с$	$TG_1, с$	$\delta t, с$	$TE_2, с$	$TG_1, с$	$\delta t, с$		
1	ГС	291,887	305,807	59,37	65,97	1,59	57,63	64,27	1,55	1,57	0
2	ІД ГП1	68,11	92,085	15,43	21,59	2,03	16,15	19,93	4,41	2,03	0,7
3	ІД ГП2	147,217	171,192	28,77	35,87	1,09	29,72	33,95	3,96	2,53	0,7
4	ІД СП3	19,75	41,63	6,7	12,15	2,74	6,93	11,35	3,77	2,74	1
5	ІД СП5	113,848	135,728	23,08	29,35	1,92	23,98	27,57	4,6	3,26	1
6	ІД СП11	174,167	196,047	33,67	40,59	1,27	34,5	39,13	3,56	2,41	1
7	ІД СП13	222,417	244,297	44,19	50,6	1,78	43,75	49,79	2,15	1,96	1
8	ІД СП16	246,387	268,267	49,44	56,16	1,47	48,47	55,3	1,36	1,41	1

Для усіх розділових елементів дотримується умова $\delta t_p \geq \delta t_{min}$, що свідчить про можливість розділення відчепів і відповідність конструкції гірки вимогам [34] щодо можливості реалізації встановленої швидкості розпуску.

Наявність на розділових елементах резерву інтервалу $\delta t > \delta t_{min}$ свідчить про можливість підвищення швидкості розпуску.

Розрахунки V_{op} для всіх розділових елементів виконуються у таблиці 6.15.

Таблиця 6.15 – Визначення розрахункових швидкостей розпуску

№№ п/п	Назва елементу	δt_p	δt_{\min}	V_{0p} , м/с
1	ГС	1,57	0	2,1
2	ІД ГП1	2,03	0,7	2,03
3	ІД ГП2	2,53	0,7	2,19
4	ІД СП3	2,74	1	2,16
5	ІД СП5	3,26	1	2,35
6	ІД СП11	2,41	1	2,05
7	ІД СП13	1,96	1	1,93
8	ІД СП16	1,41	1	1,79

Найменша величина розрахункової швидкості розпуску за умовою розділення на ІД СП16 дорівнює $V_{0p} = 1,79$ м/с, тобто на даній гірці можливо виконувати розпуск составів з постійною швидкістю до $V_{0п.маx} = 1,79$ м/с.

Перевірка потужності гальмівних засобів гірки виявилась успішною

$$3,9 \geq 3,245 + 0,324 - 0,297$$

$$3,9 \geq 3,272$$

Як помітно, умова витримується, тобто величина наявної потужності гальмових засобів на гірці відповідає встановленим вимогам.

Переробна спроможність гірки при мінімальній швидкості розпуску $V_0 = 1,7$ м/с і роботі на гірці двох локомотивів тривалість розпуску состава становить

$$t_{\text{INT}} = 4 \text{ хв}, t_{\Gamma} = 7,79 + 4 = 11,79 \text{ хв};$$

$$N_{\Gamma} = \frac{1440 \cdot 0,95 - 60}{1,1 \cdot 11,79} \cdot 53 = 5345 \text{ ваг}$$

Коефіцієнт завантаження гірки $\Psi = 3620 / 5345 = 0,68$.

Таким чином, для нормальної роботи на гірці необхідно мати 2 лок. при використанні мінімальній швидкості розпуску.

6.5 Визначення параметрів 4-го варіанту

Розрахункові параметри поздовжнього профілю для 4-го варіанту конструкції гірки наведені у таблиці 6.16.

Таблиця 6.16 – Параметри поздовжнього профілю гірки

Точка перелому профілю	l , м	i , ‰	h , м	H_j , м	Y_j , мм
РТ	–	–	–	0	0
Є	47	0,6	0,028	0,028	1,4
Д	13,9	1,5	0,021	0,049	2,45
Г	166,293	2,5	0,416	0,465	23,25
В	79,107	7	0,554	0,689	34,45
Б	38,81	12	0,465	1,484	74,2
А	24	19,1	0,458	1,942	97,1
ВГ	40	44,1	1,764	3,71	185,5

Аналіз поздовжнього профілю дозволяє стверджувати, що параметри всіх його окремих елементів відповідають вимогам [35].

Отримане значення головної ділянки $h_{ГД} = 2,34$ м ен. в. менше максимального значення $h_{ГД,макс} = 3,216$ м ен. в., тобто існуюча висота головної ділянки допустима та не потребує реконструкції.

Результати розрахунків швидкості та тривалості скочування наведені в таблицях Б.7 та Б.8.

Розрахунки для усіх розділових елементів виконуються в таблиці 6.17.

Таблиця 6.17 – Розрахунок резервів інтервалів

№ п/п	Назва елементу	SE м	SG м	ПЛ-ШВ			ПВ-ШЛ			δt_p	δt_{min}
				TE ₂ , с	TG ₁ , с	δt , с	TE ₂ , с	TG ₁ , с	δt , с		
1	ГС	291,887	305,807	58,86	65,29	1,76	57,03	63,69	1,53	1,64	0
2	ІД ГП1	68,11	92,085	15,02	20,93	2,28	15,68	19,37	4,5	2,28	0,7
3	ІД ГП2	147,217	171,192	28,26	35,19	1,26	29,12	33,37	3,94	2,6	0,7
4	ІД СП3	19,75	41,63	6,56	11,83	2,92	6,78	11,06	3,91	2,92	1
5	ІД СП5	113,848	135,728	22,57	28,67	2,09	23,38	26,99	4,58	3,34	1
6	ІД СП11	174,167	196,047	33,16	39,91	1,44	33,9	38,55	3,54	2,49	1
7	ІД СП13	222,417	244,297	43,68	49,92	1,95	43,15	49,21	2,13	2,04	1
8	ІД СП16	246,387	268,267	48,93	55,48	1,64	47,87	54,72	1,34	1,49	1

Розрахунки V_{0p} для всіх розділових елементів виконуються у таблиці 6.18.

Таблиця 6.18 – Визначення розрахункових швидкостей розпуску

№№ п/п	Назва елементу	δt_p	δt_{\min}	V_{0p} , м/с
1	ГС	1,64	0	2,13
2	ІД ГП1	2,28	0,7	2,11
3	ІД ГП2	2,6	0,7	2,21
4	ІД СП3	2,92	1	2,22
5	ІД СП5	3,34	1	2,38
6	ІД СП11	2,49	1	2,08
7	ІД СП13	2,04	1	1,95
8	ІД СП16	1,49	1	1,81

Найменша величина розрахункової швидкості розпуску за умовою розділення на ІД СП16 дорівнює $V_{0p} = 1,81$ м/с, тобто на даній гірці можливо виконувати розпуск составів з постійною швидкістю до $V_{0п.маx} = 1,81$ м/с.

Перевірка потужності гальмівних засобів виявилась успішною

$$3,9 \geq 3,247 + 0,324 - 0,297$$

$$3,9 \geq 3,274$$

Як помітно, умова витримується, тобто величина наявної потужності гальмових засобів на гірці відповідає встановленим вимогам.

Добова переробна спроможність сортувальної гірки з розформування вагонів, при мінімальній швидкості розпуску $V_0 = 1,7$ м/с і роботі на гірці двох локомотивів тривалість розпуску состава становить

$$t_{\text{ІНТ}} = 4 \text{ хв}, t_{\text{Г}} = 7,79 + 4 = 11,79 \text{ хв};$$

$$N_{\text{Г}} = \frac{1440 \cdot 0,95 - 60}{1,1 \cdot 11,79} \cdot 53 = 5345 \text{ ваг}$$

Коефіцієнт завантаження гірки $\Psi = 3620 / 5345 = 0,68$.

Таким чином, для нормальної роботи на гірці необхідно мати 2 лок. при використанні мінімальної швидкості розпуску.

6.6 Вибір раціонального варіанту гіркової горловини

Розрахункові параметри поздовжнього профілю для першого варіанту конструкції гірки з врахуванням даних таблиці 5.8 наведені у таблиці 6.19.

Таблиця 6.19 – Основні параметри нових гіркових горловин парку С

Параметри	Гіркова горловина			
	1	2	3	4
Довжина розгорнутого маршруту	440,632		409,110	
Кількість стрілочних переводів	34		34	
Висота гірки	4,04		3,71	
Фактична висота ГД	3,19	2,211	2,211	2,34
Максимальна висота ГД	3,141	3,216	3,216	3,216
Виконується умова $\delta t \geq \delta t_{\min}$?	ні (ГС)	ні (ГС)	так	так
Максимальна швидкість	1,69	1,67	1,79	1,81
Переробна спроможність при мінімальній швидкості розпуску	5345	5345	5345	5345
Переробна спроможність при змінній швидкості розпуску	5322	5280	5527	5567
Завантаження горловини	0,68	0,69	0,65	0,64

Аналіз таблиці 6.19 дозволяє зробити висновок, що раціональним варіантом є варіант №4. Саме цей варіант рекомендовано до впровадження, адже при меншій довжині розгорнутого маршруту та меншій висоті гірки саме даний варіант дозволяє отримати максимальне значення швидкості розпуску.

7 СКЛАДАННЯ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ РОБОТИ СТАНЦІЙ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЇЇ ПОКАЗНИКІВ

7.1 Вихідні дані до розробки добового плану-графіка

Добовий план-графік роботи станції є графічним відображенням роботи станції: прийому поїздів, їх обробки в станційних парках та відправлення. На планах графіках відображають також роботу всіх пристроїв, що знаходяться на станції (наприклад, пункти навантаження-розвантаження, контейнерні площадки, сортувальні площадки). Мета добового плану-графіка – пов’язати роботу всіх елементів станції, їх взаємодію з графіком прибуття і відправлення поїздів, з роботою під’їзних колій підприємства, уточнити завантаження окремих парків, колій, горловин, маневрових локомотивів, визначити норми часу знаходження на станції вагонів різних категорій обробки. На плані-графіку видно «вузькі» місця, міжопераційні інтервали, простои через нерівномірність прибуття поїздів, недостатність колійного розвитку станції, числа маневрових локомотивів та ін. Перерозподіл роботи, корегування підводу і відправлення поїздів і передач в процесі складання добового плану-графіку дозволяють удосконалити технологічний процес, покращити показники роботи станції. Таким чином, добовий план-графік роботи станції використовується в основному для визначення показників роботи станції при пошуках оптимального варіанту технічного оснащення станції.

Для розробки добового плану-графіку вихідними даними є: розклад прибуття поїздів та їх призначення; технологія обробки поїздів та тривалість виконання операцій, що розрахована в попередніх розділах. Розклад прибуття на станцію пасажирських поїздів приймається діючий на реальній станції. Розклад прибуття вантажних поїздів на станцію моделюється за допомогою ЕОМ. Призначення транзитних вагонів з переробкою, що прибувають в складі поїздів у розформування, визначені шляхом моделювання за допомогою ЕОМ. Результати моделювання приведені в Додатку В.

7.2. Розробка добового плану-графіку роботи станції

На добовому плані-графіку кожен з технічних пристроїв станції чи каналів обслуговування (наприклад, бригада ПТО) зображаються в окремому рядку. На плані-графіку в масштабі часу показують:

- підхід поїздів по графіку руху зі всіх напрямків, що примикають до станції;
- знаходження поїздів у парку прибуття з виділенням часу прийому (зайняття стрілочної горловини), обробки складів, простоїв у очікуванні наступних операцій;
- зайнятість поїзними та маневровими пересуваннями найбільш завантажених стрілок горловин парків;
- розформування составів з виділенням операцій, що виконуються кожним маневровим локомотивом, та зайнятість пристроїв (гірки, колій насуву);
- накопичення вагонів на сортувальних коліях з показом моментів завершення накопичення складів, зайнятість сортувальних колій при закінченні формування;
- роботу витяжних колій формування і окремо маневрових локомотивів з фіксацією операцій закінчення формування;
- знаходження поїздів на відправлення в сортувально-відправному та транзитному парках з виділенням операцій обробки составів і очікування відправлення;
- відправлення поїздів на графіку на всі перегони, що примикають до станції.

