


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій  
Навчально-науковий інститут «Дніпровський інститут  
інфраструктури і транспорту»

Кафедра «Транспортні вузли»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

 / М. І. Березовий /

« 21 » 12 2021 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **27 Транспорт**

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

Освітня програма **275.02 Транспортні технології на залізничному транспорті**

Тема **Визначення раціонального варіанту удосконалення колійного розвитку дільничної станції у зв'язку з примиканням нової лінії**

Theme **Determining a rational variant for improving the track development of the section station in connection with the adjoining of a new line**


Керівник дипломної роботи

доц.  О. А. Назаров

Нормоконтролер

проф.  Р. В. Вернигора

Студент групи УЗ2021

 Д. В. Кравчук

Student

Dmytro Kravchuk

Дніпро – 2021

**Український державний університет науки і технологій  
Навчально-науковий інститут «Дніпровський інститут  
інфраструктури і транспорту»**

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

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

**Освітня програма** 275.02 «Транспортні технології на залізничному транспорті»

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ / М. І. Березовий /  
(підпис)

2021 р. \_\_\_\_\_ «\_\_»

**ЗАВДАННЯ**

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

отримав студент групи У32021  
(номер групи)

Кравчук Дмитро Валерійович  
(ПІБ)

1. Тема дипломного проекту (роботи): **Визначення раціонального варіанту  
удосконалення колійного розвитку дільничної станції у зв'язку з  
примиканням нової лінії**

затверджена наказом по університету від «18» червня 2021 року № 324ст

2. Термін подання студентом закінченого проекту (роботи): «10» грудня 2021 року

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 (демонстраційного матеріалу)

1. План дільничної станції Д
2. План та профіль сортувальної гірки; графіки швидкості та часу
3. Добовий план-графік роботи дільничної станції Д

6 Перелік мультимедійного демонстраційного матеріалу (слайдів)

титульний слайд; мета, об'єкт, предмет дослідження; діаграма вагонопотоків; діаграма  
поїздопотоків; варіанти примикання нової лінії до станції Д (2); поздовжній профіль;  
схеми варіантів; розрахунок тривалості та кількості затримок по варіантах; структура  
модифікованих витрат; визначення приведених модифікованих витрат; основні показни-  
ки роботи станції Д (2); кінцевий слайд

## 7 Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу дипломного проекту	Термін виконання	Кількість аркушів	Обсяг розділу, %
1. Аналіз проблеми реконструкції технічного оснащення станції та шляхів її вирішення	строк 1		17
2. Характеристика дільничної станції Д	строк 1	1	20
3. Розрахунок обсягів роботи станції Д	строк 1		10
4. Нормування тривалості операцій технологічного процесу та розрахунок колійного розвитку станції Д	строк 1		10
5. Перевірка параметрів сортувальної гірки	строк 2	1	11
6. Дослідження та вибір раціонального варіанту примикання нової лінії (деталь)	строк 3		20
7. Розробка добового плану-графіку та визначення основних показників роботи станції	строк 3	1	12
Всього		3	100

Дата видачі завдання: « 12 » жовтня 2021 р.

Керівник дипломної роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Назаров О. А.

\_\_\_\_\_

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_

(підпис)

Кравчук Д. В.

\_\_\_\_\_

(ПІБ)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків та 4-х додатків. Повний обсяг проекту – 108 сторінок; основний текст міститься на 100 сторінках і включає 9 ілюстрацій, 35 таблиць та 56 літературних джерел.

Об'єктом розробки дипломної роботи є конструкція та технологічні процеси роботи дільничної станції Д.

Метою проекту є удосконалення конструкції дільничної станції Д у зв'язку з примиканням нового підходу із М.

В проекті визначені обсяги роботи дільничної станції Д, виконано аналіз недоліків її конструкції та технології, визначено технологічні норми, перевірено відповідність колійного розвитку визначеним обсягам роботи, вибрано кращий варіант примикання нового підходу із М, детально розроблено два варіанти горловин нового приймально-відправного парку, виконано їх економічне порівняння, визначено вартість спорудження цього парку за варіантами та вибрано кращий із них за мінімумом модифікованих витрат.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: ДІЛЬНИЧНА СТАНЦІЯ, ПРИМИКАННЯ НОВОЇ ЛІНІЇ, ПЛАН КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ, ТЕХНОЛОГІЯ РОБОТИ.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І	
ТЕРМІНІВ.....	6
ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	
СТАНЦІЇ ТА ШЛЯХІВ ЇЇ ВИРІШЕННЯ .....	8
1.1 Проблема підвищення ефективності роботи залізничних станцій .....	8
1.2 Способи розробки проектів реконструкції залізничних станцій .....	9
1.3 Шляхи оцінювання варіантів конструкції станції .....	16
1.4 Визначення показників за варіантами спорудження розв'язок залізничних	
ліній.....	19
1.5 Висновки до розділу та постановка задач дослідження.....	22
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ Д .....	23
2.1 Технічна характеристика станції.....	23
2.2 Експлуатаційна характеристика станції.....	26
2.3 Коротка характеристика технології роботи станції Д .....	29
3 РОЗРАХУНОК ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ Д .....	35
3.1 Аналіз вихідних даних для визначення обсягів роботи станції Д.....	35
3.2 Визначення маси вантажного поїзда .....	37
3.3 Визначення кількості вагонів у складі поїзда .....	39
3.4. Визначення розрахункових поїздопотоків станції .....	40
3.5. Визначення потрібної пропускної здатності прилеглих ліній .....	42
4 НОРМУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕ-	
СУ ТА РОЗРАХУНОК КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТАНЦІЇ Д .....	43
4.1 Розподіл поїздопотоків по паркам дільничної станції Д .....	43
4.2 Методика визначення кількості колій в приймально–відправних парках ...	43

Зам. Інв. №								
Підпис Дата								
Інв. № ор.	Зм.	Арк.	№ док	Підпис	Дата	0042.170212.ДР.2021.000		
	Розробив	Кравчук				Визначення раціонального варіанту удосконалення колійного розвитку дільничної станції у зв'язку з примиканням нової лінії	Стадія	Аркуш
	Керівник	Назаров					ДР	4
								108
	Нормоконтр.	Вернигора					УДУНТ ДІТ	

4.3	Визначення середньозваженого часу заняття колії поїздом .....	44
4.4	Визначення часу закінчення формування составів .....	54
4.5	Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів в приймально-відправні парки .....	55
4.6	Розрахунок кількості колій в приймально-відправних парках .....	58
4.7	Розрахунок кількості колій в сортувальному парку .....	59
5	ПЕРЕВІРКА ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ .....	61
5.1	Розрахунок висоти сортувальної гірки .....	61
5.2	Аналіз поздовжнього профілю сортувальної гірки .....	66
5.3	Графіки втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів .....	67
5.4	Аналіз якості запроектованої гірки .....	69
5.5	Визначення переробної спроможності гірки .....	72
6	ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ПРИМИКАННЯ НОВОЇ ЛІНІЇ .....	73
6.1	Розробка варіантів примикання нової лінії М .....	73
6.2	Визначення техніко-технологічних параметрів варіантів примикання .....	74
6.3	Техніко-економічне порівняння варіантів .....	80
7	РОЗРОБКА ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ .....	89
7.1	Розробка добового плану-графіку роботи станції Д .....	89
7.2	Визначення показників добового плану-графіку роботи станції Д .....	90
	ВИСНОВКИ .....	93
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	95
	ДОДАТОК А. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ .....	101
	ДОДАТОК Б. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ РОБОТИ СТАНЦІЇ Д .....	104
	ДОДАТОК В. МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ПРЕЗЕНТАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ .....	106
	ДОДАТОК Г. ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ .....	108

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ВЧД – вагонне депо

ДСП – черговий по станції

ДСПГ – черговий по гірці

ДСПП – черговий по парку

ДСЦ – маневровий диспетчер

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

ПП – паркова гальмівна позиція

ПКО – пункт комерційного огляду

ПТО – пункт технічного огляду

ПТЕ – правила технічної експлуатації

ПФП – план формування поїздів

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

В даній дипломній роботі буде наведено техніко-експлуатаційну характеристику та обсяги роботи дільничної станції Д, перевірено технічне оснащення дільничної станції на відповідність існуючим обсягам роботи, визначено кількість бригад пункту технічного огляду для виконання огляду составів поїздів та груп у цих бригадах, а також виконано технічне нормування тривалості операцій технологічного процесу з обслуговування поїздів різних категорій.

У зв'язку зі збільшенням обсягів роботи станції Д, в тому числі і за рахунок примикання нового підходу із М, виникла необхідність реконструкції станції Д та визначення як об'ємних так і економічних показників на спорудження колій нового підходу. Для цього було розроблено ряд варіантів та вибрано кращий із них.

Після виконаної реконструкції колійного розвитку дільничної станції Д було уточнено технологію її роботи з урахуванням впроваджених змін. Для перевірки нормальної роботи всіх елементів станції та визначення показників її роботи планується розробка добового плану-графіку.



## **1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ СТАНЦІЙ ТА ШЛЯХІВ ЇЇ ВИРІШЕННЯ**

### **1.1 Проблема підвищення ефективності роботи залізничних станцій**

У даний час в Україні виникли суттєві обмеження зростання економіки, які можуть бути обумовлені недостатнім та не повсемісним розвитком національної транспортної системи. Сьогоднішні об'ємні та якісні характеристики транспорту, особливо його інфраструктури, не дозволяють повною мірою та ефективно вирішувати завдання економіки, яка розвивається, у тому числі завдання задоволення попиту інноваційного сектору на високоякісні транспортно-логістичні послуги.

Високий рівень транспортного обслуговування визначається швидкістю, своєчасністю, передбачуваністю, ритмічністю, безпекою та екологічністю функціонування транспортної системи [1].

Швидкість транспортного сполучення впливає на ефективність економічних зв'язків мобільність населення. Збільшення швидкості доставки вантажів та пасажирів дає відчутний економічний та соціальний ефект. При перевезенні вантажів він виявляється у вивільненні оборотних коштів підприємств, а при перевезенні пасажирів – у вивільненні часу людей, який може бути використаний з більш продуктивною метою. Здешевлення та прискорення перевезень на магістральних видах транспорту дозволять зблизити віддалені один від одного регіони країни, підвищити якість життя населення та рівень ділової активності, зміцнити територіальну єдність країни та створити найбільш сприятливі умови для реалізації потенційних економічних та соціальних можливостей кожного російського регіону. Своєчасність транспортного обслуговування у вантажному та пасажирському сполученнях має велике економічне значення, оскільки, у вантажному сполученні, наприклад, від своєчасності транспортного обслуговування залежать величина страхових запасів продукції на складах вантажоодержувачів, обсяг необхідних оборотних коштів і витрати на зберігання вантажів. Важливу роль в соціально-економічному розвитку країни грає також безпека та екологічність транспортної системи.

Наразі залізничний транспорт функціонує в умовах жорсткої конкуренції з іншими видами транспорту, переважно – автомобільним, особливо, враховуючи недостатній розвиток внутрішніх авіаційних перевезень в Україні. Рівень конкурентоспроможності та привабливості залізничного транспорту на ринку транспортних послуг більшою мірою залежить від якості та ефективності роботи залізничних станцій, які є одним з головних елементів транспортної інфраструктури країни. Крім того важливим є також підвищення якості послуг, які надає залізниця вантажовідправникам та вантажоодержувачам.

Як зазначено в [1] одним із основних факторів забезпечення високої ефективності роботи залізниць України є суттєве зменшення тривалості перебування вагонів на залізничних станціях, а тому на станціях повинний бути достатній резерв пропускну та переробної спроможності для можливості ефективно працювати в періоди максимальних обсягів роботи, тобто, пікові періоди роботи. З іншого боку важливо також скорочувати експлуатаційні витрати станцій за рахунок приведення їх технічного оснащення до наявних умов роботи.

На даний момент, згідно [2], на мережі залізниць України експлуатується більше 1,6 тис. станцій, і, враховуючи динаміку обсягів перевезень, можна припустити, що спорудження нових залізничних станцій, особливо поруч з існуючими, є економічно недоцільним. За останні роки у зв'язку з геополітичними змінами на залізницях України відбулася суттєва переорієнтація вантажопотоків, особливо – у напрямку морських портів, у зв'язку з чим виникла потреба реалізовувати заходи для удосконалення конструкції та технології роботи існуючих станцій та приведення їх до наявних обсягів роботи.

Отже, проблема пошуку оптимальної конструкції та технічного оснащення залізничних станцій є надзвичайно актуальною проблемою, що потребує науково-практичного вирішення.

## **1.2 Способи розробки проектів реконструкції залізничних станцій**

Серед варіантів підвищення ефективності використання технічного оснащення залізничних станцій перш за все можна виділити заходи з їх спорудження,

або які спрямовані на покращення наявної конструкції плану та профілю колійного розвитку, а також на удосконалення іншого технічного оснащення станцій.

Потреба у розбудові залізничної станції чи в удосконаленні її технічного оснащення може бути обумовлена різного роду причинами: від зміни обсягів і структури транспортних потоків, електрифікації ліній на підходах, організації швидкісного руху до спорудження других головних колій чи спорудження нової лінії [3]. Загальна кількість варіантів для подальшого порівняння та вибору кращого із них може бути у багатьох випадках достатньо кропіткою. У зв'язку з чим у сучасних умовах для вирішення задачі використовують системи автоматизованого проектування колійного розвитку залізничних станцій.

В [4] наведено результати аналізу, з якого видно, що у разі проектування залізничних станцій та вузлів найбільш масовими та трудомісткими є саме розрахунки стрілочних вулиць та кінцевих з'єднань залізничних колій. Це зумовило необхідність розробки програм і використання ЕОМ для здійснення таких розрахунків.

Перші спроби дослідження та алгоритмізація методів розрахунку з'єднань колій були розпочаті ще у середині 20-го сторіччя, в той час, коли набули більш-менш широкого впровадження ЕОМ в практику інженерно-технічних розрахунків. В [5] йдеться про описання програм, що забезпечують виконання на ЕОМ розрахунків різноманітних з'єднань залізничних колій. В той самий період були виконані перші наукові дослідження, в яких розроблено методики та алгоритми розрахунків з'єднань залізничних колій [6–8].

Під час розв'язання задачі розробникам довелося вирішувати наступні проблеми:

- 1) формалізувати схему колійного розвитку залізничної станції (та ряду її параметрів) для можливості введення цієї інформації в ЕОМ (створення електронної моделі даної станції);

- 2) розробляти ефективний алгоритм аналізу моделі з метою розрахунку вихідних параметрів.

В роботі [7] було виконано поглиблений логічний аналіз варіантів формалізації схем залізничних станцій, а саме: кодування схеми розміщення елементів

колійного розвитку станцій та кодування рівнянь, необхідних для розрахунку схеми станції. В результаті даного аналізу було зроблено висновок, що кращим є варіант, який забезпечував більшу надійність розрахунків, більшу простоту алгоритму і більш широку універсальність програми, що для ЕОМ того часу було надзвичайно важливим.

В подальшому в [9] на базі описаних вище принципів було розроблено методику, алгоритм та програму для розрахунків з'єднань залізничних колій на ЕОМ. Ця програма складається з керуючого блоку, який залежить від схеми реальної залізничної станції, а також бібліотеки модулів для розрахунку окремих типових з'єднань залізничних колій. Фахівець, що здійснює розрахунки, повинен визначити черговість розрахунку схеми, вибирати потрібні для цього модулі, задати за певним макетом значення необхідних параметрів для кожного з них (як лінійних, так і кутових), а також забезпечити передачу розрахункових параметрів між різними модулями. В теорії програма могла забезпечити розрахунок будь-якої конструкції з'єднань залізничних колій, однак на практиці існували обмеження по наявності необхідних модулів в бібліотеці. У той же час недоліком зазначеної методики була значна складність попередньої підготовки даних для розрахунків, що суттєво ускладнювало використання розробленої програми.

В роботі [10] авторами розглядалися методичні питання автоматизації розрахунків плану колійного розвитку парків залізничних станцій, що розташовані в кривих ділянках колій.

Фундаментальні дослідження проблеми автоматизації розрахунків колійного розвитку залізничних станцій були виконані в [11], а також у [8]. У цих роботах вперше був запропонований метод кодування схем залізничних станцій з використанням теорії графів, за якої конструкція будь-якої схеми представляється множиною елементарних циклів чи контурів, які виділяються на графі схеми. Крім того, було розроблено алгоритм розрахунку координат схеми колійного розвитку станції, що базувався на попередніх розрахунках і параметрах елементарних циклів схеми.

Така модель залізничної станції, яка описується у [8], є універсальною формою подання інформації про її схему. Наведена модель, після автоматичного перетворення, могла бути використана для вирішення широкого спектру задач проектування залізничних станцій, і, зокрема, для розрахунку пропускної спроможності її горловин [12]. Головним недоліком цієї контурної моделі є складність її підготовки (а саме – виділення контурів на схемі станції) та занадто великий надлишковий обсяг початкової інформації, що вводиться, тому що всі ці операції виконувалися вручну. У разі необхідності досить складно також виправляти чи доповнювати контурну модель станції. У зв'язку з цим доцільно спростити початкову модель станції, наприклад, за рахунок ускладнення алгоритму її перетворення та аналізу.

Наявність великої кількості залізничних станцій та вузлів складної конструкції, необхідність підвищення продуктивності праці проектувальників, якості та обґрунтованості проектних рішень з одного боку, а також розвиток математичних методів та ЕОМ з іншого боку, зробили актуальним завдання створення системи автоматизованого проектування станцій [13–14]. У цих роботах перераховані основні передумови для створення системи автоматизованого проектування, а також наголошується на необхідності розвитку методів імітаційного моделювання транспортних об'єктів з метою вирішення широкого спектру задач проектування залізничних станцій та вузлів, в тому числі – оптимізаційних задач.

В роботі [15] було запропоновано варіант побудови структури системи автоматизованого проектування, а також перераховані основні етапи її створення. Зокрема, в якості етапів розвитку такої системи та її складових були виділені завдання автоматизації розрахунків з'єднань залізничних колій (на 1-му етапі) та моделювання транспортних систем з метою їх аналізу та синтезу (на 2-му етапі).

Ціла низка питань формалізації схем залізничних станцій з метою автоматизації розрахунків і проектування розглядається в роботах [17–19]. Розроблено метод формалізованого опису схем станцій у вигляді дворівневих структур, які містять інформацію про секції станції та елементи кожної секції. В роботах описано табличний метод кодування схем, а також передбачено різні види таблиць різної структури, які включають інформацію як про топологію схеми, так і про її

параметри. Також потрібно згадати про системний підхід до проектування у зазначених роботах, де згадується комплексна система, що дозволяє виконати розрахунок координат точок залізничної станції, побудувати масштабний план станції та розраховувати технологічні показники на базі імітаційного моделювання. В результаті аналізу вказаних робіт можна зробити висновок, що розроблена система дозволяє проектувальнику в режимі діалогу аналізувати введені в ЕОМ варіанти схем залізничних станцій та вибирати із запропонованих варіантів варіант для реалізації. В той самий час, до недоліків запропонованого підходу слід віднести складність табличного методу кодування схем станцій взагалі (зокрема – використаної в [19] структури), а також необхідність ручної підготовки та введення цих даних.

В [20] наведено методику формалізації конструктивних параметрів залізничних станцій з метою отримання їх графічного зображення на ЕОМ. Станція представляється як блочно-ієрархічна система, в якій виділено три рівня: функціональний, структурний і рівень базисних елементів. Початкова інформація про залізничні станції представлена у вигляді таблиць шести різних форм, які містять дані про топологію схеми, про колійний розвиток станції, про тип і параметри стрілочних вулиць, про повороти станційних колій і параметри відповідних кривих. У результаті розрахунків визначаються координати точок плану та всі необхідні дані для побудови креслення станції на пристроях графопобудовника. У роботі зазначені також й інші можливі сфери використання запропонованого методу формалізації схем – моделювання роботи станцій з метою отримання техніко-експлуатаційних показників, а також створення інформаційних систем для збереження даних про плани станцій, їх технічне оснащення та показники експлуатаційної роботи.

До недоліків цієї роботи можна також віднести високу складність та трудомісткість робіт з підготовки та ручного введення в ЕОМ формалізованих даних про схеми залізничних станцій.

Також однією з трудомістких операцій, які виконуються під час проектування планів колійного розвитку залізничних станцій, є розташування граничних

стовпчиків та сигналів. Існує ряд спеціальних програм [21] для автоматизації вирішення даного завдання, однак, як показує аналіз, недосконалість використаних моделей колійного розвитку та алгоритмів розпізнавання ситуацій викликає необхідність виконання проектувальником кропіткої підготовчої роботи, а це обмежує сферу застосування зазначених програм. Отже, виникає задача автоматизації розрахунків координат граничних стовпчиків та сигналів для всіх можливих випадків їх установки при мінімальній вхідній інформації.

Проектування гіркових горловин сортувальних парків теж характеризується специфікою, оскільки необхідно забезпечити розташування стрілочних переводів, гальмових позицій, а також пристроїв автоматики з урахуванням допустимих радіусів кривих, ширини міжколій та інших умов. Крім того, під час проектування гіркових горловин необхідно визначити положення і параметри додаткових кривих на спускній частині гірки і на сортувальних коліях. Для вирішення вказаного завдання на ЕОМ траса розрахункової колії задається рівнянням проекцій окремих ділянок траси на вертикальну вісь [22].

Складність даного розрахунку полягає в тому, що вказане рівняння в загальному випадку включає, як правило, декілька невідомих кутів. Саме тому для вирішення рівняння доводиться визначати значення деяких кутів підбором на основі попереднього наближеного вирішення задачі графічним методом [23], або за даними проектів аналогічних горловин. В той самий час недоліком вище зазначеного способу, крім його трудомісткості, можна вважати складність формалізації структури рівняння і завдання його параметрів до розрахунку.

З огляду на зазначену невизначеність, в [24] було запропоновано методику оптимізації проектування траси розрахункової крайньої колії за критерієм її мінімальної розрахункової довжини. У зв'язку з цим було сформульовано умовну варіаційну задачу, для вирішення якої був використаний метод множників Лагранжа. У результаті вирішення даної задачі можна отримати всі невідомі кути розрахункового маршруту. Тим не менше даний метод не отримав поширення, оскільки в ньому не враховуються обмеження, які накладаються на значення окремих кутів, а також їх вплив на умови збереження габаритних відстаней у внутрішніх пу-

чках горловини. Крім того, як показують дослідження, сума кутів повороту розрахункової колії та її розрахункова довжина, у разі зміни окремих кутів, змінюються незначно.

Розглянуті вище роботи було присвячено автоматизованому проектуванню за традиційною технологією побудови схем залізничних станцій, у випадках, коли варіанти колійного розвитку розробляє проектувальник. Відомо, що існуюча технологія проектування залізничних станцій орієнтована перш за все на роботу з кресленням, оскільки саме воно є носієм інформації для побудови запроєктованого транспортного об'єкту. Однак, лише таким використанням роль креслення не вичерпується, адже побудова та корекція геометричної моделі станції є ітераційним процесом, який розподілений по всіх етапах проектування. У таких умовах проектувальнику необхідний зовнішній накопичувач інформації, який адекватно відображає транспортний об'єкт. В ролі такого накопичувача інформації під час проектування залізничних станцій, як правило, виступає саме креслення або схема, оскільки вони мають велику інформативність та забезпечують високу швидкість пошуку та вибору необхідної інформації. Процес взаємодії проектувальника з геометричною моделлю за допомогою креслення є одним з найважливіших, які полегшують прийняття раціональних проектних рішень.

Математична модель є більш ефективним способом представлення планів колійного розвитку залізничних станцій, а також більш потужним та більш зручним інструментом для його техніко-експлуатаційної оцінки. Креслення в цих умовах відіграє лише допоміжну роль, а побудова моделі виконується або автоматично, або автоматизовано за допомогою засобів комп'ютерної графіки.

У зв'язку з цим в роботі [25] було вирішено завдання автоматизації побудови математичних моделей колійного розвитку залізничних станцій на базі немасштабних схем, запропонованих проектувальником, із подальшим їх перетворенням в робочі креслення, які можуть супроводжуватися значеннями всіх числових параметрів плану станції.

Побудова такої математичної моделі залізничної станції та розробка методів і алгоритмів розрахунку її параметрів дозволяє суттєво прискорити процес проекту-



вання залізничних станцій за рахунок використання графічного введення немасштабних схем, інтерактивного режиму роботи з візуалізацією результатів, автоматичного розрахунку всіх необхідних параметрів колійного розвитку і побудови робочих креслень. Також геометрична модель залізничної станції, яку було отримано під час вирішення даного завдання, може бути використано і для функціонального моделювання роботи станції, яке виконується для визначення якісних показників конкретного проекту.

### **1.3 Шляхи оцінювання варіантів конструкції станції**

Відомо, що проектування залізничних станцій є творчим процесом, який не може бути повністю формалізований [26]. Якість проекту в значній мірі визначається інтелектуальними здібностями проектувальника, його вмінням знаходити вдалі та/або принципово нові рішення в нестандартних ситуаціях. Як зазначено в [26], з метою успішного проектування залізничних станцій важливо розрахувати показники, що характеризуватимуть якість конструкції колійного розвитку даної станції.