При побудові плану-графіку враховують можливу ворожість різних пересувань, час звільнення пристроїв (колії, гірки), локомотивів і бригад після виконання операцій, що дозволяє виявити міжопераційні простої та простої поїздів через неприйом станцією внаслідок недостатнього колійного розвитку. Відповідно до розрахункових норм і технології обробки поїздів побудований добовий графік роботи станції.

7.3 Визначення показників роботи станції

За допомогою розробленого добового плану-графіка роботи сортувальної станції можна визначити наступні показники роботи сортувальної станції:

- середній простий составів поїздів, що надходять у парк прийому для розформування;
- середній простий составів транзитних поїздів в приймально-відправних парках;
- середній простий составів поїздів свого формування в приймально-відправних парках;
- середній простий вагонів у сортувальному парку під накопиченням;
- коефіцієнт використання маневрового локомотиву;
- коефіцієнт використання гірочного локомотиву.

Середній простий составів поїздів, що надходять у парк прийому до розформування визначається по формулі:

$$t_{\text{пр}}^{\text{р}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{р}}^{\text{оч}})}{N_{\text{р}}}, \quad (7.1)$$

де $t_{\text{оі}}^{\hat{\text{оі}}}$ – тривалість очікування складами технічного огляду бригадою ПТО,

хв.;

$t_{\text{то}}$ – тривалість технічного огляду, хв.;

$t_{\text{р}}^{\text{оч}}$ – тривалість очікування складом розформування на сортувальній гірці,

хв.;

$N_{\text{р}}$ – число складів, що прибули у розформування на станцію.

$$t_{\text{пр}}^{\text{р}} = \frac{4246}{83} = 51,15 \text{ хв.}$$

Середній простий составів транзитних поїздів в транзитних парках.:

$$t_{\text{пр}}^{\text{тр}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{відп}}^{\text{оч}})}{N_{\text{тр}}}, \quad (7.2)$$

де $t_{\text{лок}}$ – тривалість очікування причеплення поїзного локомотиву, хв.;

$t_{\text{азіі}}^{\hat{\div}}$ – тривалість очікування відправлення, *хв.*;

$N_{\text{тр}}$ – число транзитних поїздів.

$$\text{для парку «Ч» : } t_{\text{пр}}^{\text{тр}} = \frac{5399}{53} = 101,86 \text{ хв.}$$

$$\text{для парку «Н» : } t_{\text{пр}}^{\text{тр}} = \frac{5925}{48} = 123,43 \text{ хв.}$$

Середній простий составів поїздів свого формування в відправному парку :

$$t_{\text{пр}}^{\text{сф}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{відп}}^{\text{оч}})}{N_{\text{сф}}}, \quad (7.3)$$

де $N_{\text{сф}}$ – число поїздів свого формування.

$$t_{\text{пр}}^{\text{сф}} = \frac{5925}{48} = 103,01 \text{ хв.}$$

Середній простій вагонів у сортувальному парку під накопиченням:

$$t_{\text{нак}} = \frac{\Sigma nt}{n}, \quad (7.4)$$

де Σnt – вагоно-години накопичення за добу;

n – кількість вагонів, що знаходилися на обраному призначенні протягом доби.

Визначення середнього простою вагонів у сортувальному парку під накопиченням виконано з використанням добового плану-графіку і склало 27048,67 ваг-год.

Середній простій вагону в сортувальному парку під накопиченням складає:

$$t_{\text{нак}} = \frac{27048,67}{4305} = 6,28 \text{ год.}$$

Час знаходження транзитного вагону з переробкою на сортувальній станції визначається за формулою:

$$t_{\text{пр}}^{3/\text{п}} = t_{\text{пп}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{пв}}, \quad (7.5)$$

де $t_{\text{пп}}$, $t_{\text{пв}}$ – середня тривалість знаходження транзитного вагону з переробкою в парку прибуття та парку відправлення відповідно;

$t_{\text{нак}}$ – середня тривалість знаходження транзитного вагону з переробкою в сортувальному парку під накопиченням.

$$t_{\text{пр}}^{3/\Pi} = 51,15 + 6,28 \cdot 60 + 103,01 = 530,106 \text{ хв.}$$

Робочий парк транзитних вагонів визначається за формулою:

$$n_{\text{р}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot t_{\text{пр}}^{6/\Pi} + n_{\text{сф}} \cdot t_{\text{пр}}^{3/\Pi}}{1440}, \quad (7.6)$$

де $n_{\text{тр}}$, $n_{\text{сф}}$ – відповідно добова кількість транзитних без переробки та транзитних з переробкою вагонів;

$t_{\text{пр}}^{6/\Pi}$ – час знаходження транзитного вагону без переробки на сортувальній станції, хв.

$$n_{\text{р}} = \frac{(101,86 + 123,43) \cdot 5297 + 4305 \cdot 530,96}{1440} = 2424,83 \text{ вагонів.}$$

Коефіцієнт використання маневрових локомотивів визначається за формулою:

$$K_{\text{л}} = \frac{T_{\text{зан}}^{\text{л}}}{1440 - t_{\text{тех}}}, \quad (7.7)$$

де $T_{\text{зан}}^{\text{л}}$ – час заняття локомотиву на протязі доби, хв.;

$t_{\text{тех}}$ – тривалість технологічних перерв, 60 хв.

Гірковий локомотив:

$$K_{\text{л}1} = \frac{1116}{1440 - 60} = 0,81, \quad K_{\text{л}2} = \frac{1142}{1440 - 60} = 0,82$$

Маневровий локомотив:

$$K_{\text{л}1} = \frac{731}{1440 - 60} = 0,53, \quad K_{\text{л}2} = \frac{745}{1440 - 60} = 0,54$$

Таким чином, існуючого технічного оснащення сортувальної станції достатньо для переробки заданих об'ємів роботи.

Середній простий составів поїздів в парк прийому склала 51,11хв, простій у транзитних парках склав для парку «Ч» - 101,86 хв. і для парку «Н» - 123,43 хв. , простій составів поїздів свого формування склав – 103,01 хв. Також був розрахований робочий парк вагонів, він склав 2425 ваг.

Стрілочні зони горловин парків завантажені в середньому на 65%, а паркові колії – на 70%.

8 ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

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

На залізничному транспорті джерелами викидів шкідливих речовин в атмосферу є об'єкти виробничих підприємств і рухомого складу. Вони поділені на стаціонарні та пересувні. Зі стаціонарних джерел найбільшої шкоди навколишньому середовищу завдають котельні, в залежності від застосовуваного палива при його згорянні виділяються різні кількості шкідливих речовин. При спалюванні твердого палива в атмосферу виділяються оксиди сірки, вуглецю, азоту, летюча зола, сажа. Мазут при згорянні в котельних агрегатах виділяють з димовими газами, оксиди сер, діоксид азоту, тверді продукти неповного згорання ванадію. Приготування в депо сухого піску для локомотивів, його транспортування, завантаження в тепловози супроводжується виділенням в повітряне середовище токсичних речовин.

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

Вода використовується в багатьох технологічних процесах залізничного господарства, під час здійснення яких вона забруднюється різними домішками і пере-

ходить у розряд виробничих стічних вод. Більшість речовин, що містяться у стічних водах, токсичні для навколишнього природного середовища.

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

Основний шлях зниження викидів токсичних речовин тепловозами полягає в зменшенні їх утворення в циліндрах двигунів. Важливе значення мають знешкодження відпрацьованих газів, правильна експлуатація тепловозів.

Для захисту навколишнього природного середовища необхідно також боротися з іскрами, джерелами яких є газовідвідні пристрої тепловозів, а також чавунні гальмівні колодки локомотивів і вагонів. Іскри можуть бути причиною пожеж на територіях, прилеглих до залізниць. Застосування гальмівних колодок з синтетичних і композиційних матеріалів усуває іскріння і, крім того, скорочує витрату чавуну.

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

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

Шкідливий виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах може призвести до захворювання, зниження працездатності і

(або) негативно вплинути на здоров'я потомства. Залежно від кількісної характеристики (рівня, концентрації і ін.) та тривалості впливу, шкідливий виробничий фактор може стати небезпечним.

Шкідливі виробничі фактори:

– напруга зорових органів та пов'язані з нею стомлення, захворювання і побічні ефекти;

– механічні шуми і вібрація;

– підвищена вологість і рухомість повітря робочої зони;

– низька температура повітря у холодну пору року;

– недостатнє освітлення;

– підвищена або знижена температура повітря.

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

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

– ураження електричним струмом;

– пожежа;

– наїзди рухомого складу чи транспортних засобів;

– термічні фактори (опіки рук та ніг);

– падіння предметів;

– падіння працівників з поверхні та з висоти.

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

Усі працівники, які виконують роботи, пов'язані з рухом поїздів, та інші роботи в умовах підвищеної безпеки, підлягають обов'язковому медичному огляду

відповідно до вимог Положення про медичний огляд працівників певних категорій та Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій.

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

Усі робочі місця на станції та вокзалі регулярно проходять атестацію за умовами праці відповідно до Порядку проведення атестації робочих місць за умовами праці, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 01.08.92 N 442. Атестація проводиться атестаційною комісією, склад і повноваження якої визначається наказом начальника станції в строки, передбачені колективним договором, але не рідше одного разу на 5 років.

ВИСНОВКИ

В процесі розробки даного дипломного проекту були розглянуті питання удосконалення конструкції гіркової горловини сортувального парку сортувальної станції Б.

На базі розрахункових обсягів роботи була проведена перевірка відповідності їм технічного оснащення станції Б. В результаті розрахунку кількості колій зроблений висновок про необхідності збільшення кількості колій у сортувальному парку станції Б з 23 колій до 30 колій.

В дипломній роботі було досліджено вплив конструкції гіркової горловини сортувального парку на показники роботи станції у зв'язку зі збільшенням кількості колій в ньому. Для цього було запропоновано два варіанти плану та для кожного із них було запропоновано по два варіанта профілю; визначено основні їх параметри; за рахунок аналізу отриманих показників було вибрано раціональний варіант конструкції гіркової горловини сортувального парку.

Можливість нормальної роботи станції було перевірено за рахунок побудови добового плану-графіка організації роботи. З його допомогою були визначені основні показники функціонування станції Б, які виявились у межах норми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Козаченко Д. М. Новий вагонний уповільнювач УВСК українського виробництва / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, М. І. Березовий, А. А. Гарбузов // Залізничний транспорт України, №2, 2010. – С.34–38.
2. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР/ ВСН 207 – 89 МПС СССР/. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.
3. Савченко И. Е. Железнодорожные станции и узлы / И. Е. Савченко, С. В. Земблинов, И. И. Страковский // Учебник для вузов ж.-д. трансп. / Под ред. В. М. Акулиничева, Н. Н. Шабалина, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 479 с.
4. Родимов, Б. А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок / Б. А. Родимов, В. Е. Павлов, В. Д. Прокинова. – М.: Транспорт, 1980. – 96 с.
5. Шейкин В. П. Эксплуатация механизированных сортировочных горок. – М.: Транспорт, 1992. – 240 с.
6. Баратова Н.В. К вопросу о повышении перерабатывающей способности сортировочной горки при параллельном роспуске составов [Текст] / Н. В. Баратова, Л. В. Вахитова // Вестник КазНТУ №1, 2010. – С. 95–99.
7. Акулиничев В. М. Расчет и проектирование сортировочных горок большой и средней мощности / В. М. Акулиничев, Л. П. Колодий // Учебное пособие. – М.: 1981. – 60 с.
8. Бобровський В. І. Удосконалення конструкції плану гіркових горловин сортувальних парків / В. І. Бобровський, А. С. Дорош // Интеграция Украины в международную транспортную систему: Тезисы II-й междунар. научно-практ. конф. – Д.: ДНУЖТ, 2010. – С. 17–18.
9. Иванков А. Н. Альбом горочных горловин (горки большой мощности): метод. пособие / А. Н. Иванков, Л. Н. Иванкова. – Иркутск: ИрГУПС, 2007. – 26 с.
10. Иванков А. Н. Альбом горочных горловин (горки малой мощности): метод. пособие / А. Н. Иванков, Л. Н. Иванкова, И. С. Бондаренко. – Иркутск: ИрГУПС, 2006. – 33 с.

11. Бузанов С. П. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных устройств / С. П. Бузанов, А. М. Карпов, М. А. Рыцарев. – М.: Транспорт, 1965. – 232 с.

12. Савченко И.Е. Усовершенствованный метод расчета элементов плана горочной горловины сортировочного парка / И.Е. Савченко, В.К. Ивашкевич, И.С. Романов, А.В. Минеев // Технология работы и расчеты технических средств железнодорожных и промышленных узлов. Межвуз. сб. науч. трудов. – Москва: МИИТ. – 1976. – Вып. 507. – С. 17–22.

13. Мацкель С.С. Расчет углов поворота кривых при проектировании плана головы сортировочного парка с помощью ЭВМ / С.С. Мацкель, У.Т. Туляганов // Методич. указание: Ташк. ин-т инж-в ж.-д. транспорта, кафедра ж.-д. станций и узлов. – Ташкент, 1976. – 21 с.

14. Иванкова Л. Н. Расчет и проектирование сортировочных горок большой и средней мощности / Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // учебное пособие. – Иркутск: ИрГУПС, 2009. – 106 с.

15. Апатцев В. И. Проектирование сортировочных устройств (горок повышенной, большой и средней мощности) [Текст] / В. И. Апатцев, В. Я. Болотный, А. Н. Сухопяткин // Учебное пособие – М.: РГОТУПС, 2004. – 136 с.

16. Муха Ю. А. Использование ЭВМ при расчете плана горочной горловины сортировочного парка [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Применение вычислительной техники в учебном процессе: Тр. вузов МПС. - Вып. 591. - М.: МИИТ. - 1977. - С. 140–147.

17. Чернов В. Н. Автоматизация масштабного проектирования и расчета сортировочных горок / В. Н. Чернов // Вестн. Ростов. гос. ун-та путей сообщ., 2004, №4. – С. 83–87.

18. Бобровский В. И. Автоматизация проектирования стрелочных горловин сортировочных парков [Текст] / В. И. Бобровский // Совершенствование технических устройств и технологии управления процессом расформирования составов на сортировочных горках: Межвуз. сб. научн. тр. – Д.: ДИИТ, 1986. – С. 42–49.

19. Луговцов, М. Н. Проектирование сортировочных горок [Текст] / М. Н. Луговцов, В. Я. Негрей. – Гомель УО «БелГУТ» 2005. – 170 с.

20. Павлов В. Е. Элементы оптимального проектирования плана горловины автоматизированной сортировочной горки / В. Е. Павлов // Железнодорожные системы автоматики и телемеханики с применением бесконтактных элементов: Сб. науч. тр. ЛИИЖТа. - Вып. 314. - Л.: Транспорт, 1971. - С. 148 – 155

21. Ивашкевич В.К. Основы методики поисковой оптимизации при аналитическом расчете координат головы сортировочного парка / В.К. Ивашкевич // Вопросы совершенствования проектирования и использования устройств железнодорожных и промышленных устройств: Труды МИИТа. – Москва. – 1976. – Вып. 548. – С. 91–94.

22. Божко Н. П. Исследование конструкций плана и профиля сортировочных горок с помощью ЭВМ / Н. П. Божко // Совершенствование технологии перевозок и увеличение пропускной способности железных дорог // Труды МИИТа, М. 1983. – вып. 736. – С. 14-16.

23. Огар О. М. Аналіз існуючих методів оцінки конструкцій гіркових горловин / О. М. Огар, В. І. Мойсеєнко, О. В. Розсоха // Удосконалення управління експлуатаційною роботою: зб. наук. Праць. – Х.: УкрДАЗТ, 2009 – Вип. 102. – С. 5–14.

24. 24. Данько М. І. Розробка методу комплексної оцінки конструкцій гіркових горловин / М. І. Данько, О. М. Огар, О. В. Розсоха // Восточно-европейский журнал передовых технологий.–2009.–№6/3 (42). –С. 30–33.

25. Огар О. М. Аналіз і особливості конструкції гіркових горловин вітчизняних сортувальних пристроїв / О. М. Огар, О. В. Розсоха, С. М. Светличний // Зб. наук. праць. – Х.: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 85. – С. 57–64.

26. Бобровский В. И. Совершенствование метода расчета параметров плана горочных горловин / В. И. Бобровский, А. И. Колесник // Збірник наукових праць ДонІЗТ. Серія: «Автоматика, телемеханіка, зв'язок», № 26, 2011.– С.40–47.

27. Бобровский В.И. Модели, методы и алгоритмы автоматизированного проектирования железнодорожных станций: Монография // В.И. Бобровский, Д. Н.

Козаченко, Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин – Дн-вск: Изд-во Маковецький. 2010 – 156 с.

28. Бобровский В. И. Совершенствование конструкции плана путевого развития горочных горловин / В. И. Бобровский, А. И. Колесник, А. С. Дорош // Транспортні системи та технології перевезень: Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 1 – Д.: ДНУЗТ, 2011.– С. 27–33.

29. Бобровский В. И. Оптимизация параметров элементов плана сортировочных путей / В. И. Бобровский, А. И. Колесник, А. С. Дорош // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 38 – Д.: ДНУЗТ, 2011.– С. 35–40.

30. Технология работы участковых и сортировочных станций. Под ред. И. Г. Тихомирова. М.: Транспорт, 1986.

31. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст]: – М.: Транспорт, 1981. – 287 с.

32. В.И. Бобровский. Определение числа путей в приемо-отправочных парках станции. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию [Текст]: – Днепропетровск, ДИИТ, 1987.

33. Сотников И.Б. Эксплуатация железных дорог в примерах и задачах [Текст]: учеб. пособие для вузов / И.Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990.

34. Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування ГБН В.2.3-37472062-1:2012

35. Божко, М. П. Проектування сортувальних пристроїв [електронна версія] / М. П. Божко, В. І. Бобровський, Д. М. Козаченко, Т. В. Болвановська, М. І. Березовий // Методичні вказівки до виконання курсових проектів та дипломних робіт. Д.:2018.

ДОДАТОК А

ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

А.1 Вихідні дані до розрахунку обсягів роботи станції

Локомотив вантажного поїзда: 2ТЕ116.

Маса вантажного вагона брутто: 80 т.

Ухили на лініях: на Б-А 9,8 %, на Б-Д 7,9 %, на Б-В 4,9 % та на Б-Г 8,0 %.

Кількість вагонів у складі збірних поїздів – 40 ваг.

Таблиця А.1 – Пасажирські поїздопотоки сортувальної станції

З	На			
	А	Д	В	Г
А	–	–	4/2*	2/2
Д	–	–	1/2	1/2
В	4/2	1/2	–	–
Г	2/2	1/2	–	–

Таблиця А.2 – Транзитні вагонопотоки без переробки сортувальної станції Б

З	На			
	А	В	Д	Г
А	–	371	106	477
В	424	–	265	159
Д	106	265	–	265
Г	424	106	212	–

Таблиця А.3 – Вагонопотік сортувальної станції Б з переробкою

З	На				
	А	В	Д	Г	Б
А	–	752	106	546	15
В	636	–	252	72	23
Д	106	159	–	312	8
Г	265	58	236	–	14
Б	15	23	8	14	–

Таблиця А.4 – Розподіл вагонопотоку у переробку за призначеннями ПФП для побудови добового плану-графіка

Лінія	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	А1	А2	А3	А4	Азб	Д1	Д2	Д3	Дзб	Б	В1	В2	В3	В4	Взб	Г1	Г2	Г3	Г4	Гзб
А	-					23	31	29	23	15	224	203	158	144	23	123	134	162	105	22
						106					752				546					
Д	19	20	32	24	11	-				8	46	44	28	33	8	91	98	25	87	11
	106										159				312					
Б	5	4	4	2	0	3	1	4	0	-	7	6	6	4	0	7	2	5	0	0
	15					8					23				14					
В	165	153	165	132	21	90	71	84	7	23	-					29	20	11	5	7
	636					252										72				
Г	74	84	67	32	8	86	82	58	10	14	19	10	2	18	9	-				
	265					236					58									

А.2 Вихідні дані до аналізу роботи гірки

Висота існуючої сортувальної гірки складає 3,58 м.

Гірочна горловина сортувального парку має: одну колію насуву, одну колію розпуску, одну обхідну колію та три гальмівні позиції: ГП1–2хВЗПГ-5, ГП2–2хВЗПГ-5, ППП–1хВЗПГ-3.

Азимут напрямку розпуску $A_{\text{нр}} = 170^\circ$.

Температура навколишнього середовища $T = -25^\circ\text{C}$.

Таблиця А.5 – Метеорологічні дані

Румби	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-Зх	Зх	Пн-Зх
V	4,3	4,1	4,5	4,9	5,3	5,5	5,1	4,7

Таблиця А.6 – Характеристика елементів профілю існуючої сортувальної гірки

Ділянка	$i, \%$	$l, \text{м}$
СК2	0,6	47
ППП	1,5	80,515
СК1 та СЗ	2,5	106,11
ГП2	7	31,95
ПД	11,08	74,75
ГП1	12	32,95
ШД2	20	23,6
ШД1	45	30