У зв'язку з цим неабиякий інтерес можуть представляти роботи, в яких автори пропонують рішення, що дозволяють мінімізувати питому будівельну довжину колій, енергетичні витрати на рух поїздів, а також витрати на ремонт колій та рухомого складу за рахунок вибору раціональної конструкції горловин залізничної станції [27, 28].

На базі цих показників виконується синтез схеми станції, тобто спрямований пошук її раціональної конструкції та встановлення оптимальних параметрів відповідного технічного оснащення. Знайдений деяким методом оптимальний варіант структури залізничної станції, що представлений у вигляді деякої формальної моделі, необхідно перетворити в схему залізничної станції з конкретною кількістю колій в парках станції і певною конструкцією їх горловин.

Перші спроби автоматизувати саме етап синтезу схем станцій призвели до появи публікацій, в яких пропонувалися різні підходи до вирішення даної проблеми. Вперше проблему автоматизації синтезу горловин залізничних станцій було сформульовано у [8]. У цій роботі було розроблено класифікацію горловин па-

рків станції, а також розроблені алгоритми синтезу найпростішої горловини, які базувались на використанні набору решіток. З огляду на те, що запропонована методика допускала проектування деякого обмеженого кола горловин, широкого розповсюдження вона все ж таки не отримала.

В роботах [29–30] були зроблені подальші спроби дослідження проблеми конструювання горловин, запропоновано принцип їх систематизації, розроблено систему моделей, критеріїв та показників. Все це дозволило оптимізувати параметри горловин парків станцій. В той же час проблема прямого синтезу горловин оптимальної конструкції залишилася невирішеною і до даного моменту.

Адаптовані методи синтезу структури залізничних станцій були розглянуті в [31, 32]. Метод, що використовується в [31], дозволяє згенерувати деяку множину варіантів принципових схем залізничних станцій з попередньо встановленого набору типових елементів. При цьому кожен варіант схеми оцінюється інтегральним показником, а саме складністю її технічної і технологічної структур, яку визначає ступінь зв'язності окремих компонентів станції за певного технологічного процесу обробки транспортних одиниць. В роботі [31] авторами стверджувалось, що цей показник дозволяє однозначно вибрати краще схемне рішення з множини згенерованих варіантів, оскільки, чим він вищий, тим більші технічно-технологічні можливості має відповідна схема станції.

З врахуванням того, що вище зазначений показник отримано формальним методом, а також того, що під час його розрахунку не використовується ціла низка суттєвих та вагомих факторів (параметри станції, параметри транспортних потоків, що переробляються на ній), викладена методика потребує детальної перевірки. Крім того, не зрозумілим є, як вибрати проектне рішення, якщо розглянуті варіанти мають однакову міру складності. В решті решт, значення вказаних показників без сумніву залежать від початкового вибору проектувальником елементів початкових множин, тобто мають суб'єктивний характер.

В роботі [32] використаний дещо інший підхід до вирішення завдання синтезу структури залізничних станцій, який базується на використанні шаблонів типових схем і окремих елементів конструкції станцій. За допомогою програмних

засобів генерується множина можливих варіантів взаємного розташування постійних шаблонів і зовнішніх пристроїв станції. При цьому враховуються необхідні технологічні зв'язки елементів станції. Передбачено можливість включення в схему, яка синтезується, підмножини нових пристроїв, які не входять в початковий набір, що дозволяє отримати нове проектне рішення, яке сприяє підвищенню ефективності роботи станції. Запропонований підхід дозволяє розробити значну кількість варіантних рішень, які відповідають певним критеріям. Слід зауважити, що отримані варіанти представляються схематично у вигляді матриці варіантів розміщення пристроїв. У той же час питання аналізу, оцінки та вибору оптимального варіанту в [32] не розглядаються. Вирішення вказаних завдань на базі абстрактних моделей станції можна вважати досить приблизним.

Одною із важливих задач удосконалення техніко-технологічних параметрів станцій є визначення порядку впровадження на станції реконструктивних заходів. В роботі [33] описано задачу, яку було вирішено за допомогою динамічного програмування на прикладі удосконалення колійного розвитку та технології роботи приймально-відправного парку деякої вантажної станції. Використаний в даній роботі підхід дає можливість знайти економічно ефективну послідовність виконання робіт з удосконалення конструкції станцій. В той же час у разі реалізації вказаного підходу неабияку складність викликає вибір системи як кількісних так і якісних показників, а також визначення їх значень при функціонуванні об'єктів на різних етапах реконструкції.

У роботі [34] з метою вирішення вище зазначеної проблеми наведено методику оцінки та визначення ефективних варіантів проектних рішень, спрямованих на удосконалення технічних та технологічних параметрів залізничних станцій. Задачу запропоновано вирішувати як задачу векторної оптимізації. При цьому кожний варіант реконструкції рекомендується характеризувати двома інтегральними показниками: кількісним та якісним.

Отже, задача, що розглядається, полягає у визначенні таких варіантів проектних рішень, реалізація яких забезпечувала б оптимальне значення якісного показника при заданому значенні кількісного показника. Якісні та кількісні показни-

ки, які оцінюють кожний з проектів удосконалення станції, пропонується визначати з використанням розробленої авторами ергатичної функціональної моделі станції. Задача векторної оптимізації вирішується з використанням функції Лагранжа, до того ж на базі вихідної множини варіантів проектних рішень формується множина ефективних варіантів, кожне з яких забезпечує покращення значення якісного показника у разі збільшення значення кількісного показника.

Перевірку запропонованої в [34] методики було виконано під час визначення ефективного комплексу заходів, спрямованих на удосконалення парку прибуття однієї з великих сортувальних станцій України. Для цього було розроблено значну кількість варіантів можливих організаційно-технічних заходів, з яких на базі вирішення задачі векторної оптимізації було визначено множину ефективних проектних рішень, які забезпечують максимальну переробну спроможність парку прибуття станції в залежності від допустимих витрат на її реконструкцію.

#### **1.4 Визначення показників за варіантами спорудження розв'язок залізничних ліній**

Примикання до залізничної станції нової залізничної лінії може викликати перетинання маршрутів приймання та відправлення поїздів на неї з маршрутами руху поїздів на лініях, що функціонують. При цьому таке перетинання маршрутів може бути організовано як в одному так і в різних рівнях.

У разі можливості спорудження розв'язки ліній в різних рівнях, тобто, за допомогою шляхопроводу, повністю виключаються будь-які затримки поїздів на перетинаннях і підвищується безпека руху поїздів. З іншої сторони, будівництво будь-яких шляхопроводів зазвичай пов'язане з великими капітальними вкладеннями і, як правило, веде до збільшення пробігу поїздів і енергетичних витрат на подолання більш крутих підйомів і спусків. У зв'язку з цим в деяких випадках за незначних розмірів руху для збільшення пропускної спроможності перетинання маршрутів руху поїздів в одному рівні можуть влаштовуватися шлюзи [35].

Варіантами реалізації перетинання маршрутів руху поїздів на прилеглих лініях є пост без колійного розвитку, шлюз або шляхопровід. Вибір проектного рішення за потреби реалізації перетинання маршрутів здійснюється на основі тех-

ніко-економічного порівняння варіантів, для чого необхідна кількісна оцінка витрат, пов'язаних з пробігами рухомого складу та їх затримками на перетинаннях. Для визначення такої оцінки використовуються моделі розв'язок різної складності. Велику кількість науково-дослідних робіт присвячено побудові та аналізу моделей розв'язок залізничних ліній.

Найпростішими моделями є аналітичні моделі пунктів перетинання та злиття ліній у розв'язках [35].

У роботі [36] були розглянуті основні схеми перетинань та злиття однокільних і двокільних ліній, а також наведені вирази для розрахунку кількості та тривалості затримок поїздів. Наведені вирази ґрунтуються на визначенні ймовірності того, що у довільний момент часу перетинання зайнято деяким поїздом. Ймовірність такої події визначається безпосереднім розрахунком з використанням геометричної ймовірності.

Найпростіші аналітичні моделі перетинань удосконалювались низкою авторів, для того, щоб мати можливість враховувати наявність перерв у русі на підходах, нерівномірність, мінімальний інтервал руху та інші фактори. Зокрема, в роботі [37] було показано, що за значного завантаження перетинань і підходів до них, зазначені вирази дають систематичну помилку, яка сягає 60-80 %, тому що не дозволяють врахувати вторинні затримки поїздів. У дипломній роботі запропоновано формули, які дозволяють уточнити аналітичні розрахунки затримок поїздів на перетинаннях і врахувати також вторинні затримки. Однак, зі збільшенням складності комплексу розв'язок точність аналітичного розрахунку затримок поїздів на перетинаннях зменшується і більш привабливим стає метод імітаційного моделювання. Підтвердженням цього висновку можуть бути результати досліджень в роботі [38].

Доволі складні аналітичні моделі перетинань різного виду були отримані в [39–40]. Такі моделі використовувалися для аналізу конструкцій як шлюзових розв'язок [41] так і шлюзових колійних постів [42].

Метод статистичного моделювання розв'язок розглядався у низці робіт [43–45], в яких перетинання подається моделлю масового обслуговування з одним

обслуговуючим пристроєм і потоками поїздів по кожному підходу. Тривалість обслуговування заявки (тобто час зайняття перетинання), як правило, постійна для певного виду заявки.

В роботі [44] автором було передбачено можливість використання різних методів моделювання потоків поїздів на підходах (задавати розклад або випадкові інтервали руху поїздів з різними законами розподілу). Алгоритм моделювання виявляв випадки, коли перетинання може бути зайнято двома заявками одночасно (так звана конфліктна ситуація), автор аналізував таку ситуацію з урахуванням пріоритетів і приймав рішення про затримку однієї з заявок.

Модель є універсальною і дозволяє отримувати оцінки числа і тривалості затримок для комплексів перетинань практично будь-якої складності. Крім того, вона дає результати більш достовірні, ніж простіші аналітичні моделі. Однак її недолік полягає в тому, що отримана з її допомогою кількість затримок поїздів дозволяє лише непрямо оцінити витрати, пов'язані з розгоном і уповільненням затриманих поїздів.

В [45] була виконана оцінка витрат, що пов'язані зі зменшенням швидкості руху поїздів в пунктах перетинання. В даній роботі приводиться методика приблизного визначення експлуатаційних витрат, які враховують як затримки поїздів, так і зниження швидкості. Описана методика використовувалася з метою дослідження залежностей експлуатаційних витрат від маси поїзда для різних типів локомотивів при різних сполученнях інших чинних факторів. Результати виконаних досліджень свідчать про необхідність врахування режимів руху поїздів під час визначення витрат, пов'язаних з пропуском цих поїздів через перетинання. В той самий час слід зауважити, що основою запропонованої методики стало не моделювання руху поїздів, а наближені аналітичні методи, що може давати деяку погрішність розрахунків.

З метою розрахунку витрат, які пов'язані з пробігами поїздів, доцільно використовувати диференційні рівняння руху поїзда, тобто тягові розрахунки. Під час виконання таких розрахунків виникає проблема вибору режимів руху поїзда, від яких істотно залежать зазначені витрати. В тягових розрахунках у разі проек-

тування нових залізничних ліній, як правило, вибирають режими, за яких максимально використовуються можливості локомотивів і, відповідно, досягаються максимальні швидкості руху поїздів. У разі реконструкції станцій, крім того, зважають також на чинні обмеження швидкості [46].

У зв'язку з цим в [46] було описано розроблену модель руху поїзда, що базується на чисельному інтегруванні рівняння руху, в якій було передбачено можливість врахування обмежень швидкості в кривих у залежності від параметрів кривих, розрахунку додаткових витрат під час руху в кривих малого радіуса, детальне рішення гальмівної задачі за умов близького розташування декількох ділянок обмеження швидкості.

### **1.5 Висновки до розділу та постановка задач дослідження**

Ефективність роботи залізничних станцій, їх пропускна та переробна спроможність суттєво залежать від конструкції та параметрів колійного розвитку. У зв'язку з цим тема дипломної роботи, яка спрямована на удосконалення конструкції станції за умов примикання нової залізничної лінії, є практично значимою та досить актуальною.

Вибір раціонального проектного рішення повинен відбуватись на базі модифікованих приведених витрат, які пов'язані з експлуатацією станції з різними варіантами її технічного оснащення.

Метою даної дипломної роботи є удосконалення колійного розвитку діляничної станції у зв'язку з примиканням до неї нової залізничної лінії.