ДОДАТОК Б

ДАНИ ДЛЯ ПОБУДОВИ ГРАФІКІВ $V=f(S)$ та $T=f(S)$

Б.1 Перший варіант конструкції гіркової горловини

Таблиця Б.1 – Розрахунок швидкості та тривалості скочування бігунів ПЛ і ШВ

№ п/п	Назва точок	S, м	ΔS , м	Параметри бігуна ПЛ				Параметри бігуна ШВ				Δt , с
				Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	
1	ВГ	0	10	7,95	1,7	4,32	0	7,5	1,7	4,07	0	0
2		10	10	23,6	2,93	2,98	4,32	26,9	3,22	2,68	4,07	0,25
3		20	10	39,3	3,78	2,42	7,3	46,4	4,23	2,16	6,75	0,55
4		30	10	54,9	4,47	2,09	9,72	65,8	5,04	1,86	8,91	0,81
5		40	9,75	70,7	5,08	1,83	11,81	85,2	5,73	1,62	10,77	1,04
6	Вхід на ІД ГП1	49,75	0,5	85,9	5,59	0,09	13,64	104,2	6,34	0,08	12,39	1,25
7	Початок ЗГ ГП1	50,25	0,25	86,8	5,62	0,04	13,73	105,2	6,37	0,04	12,47	1,26
8	А	50,5	8	87,1	5,63	1,41	13,77	105,4	6,38	1,27	12,51	1,26
9		58,5	8	89,7	5,72	1,39	15,18	101,3	6,25	1,29	13,78	1,4
10		66,5	7,225	92,3	5,8	1,24	16,57	97,3	6,13	1,19	15,07	1,5
11	Вихід із ІД ГП1	73,725	2,975	94,5	5,87	0,51	17,81	93,6	6,01	0,5	16,26	1,55
12	Вхід на ІД СП1	76,7	7,75	95,5	5,9	1,31	18,32	92,2	5,97	1,31	16,76	1,56
13	Б	84,45	2,25	97,9	5,97	0,38	19,63	88,2	5,83	0,39	18,07	1,56
14	Кінець ЗГ ГП1	86,7	11,88	97,5	5,96	2	20,01	86	5,76	2,05	18,46	1,55
15	Вихід із ІД СП1	98,58	16	95,6	5,9	2,73	22,01	88,5	5,84	2,71	20,51	1,5
16		114,58	16	92,9	5,82	2,77	24,74	91,8	5,95	2,66	23,22	1,52
17		130,58	14,669	90,3	5,74	2,57	27,51	95,1	6,06	2,4	25,88	1,63
18	Вхід на ІД СП5	145,249	11	87,8	5,66	1,95	30,08	98,2	6,16	1,78	28,28	1,8
19		156,249	10,88	86	5,6	1,95	32,03	100,5	6,23	1,74	30,06	1,97
20	Вихід із ІД СП5	167,129	11,489	84,2	5,54	2,09	33,98	102,8	6,3	1,81	31,8	2,18
21	Вхід на ІД ГП2	178,618	0,5	82,2	5,47	0,09	36,07	105,1	6,37	0,08	33,61	2,46
22	Початок ЗГ ГП2	179,118	12	82,2	5,47	2,21	36,16	105,3	6,38	1,96	33,69	2,47
23		191,118	11,475	80,4	5,41	2,13	38,37	88,4	5,84	2,06	35,65	2,72
24	Вихід із ІД ГП2	202,593	2,975	79	5,37	0,56	40,5	72,4	5,29	0,57	37,71	2,79
25	Вхід на ІД СП11	205,568	7,75	78,5	5,35	1,45	41,06	68,2	5,13	1,58	38,28	2,78
26	В	213,318	2,25	77,6	5,32	0,42	42,51	57,3	4,7	0,49	39,86	2,65
27	Кінець ЗГ ГП2	215,568	11,88	76,8	5,29	2,28	42,93	53,7	4,55	2,61	40,35	2,58
28	Вихід із ІД СП11	227,448	14	72,6	5,14	2,77	45,21	53,8	4,56	3,07	42,96	2,25
29		241,448	12,37	67,7	4,97	2,53	47,98	54	4,57	2,71	46,03	1,95
30	Вхід на ІД СП13	253,818	11	63,3	4,8	2,33	50,51	54,1	4,57	2,4	48,74	1,77
31		264,818	10,88	59,5	4,66	2,38	52,84	54,3	4,58	2,38	51,14	1,7
32	Вихід із ІД СП13	275,698	2,09	55,6	4,5	0,47	55,22	54,4	4,58	0,46	53,52	1,7
33	Вхід на ІД СП16	277,788	11	54,9	4,47	2,5	55,69	54,4	4,58	2,4	53,98	1,71
34		288,788	10,88	51,1	4,32	2,57	58,19	54,6	4,59	2,37	56,38	1,81
35	Вихід із ІД СП16	299,668	12	47,2	4,15	2,96	60,76	54,7	4,6	2,61	58,75	2,01
36		311,668	11,62	43	3,96	3,01	63,72	54,8	4,6	2,52	61,36	2,36
37	Вхід на ГС	323,288	13,92	38,9	3,76	3,82	66,73	55	4,61	3,02	63,88	2,85
38	Вихід із ГС	337,208	20	34	3,52	6,01	70,55	55,1	4,61	4,33	66,9	3,65
39		357,208	20,274	27	3,14	6,96	76,56	55,4	4,62	4,38	71,23	5,33
40	Початок ЗГ ПП	377,482	2,25	19,9	2,69	0,84	83,52	55,7	4,64	0,5	75,61	7,91
41	Г	379,732	13,9	19,2	2,65	5,57	84,36	49,6	4,38	4,26	76,11	8,25
42	Д	393,632	2,25	15	2,34	0,97	89,93	12	2,15	1,23	80,37	9,56
43	Кінець ЗГ ПП	395,882	15	14,3	2,28	7,26	90,9	5,9	1,51	10,1	81,6	9,3
44		410,882	15	9,4	1,85	9,49	98,16	5,5	1,46	10,38	91,7	6,46
45		425,882	14,75	4,7	1,31	21,38	107,65	5,3	1,43	10,46	102,08	5,57
46	РТ	440,632		0,015	0,07		129,03	5,025	1,39		112,54	16,49

Таблиця Б.2 – Розрахунок швидкості та тривалості скочування бігунів ПВ і ШЛ

№ п/п	Назва точок	S, м	ΔS , м	Параметри бігуна ПЛ				Параметри бігуна ШВ				Δt , с
				Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	
1	ВГ	0	10	7,55	1,7	4,13	0	7,8	1,7	4,17	0	0
2		10	10	25,7	3,14	2,76	4,13	25,9	3,1	2,8	4,17	0,04
3		20	10	43,9	4,1	2,23	6,89	44,1	4,04	2,26	6,97	0,08
4		30	10	62,1	4,88	1,92	9,12	62,2	4,8	1,95	9,23	0,11
5		40	9,75	80,3	5,55	1,67	11,04	80,4	5,46	1,7	11,18	0,14
6	Вхід на ІД ГП1	49,75	0,5	98	6,13	0,08	12,71	98,1	6,03	0,08	12,88	0,17
7	Початок ЗГ ГП1	50,25	0,25	99	6,16	0,04	12,79	99,1	6,06	0,04	12,96	0,17
8	А	50,5	8	99,2	6,17	1,31	12,83	99,4	6,07	1,32	13	0,17
9		58,5	8	96,5	6,08	1,32	14,14	99,2	6,06	1,32	14,32	0,18
10		66,5	7,225	93,9	6	1,21	15,46	99,1	6,06	1,19	15,64	0,18
11	Вихід із ІД ГП1	73,725	2,975	91,4	5,92	0,5	16,67	98,9	6,05	0,49	16,83	0,16
12	Вхід на ІД СП1	76,7	7,75	90,5	5,89	1,33	17,17	98,9	6,05	1,28	17,32	0,15
13	Б	84,45	2,25	87,8	5,8	0,39	18,5	98,7	6,05	0,37	18,6	0,1
14	Кінець ЗГ ГП1	86,7	11,88	86	5,74	2,06	18,89	97,6	6,01	1,97	18,97	0,08
15	Вихід із ІД СП1	98,58	16	87	5,78	2,76	20,95	98,6	6,04	2,64	20,94	-0,01
16		114,58	16	88,3	5,82	2,74	23,71	99,9	6,08	2,62	23,58	-0,13
17		130,58	14,669	89,7	5,87	2,49	26,45	101,2	6,12	2,39	26,2	-0,25
18	Вхід на ІД СП5	145,249	11	90,9	5,91	1,86	28,94	102,3	6,16	1,78	28,59	-0,35
19		156,249	10,88	91,9	5,94	1,83	30,8	103,3	6,19	1,75	30,37	-0,43
20	Вихід із ІД СП5	167,129	11,489	92,8	5,97	1,92	32,63	104,1	6,21	1,85	32,12	-0,51
21	Вхід на ІД ГП2	178,618	0,5	93,7	6	0,08	34,55	105	6,24	0,08	33,97	-0,58
22	Початок ЗГ ГП2	179,118	12	93,8	6	2,07	34,63	105,1	6,24	1,97	34,05	-0,58
23		191,118	11,475	82,1	5,61	2,12	36,7	95,3	5,94	1,98	36,02	-0,68
24	Вихід із ІД ГП2	202,593	2,975	70,9	5,22	0,58	38,82	85,9	5,64	0,53	38	-0,82
25	Вхід на ІД СП11	205,568	7,75	68	5,11	1,56	39,4	83,4	5,56	1,42	38,53	-0,87
26	В	213,318	2,25	60,5	4,82	0,47	40,96	77,1	5,34	0,42	39,95	-1,01
27	Кінець ЗГ ГП2	215,568	11,88	57,8	4,71	2,54	41,43	74,8	5,26	2,27	40,37	-1,06
28	Вихід із ІД СП11	227,448	14	56,4	4,65	3,03	43,97	73,7	5,22	2,69	42,64	-1,33
29		241,448	12,37	54,8	4,58	2,72	47	72,4	5,18	2,4	45,33	-1,67
30	Вхід на ІД СП13	253,818	11	53,3	4,52	2,45	49,72	71,2	5,14	2,15	47,73	-1,99
31		264,818	10,88	52,1	4,47	2,45	52,17	70,2	5,1	2,14	49,88	-2,29
32	Вихід із ІД СП13	275,698	2,09	50,7	4,41	0,47	54,62	69,2	5,06	0,41	52,02	-2,6
33	Вхід на ІД СП16	277,788	11	50,5	4,4	2,51	55,09	69	5,06	2,18	52,43	-2,66
34		288,788	10,88	49,3	4,35	2,52	57,6	68	5,02	2,18	54,61	-2,99
35	Вихід із ІД СП16	299,668	12	47,9	4,29	2,82	60,12	66,9	4,98	2,42	56,79	-3,33
36		311,668	11,62	46,5	4,22	2,77	62,94	65,8	4,94	2,36	59,21	-3,73
37	Вхід на ГС	323,288	13,92	45,2	4,16	3,38	65,71	64,8	4,9	2,86	61,57	-4,14
38	Вихід із ГС	337,208	20	43,5	4,08	4,96	69,09	63,5	4,85	4,15	64,43	-4,66
39		357,208	20,274	41,2	3,98	5,17	74,05	61,6	4,78	4,27	68,58	-5,47
40	Початок ЗГ ПП1	377,482	2,25	38,9	3,86	0,6	79,22	59,8	4,71	0,49	72,85	-6,37
41	Г	379,732	13,9	35,6	3,7	4,58	79,82	53,6	4,46	4,08	73,34	-6,48
42	Д	393,632	2,25	14,7	2,37	1,01	84,4	15	2,36	1,08	77,42	-6,98
43	Кінець ЗГ ПП1	395,882	15	11,3	2,08	7,58	85,41	8,7	1,8	8,65	78,5	-6,91
44		410,882	15	9,2	1,88	8,5	92,99	7,5	1,67	9,35	87,15	-5,84
45		425,882	14,75	7,1	1,65	9,7	101,49	6,4	1,54	10,07	96,5	-4,99
46	РГ	440,632		5,026	1,39		111,19	5,197	1,39		106,57	-4,62