Дана мета може бути досягнута за рахунок вирішення низки задач:

- аналіз колійного розвитку та технології роботи існуючої станції Д;
- визначення розрахункових обсягів роботи станції;
- визначення потрібної кількості колій в парках станції;
- визначення параметрів сортувальної гірки,
- розробка варіантів удосконалення існуючого колійного розвитку;
- розробка варіантів примикання до станції нової лінії, а також техніко-економічне порівняння цих варіантів з метою вибору раціонального.

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ Д

### 2.1 Технічна характеристика станції

За призначенням та характером роботи станція, яка розглядається в даній дипломній роботі, є дільничною станцією 1-го класу. Немасштабна схема станції наведена на рисунку 1.1.

Згідно таблиці А.1 Додатку А до станції примикають наступні лінії::

- з непарного напрямку – лінія Б, двоколійна, обладнана АБ,  $i_p = 7,0 \text{ ‰}$ ;
- з парного напрямку – лінія А, двоколійна, обладнана АБ,  $i_p = 8,0 \text{ ‰}$ .

Тягове обслуговування у вантажному русі на вказаних лініях згідно таблиці А.1 Додатку А виконується локомотивом ВЛ-80к.

Станція обладнана електричною централізацією стрілок та сигналів, керування якими здійснюється з поста електричної централізації (ЕЦ). Колійний розвиток станції складається з трьох парків: приймально-відправних парків ПВ1 «А» та ПВ2 «Б», а також сортувального парку.

Приймально-відправний парк ПВ1 «А» складається з 5-ти колій (мінімальна корисна довжина колії складає 1050 м, а максимальна корисна довжина колії 1117 м), призначених для приймання, обробки та відправлення транзитних вантажних поїздів з напрямку Б.

Приймально-відправний парк ПВ2 «Б» має 6 колій (мінімальна корисна довжина колій складає 1050 м, а максимальна – 1115 м), які призначені для приймання, обробки та відправлення всіх категорій вантажних поїздів з напрямку А, приймання поїздів в розформування з напрямку Б та відправлення поїздів свого формування на всі напрямки.

Сортувальний парк СП «В» складається з 10-ти колій (мінімальна довжина колії складає 1172 м, а максимальна 1310 м), призначених для розформування составів, накопичення вагонів за напрямками, закінчення формування составів поїздів.

Розформування поїздів на станції виконується на сортувальній гірці малої потужності. Гіркові стрілочні переводи обладнані пристроями електричної централізації.



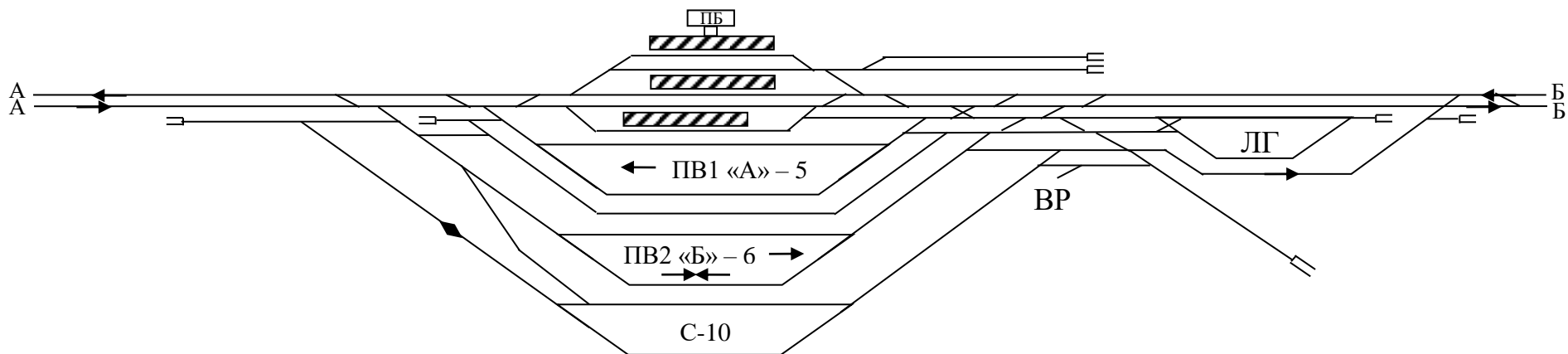


Рисунок 2.1 – Схема дільничної станції Д

Для виконання маневрової роботи, подачі та прибирання вагонів на навантажувально-розвантажувальні фронти на станції є два маневрові локомотиви серії ЧМЕЗ. Екіпірування маневрових локомотивів здійснюється в локомотивному депо станції Д.

Маневрові тепловози станції виконують:

- подачу та прибирання вагонів на вантажний район;
- формування та розформування составів дільничних та збірних поїздів.

Станція обслуговує також вантажовласників на коліях незагального призначення. Так, до станції примикають 3 під'їзні колії: ПАТ «УкрБудКорп»; ВО «ІнтерТранс»; фабрика «СМ-Плюс». Подача вагонів на вказані підприємства здійснюється маневровим локомотивом підприємств.

Маневрова робота виконується на сортувальних та приймально-відправних коліях станції Д.

Для оперативного керівництва роботою черговий по станції має різні види зв'язку: поїзний диспетчерський зв'язок між ДСП, оператором при ДСП та поїзними диспетчерами дільниць; поїзний міжстанційний зв'язок з черговими по станціям; прямий внутрішньостанційний зв'язок; поїзний радіозв'язок; маневровий радіозв'язок; двосторонній парковий зв'язок; телеграфний інформаційний зв'язок; вокзальний зв'язок; телефонний зв'язок для зв'язку з різними підприємствами та організаціями.

На території станції Д знаходяться: пост електричної централізації (ЕЦ); пасажирська будівля; приміщення складачів поїздів; будівля ПТО; локомотивне депо.

Для обслуговування пасажирів на станції Д є 3 низькі пасажирські платформи та пішохідний міст із виходом на ці платформи.

На посту ЕЦ розміщені робочі місця чергового по станції, оператора при черговому по станції, приймальника поїздів та станційний технологічний центр обробки поїзної інформації та перевізних документів (СТЦ).

## 2.2 Експлуатаційна характеристика станції

Дільнична станція Д виконує наступні операції:

- обслуговування транзитних поїздів без зміни локомотива: з лінії Б в парку ПВ1, з лінії А – в парку ПВ2;
- розформування та формування транзитних поїздів (парки ПВ2, СП);
- відчеплення та причеплення груп вагонів до транзитних поїздів (парки ПВ1, ПВ2);
- обробку та відправлення господарчих поїздів (парки ПВ1, ПВ2);
- навантаження та розвантаження місцевих вагонів (вантажний район, під'їзні колії);
- зміну локомотивів і локомотивних;
- технічне обслуговування і комерційний огляд вагонів.

Пасажирські дальні та місцеві поїзди приймаються з напрямку А на колії ІІ та 4, після зупинки поїзда виконується посадка та висадка пасажирів, після цих операцій пасажирський поїзд відправляється зі станції в напрямку Б.

Пасажирські дальні та місцеві поїзди із напрямку Б приймаються на колії І та 3. Після цього виконується посадка та висадка пасажирів, по завершенню яких поїзд відправляється на станцію А.

Приміські поїзди з усіх напрямків приймаються на колію 5, де відбувається висадка пасажирів. Далі ці поїзди виставляються маневровим порядком на колії відстою 31, 32 де будуть знаходитись до тих пір поки не прийде час виставляти їх під посадку до основної платформи біля колії 5. Під час посадки, при необхідності, відбувається зміна кабіни управління електропоїздом; по завершенню усіх операцій та повного випробовування автогальм пасажирський поїзд відправляється на той напрямок, звідки від прибув – А або Б.

Дана станція крім пасажирських обслуговує також і різні вантажні поїзди категорій. Вантажні поїзди у розформування з напрямку А або Б черговий по станції Д

повідомляє всіх працівників що беруть участь у його обробці необхідні їм дані та приймає його в парк ПВ2 «Б».

Транзитний вагонопотік без переробки у транзитних поїздах із лінії Б прибуває в парк ПВ1 «А», а із лінії А – в парк ПВ2 «Б».

### **2.3 Коротка характеристика технології роботи станції Д**

До категорії транзитних поїздів відносяться поїзди, які проходять станцію без переробки або з частковою переробкою (у зв'язку з переліпкою груп вагонів, зміною маси та довжини поїздів), прискорені вантажні поїзди для перевезення вантажів, що швидко псуються, і живності.

Транзитні поїзди приймають в об'єднані приймально-відправні або спеціальні транзитні парки на колії, що забезпечують швидку зміну локомотивів.

Колії для прийому транзитних поїздів обладнують повітряними та мастильними мережами, стелажми для зберігання запасних вагонних частин, пристроями централізованого огороження поїздів, засобами механізації ремонту вагонів, парковим сповіщенням зв'язком, переговорними колонками і т. ін..

#### **2.3.1 Технологія роботи з транзитними поїздами**

З напрямків Б та М транзитні поїзди приймаються в приймально-відправний парк ПВ1, а з напрямку А транзитні поїзди приймаються в приймально-відправний парк ПВ2 для технічного огляду, зміни поїзного локомотива або локомотивних бригад.

До прибуття транзитного поїзда ДСП отримує від поїзного диспетчера інформацію про номер, індекс поїзда, очікуваний час прибуття та іншу додаткову інформацію. ДСП повідомляє працівників станції про приймання поїзду та подальші дії з цим поїздом.

При цьому згідно з [47] обробка таких поїздів складається з наступних операцій: обслуговування состава та виконання безвідчипного ремонту при потребі; зміна локомотивів та/або локомотивних бригад; перевірка документів на поїзд; проба гальм при зміні локомотива або локомотивної бригади.

Після виконання закріплення составу черговий по станції дає дозвіл локомотивній бригаді на відчеплення локомотива від составу, після чого виконується його прибирання та централізоване огороження составу.

У той же час комерційний огляд составу виконує бригада ПКО. Бригада перевіряє вагони на наявність порушень у правильності навантаження та кріплення вантажу, його розкрадання чи доступу до вантажу третіх осіб. Після закінчення технічного і комерційного огляду працівники бригад ПТО і ПКО доповідають оператору ПТО про це, а від доповідає ДСП.

Поїзди, від яких відчіплявся поїзний локомотив та причіплявся інший (кутові поїзди, поїзди зі зміною локомотива) виконується проба автогальм, тривалість якого згідно з [47] прийнята 10 хв. Після виконання проби гальм працівники, що оглядали вагони, заповнюють довідку про гальма і вручають її машиністу локомотива.

Графіки обробки транзитних поїздів без зміни та зі зміною локомотива наведені на рисунках 2.2 та 2.3.



Найменування операцій	До прибуття поїзда	Після прибуття поїзда, хв				Виконавці
		0	10	20	30	
Одержання від поїзного диспетчера повідомлення про номер, час прибуття і призначення поїзда						Черговий по станції
Повідомлення працівників станції, ПТО про номер, час прибуття та колію приймання поїзда						Черговий по станції
Вихід на колію приймання працівників, що беруть участь в обробці поїзда						Працівники станції, ПТО
Технічний огляд составу, усунення несправностей, скорочена проба гальм та перевірка документів			17			Працівники ПТО, лок. бригада, СТЦ
Загальна тривалість обробки поїзда			17			

Рисунок 2.2 – Графік обробки транзитного поїзда без зміни локомотива

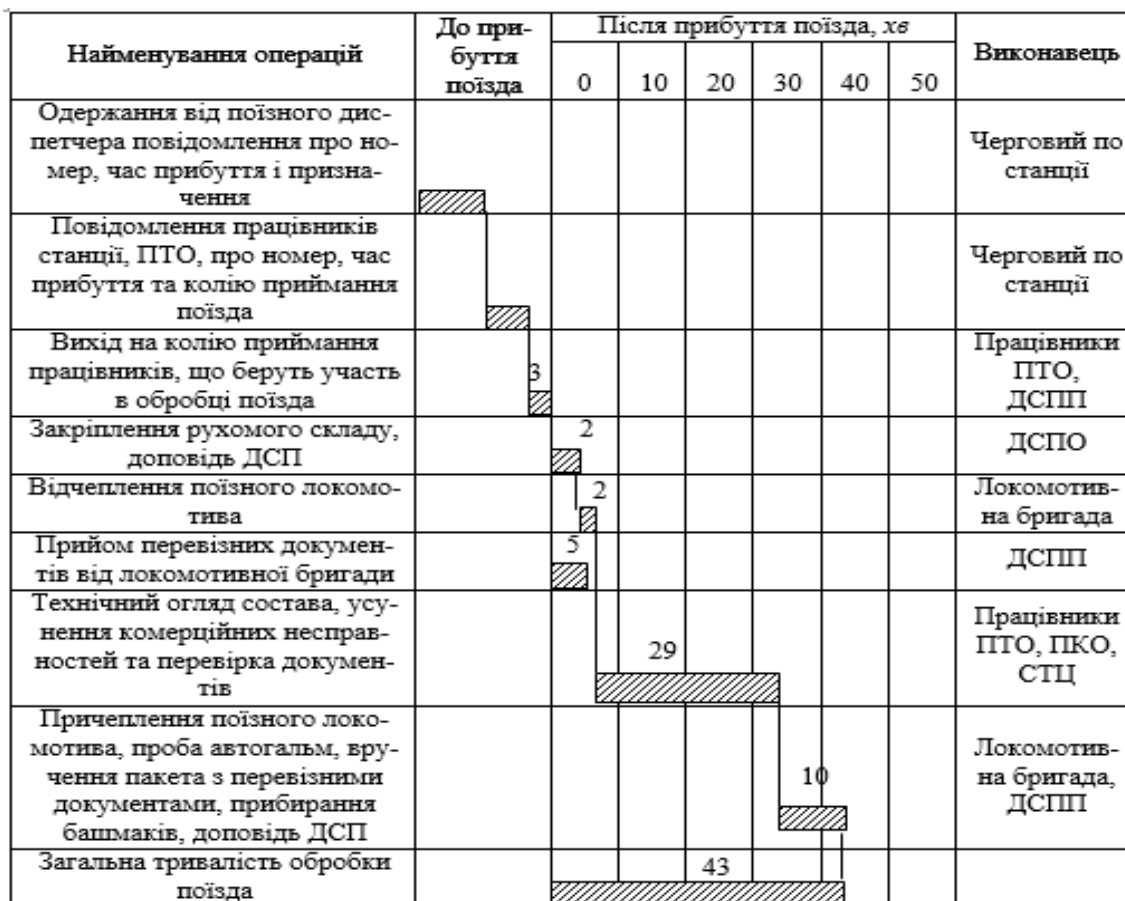


Рисунок 2.3 – Графік обробки транзитного поїзда зі зміною локомотива

### 2.3.2 Технологія роботи з поїздами, що надходять у розформовування

До поїздів у розформовування відносяться поїзди, які надходять на станцію з метою розформовування составу поїзда на сортувальній гірці та накопичення вагонів у сортувальному парку згідно плану формування поїздів (ПФП) для створення нових поїздів, а також накопичення місцевих вагонів для подальшої їх подачі на вантажний район.

Поїзди, які надійшли на станцію в переробку, приймаються на станційні колії парку ПВ2, на колії, які розташовано поблизу до сортувального парку. Працівники, які беруть участь в обробці поїзда, виходять до колії прийому перед прибуттям поїзда, та контролюють процес його прибуття та зупинки щоб виявити несправності як в динаміці так і в статичному положенні.

Після прибуття поїзда на станцію та його зупинки на колії парку відбувається перевірка составу поїзда на предмет наявності у ньому будь-яких технічних чи комерційних несправностей.

Обробка составів у розформування включає наступні операції: обслуговування составу, підготовки його до розформовування, контрольна перевірка составу, перевірка наявності документів, комерційний огляд составу.

Після прибуття поїзда на станцію Д його закріплюють гальмівними башмаками, і, після відчеплення локомотива, виконується огороження составу. Далі виконуються роботи з огляду вагонів у составі, та їх ремонту при потребі. Після закінчення огляду працівники ПТО доповідають про це оператору, а він – черговому по станції.

При виявленні вагонів, що вимагають відчіпного ремонту, оглядач вагонів повідомляє номери цих вагонів оператору ПТО. В результаті цього у план розформовування составу вносяться зміни. Крім бригади технічного огляду состав оглядається також бригадою комерційного огляду. В процесі такої перевірки виконується пошук порушень правильності навантаження та кріплення вантажу, а також виявляються факти його розкрадання.

Згідно з [47] процес розформовування поїздів включає наступні операції: заїзд гірочного локомотиву до составу, його витягування, насув на гірку, розпуск составу поїзда з гірки, осаджування вагонів на коліях сортувального парку та закінчення формування в горловині формування сортувального парку станції Д.

В процесі виконання розпуску черговий по гірці повинен контролювати ступінь заповнення колій сортувального парку а також готувати маршрути скочування відчепів. Також він повинен контролювати правильність роз'єднання вагонів на гірці саме в тих місцях, які вказані в сортувальному листку. Для цього черговий по гірці має у своєму розпорядженні засоби управління стрілочними переводами на гірці та гальмівними позиціями. Крім того він користується двостороннім парковим зв'язком для передавання та сприймання інформації про хід розформування составу на гірці та формування нових составів в сортувальному парку.

### 2.3.3 Технологія роботи з поїздами свого формування

Після закінчення операції закінчення формування составу та перестановки його на колії парку ПВ2 він закріплюється гальмівними башмаками, огорожується та обробляється бригадами ПТО і ПКО.

Графік обробки поїзда, що надійшов у розформування наведена на рис. 2.4.






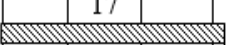



Найменування операцій	До при- буття по- їзда	Після прибуття поїзда, хв					Виконавець
		0	5	10	15	20	
Сповіщення працівників СТЦ, ПКО, ПТО, сигналіста про час і колію прибуття по- їзда							Черговий по станції
Контрольна перевірка соста- ва у вхідній горловині		3					Оператор СТЦ
Доставка перевізних доку- ментів в СТЦ			5				Оператор СТЦ
Закріплення состава гальмо- вими башмаками і відчеп- лення поїзного локомотива, огороження состава			5				Сигналіст, ло- комот. брига- да, оператор ПТО
Перевірка ТГНЛ, штемпе- лювання і перевірка перевіз- них документів				10			Оператор СТЦ
Технічне обслуговування составу, відпускання гальм				17			Працівники ПТО
Коригування сортувального листка						3	Оператор СТЦ
Комерційний огляд состава				17			Приймальник поїздів
Загальна тривалість обробки поїзда				25			

Рисунок 2.4 – Графік виконання технологічних операцій при обробці поїзда, що надійшов у переробку

З составом поїздів свого формування проводяться наступні операції: технічне обслуговування составу, поточний безвідчіпний ремонт вагонів, комерційний огляд вагонів, видача локомотивній бригаді документів на поїзд, видача бланку попереджень, причепка локомотива, повна проба автогальм, навішування хвостових сигналів.

Таким чином, відправлений зі станції Д поїзд повинен бути сформований відповідно до плану формування поїздів та мати хвостові сигнали.

Після закінчення технічного обслуговування составу працівники бригади ПТО доповідають про це оператору ПТО, який повідомляє ДСП про готовність составу. Оператор ПТО знімає огороження і на колію подається поїзний локомотив, після причеплення якого виконується повна проба автогальм.



Паралельно з технічним обслуговуванням проводиться комерційний огляд составу одночасним проходом вздовж составу. Знайдені комерційні несправності повинні бути усунені до відправлення поїзда. Одночасно з цим ведеться обробка поїзда в документальному відношенні в технічній конторі.

Черговий по станції може відправити поїзд після отримання підтвердження готовності в технічному та комерційному відношеннях, а також за наявності документів на поїзд у локомотивної бригади, наявності хвостових сигналів. Можливість відправлення поїзда ДСП повинен узгоджувати з ДНЦ.

Графік обробки поїзда свого формування наведений на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Графік виконання технологічних операцій при обробці поїзда свого формування

#### 2.3.4 Пасажи́рська робота дільничної станції Д

Дільнична станція Д є пунктом посадки та висадки пасажирів, обробки пасажирських і приміських поїздів.

Станція Д відкрита для виконання таких операцій: посадка та висадка пасажирів, обслуговування пасажирських та приміських поїздів, відчеплення і причеплення груп вагонів до пасажирських поїздів, а також навантаження та вивантаження багажу.

Пасажи́рські поїзди приймаються і відправляються зі спеціалізованих колій, що призначені для цього та оснащені платформами, відповідно до графіка руху поїздів.

Перед прибуттям пасажирського поїзда, черговий по станції повідомляє про колію його приймання чергового по вокзалу, а про поїзди, що потребують обробки повідомляє оглядачів вагонів. Операції з обробки поїзда, що слідує через станцію Д, виконуються за час стоянки, яка передбачена розкладом.

#### 2.3.5 Місцева роботи дільничної станції Д

Місцева робота станції Д включає: маневрову роботу з вагонами під розвантаження чи навантаження та виконання вантажних операцій. Маневрова робота з місцевими вагонами полягає в підбірці груп вагонів за вантажними фронтами та складами. Вказана підбірка місцевих вагонів виконується у горловині формування сортувального парку.

Маневровий диспетчер забезпечує своєчасну подачу місцевих вагонів на вантажні пункти, розстановку та прибирання вагонів з тих вантажних фронтів, які обслуговуються маневровим локомотивом станції.

Старший прийомоздавальник повинен забезпечувати: виконання змінного плану вантажної роботи, погодження плану роботи з начальником виробничої ділянки, поточне планування, контроль наявності вільних місць на складах та оперативний контроль за виконанням плану навантаження-розвантаження та сортування на місцях загального користування, оперативний облік вантажної роботи та підбиття підсумків виконання змінного плану по вантажній роботі.

Керівництво місцевою роботою маневровий диспетчер та старший прийомоздавальник здійснюють на підставі плану роботи станції на зміну, який одержують від начальника станції, або заступника начальника станції.

Після закінчення розвантаження старший прийомоздавальник, перед тим як дати інформацію про закінчення вантажних операцій, переконуються у відсутності остачі вантажу в вагонах та наявності габариту. На підставі одержаної інформації про закінчення вантажних операцій маневровий диспетчер дає вказівку про прибирання вагонів та повідомляє старшого прийомоздавальника про майбутній заїзд маневрового локомотива.

### 3 РОЗРАХУНОК ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ Д

#### 3.1 Аналіз вихідних даних для визначення обсягів роботи станції Д

До станції Д примикають дві двоколіїні лінії Д-А та Д-Б; в розрахунковий період планується примикання нової лінії Д-М. На всіх лініях тягове забезпечення виконується локомотивом ВЛ-80к (див. табл. А.1 Додатку А).

На станцію Д прибувають пасажирські поїзди з зупинкою, розміри руху яких наведено в таблиці 3.1 (згідно з таблицею А.2 Додатку А)

Таблиця 3.1 – Пасажирський поїздопотік станції Д

На Із	А	Б	М	Д	Разом
А	-	5	4	2	11
Б	5	-	-	2	7
М	4	-	-	2	6
Д	2	2	2	-	6
Разом	11	7	6	6	30

Дільнична станція Д обслуговує транзитні поїзди зі зміною локомотива. Розміри руху транзитних вагонопотоків без переробки наведено в таблиці 3.2 (згідно з таблицею А.3 Додатку А).

Таблиця 3.2 – Транзитний вагонопотік без переробки станції Д

На Із	А	Б	М	Разом
А	-	1040	780	1820
Б	585	-	195	780
М	910	195	-	1105
Разом	1495	1235	975	3705

Станція Д розформовує дільничні та збірні поїзди, що надходять у переробку, а також формує поїзди згідно з Планом формування. Розміри транзитного вагонопотоку з переробкою станції Д наведено в таблиці 3.3 (згідно з Додатком А.2, таблиця А.4).

Таблиця 3.3 –Вагонопотік з переробкою станції Д

З \ На	А	Б	М	Д	Разом
А	-	233	166	16	415
Б	183	-	68	10	261
М	131	107	-	14	252
Д	16	10	14	-	40
Разом	330	350	248	40	968

### 3.2 Визначення маси вантажного поїзда

Масу поїзда визначають із умови повного використання потужності та тягових якостей локомотиву, а також кінетичної енергії поїзду у відповідності з нормами, що приведені в [48]. При цьому розрахунок маси составу виконують виходячи з наступних умов безупинного руху:

- а) за розрахунковим підйомом з рівномірною швидкістю;
- б) за найважчими підйомам за використанням кінетичної енергії поїзда.

Розрахунковий підйом приймають виходячи з аналізу найважчих елементів подовжного профілю, рівня допустимої швидкості прямовання поїздів по стану колії, розташування зупинкових пунктів.

Максимальну масу составу визначимо за формулою згідно [48]:

$$Q = \frac{F_{\text{кр}} - P(\omega_0' + i_p)}{\omega_0'' + i_p}, \quad (3.1)$$

де  $F_{\text{кр}}$  – розрахункова сила тяги локомотива,  $H$ ;

$P$  – розрахункова маса локомотива,  $t$ ;

$\omega_0'$  – основний питомий опір руху локомотива,  $H/kH$ ;

$\omega_0''$  – основний питомий опір руху поїзда,  $H/kH$  ;

$i_p$  – крутизна розрахункового керівного підйому, ‰.