Б.2 Другий варіант конструкції гіркової горловини

Таблиця Б.3 – Розрахунок швидкості та тривалості скочування бігунів ПЛ і ШВ

№ п/п	Назва точок	S, м	ΔS , м	Параметри бігуна ПЛ				Параметри бігуна ШВ				Δt , с
				Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	
1	ВГ	0	10	7,95	1,7	4,1	0	7,5	1,7	3,88	0	0
2		10	10	27,8	3,18	2,72	4,1	31,1	3,46	2,48	3,88	0,22
3		20	10	47,6	4,16	2,19	6,82	54,7	4,6	1,98	6,36	0,46
4	А	30	10	67,6	4,96	1,93	9,01	78,5	5,5	1,73	8,34	0,67
5		40	9,75	80,1	5,4	1,74	10,94	94,6	6,04	1,55	10,07	0,87
6	Вхід на ІД ГП1	49,75	0,5	92,1	5,79	0,09	12,68	110,4	6,53	0,08	11,62	1,06
7	Початок ЗГ ГП1	50,25	2,25	92,7	5,81	0,4	12,77	111,1	6,55	0,35	11,7	1,07
8	Б	52,5	8	84,1	5,54	1,44	13,17	100,7	6,23	1,3	12,05	1,12
9		60,5	8	84,8	5,56	1,44	14,61	94,8	6,05	1,34	13,35	1,26
10		68,5	5,225	85,4	5,58	0,94	16,05	88,8	5,85	0,9	14,69	1,36
11	Вихід із ІД ГП1	73,725	2,975	85,9	5,59	0,53	16,99	85	5,73	0,52	15,59	1,4
12	Вхід на ІД СП1	76,7	7,75	86,2	5,6	1,38	17,52	82,9	5,66	1,39	16,11	1,41
13	В	84,45	2,25	86,8	5,62	0,4	18,9	77,1	5,46	0,42	17,5	1,4
14	Кінець ЗГ ГП1	86,7	11,88	86,4	5,61	2,13	19,3	74,9	5,38	2,19	17,92	1,38
15	Вихід із ІД СП1	98,58	16	84,4	5,55	2,91	21,43	77,3	5,46	2,9	20,11	1,32
16		114,58	16	81,7	5,46	2,95	24,34	80,6	5,58	2,84	23,01	1,33
17		130,58	14,669	79,1	5,37	2,75	27,29	83,9	5,69	2,55	25,85	1,44
18	Вхід на ІД СП5	145,249	11	76,7	5,29	2,09	30,04	87,1	5,8	1,89	28,4	1,64
19		156,249	10,88	74,8	5,22	2,1	32,13	89,3	5,87	1,84	30,29	1,84
20	Вихід із ІД СП5	167,129	11,489	73	5,16	2,24	34,23	91,6	5,95	1,92	32,13	2,1
21	Вхід на ІД ГП2	178,618	0,5	71,1	5,09	0,1	36,47	94	6,02	0,08	34,05	2,42
22	Початок ЗГ ГП2	179,118	12	71	5,09	2,37	36,57	94,1	6,03	2,09	34,13	2,44
23		191,118	11,475	69,2	5,02	2,3	38,94	77,2	5,46	2,22	36,22	2,72
24	Вихід із ІД ГП2	202,593	2,975	67,9	4,97	0,6	41,24	61,3	4,86	0,62	38,44	2,8
25	Вхід на ІД СП11	205,568	7,75	67,4	4,96	1,51	41,84	57,1	4,69	1,65	39,06	2,78
26	Г	213,318	2,25	77,6	5,32	0,42	43,35	57,3	4,7	0,49	40,71	2,64
27	Кінець ЗГ ГП2	215,568	11,88	76,8	5,29	2,28	43,77	53,7	4,55	2,61	41,2	2,57
28	Вихід із ІД СП11	227,448	14	72,6	5,14	2,77	46,05	53,8	4,56	3,07	43,81	2,24
29		241,448	12,37	67,7	4,97	2,53	48,82	54	4,57	2,71	46,88	1,94
30	Вхід на ІД СП13	253,818	11	63,3	4,8	2,33	51,35	54,1	4,57	2,4	49,59	1,76
31		264,818	10,88	59,5	4,66	2,38	53,68	54,3	4,58	2,38	51,99	1,69
32	Вихід із ІД СП13	275,698	2,09	55,6	4,5	0,47	56,06	54,4	4,58	0,46	54,37	1,69
33	Вхід на ІД СП16	277,788	11	54,9	4,47	2,5	56,53	54,4	4,58	2,4	54,83	1,7
34		288,788	10,88	51,1	4,32	2,57	59,03	54,6	4,59	2,37	57,23	1,8
35	Вихід із ІД СП16	299,668	12	47,2	4,15	2,96	61,6	54,7	4,6	2,61	59,6	2
36		311,668	11,62	43	3,96	3,01	64,56	54,8	4,6	2,52	62,21	2,35
37	Вхід на ГС	323,288	13,92	38,9	3,76	3,82	67,57	55	4,61	3,02	64,73	2,84
38	Вихід із ГС	337,208	20	34	3,52	6,01	71,39	55,1	4,61	4,33	67,75	3,64
39		357,208	20,274	27	3,14	6,96	77,4	55,4	4,62	4,38	72,08	5,32
40	Початок ЗГ ПП	377,482	2,25	19,9	2,69	0,84	84,36	55,7	4,64	0,5	76,46	7,9
41	Д	379,732	13,9	19,2	2,65	5,57	85,2	49,6	4,38	4,26	76,96	8,24
42	Є	393,632	2,25	15	2,34	0,97	90,77	12	2,15	1,23	81,22	9,55
43	Кінець ЗГ ПП	395,882	15	14,3	2,28	7,26	91,74	5,9	1,51	10,1	82,45	9,29
44		410,882	15	9,4	1,85	9,49	99	5,5	1,46	10,38	92,55	6,45
45		425,882	14,75	4,7	1,31	21,38	108,49	5,3	1,43	10,46	102,93	5,56
46	РТ	440,632		0,015	0,07		129,87	5,025	1,39		113,39	16,48

Таблиця Б.4 – Розрахунок швидкості та тривалості скочування бігунів ПВ і ШЛ

№ п/п	Назва точок	S, м	ΔS , м	Параметри бігуна ПЛ				Параметри бігуна ШВ				Δt , с
				Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	
1	ВГ	0	10	7,55	1,7	3,93	0	7,8	1,7	3,97	0	0
2		10	10	29,9	3,39	2,54	3,93	30,1	3,34	2,58	3,97	0,04
3		20	10	52,2	4,47	2,03	6,47	52,4	4,41	2,07	6,55	0,08
4	А	30	10	74,8	5,36	1,78	8,5	74,9	5,27	1,81	8,62	0,12
5		40	9,75	89,7	5,87	1,6	10,28	89,8	5,77	1,63	10,43	0,15
6	Вхід на ІД ГП1	49,75	0,5	104,2	6,32	0,08	11,88	104,3	6,22	0,08	12,06	0,18
7	Початок ЗГ ГП1	50,25	2,25	104,9	6,34	0,36	11,96	105	6,24	0,37	12,14	0,18
8	Б	52,5	8	94,9	6,03	1,34	12,32	95,7	5,95	1,35	12,51	0,19
9		60,5	8	90,3	5,89	1,38	13,66	93,6	5,89	1,37	13,86	0,2
10		68,5	5,225	85,7	5,73	0,92	15,04	91,6	5,82	0,9	15,23	0,19
11	Вихід із ІД ГП1	73,725	2,975	82,8	5,64	0,53	15,96	90,3	5,78	0,52	16,13	0,17
12	Вхід на ІД СП1	76,7	7,75	81,2	5,58	1,41	16,49	89,6	5,76	1,35	16,65	0,16
13	В	84,45	2,25	76,7	5,42	0,42	17,9	87,6	5,7	0,4	18	0,1
14	Кінець ЗГ ГП1	86,7	11,88	74,9	5,36	2,21	18,32	86,5	5,66	2,09	18,4	0,08
15	Вихід із ІД СП1	98,58	16	75,8	5,39	2,95	20,53	87,4	5,69	2,8	20,49	-0,04
16		114,58	16	77,1	5,44	2,93	23,48	88,7	5,73	2,78	23,29	-0,19
17		130,58	14,669	78,5	5,49	2,66	26,41	90	5,77	2,53	26,07	-0,34
18	Вхід на ІД СП5	145,249	11	79,8	5,53	1,98	29,07	91,2	5,81	1,89	28,6	-0,47
19		156,249	10,88	80,7	5,56	1,95	31,05	92,1	5,84	1,86	30,49	-0,56
20	Вихід із ІД СП5	167,129	11,489	81,6	5,59	2,05	33	92,9	5,87	1,95	32,35	-0,65
21	Вхід на ІД ГП2	178,618	0,5	82,6	5,63	0,09	35,05	93,9	5,9	0,08	34,3	-0,75
22	Початок ЗГ ГП2	179,118	12	82,6	5,63	2,21	35,14	93,9	5,9	2,09	34,38	-0,76
23		191,118	11,475	70,9	5,22	2,29	37,35	84,1	5,58	2,12	36,47	-0,88
24	Вихід із ІД ГП2	202,593	2,975	59,8	4,79	0,63	39,64	74,8	5,26	0,57	38,59	-1,05
25	Вхід на ІД СП11	205,568	7,75	56,9	4,67	1,63	40,27	72,3	5,17	1,47	39,16	-1,11
26	Г	213,318	2,25	60,5	4,82	0,47	41,9	77,1	5,34	0,42	40,63	-1,27
27	Кінець ЗГ ГП2	215,568	11,88	57,8	4,71	2,54	42,37	74,8	5,26	2,27	41,05	-1,32
28	Вихід із ІД СП11	227,448	14	56,4	4,65	3,03	44,91	73,7	5,22	2,69	43,32	-1,59
29		241,448	12,37	54,8	4,58	2,72	47,94	72,4	5,18	2,4	46,01	-1,93
30	Вхід на ІД СП13	253,818	11	53,3	4,52	2,45	50,66	71,2	5,14	2,15	48,41	-2,25
31		264,818	10,88	52,1	4,47	2,45	53,11	70,2	5,1	2,14	50,56	-2,55
32	Вихід із ІД СП13	275,698	2,09	50,7	4,41	0,47	55,56	69,2	5,06	0,41	52,7	-2,86
33	Вхід на ІД СП16	277,788	11	50,5	4,4	2,51	56,03	69	5,06	2,18	53,11	-2,92
34		288,788	10,88	49,3	4,35	2,52	58,54	68	5,02	2,18	55,29	-3,25
35	Вихід із ІД СП16	299,668	12	47,9	4,29	2,82	61,06	66,9	4,98	2,42	57,47	-3,59
36		311,668	11,62	46,5	4,22	2,77	63,88	65,8	4,94	2,36	59,89	-3,99
37	Вхід на ГС	323,288	13,92	45,2	4,16	3,38	66,65	64,8	4,9	2,86	62,25	-4,4
38	Вихід із ГС	337,208	20	43,5	4,08	4,96	70,03	63,5	4,85	4,15	65,11	-4,92
39		357,208	20,274	41,2	3,98	5,17	74,99	61,6	4,78	4,27	69,26	-5,73
40	Початок ЗГ ПП1	377,482	2,25	38,9	3,86	0,6	80,16	59,8	4,71	0,49	73,53	-6,63
41	Д	379,732	13,9	35,6	3,7	4,58	80,76	53,6	4,46	4,08	74,02	-6,74
42	Є	393,632	2,25	14,7	2,37	1,01	85,34	15	2,36	1,08	78,1	-7,24
43	Кінець ЗГ ПП1	395,882	15	11,3	2,08	7,58	86,35	8,7	1,8	8,65	79,18	-7,17
44		410,882	15	9,2	1,88	8,5	93,93	7,5	1,67	9,35	87,83	-6,1
45		425,882	14,75	7,1	1,65	9,7	102,43	6,4	1,54	10,07	97,18	-5,25
46	РТ	440,632		5,026	1,39		112,13	5,197	1,39		107,25	-4,88