Основний питомий опір руху локомотива  $\omega'_0$  в режимі тяги залежить від швидкості руху і конструкції колії. Основний питомий опір руху для електровозів при русі по ланковій колії визначається за формулою [48]:

$$\omega'_0 = 1,9 + 0,01V_p + 0,0003V_p^2, \quad (3.2)$$

де  $V_p$  – розрахункова швидкість локомотива, *км/год*.

Основний питомий опір руху вантажних вагонів  $\omega'_0$  у складі поїзда визначається за формулою [48]:

$$\omega''_0 = 0,7 + \frac{3 + 0,1V_p + 0,0025V_p^2}{q_0}, \quad (3.3)$$

де  $q_0$  – навантаження на вісь вагона, *т/вісь*.

$$q_0 = \frac{q_{бр}}{n_{осей}}, \quad (3.4)$$

де  $n_{осей}$  – кількість осей вагона,  $n_{осей} = 4$ .

Маса вагону брутто визначається за формулою

$$q_{бр} = q_n + q_t, \quad (3.5)$$

де  $q_n$  – маса вагону нетто; приймаємо, зважаючи на характер вантажу, що переважно перевозиться у вантажних вагонах через станцію, *т*;

$q_t$  – тара вагону, *т*.

Згідно Додатку А прийнято  $q_n = 54 \text{ т}$ ;  $q_t = 22 \text{ т}$ , тоді

$$q_{бр} = 54 + 22 = 76 \text{ т}.$$

Навантаження на вісь становитиме

$$q_0 = \frac{76}{4} = 19 \text{ т/вісь.}$$

Визначимо масу поїзда для лінії Д – А.

Для електровоза ВЛ-80 згідно [48] прийнято  $V_p = 42,2 \text{ км/год}$ ,  $F_{кр} = 49000 \text{ Н}$ , керівний ухил на ділянці  $i_p = 8,2\text{‰}$  згідно Додатку А.1, таблиці А.1.

$$\omega'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot 44,2 + 0,0003 \cdot (44,2)^2 = 2,92 \text{ Н/кН};$$

$$\omega''_0 = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 44,2 + 0,0025 \cdot (44,2)^2}{19} = 1,34$$

$$Q = \frac{49000 - 192 \cdot (2,92 + 8,2)}{1,34 + 8,2} = 4912 \text{ т};$$

Приймаємо  $Q = 4900 \text{ т}$ .

Визначимо масу поїзда для ділянки Д – Б.

Керівний ухил на ділянці  $i_p = 7,7\text{‰}$  згідно Додатку А.1, таблиці А.1.

$$\omega'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot 44,2 + 0,0003 \cdot (44,2)^2 = 2,92 \text{ Н/кН};$$

$$\omega''_0 = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 44,2 + 0,0025 \cdot (44,2)^2}{19} = 1,34 \text{ Н/кН};$$

$$Q = \frac{49000 - 192 \cdot (2,92 + 7,7)}{1,34 + 7,7} = 5194 \text{ т};$$

Приймаємо  $Q = 5150 \text{ т}$ .

Визначимо масу поїзда для ділянки Д – М.

Керівний ухил на ділянці  $i_p = 6,9\text{‰}$  згідно Додатку А.1, таблиці А.1.

$$\omega'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot 44,2 + 0,0003 \cdot (44,2)^2 = 2,92 \text{ Н/кН};$$

$$\omega''_0 = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 44,2 + 0,0025 \cdot (44,2)^2}{19} = 1,34 \text{ Н/кН};$$

$$Q = \frac{49000 - 192 \cdot (2.92 + 6.9)}{1.34 + 6.9} = 5717 \text{ т};$$

Приймаємо  $Q = 5700 \text{ т}$ .

Оскільки із трьох ділянок маса состава на ділянці Д-А найменша, то для даної станції на всі напрямки приймаємо уніфіковану норму маси поїзда  $Q = 4900 \text{ т}$ .

### 3.3 Визначення кількості вагонів у составі поїзда

Для визначення корисної довжини станційних колій необхідно визначити кількість вантажних вагонів в складі поїзда за формулою:

$$m_{\text{п}} = \frac{Q}{q_{\text{бр}}}, \quad (3.6)$$

$$m_{\text{п}} = \frac{4900}{76} = 65 \text{ ваг.}$$

Виконуємо перевірку довжини поїзда по довжині приймально-відправних колій. Згідно вихідних даних на станції найменша корисна довжина колій дорівнює 1050 м, тобто довжина поїзда не повинна перевищувати 1050 м з урахуванням відстані на неточність установки поїзда.

Довжина поїзда визначається за формулою:

$$L_{\text{п}} = m_{\text{п}} l_{\text{в}} + l_{\text{л}}, \quad (3.7)$$

де  $l_{\text{л}}$  – довжина локомотива, м;

$l_{\text{в}}$  – довжина вагона, м.

Згідно [48] прийнято  $l_{\text{л}} = 32,84 \text{ м}$ ;  $l_{\text{в}} = 14 \text{ м}$ . Тоді довжина поїзда складе:

$$L_{\text{п}} = 65 \cdot 14 + 33 = 942,84 \text{ м.}$$

Необхідну довжину приймально-відправних колій визначимо як

$$L_{\text{кор}} = L_{\text{п}} + a, \quad (3.8)$$

$a$  – неточність установки поїзда, згідно [48]  $a = 10 \text{ м}$ .



$$L_{\text{кор}} = 942,84 + 10 = 952,84 \text{ м.}$$

Оскільки 952,84 м не перевищує 1050 м то такі состави зможуть обслуговуватись на станції Д.

Отже, приймаємо 65 вагонів у складі поїзда. Це задовольняє вимогам щодо умов повного використання потужності та тягових якостей локомотива. При цьому довжина поїзда не перевищує корисну довжину приймально-відправних колій станції Д.

### 3.4 Визначення розрахункових поїздопотоків станції

Транзитний поїздопотік станції Д визначимо з використанням значень табл. 3.2 та визначеної кількості вагонів у составі вантажного поїзда, яка складає 65 вагонів.

Кількість транзитних поїздів можна визначити за формулою:

$$N_i = \frac{n_i}{m_{\text{п}}}, \quad (3.9)$$

де  $n_i$  – добовий вагонопотік на  $i$ -му напрямі.

Для прикладу визначимо транзитний поїздопотік із А на Б при транзитному вагонопотоці без переробки 1040 ваг та кількості вагонів у составі 65 ваг (див. табл. 3.2).

$$N_{\text{т}}^{\text{А-Б}} = \frac{1040}{65} = 16 \text{ поїздів}$$

Результати розрахунків занесені в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Транзитний поїздопотік дільничної станції Д

На \ Из	А	Б	М	Разом
А	-	16	12	28
Б	9	-	3	12
М	14	3	-	17
Разом	23	19	15	57

Кількість поїздів в розформування можна визначити за формулою:

$$N_i = \frac{\sum n_i}{m_{\pi}}, \quad (3.10)$$

де  $\sum n_i$  – добовий вагонопотік на  $i$ -му напрямі

Для прикладу визначимо кількість поїздів в розформування із А при вагонопотоці з переробкою 415 ваг та кількості вагонів у составі 65 ваг (див. табл. 3.3).

$$N_p^A = \frac{415}{65} = 6,4 \text{ поїзда}$$

Прийнято  $N_p^A = 7 \text{ поїздів}$ , з них 5 дільничних та 2 збірних поїзда. Результати обчислень заносимо у таблицю 3.5.

Таблиця 3.5– Вагоно- та поїздопотік, що переробляється на станції Д

Із \ На		А	Б	М	Д	Разом	Поїздопотік у розформ.	
							Дільн.	Збірні
Вагонопотік у розформування	А	-	233	166	16	415	5	2
	Б	183	-	68	10	261	3	2
	М	131	107	-	14	252	3	1
	Д	16	10	14	-	40	-	-
Разом		330	350	248	40	968	-	-
Поїздопотік св. формування	Дільн.	5	3	3	-	-	11	-
	Збірні	2	2	1	-	-	-	5

За результатами розрахунків складено сумарну таблицю поїздопотоків станції Д (таблиця 3.6). В чисельнику наведена кількість вантажних поїздів, в знаменнику – кількість пасажирських поїздів.

Таблиця 3.6 – Загальний поїздопотік станції Д

Із \ На	А	Б	М	Д			Разом
				Дільн.	Збірні	Приміські	
А	-	16/5	12/4	5	2	2	35/11
Б	9/5	-	3/-	3	2	2	17/7
М	14/4	3/-	-	3	1	2	21/6
Д	Дільн.	5	3	3	-	-	11
	Збірні	2	2	1	-	-	5
	Приміські	2	2	2	-	-	6
Разом	30/11	24/7	19/6	11	5	6	89/30

Наведені дані будуть використані для побудови діаграм вагоно- та поїздо- потоків станції Д та перевірки її технічного оснащення.

### 3.5 Визначення потрібної пропускної здатності прилеглих ліній

Потрібна пропускна спроможність ліній визначається за формулою [49]:

$$N_{\Pi} = \alpha(N_{\text{в}} + N_{\text{пас}}\varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}}(\varepsilon_{\text{зб}} - 1)), \quad (3.11)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт резерву пропускної спроможності;

$N_{\text{в}}$  – кількість вантажних поїздів на даній лінії (з урахуванням збірних);

$N_{\text{пас}}, N_{\text{зб}}$  – кількість пасажирських і збірних поїздів на даній лінії;

$\varepsilon_{\text{пас}}, \varepsilon_{\text{зб}}$  - коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими і збірними.

Згідно [49] прийнято  $\alpha = 1,2$ ;  $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,3$ ;  $\varepsilon_{\text{зб}} = 2$ . Тоді отримаємо таке:

$$N_{\Pi}^{\text{А-Д}} = 1,2 \cdot (35 + 11 \cdot 1,3 + 2 \cdot (2 - 1)) = 62 \text{ пари поїздів};$$

$$N_{\Pi}^{\text{Б-Д}} = 1,2 \cdot (24 + 7 \cdot 1,3 + 2 \cdot (2 - 1)) = 43 \text{ пари поїздів};$$

$$N_{\Pi}^{\text{М-Д}} = 1,2 \cdot (21 + 6 \cdot 1,3 + 1 \cdot (2 - 1)) = 37 \text{ пар поїздів}.$$

Потрібне технічне оснащення повністю відповідає наявному, та складає двоколіїні лінії А–Д та Б–Д, та одноколіїну лінію Д–М. Усі прилеглі до станції Д лінії оснащені автоблокуванням.

## 4 НОРМУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА РОЗРАХУНОК КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТАНЦІЇ Д

### 4.1 Розподіл поїздопотоків по паркам дільничної станції Д

Розподіл поїздопотоків по паркам виконано згідно з підрозділом 3.2 та на основі таблиці 3.6. Результати розподілу наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1– Розподіл поїздопотоків по паркам станції Д

З На		А	Б	М	Д		Разом
					дільничні	збірні	
А		-	16/ ПВ2	12*/ ПВ2	5 / ПВ2	2 / ПВ2	35
Б		9/ ПВ1	-	3*/ ПВ1	3 / ПВ2	2 / ПВ2	17
М		14*/ ПВ1	3*/ ПВ1	-	3 / ПВ2	1 / ПВ2	21
Д	дільничні	5/ ПВ2	3/ ПВ2	3/ ПВ2			
	збірні	2/ ПВ2	2/ ПВ2	1/ ПВ2			
Разом		30	24	19			89

Примітки: чисельник – кількість вантажних поїздів;

знаменник – номер парку, в який надходять поїзда;

\* - транзитні поїзди, що проходять станцію зі зміною локомотива.

### 4.2 Методика визначення кількості колій в приймально-відправних парках станції

Кількість колій в приймально-відправному парку визначається за формулою згідно [49]:

$$m = \sum_{j=1}^n \frac{\bar{t}_{\text{зан}}}{I_j} \gamma_j, \quad (4.1)$$

де  $\bar{t}_{\text{зан}}$  – середньозважений час заняття колії поїздом;

$I_j$  – розрахунковий інтервал прибуття поїздів  $j$ -ї лінії;

$\gamma_j$  – частка поїздів, які поступають з  $j$ -ї лінії від загальної кількості поїздів, прибуваючих на станцію з цієї лінії;

$n$  – кількість ліній, що примикають до станції.

### 4.3 Визначення середньозваженого часу заняття колії поїздом

Щоб визначити середньозважений час заняття колій приймально-відправного парка, необхідно всі поїзди розділити на групи, для яких час заняття буде однаковим.

Середньозважений час визначається згідно [49] за формулою:

$$t_{\text{зан}} = \frac{\sum_{i=1}^k t_{\text{зан}_i} N_i}{\sum_{i=1}^k N_i}, \quad (4.2)$$

де  $t_{\text{зан}_i}$  – час заняття колії поїздом  $i$  - ї групи;

$N_i$  – середньодобова кількість поїздів  $i$  - ї групи, які оброблюються;

$k$  - кількість груп поїздів.

Час заняття колії приймально-відправного парку кожної групи складається з двох елементів [49]:

$$t_{\text{зан}} = t_{\text{Т}} + t_{\text{ОВ}}, \quad (4.3)$$

де  $t_{\text{Т}}$  – час виконання всіх технологічних операцій з урахуванням міжопераційних простоїв;

$t_{\text{ОВ}}$  – час очікування виводу (відправлення чи прибирання) поїзда з парка.

#### 4.3.1 Визначення тривалості технологічних операцій з поїздами

Тривалість технологічних операцій з поїздами залежить від їх категорії і визначається за наступними формулами [49]:

- транзитний без зміни локомотива

$$t_{\text{Т}}^{\text{ТБ}} = t_{\text{П}} + t_{\text{ОЧ}}^{\text{ТБ}} + t_{\text{ОЖ}}^{\text{ТБ}} + t_{\text{В}}; \quad (4.4)$$

- транзитний зі зміною локомотива

$$t_{\text{Т}}^{\text{ТЗ}} = t_{\text{П}} + t_{\text{ОЧ}}^{\text{ТЗ}} + t_{\text{ОБ}}^{\text{ТЗ}} + t_{\text{В}}; \quad (4.5)$$

- дільничний, який надходить у переробку:

$$t_{\text{т}}^{\text{д}} = t_{\text{п}} + t_{\text{оч}}^{\text{д}} + t_{\text{об}}^{\text{д}} + t_{\text{пр}} ; \quad (4.6)$$

– збірний, який надходить у переробку:

$$t_{\text{т}}^{\text{зб}} = t_{\text{п}} + t_{\text{оч}}^{\text{зб}} + t_{\text{об}}^{\text{зб}} + t_{\text{пр}} ; \quad (4.7)$$

– поїзд свого формування (дільничний, збірний):

$$t_{\text{т}}^{\text{сф}} = t_{\text{под}} + t_{\text{оч}}^{\text{сф}} + t_{\text{об}}^{\text{сф}} + t_{\text{в}} , \quad (4.8)$$

де  $t_{\text{п}}$  – час заняття колії при прийманні поїзда на станцію;

$t_{\text{об}}^{\text{тб}}, t_{\text{об}}^{\text{тз}}, t_{\text{об}}^{\text{д}}, t_{\text{об}}^{\text{зб}}, t_{\text{об}}^{\text{сф}}$  час обробки поїзда відповідної категорії;

$t_{\text{оч}}^{\text{тб}}, t_{\text{оч}}^{\text{тз}}, t_{\text{оч}}^{\text{д}}, t_{\text{оч}}^{\text{зб}}, t_{\text{оч}}^{\text{сф}}$  час очікування обробки поїзда відповідної категорії, який

виникає в період згущеного прибуття поїздів на станцію, згідно [49]  $t_{\text{оч}} = 0,35 \cdot t_{\text{об}}$ ;

$t_{\text{пр}}$  – час заняття колії при прибиранні з неї поїзда на витяжну колію;

$t_{\text{под}}$  – час заняття колії при подачі на неї поїзда з витяжної колії;

Час заняття колії при прийомі поїзда на станцію у випадку, коли поїзд в момент відкриття вхідного сигналу знаходиться від нього на відстані двох блок-ділянок, визначається за формулою:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot l_{\text{бл}}''}{V} + \frac{0,06(l_{\text{бл}}' + L_{\text{вх}})}{V_{\text{вх}}} , \quad (4.9)$$

де  $l_{\text{бл}}'$ ,  $l_{\text{бл}}''$  – довжини блок-ділянок;

$V$  – встановлена швидкість слідування поїзда по перегону, вона складає 80% від конструкційної;

$V_{\text{вх}}$  – середня швидкість входу поїзда на станцію;

$t_{\text{м}}$  – час приготування маршруту і відкриття сигналу;

$L_{\text{вх}}$  – відстань, яку проходить поїзд від вхідного сигналу до зупинки на колії приймально-відправного парка, що визначається як:

$$L_{\text{BX}} = l_{\text{с}} + l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (4.10)$$

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

$l_{\text{гор}}$  – довжина горловини парка;

$l_{\text{п}}$  – довжина поїзда.

Згідно [49] прийнято  $l'_{\text{ол}} = 1400 \text{ м}$ ;  $l''_{\text{ол}} = 1200 \text{ м}$ ;  $V = 0,8 \times 110 = 88 \text{ км/год}$ ;  
 $V_{\text{BX}} = 40 \text{ км/год}$ ;  $t_{\text{м}} = 0,1 \text{ хв}$ ;  $l_{\text{с}} = 300 \text{ м}$ ;  $l_{\text{гор}} = 400 \text{ м}$ . Згідно п. 4.3  $l_{\text{п}} = 942,84 \text{ м}$ .

Тоді

$$L_{\text{BX}} = 300 + 330 + 942,84 = 1642,84 \text{ м};$$

$$t_{\text{п}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1200}{88} + \frac{0,06 \cdot (1400 + 1642,84)}{38} = 5,48 \text{ хв}.$$

Час заняття маршруту при відправленні поїзда визначається за формулою:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 L_{\text{вих}}}{V_{\text{вих}}}, \quad (4.11)$$

де  $V_{\text{вих}}$  – середня швидкість виходу поїзда з урахуванням розгону,  
 $V_{\text{вих}} = 30 \text{ км/год}$  [49];

$L_{\text{вих}}$  - відстань, яку проходить поїзд до моменту визволення маршруту:

$$L_{\text{вих}} = l_{\text{гор}} + l_{\text{п}},$$

$$L_{\text{вих}} = 400 + 942,84 = 1342,84 \text{ м};$$

$$t_{\text{в}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1342,84}{30} = 2,79 \text{ хв}.$$

Час заняття приймально–відправної колії при подачі і прибиранні состава визначається як тривалість відповідних напіврейсів подачі  $t_{\text{под}}$  і прибирання  $t_{\text{пр}}$ :

$$t = a + b m_{\text{п}}, \quad (4.12)$$

де:  $a$ ,  $b$  – нормативні коефіцієнти;

$$l = l_{\text{п}} + l_{\text{гор}} = 942,84 + 400 = 1342,84 \text{ м}.$$

Таким чином згідно [49]:  $a = 2,72$  ,  $b = 0,086$ . Тривалість зайняття колії при подачі і прибиранні состава із  $m_c = 65$  вагонів становить:

$$t_{\text{под}} = t_{\text{пр}} = 2,72 + 0,086 \cdot 65 = 8,31 \text{ хв.}$$

Тривалість технічного обслуговування складу транзитного поїзда без зміни локомотива та поїзда, що надходить в переробку, визначається за формулою:

$$t_{\text{то}} = \frac{\tau m_c}{K_{\text{гр}}} + a, \quad (4.13)$$

де  $\tau$  – середня тривалість технічного огляду одного вагона,  $\tau = 0,9$  хв;

$K_{\text{гр}}$  – число груп оглядачів у бригаді ПТО,  $K_{\text{гр}} = 1 \dots 4$ ;

$a$  – час підготовчо-заклучних операцій, що припадає на один состав,  $a = 2$  хв.

Тривалість технічного обслуговування складу транзитного поїзда зі зміною локомотива та поїзда свого формування визначається за формулою:

$$t_{\text{то}} = \frac{\tau m_c}{K_{\text{гр}}} + \alpha t_{\text{рем}} + a, \quad (4.14)$$

де  $\alpha$  – частка составів, що потребують трудомісткого безвідчіпного ремонту вагонів,  $\alpha = 0,2$ ;

$t_{\text{рем}}$  – середній час виконання безвідчіпного ремонту вагонів, що припадає на один состав,  $t_{\text{рем}} = 12$  хв.

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО визначається за формулою:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{N t_{\text{то}}}{1440 S}, \quad (4.15)$$

де  $N$  – кількість составів, що обслуговуються у парку протягом доби;

$S$  – кількість бригад ПТО,  $S = 1$ .

Отримане за формулою (4.15) значення повинне знаходитись у діапазоні 0,75...0,85. Якщо коефіцієнт завантаження менший, ніж 0,75, то приймаємо найближче до нього значення.



Згідно з табл. 4.1 для парка ПВ1 кількість поїздів становитиме:

- транзитних без зміни локомотива – 9 поїздів;
- транзитних поїздів зі зміною локомотива – 20 поїздів.

Для парка ПВ2 кількість поїздів становитиме:

- транзитних без зміни локомотива та поїздів в переробку – 32 поїзда;
- транзитних поїздів зі зміною локомотива та поїздів свого формування – 28 поїздів.

Наприклад, для парка ПВ2 при  $m = 65$  вагонів та  $K_{гр} = 1$  група:

- тривалість технічного обслуговування состава транзитного поїзда без зміни локомотива та поїзда, що надходить в переробку, складає:

$$t_{то} = \frac{0,9 \cdot 65}{1} + 2 = 60,5 \text{ хв};$$

- тривалість технічного обслуговування состава транзитного поїзда зі зміною локомотива та поїзда свого формування:

$$t_{то} = \frac{0,9 \cdot 65}{1} + 0,2 \cdot 12 + 2 = 62,9 \text{ хв};$$

- коефіцієнт завантаження бригади ПТО:

$$\Psi_{бр} = \frac{32 \cdot 60,5 + 28 \cdot 62,9}{1440 \cdot 1} = 2,57.$$

Як видно, при  $K_{гр} = 1$  завантаження бригади ПТО перевищує допустиму норму. Тому слід виконати розрахунки для  $K_{гр} = 2..4$  та обрати такий варіант, при якому  $0,75 \leq \Psi_{бр} \leq 0,85$ . Результати розрахунку тривалості технічного обслуговування составів поїздів і коефіцієнтів завантаження бригади ПТО у парках ПВ1 і ПВ2 зведено у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 - Тривалість технічного обслуговування составів поїздів і коефіцієнти завантаження бригади ПТО

$K_{гр}$	Тривалість технічного обслуговування $t_{то}, хв$		$\Psi_{бр}$ для парку	
	для транзитного поїзда без зміни локомотива та поїзда, що надходить в переробку	для транзитного поїзда зі зміною локомотива та поїзда свого формування	ПВ1	ПВ2
1	60,5	62,9	1,25	2,57
2	31,25	33,65	0,65	1,35
3	21,5	23,9	0,47	0,94
4	16,63	19,03	0,37	0,74

Таким чином у подальших розрахунках будуть використовуватися тривалості технічного обслуговування составів поїздів для бригади ПТО з такими параметрами: для парку ПВ-1  $K_{гр} = 2$  групи; для парку ПВ-2  $K_{гр} = 4$  групи.

Згідно [49] для збірної поїзда, що надходить у переробку, додається 5 хв на складання сортувального листка, а для транзитного зі зміною локомотива та поїзда свого формування – 10 хв на причеплення локомотива та випробування автогальм.

Таким чином, для ПВ2 тривалість обробки поїздів становитиме:

- транзитного без зміни локомотива та дільничного в переробку –  $t_{об}^{тб} = t_{об}^д = 16,63$  хв;
- збірної в переробку –  $t_{об}^{зб} = 16,63 + 5 = 21,63$  хв;
- транзитного зі зміною локомотива та свого формування –  $t_{об}^{тз} = t_{об}^{сф} = 19,03 + 10 = 29,03$  хв.

Для ПВ1 тривалість обробки поїздів становитиме:

- транзитного без зміни локомотива –  $t_{об}^{тб} = 31,25$  хв;
- транзитного зі зміною локомотива –  $t_{об}^{тз} = 33,65 + 10 = 43,65$  хв.