Б.3 Третій варіант конструкції гіркової горловини

Таблиця Б.5 – Розрахунок швидкості та тривалості скочування бігунів ПЛ і ШВ

№ п/п	Назва точок	S, м	ΔS , м	Параметри бігуна ПЛ				Параметри бігуна ШВ				Δt , с
				Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	
1	ВГ	0	10	7,95	1,7	4,32	0	7,5	1,7	4,07	0	0
2		10	10	23,5	2,93	2,91	4,32	26,8	3,22	2,63	4,07	0,25
3	Вхід на ІД СПЗ	19,75	10	38,7	3,76	2,44	7,23	45,6	4,2	2,17	6,7	0,53
4		29,75	10,25	54,2	4,44	2,16	9,67	64,9	5,01	1,91	8,87	0,8
5	А	40	1,63	70,3	5,06	0,32	11,83	84,9	5,72	0,28	10,78	1,05
6	Вихід із ІД СПЗ	41,63	9	70,9	5,08	1,75	12,15	86	5,76	1,53	11,06	1,09
7		50,63	9	73,6	5,18	1,72	13,9	92,2	5,97	1,48	12,59	1,31
8		59,63	8,48	76,3	5,27	1,6	15,62	98,2	6,16	1,36	14,07	1,55
9	Вхід на ІД ГП1	68,11	0,5	78,9	5,36	0,09	17,22	104	6,34	0,08	15,43	1,79
10	Початок ЗГ ГП1	68,61	8	79	5,37	1,48	17,31	104,3	6,35	1,27	15,51	1,8
11		76,61	8	81,5	5,45	1,46	18,79	100	6,21	1,3	16,78	2,01
12		84,61	7,475	83,9	5,53	1,34	20,25	95,7	6,08	1,24	18,08	2,17
13	Вихід із ІД ГП1	92,085	10,725	86,2	5,6	1,9	21,59	91,8	5,95	1,83	19,32	2,27
14	Б	102,81	2,25	89,4	5,71	0,39	23,49	85,9	5,76	0,39	21,15	2,34
15	Кінець ЗГ ГП1	105,06	8,788	89	5,69	1,55	23,88	83,7	5,68	1,54	21,54	2,34
16	Вхід на ІД СП5	113,848	11	87,6	5,65	1,96	25,43	85,5	5,74	1,9	23,08	2,35
17		124,848	10,88	85,8	5,59	1,96	27,39	87,9	5,82	1,86	24,98	2,41
18	Вихід із ІД СП5	135,728	11,489	84	5,53	2,09	29,35	90,1	5,9	1,93	26,84	2,51
19	Вхід на ІД ГП2	147,217	0,5	82	5,47	0,09	31,44	92,5	5,98	0,08	28,77	2,67
20	Початок ЗГ ГП2	147,717	12	82	5,47	2,21	31,53	92,6	5,98	2,08	28,85	2,68
21		159,717	11,475	80,2	5,41	2,13	33,74	79,8	5,55	2,15	30,93	2,81
22	Вихід із ІД ГП2	171,192	2,975	78,8	5,36	0,56	35,87	67,5	5,1	0,59	33,08	2,79
23	Вхід на ІД СП11	174,167	7,75	78,4	5,34	1,46	36,43	64,3	4,98	1,61	33,67	2,76
24	В	181,917	2,25	77,4	5,31	0,42	37,89	56	4,65	0,49	35,28	2,61
25	Кінець ЗГ ГП2	184,167	11,88	76,6	5,28	2,28	38,31	53,1	4,53	2,62	35,77	2,54
26	Вихід із ІД СП11	196,047	14	72,4	5,14	2,77	40,59	53,3	4,54	3,08	38,39	2,2
27		210,047	12,37	67,6	4,96	2,53	43,36	53,6	4,55	2,72	41,47	1,89
28	Вхід на ІД СП13	222,417	11	63,2	4,8	2,33	45,89	53,7	4,55	2,41	44,19	1,7
29		233,417	10,88	59,3	4,65	2,38	48,22	53,9	4,56	2,38	46,6	1,62
30	Вихід із ІД СП13	244,297	2,09	55,5	4,5	0,47	50,6	54	4,57	0,46	48,98	1,62
31	Вхід на ІД СП16	246,387	11	54,8	4,47	2,51	51,07	54,1	4,57	2,4	49,44	1,63
32		257,387	10,88	50,9	4,31	2,58	53,58	54,3	4,58	2,38	51,84	1,74
33	Вихід із ІД СП16	268,267	12	47	4,14	2,97	56,16	54,4	4,58	2,62	54,22	1,94
34		280,267	11,62	42,8	3,95	3,01	59,13	54,6	4,59	2,53	56,84	2,29
35	Вхід на ГС	291,887	13,92	38,8	3,76	3,83	62,14	54,8	4,6	3,02	59,37	2,77
36	Вихід із ГС	305,807	20	33,9	3,51	6,02	65,97	55	4,61	4,33	62,39	3,58
37		325,807	20,153	26,8	3,13	6,93	71,99	55,3	4,62	4,36	66,72	5,27
38	Початок ЗГ ПГП	345,96	2,25	19,8	2,69	0,84	78,92	55,6	4,63	0,5	71,08	7,84
39	Г	348,21	13,9	19,2	2,65	5,57	79,76	49,6	4,38	4,26	71,58	8,18
40	Д	362,11	2,25	15	2,34	0,98	85,33	12	2,15	1,23	75,84	9,49
41	Кінець ЗГ ПГП	364,36	15	14,2	2,27	7,28	86,31	5,9	1,51	10,1	77,07	9,24
42		379,36	15	9,4	1,85	9,49	93,59	5,5	1,46	10,38	87,17	6,42
43		394,36	14,75	4,7	1,31	21,85	103,08	5,3	1,43	10,46	97,55	5,53
44	РТ	409,11		0,004	0,04		124,93	5,025	1,39		108,01	16,92

Таблиця 5.10 – Розрахунок швидкості та тривалості скочування бігунів ПВ і ШЛ

№ п/п	Назва точок	S, м	ΔS , м	Параметри бігуна ПЛ				Параметри бігуна ШВ				Δt , с
				Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	
1	ВГ	0	10	7,55	1,7	4,14	0	7,8	1,7	4,18	0	0
2		10	9,75	25,6	3,13	2,71	4,14	25,8	3,09	2,75	4,18	0,04
3	Вхід на ІД СПЗ	19,75	10	43,2	4,07	2,24	6,85	43,4	4,01	2,28	6,93	0,08
4		29,75	10,25	61,2	4,85	1,97	9,09	61,4	4,77	2,01	9,21	0,12
5	А	40	1,63	79,9	5,54	0,29	11,06	80,1	5,45	0,3	11,22	0,16
6	Вихід із ІД СПЗ	41,63	9	80,9	5,57	1,59	11,35	81	5,48	1,62	11,52	0,17
7		50,63	9	85,9	5,74	1,55	12,94	86	5,64	1,57	13,14	0,2
8		59,63	8,48	90,8	5,9	1,42	14,49	90,9	5,8	1,44	14,71	0,22
9	Вхід на ІД ГП1	68,11	0,5	95,6	6,06	0,08	15,91	95,6	5,95	0,08	16,15	0,24
10	Початок ЗГ ГП1	68,61	8	95,8	6,06	1,33	15,99	95,9	5,96	1,35	16,23	0,24
11		76,61	8	93,4	5,99	1,34	17,32	94,7	5,92	1,36	17,58	0,26
12		84,61	7,475	90,9	5,91	1,27	18,66	93,3	5,88	1,28	18,94	0,28
13	Вихід із ІД ГП1	92,085	10,725	88,7	5,83	1,86	19,93	92,2	5,84	1,84	20,22	0,29
14	Б	102,81	2,25	85,4	5,72	0,4	21,79	90,4	5,79	0,39	22,06	0,27
15	Кінець ЗГ ГП1	105,06	8,788	83,7	5,67	1,55	22,19	89	5,74	1,53	22,45	0,26
16	Вхід на ІД СП5	113,848	11	84,4	5,69	1,93	23,74	89,7	5,76	1,9	23,98	0,24
17		124,848	10,88	85,4	5,72	1,9	25,67	90,7	5,8	1,87	25,88	0,21
18	Вихід із ІД СП5	135,728	11,489	86,3	5,75	1,99	27,57	91,6	5,82	1,97	27,75	0,18
19	Вхід на ІД ГП2	147,217	0,5	87,2	5,78	0,09	29,56	92,5	5,85	0,09	29,72	0,16
20	Початок ЗГ ГП2	147,717	12	87,3	5,79	2,13	29,65	92,6	5,86	2,08	29,81	0,16
21		159,717	11,475	77,7	5,46	2,17	31,78	86,7	5,67	2,06	31,89	0,11
22	Вихід із ІД ГП2	171,192	2,975	68,5	5,13	0,59	33,95	81,1	5,48	0,55	33,95	0,00
23	Вхід на ІД СП11	174,167	7,75	66,1	5,04	1,58	34,54	79,6	5,43	1,44	34,5	-0,04
24	В	181,917	2,25	59,9	4,79	0,47	36,12	75,8	5,3	0,43	35,94	-0,18
25	Кінець ЗГ ГП2	184,167	11,88	57,6	4,7	2,54	36,59	74,2	5,24	2,27	36,37	-0,22
26	Вихід із ІД СП11	196,047	14	56,2	4,64	3,04	39,13	73,2	5,21	2,7	38,64	-0,49
27		210,047	12,37	54,6	4,58	2,72	42,17	71,9	5,16	2,41	41,34	-0,83
28	Вхід на ІД СП13	222,417	11	53,2	4,52	2,45	44,89	70,8	5,12	2,16	43,75	-1,14
29		233,417	10,88	51,9	4,46	2,45	47,34	69,8	5,08	2,15	45,91	-1,43
30	Вихід із ІД СП13	244,297	2,09	50,6	4,41	0,47	49,79	68,8	5,05	0,41	48,06	-1,73
31	Вхід на ІД СП16	246,387	11	50,4	4,4	2,52	50,26	68,6	5,04	2,19	48,47	-1,79
32		257,387	10,88	49,1	4,34	2,52	52,78	67,7	5,01	2,18	50,66	-2,12
33	Вихід із ІД СП16	268,267	12	47,8	4,28	2,82	55,3	66,6	4,97	2,42	52,84	-2,46
34		280,267	11,62	46,4	4,22	2,77	58,12	65,6	4,93	2,37	55,26	-2,86
35	Вхід на ГС	291,887	13,92	45,1	4,16	3,38	60,89	64,6	4,89	2,86	57,63	-3,26
36	Вихід із ГС	305,807	20	43,4	4,08	4,97	64,27	63,3	4,84	4,16	60,49	-3,78
37		325,807	20,153	41,1	3,97	5,15	69,24	61,5	4,77	4,25	64,65	-4,59
38	Початок ЗГ ПП1	345,96	2,25	38,8	3,86	0,6	74,39	59,8	4,71	0,49	68,9	-5,49
39	Г	348,21	13,9	35,5	3,69	4,59	74,99	53,5	4,45	4,08	69,39	-5,6
40	Д	362,11	2,25	14,7	2,37	1,01	79,58	15	2,36	1,08	73,47	-6,11
41	Кінець ЗГ ПП1	364,36	15	11,3	2,08	7,58	80,59	8,7	1,8	8,65	74,55	-6,04
42		379,36	15	9,2	1,88	8,5	88,17	7,5	1,67	9,35	83,2	-4,97
43		394,36	14,75	7,1	1,65	9,7	96,67	6,4	1,54	10,07	92,55	-4,12
44	РГ	409,11		5,026	1,39		106,37	5,197	1,39		102,62	-3,75

Б.4 Четвертий варіант конструкції гіркової горловини

Таблиця Б.7 – Розрахунок швидкості та тривалості скочування бігунів ПЛ і ШВ

№ п/п	Назва точок	S, м	ΔS , м	Параметри бігуна ПЛ				Параметри бігуна ШВ				Δt , с
				Y_h , мм	V , м/с	t , с	T , с	Y_h , мм	V , м/с	t , с	T , с	
1	ВГ	0	10	7,95	1,7	4,25	0	7,5	1,7	4	0	0
2		10	10	24,9	3,01	2,83	4,25	28,2	3,3	2,56	4	0,25
3	Вхід на ІД СПЗ	19,75	10	41,4	3,88	2,36	7,08	48,3	4,32	2,11	6,56	0,52
4		29,75	10,25	58,3	4,61	2,08	9,44	69	5,16	1,85	8,67	0,77
5	А	40	1,63	75,7	5,25	0,31	11,52	90,3	5,9	0,28	10,52	1
6	Вихід із ІД СПЗ	41,63	8	76,5	5,28	1,5	11,83	91,6	5,95	1,32	10,8	1,03
7		49,63	8	79,9	5,4	1,47	13,33	98,1	6,15	1,28	12,12	1,21
8		57,63	6,37	83,5	5,52	1,15	14,8	104,7	6,36	0,99	13,4	1,4
9	Б	64	4,11	86,2	5,6	0,73	15,95	109,8	6,51	0,63	14,39	1,56
10	Вхід на ІД ГП1	68,11	0,5	86,6	5,62	0,09	16,68	111,7	6,57	0,08	15,02	1,66
11	Початок ЗГ ГП1	68,61	8	86,6	5,62	1,42	16,77	111,9	6,57	1,23	15,1	1,67
12		76,61	8	87,3	5,64	1,42	18,19	105,8	6,39	1,27	16,33	1,86
13		84,61	7,475	88	5,66	1,32	19,61	99,8	6,21	1,22	17,6	2,01
14	Вихід із ІД ГП1	92,085	10,725	88,6	5,68	1,88	20,93	94,2	6,03	1,82	18,82	2,11
15	В	102,81	2,25	89,4	5,71	0,39	22,81	85,9	5,76	0,39	20,64	2,17
16	Кінець ЗГ ГП1	105,06	8,788	89	5,69	1,55	23,2	83,7	5,68	1,54	21,03	2,17
17	Вхід на ІД СП5	113,848	11	87,6	5,65	1,96	24,75	85,5	5,74	1,9	22,57	2,18
18		124,848	10,88	85,8	5,59	1,96	26,71	87,9	5,82	1,86	24,47	2,24
19	Вихід із ІД СП5	135,728	11,489	84	5,53	2,09	28,67	90,1	5,9	1,93	26,33	2,34
20	Вхід на ІД ГП2	147,217	0,5	82	5,47	0,09	30,76	92,5	5,98	0,08	28,26	2,5
21	Початок ЗГ ГП2	147,717	12	82	5,47	2,21	30,85	92,6	5,98	2,08	28,34	2,51
22		159,717	11,475	80,2	5,41	2,13	33,06	79,8	5,55	2,15	30,42	2,64
23	Вихід із ІД ГП2	171,192	2,975	78,8	5,36	0,56	35,19	67,5	5,1	0,59	32,57	2,62
24	Вхід на ІД СП11	174,167	7,75	78,4	5,34	1,46	35,75	64,3	4,98	1,61	33,16	2,59
25	Г	181,917	2,25	77,4	5,31	0,42	37,21	56	4,65	0,49	34,77	2,44
26	Кінець ЗГ ГП2	184,167	11,88	76,6	5,28	2,28	37,63	53,1	4,53	2,62	35,26	2,37
27	Вихід із ІД СП11	196,047	14	72,4	5,14	2,77	39,91	53,3	4,54	3,08	37,88	2,03
28		210,047	12,37	67,6	4,96	2,53	42,68	53,6	4,55	2,72	40,96	1,72
29	Вхід на ІД СП13	222,417	11	63,2	4,8	2,33	45,21	53,7	4,55	2,41	43,68	1,53
30		233,417	10,88	59,3	4,65	2,38	47,54	53,9	4,56	2,38	46,09	1,45
31	Вихід із ІД СП13	244,297	2,09	55,5	4,5	0,47	49,92	54	4,57	0,46	48,47	1,45
32	Вхід на ІД СП16	246,387	11	54,8	4,47	2,51	50,39	54,1	4,57	2,4	48,93	1,46
33		257,387	10,88	50,9	4,31	2,58	52,9	54,3	4,58	2,38	51,33	1,57
34	Вихід із ІД СП16	268,267	12	47	4,14	2,97	55,48	54,4	4,58	2,62	53,71	1,77
35		280,267	11,62	42,8	3,95	3,01	58,45	54,6	4,59	2,53	56,33	2,12
36	Вхід на ГС	291,887	13,92	38,8	3,76	3,83	61,46	54,8	4,6	3,02	58,86	2,6
37	Вихід із ГС	305,807	20	33,9	3,51	6,02	65,29	55	4,61	4,33	61,88	3,41
38		325,807	20,153	26,8	3,13	6,93	71,31	55,3	4,62	4,36	66,21	5,1
39	Початок ЗГ ПГП	345,96	2,25	19,8	2,69	0,84	78,24	55,6	4,63	0,5	70,57	7,67
40	Д	348,21	13,9	19,2	2,65	5,57	79,08	49,6	4,38	4,26	71,07	8,01
41	Є	362,11	2,25	15	2,34	0,98	84,65	12	2,15	1,23	75,33	9,32
42	Кінець ЗГ ПГП	364,36	15	14,2	2,27	7,28	85,63	5,9	1,51	10,1	76,56	9,07
43		379,36	15	9,4	1,85	9,49	92,91	5,5	1,46	10,38	86,66	6,25
44		394,36	14,75	4,7	1,31	21,85	102,4	5,3	1,43	10,46	97,04	5,36
45	РТ	409,11		0,004	0,04		124,25	5,025	1,39		107,5	16,75

Таблиця Б.8 – Розрахунок швидкості та тривалості скочування бігунів ПВ і ШЛ

№ п/п	Назва точок	S, м	ΔS , м	Параметри бігуна ПЛ				Параметри бігуна ШВ				Δt , с
				Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	Y_h , мм	V, м/с	t, с	T, с	
1	ВГ	0	10	7,55	1,7	4,07	0	7,8	1,7	4,11	0	0
2		10	9,75	27	3,22	2,63	4,07	27,2	3,17	2,67	4,11	0,04
3	Вхід на ІД СПЗ	19,75	10	45,9	4,2	2,17	6,7	46,1	4,13	2,21	6,78	0,08
4		29,75	10,25	65,3	5	1,91	8,87	65,5	4,93	1,94	8,99	0,12
5	А	40	1,63	85,3	5,72	0,28	10,78	85,5	5,63	0,29	10,93	0,15
6	Вихід із ІД СПЗ	41,63	8	86,5	5,76	1,37	11,06	86,6	5,66	1,39	11,22	0,16
7		49,63	8	92	5,94	1,33	12,43	92,1	5,84	1,35	12,61	0,18
8		57,63	6,37	97,5	6,12	1,03	13,76	97,6	6,01	1,05	13,96	0,2
9	Б	64	4,11	101,8	6,25	0,66	14,79	101,9	6,14	0,67	15,01	0,22
10	Вхід на ІД ГП1	68,11	0,5	103,3	6,29	0,08	15,45	103,3	6,19	0,08	15,68	0,23
11	Початок ЗГ ГП1	68,61	8	103,4	6,3	1,28	15,53	103,5	6,19	1,3	15,76	0,23
12		76,61	8	99,2	6,17	1,31	16,81	100,5	6,1	1,32	17,06	0,25
13		84,61	7,475	95	6,04	1,25	18,12	97,4	6,01	1,25	18,38	0,26
14	Вихід із ІД ГП1	92,085	10,725	91,1	5,91	1,84	19,37	94,6	5,92	1,83	19,63	0,26
15	В	102,81	2,25	85,4	5,72	0,4	21,21	90,4	5,79	0,39	21,46	0,25
16	Кінець ЗГ ГП1	105,06	8,788	83,7	5,67	1,55	21,61	89	5,74	1,53	21,85	0,24
17	Вхід на ІД СП5	113,848	11	84,4	5,69	1,93	23,16	89,7	5,76	1,9	23,38	0,22
18		124,848	10,88	85,4	5,72	1,9	25,09	90,7	5,8	1,87	25,28	0,19
19	Вихід із ІД СП5	135,728	11,489	86,3	5,75	1,99	26,99	91,6	5,82	1,97	27,15	0,16
20	Вхід на ІД ГП2	147,217	0,5	87,2	5,78	0,09	28,98	92,5	5,85	0,09	29,12	0,14
21	Початок ЗГ ГП2	147,717	12	87,3	5,79	2,13	29,07	92,6	5,86	2,08	29,21	0,14
22		159,717	11,475	77,7	5,46	2,17	31,2	86,7	5,67	2,06	31,29	0,09
23	Вихід із ІД ГП2	171,192	2,975	68,5	5,13	0,59	33,37	81,1	5,48	0,55	33,35	-0,02
24	Вхід на ІД СП11	174,167	7,75	66,1	5,04	1,58	33,96	79,6	5,43	1,44	33,9	-0,06
25	Г	181,917	2,25	59,9	4,79	0,47	35,54	75,8	5,3	0,43	35,34	-0,2
26	Кінець ЗГ ГП2	184,167	11,88	57,6	4,7	2,54	36,01	74,2	5,24	2,27	35,77	-0,24
27	Вихід із ІД СП11	196,047	14	56,2	4,64	3,04	38,55	73,2	5,21	2,7	38,04	-0,51
28		210,047	12,37	54,6	4,58	2,72	41,59	71,9	5,16	2,41	40,74	-0,85
29	Вхід на ІД СП13	222,417	11	53,2	4,52	2,45	44,31	70,8	5,12	2,16	43,15	-1,16
30		233,417	10,88	51,9	4,46	2,45	46,76	69,8	5,08	2,15	45,31	-1,45
31	Вихід із ІД СП13	244,297	2,09	50,6	4,41	0,47	49,21	68,8	5,05	0,41	47,46	-1,75
32	Вхід на ІД СП16	246,387	11	50,4	4,4	2,52	49,68	68,6	5,04	2,19	47,87	-1,81
33		257,387	10,88	49,1	4,34	2,52	52,2	67,7	5,01	2,18	50,06	-2,14
34	Вихід із ІД СП16	268,267	12	47,8	4,28	2,82	54,72	66,6	4,97	2,42	52,24	-2,48
35		280,267	11,62	46,4	4,22	2,77	57,54	65,6	4,93	2,37	54,66	-2,88
36	Вхід на ГС	291,887	13,92	45,1	4,16	3,38	60,31	64,6	4,89	2,86	57,03	-3,28
37	Вихід із ГС	305,807	20	43,4	4,08	4,97	63,69	63,3	4,84	4,16	59,89	-3,8
38		325,807	20,153	41,1	3,97	5,15	68,66	61,5	4,77	4,25	64,05	-4,61
39	Початок ЗГ ПП1	345,96	2,25	38,8	3,86	0,6	73,81	59,8	4,71	0,49	68,3	-5,51
40	Д	348,21	13,9	35,5	3,69	4,59	74,41	53,5	4,45	4,08	68,79	-5,62
41	Є	362,11	2,25	14,7	2,37	1,01	79	15	2,36	1,08	72,87	-6,13
42	Кінець ЗГ ПП1	364,36	15	11,3	2,08	7,58	80,01	8,7	1,8	8,65	73,95	-6,06
43		379,36	15	9,2	1,88	8,5	87,59	7,5	1,67	9,35	82,6	-4,99
44		394,36	14,75	7,1	1,65	9,7	96,09	6,4	1,54	10,07	91,95	-4,14
45	РТ	409,11		5,026	1,39		105,79	5,197	1,39		102,02	-3,77

В.1.3 Результати моделювання моментів прибуття поїздів з напрямку В:

Расписание прибытия поездов из В

Нт = 12; Нр = 11; Нп = 11; Тмин = 15.0; К = 2

1	0час	15мин	-	Т	2	2час	15мин	-	Р	3	2час	43мин	-	Т
4	3час	2мин	-	Р	5	3час	35мин	-	Р	6	4час	31мин	-	Р
7	4час	47мин	-	Р	8	5час	8мин	-	Т	9	6час	4мин	-	Т
10	6час	24мин	-	Р	11	7час	1мин	-	Р	12	7час	17мин	-	Т
13	8час	14мин	-	Р	14	8час	35мин	-	Р	15	10час	46мин	-	Р
16	11час	50мин	-	Р	17	12час	13мин	-	Т	18	13час	1мин	-	Р
19	13час	48мин	-	Р	20	14час	14мин	-	Р	21	15час	21мин	-	Р
22	15час	44мин	-	Т	23	16час	26мин	-	Р	24	17час	43мин	-	Р
25	18час	31мин	-	Т	26	19час	16мин	-	Т	27	20час	2мин	-	Р
28	20час	37мин	-	Т	29	21час	1мин	-	Р	30	22час	0мин	-	Р
31	22час	21мин	-	Т	32	22час	38мин	-	Р	33	23час	8мин	-	Р
34	23час	49мин	-	Т										

В.1.4 Результати моделювання моментів прибуття поїздів з напрямку Г:

Расписание прибытия поездов из Г

Нт = 14; Нр = 11; Нп = 6; Тмин = 15.0; К = 2

1	0час	32мин	-	Т	2	1час	8мин	-	Т	3	2час	16мин	-	Р
4	2час	53мин	-	Р	5	3час	49мин	-	Т	6	4час	18мин	-	Р
7	7час	31мин	-	Т	8	8час	25мин	-	Т	9	9час	11мин	-	Р
10	10час	13мин	-	Р	11	10час	50мин	-	Р	12	11час	35мин	-	Т
13	12час	5мин	-	Т	14	12час	27мин	-	Р	15	12час	53мин	-	Р
16	13час	24мин	-	Т	17	13час	47мин	-	Р	18	14час	35мин	-	Т
19	15час	30мин	-	Т	20	16час	6мин	-	Т	21	16час	29мин	-	Р
22	16час	55мин	-	Р	23	17час	13мин	-	Р	24	18час	28мин	-	Р
25	19час	26мин	-	Т	26	20час	0мин	-	Т	27	21час	4мин	-	Р
28	21час	55мин	-	Р	29	22час	35мин	-	Р	30	23час	10мин	-	Р
31	23час	36мин	-	Т										

В.2 Розподіл вагонів за призначеннями

Для виконання перевірки роботи сортувальної станції Б необхідно визначити розподіл вагонів поїздів за призначеннями плану формування.

В.2.1 Результати моделювання розподілу вагонів для поїздів з напрямку В:

Н А З Н А Ч Е Н И Я																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	:	М	І
11	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	18	11	-	6	-	-	-	-	-	:	53	1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	8	6	-	1	-	-	-	24	-	:	53	2
2	1	1	2	3	-	-	-	-	2	3	1	1	30	-	5	2	-	-	-	:	53	3
2	-	-	3	-	-	-	-	-	-	7	-	2	-	-	15	20	2	-	2	:	53	4
-	5	10	-	-	-	-	-	-	5	-	-	6	2	-	-	-	-	25	-	:	53	5
9	1	1	10	1	-	-	-	-	5	2	7	1	1	-	8	2	3	2	-	:	53	6
-	-	11	2	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	1	-	28	-	-	-	:	53	7
-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1	-	-	17	14	-	10	-	:	53	8
-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	10	10	-	:	40	9
2	2	3	-	-	-	-	-	-	-	4	3	-	-	-	22	11	4	1	1	:	53	10
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	21	6	15	8	:	53	11

В.2.2 Результати моделювання розподілу вагонів для поїздів з напрямку А:

Н	А	З	Н	А	Ч	Е	Н	И	Я												:	М	І
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
-	-	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-	17	19	-	9	-	-	-	-	-	:	53	1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	16	-	-	-	-	12	-	-	:	53	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	3	15	11	-	5	3	-	:	53	3
-	-	-	-	-	-	7	-	8	-	-	-	-	-	-	19	19	-	-	-	-	:	53	4
-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	-	-	14	3	3	-	7	17	-	3	-	:	53	5
-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	10	10	14	-	-	-	-	-	9	-	-	:	53	6
-	-	-	-	-	-	5	5	-	4	-	25	-	14	-	-	-	-	-	-	-	:	53	7
-	-	-	-	-	4	-	4	4	-	-	-	-	4	4	8	13	-	9	3	-	:	53	8
-	-	-	-	-	3	4	4	-	-	-	-	16	-	-	-	-	10	7	-	-	:	44	9
-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	21	9	-	-	-	-	10	1	7	-	-	:	53	10
-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-	13	11	11	-	-	-	13	-	2	-	:	53	11
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	16	-	-	-	-	6	-	-	:	53	12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	19	6	-	:	53	13
-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	16	-	-	12	-	-	-	15	5	-	-	:	53	14
-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	14	-	-	-	4	-	-	19	5	3	-	:	53	15
-	-	-	-	-	4	3	4	1	-	-	-	-	16	3	9	7	-	6	-	-	:	53	16
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	:	53	17
-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	27	-	20	-	-	-	-	-	-	-	:	53	18
-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	17	-	33	-	-	-	-	-	:	53	19
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	3	3	4	-	15	-	-	-	:	53	20
-	-	-	-	-	7	-	-	-	2	-	27	-	5	3	-	-	-	7	2	-	:	53	21
-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	24	3	3	4	-	2	4	4	8	-	-	:	53	22
-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4	-	24	-	-	-	6	18	-	-	-	:	53	23
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	9	11	-	-	7	6	17	-	-	-	:	53	24
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	14	-	-	-	11	4	23	-	-	-	:	53	25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	32	-	-	4	-	10	-	-	-	:	53	26

В.2.3 Результати моделювання розподілу вагонів для поїздів з напрямку Д:

Н	А	З	Н	А	Ч	Е	Н	И	Я													:	М	І
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
26	-	-	-	5	-	-	14	4	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	:	53	1	
-	-	-	-	12	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	:	53	2	
-	-	-	-	-	29	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	:	53	3	
-	11	17	14	1	-	6	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	:	53	4	
-	26	19	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	:	53	5	
-	13	18	-	2	-	4	7	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3	-	:	51	6	
-	14	13	-	-	4	4	7	-	4	-	-	-	-	-	4	-	3	-	-	-	:	53	7	
30	-	-	-	-	-	11	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	4	2	1	-	:	53	8	
-	18	13	-	-	9	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	-	3	-	2	-	:	53	9	
-	-	-	-	-	24	-	17	-	-	-	-	-	-	-	11	-	1	-	-	-	:	53	10	
49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-	-	:	53	11	
-	39	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	:	53	12	
16	-	23	-	-	4	4	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	:	53	13	
14	9	17	-	1	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	:	53	14	
-	-	10	41	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	:	53	15	
6	3	4	36	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	:	53	16	
-	-	-	40	-	5	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	:	53	17	
19	8	4	16	-	1	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	:	53	18	

ДОДАТОК Г
МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ПРЕЗЕНТАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ

Дніпровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

Дипломна робота
на тему:

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ ГІРКОВОЇ
ГОРЛОВИНИ СОРТУВАЛЬНОГО ПАРКУ СОРТУВАЛЬНОЇ
СТАНЦІЇ Б НА ПОКАЗНИКИ ЇЇ РОБОТИ**

Доповідач: Береза Денис Віталійович

1

Мета роботи:

визначення раціональної конструкції гіркової горловини сортувального парку сортувальної станції Б

Об'єкт дослідження:

функціонування сортувальної станції Б.

Предмет дослідження:

конструкція та технологія роботи сортувальної станції Б.

2

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВАРІАНТІВ

Показники	Варіанти горловини			
	1	2	3	4
Довжина маршруту	440,632		409,110	
Кількість СП	34		34	
Висота гірки	4,04		3,71	
Фактична висота головної ділянки	3,19	2,211	2,211	2,34
Максимальна висота головної ділянки	3,141	3,216	3,216	3,216
Чи виконується умова $\delta t \geq \delta t_{\min}$?	ні	ні	так	так
Максимальна швидкість розпуску	1,69	1,67	1,79	1,81
Переробна спроможність гірки (номінальна швидкість)	5345			
Переробна спроможність гірки (змінна швидкість)	5322	5280	5527	5567
Завантаження горловини	0,68	0,69	0,65	0,64
Раціональний варіант	-	-	-	+

5

Раціональний варіант: другий варіант плану та другий варіант профілю (з двома ШД)

ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ

Середній час простою составів поїздів, що надходять в **парк прийому** у розформування

$$t_{\text{пр}}^{\text{р}} = \frac{\sum(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{р}}^{\text{оч}})}{N_{\text{р}}} = \frac{4246}{83} = 51,15 \text{ хв}$$

Середній простий составів транзитних поїздів в **транзитних парках**

$$t_{\text{пр}}^{\text{тр}} = \frac{\sum(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{відп}}^{\text{оч}})}{N_{\text{тр}}} =$$

Середній простий составів поїздів свого формування в **парку відправлення**

$$t_{\text{пр}}^{\text{сф}} = \frac{\sum(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{відп}}^{\text{оч}})}{N_{\text{сф}}} = \frac{5925}{48} = 103,01 \text{ хв}$$

$$t_{\text{пр.ч}}^{\text{тр}} = \frac{5399}{53} = 101,86 \quad t_{\text{пр.н}}^{\text{тр}} = \frac{5925}{48} = 123,43 \text{ хв}$$

Тривалість знаходження транзитного вагону з переробкою на станції

$$t_{\text{пр}}^{\text{з/п}} = t_{\text{пп}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{пв}} = 51,15 + 6,28 \cdot 60 + 103,01 = 530,11 \text{ хв}$$

Середній простий вагонів у **сортувальному парку** під накопиченням

$$\bar{t}_{\text{нак}} = \frac{\sum nt}{n} = \frac{27048,67}{4305} = 6,28 \text{ год}$$

Коефіцієнт використання маневрових локомотивів

$$K_{\text{л}} = \frac{T_{\text{зан}}^{\text{л}}}{1440 - t_{\text{тех}}} \quad K_{\text{л1}} = \frac{1116}{1440 - 60} = 0,81 \quad K_{\text{л2}} = \frac{1142}{1440 - 60} = 0,82$$

Робочий парк транзитних вагонів

$$K_{\text{лм1}} = \frac{731}{1440 - 60} = 0,53 \quad K_{\text{лм2}} = \frac{745}{1440 - 60} = 0,54$$

$$n_{\text{р}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot t_{\text{пр}}^{\text{з/п}} + n_{\text{сф}} \cdot t_{\text{пр}}^{\text{з/п}}}{1440} = \frac{(101,86 + 123,43) \cdot 5297 + 4305 \cdot 530,96}{1440} = 2425 \text{ ваг}$$

6

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

ДОДАТОК Д

ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

1. Пояснювальна записка до дипломного проекту на тему «Дослідження впливу конструкції гіркової горловини сортувального парку сортувальної станції Б на показники її роботи» – 139 стор.
2. План сортувальної станції Б – 1 аркуш.
3. Варіанти конструкції гіркової горловини – 1 аркуш.
4. Варіанти профілю та графіків $h=f(S)$ для різних варіантів плану – 1 аркуш.
5. Графіки швидкості та часу для 1 варіанту плану – 1 аркуш.
6. Графіки швидкості та часу для 2 варіанту плану – 1 аркуш
7. Мультимедійний демонстраційний матеріал – 7 слайдів.