Таким чином, тривалість виконання технологічних операцій з поїздами різних категорій у парку ПВ-2 буде дорівнювати:

- транзитний без зміни локомотива

$$t_T^{\text{тб}} = 5,48 + 5,82 + 16,63 + 2,79 = 30,72 \text{ хв};$$

- транзитний зі зміною локомотива

$$t_T^{\text{тз}} = 5,48 + 10,16 + 29,03 + 2,79 = 47,46 \text{ хв};$$

- дільничний переробку

$$t_T^{\text{д}} = 5,48 + 5,82 + 16,63 + 8,31 = 36,24 \text{ хв};$$

- збірний в переробку

$$t_T^{\text{зб}} = 5,48 + 7,57 + 21,63 + 8,31 = 42,99 \text{ хв};$$

- поїзд свого формування

$$t_T^{\text{сф}} = 8,31 + 10,16 + 29,03 + 2,79 = 50,29 \text{ хв}.$$

Тривалість виконання технологічних операцій з поїздами різних категорій у парку ПВ-1 буде дорівнювати:

- транзитний без зміни локомотива

$$t_T^{\text{тб}} = 5,48 + 10,94 + 31,25 + 2,79 = 50,46 \text{ хв};$$

- транзитний зі зміною локомотива

$$t_T^{\text{тз}} = 5,48 + 15,28 + 43,65 + 2,79 = 67,2 \text{ хв}.$$

#### 4.3.2 Визначення середнього часу простою поїздів в очікуванні відправлення

Середній час простою поїздів в очікуванні відправлення на дану лінію визначається за формулою [49]:

$$t_{\text{ов}} = \frac{720 N_{\text{в}} (1 + \vartheta_{\text{в}}^2)}{N_{\text{в}}^{\text{max}} (N_{\text{в}}^{\text{max}} - N_{\text{в}})}, \quad (4.16)$$

де  $\vartheta_{\text{в}}$  - коефіцієнт варіації інтервалів відправлення поїздів на дану лінію, згідно [49] прийнято  $\vartheta_{\text{в}} = 0,7$ .

Максимальна кількість вантажних поїздів  $N_{\text{гр}}^{\text{max}}$  визначається за формулою:

$$N_{\text{в}}^{\text{max}} = N - N_{\text{пас}} \varepsilon_{\text{пас}} - N_{\text{зб}} (\varepsilon_{\text{зб}} - 1), \quad (4.17)$$

де  $N$  – наявна пропускна спроможність даної лінії.

Величина наявної пропускної спроможності визначається за потрібною, користуючись при цьому [49, табл.4]:

– Лінія Д-А:

при  $N_{\Pi} = 62$  пари поїздів отримаємо  $N = 100$  пар поїздів;

тоді  $N_{\text{вант}}^{\max} = 100 - 11 \cdot 1,3 - 2 \cdot (2-1) = 83$  пари поїздів;

– Лінія Д-Б:

при  $N_{\Pi} = 43$  пари поїздів отримаємо  $N = 54$  пари поїздів;

тоді  $N_{\text{вант}}^{\max} = 54 - 7 \cdot 1,3 - 2 \cdot (2-1) = 42$  пари поїздів;

– Лінія Д-М:

при  $N_{\Pi} = 36$  пар поїздів отримаємо  $N = 48$  пар поїздів;

тоді  $N_{\text{вант}}^{\max} = 48 - 6 \cdot 1,3 - 1 \cdot (2-1) = 39$  пар поїздів.

Таким чином, час очікування відправлення становитиме:

– Лінія Д-А:

$$t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot 30 \cdot (1 + 0,7^2)}{83 \cdot (83 - 30)} = 7,32 \text{ хв};$$

– Лінія Д-Б:

$$t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot 24 \cdot (1 + 0,7^2)}{42 \cdot (42 - 24)} = 34,06 \text{ хв};$$

– Лінія Д-М:

$$t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot 19 \cdot (1 + 0,7^2)}{39 \cdot (39 - 19)} = 26,13 \text{ хв.}$$

4.3.3 Визначення середнього часу простою поїздів в приймально–відправному парку в очікуванні розформування

Середній час простою поїздів в приймально–відправному парку в очікуванні розформування визначається за формулою:

$$t_{\text{опр}} = \frac{N_{\text{п}} t_{\text{г}}^2 (1 + \vartheta_{\text{г}}^2)}{2(1440 - N_{\text{п}} t_{\text{г}})}, \quad (4.18)$$

де  $\vartheta_{\text{г}}$  – коефіцієнт варіації гірочного інтервалу, згідно [49] прийнято  $\vartheta_{\text{г}} = 0,5$ .

Гірочний технологічний інтервал при одному локомотиві на гірці визначається з виразу [49]:

$$t_{\text{г}} = t_{\text{з}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{над}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{ос}}, \quad (4.19)$$

де  $t_{\text{з}}$  – час заїзду гірочного локомотива із сортувального в приймально-відправний парк;

$t_{\text{пр}}$  – час прибирання поїзда з колії приймально-відправного парка на витяжну колію;

$t_{\text{над}}$  – час насуву поїзда до вершини гірки;

$t_{\text{роз}}$  – час розпуску складу поїзда;

$t_{\text{ос}}$  – час на осаджування, яке приходить на один поїзд.

Тривалість заїзду  $t_{\text{з}}$  і прибирання  $t_{\text{пр}}$  визначаються аналогічно тривалості подачі. Таким чином при  $m_{\text{п}} = 65$  вагонів величина  $t_{\text{з}}$  визначається наступним чином. Заїзд локомотива складається із двох напіврейсів  $l_1 = 140$  м і  $l_2 = 380$  м. У відповідності з [49]  $a_1 = 0,81$ ;  $a_2 = 1,21$ .

Таким чином  $t_{\text{з}} = 0,81 + 1,21 = 2,02$  хв.

Час прибирання складу поїзда із приймально-відправного парка на витяжну колію дорівнює  $t_{\text{пр}} = 2,72 + 65 \cdot 0,086 = 8,31$  хв.

Величини  $t_{\text{над}}$ ,  $t_{\text{роз}}$ ,  $t_{\text{ос}}$  визначаються відповідно за формулами:

$$t_{\text{над}} = \frac{0,06 l_{\text{над}}}{V_{\text{над}}}, \quad (4.20)$$

$$t_{\text{роз}} = \frac{0,06 m_{\text{п.в}} l}{V_{\text{роз}}}, \quad (4.21)$$

$$t_{\text{ос}} = 0,06m_{\text{п}} , \quad (4.22)$$

де  $l_{\text{над}}$  – довжина колії насуву;

$V_{\text{над}}$  – швидкість насуву;

$V_{\text{роз}}$  – швидкість розпуску

Згідно [50] прийнято  $V_{\text{над}} = 7 \text{ км/год}$ ;  $V_{\text{роз}} = 4 \text{ км/год}$ . Таким чином величини  $t_{\text{над}}$ ,  $t_{\text{роз}}$ ,  $t_{\text{ос}}$  складуть:

$$t_{\text{над}} = \frac{0,06 \cdot 140}{7} = 1,2 \text{ хв}; \quad t_{\text{роз}} = \frac{0,06 \cdot 65 \cdot 14,5}{4} = 14,14 \text{ хв};$$

$$t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot 5 = 3,9 \text{ хв}.$$

Гірочний технологічний інтервал дорівнює:

$$t_{\Gamma} = 2,02 + 8,31 + 1,2 + 14,14 + 3,9 = 29,57 \text{ хв}.$$

Тоді час очікування прибирання становить:

$$t_{\text{опр}} = \frac{16 \cdot 29,57^2 \cdot (1 + 0,5^2)}{2 \cdot (1440 - 16 \cdot 29,57)} = 9,38 \text{ хв}.$$

Розрахунок часу  $\bar{t}_3$  для приймально-відправного парку виконується у вигляді таблиці 4.3, яка заповнюється на базі табл. 4.1 і отриманих значень тривалості технологічних операцій; при цьому кожний рядок таблиці відповідає окремій групі поїздів.

Середньозважений час заняття колії розраховується за формулою (4.1) та за підсумками таблиці 4.3:

– парк ПВ1:

$$t_{\text{зан}}^{\text{-ПВ1}} = \frac{2147,07}{29} = 74,04 \text{ хв};$$

– парк ПВ2:

$$t_{\text{зан}}^{\text{-ПВ2}} = \frac{3813,93}{60} = 63,57 \text{ хв}.$$

Таблиця 4.3 – Розрахунок тривалості зайняття колій

№	Категорія поїзда	Напрямок слідування	$t_{\text{т}}, \text{хв}$		$t_{\text{ов}}, \text{хв.}$	$t_{\text{зан}}, \text{хв}$		ПВ1		ПВ2	
								$N$	$Nt_{\text{зан}}$	$N$	$Nt_{\text{зан}}$
			ПВ1	ПВ2		ПВ1	ПВ2				
1	Транзитні без зміни локомотива	На А	50,46	-	7,32	57,78	-	9	520,02	-	-
		На Б	-	30,72	34,06	-	64,78	-	-	16	1036,48
		На М	-	30,72	26,13	-	56,65	-	-	-	-
2	Транзитні зі зміною локомотива	На А	67,2	-	7,32	74,52	-	14	1043,28	-	-
		На Б	67,2	-	34,06	101,26	-	3	303,78	-	-
		На М	67,2	47,46	26,13	93,33	73,59	3	279,99	12	883,08
3	Дільничні	В розф.	-	36,24	9,38	-	45,62	-	-	11	501,82
4	Збірні	В розф.	-	42,99	9,38	-	52,37	-	-	5	261,85
5	Свого формування	На А	-	50,29	7,32	-	57,61	-	-	7	403,27
		На Б	-	50,29	34,06	-	84,35	-	-	5	421,75
		На М	-	50,29	26,13	-	76,42	-	-	4	305,68
Всього								29	2147,07	60	3813,93

#### 4.4 Визначення часу закінчення формування составів

Тривалість випробування автогальм визначається за формулою:

$$t_{\text{гал}} = 3,0 + 0,14 \cdot m, \quad (4.23)$$

де  $m$  – кількість вагонів в составі.

$$t_{\text{гал}} = 3,0 + 0,14 \cdot 65 = 12,1 \text{ хв.}$$

Час на закінчення формування состава дільничного поїзда визначається як

$$t_{\text{зф}}^{\text{д}} = B + Em_{\text{ф}}, \quad (4.24)$$

де  $B$ ,  $E$  – нормативи часу, які вибираються у залежності від середньої кількості розчеплених вагонів  $n_0$ . Згідно [50] прийнято  $n_0 = 0,5$ ;  $B = 1,6$ ;  $E = 0,1$ .

$$t_{\text{зф}}^{\text{д}} = 1,6 + 0,1 \cdot 65 = 8,1 \text{ хв}$$

Тривалість закінчення формування состава збірного поїзда визначається як

$$t_{\text{зф}}^{\text{зб}} = T_{\text{с}} + T_{\text{зб}}, \quad (4.25)$$

де  $T_c$  – час на сортування поїзда;

$T_{зб}$  – час на збирання вагонів.

$$T_c = Ag + Bm_c, \quad (4.26)$$

де  $A, B$  – нормативні коефіцієнти, що залежать від способу сортування, ухилу втяжних колій і стрілочної зони;

$g$  – кількість відчепів у поїзді, що сортується.

З Додатку А прийнято  $g = 13$  відчепів; згідно [50] –  $A = 0,81$ ,  $B = 0,4$ .

$$T_c = 0,81 \cdot 13 + 0,4 \cdot 35 = 26,53 \text{ хв}$$

Час на збирання вагонів визначається як:

$$T_{зб} = 1,8p + 0,3m_{зб}, \quad (4.27)$$

де  $p$  – кількість колій, з яких вагони переставляють на колію збірки;

$m_{зб}$  – кількість вагонів, що переставляються на колію збірки.

$$p = k_{ст} - 1 \quad (4.28)$$

де  $k_{ст}$  – кількість проміжних станцій, що обслуговуються збірним поїздом.

Згідно таблиці А.8 Додатку А прийнято  $k_{ст} = 7$  станцій;  $m_{зб} = 35$  ваг.

$$p = 7 - 1 = 6 \text{ станцій};$$

$$T_{зб} = 1,8 \cdot 6 + 0,3 \cdot 35 = 22,8 \text{ хв};$$

$$t_{зф}^{зб} = 27,2 + 22,8 = 50 \text{ хв.}$$

#### 4.5 Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів в приймально-відправні парки

Розрахунковий інтервал прибуття визначається для кожної лінії, що приймає до станції, в тому числі і для сортувального парку, з якого поступають поїзда свого формування:



$$I = \frac{\bar{I} + I_{\min}}{2}, \quad (4.29)$$

де  $\bar{I}, I_{\min}$  - відповідно середній і мінімальний інтервали прибуття поїздів з даної лінії.

Мінімальний інтервал прибуття поїздів з лінії приймаємо згідно [49]; він залежить від прийнятої пропускної спроможності ділянки  $N$ .

Мінімальний інтервал надходження поїздів свого формування із сортувального парка визначається за формулою:

$$I_{\min}^{\text{сф}} = \frac{\bar{t}_{\text{лф}}}{m_{\text{в}}}, \quad (4.30)$$

де  $\bar{t}_{\text{лф}}$  - середньозважений час зайнятості маневрового локомотива формуванням і виставкою поїздів в приймально-відправний парк;

$m_{\text{в}}$  - кількість витяжних колій, на яких може одночасно виконуватися формування і перестановка поїздів в приймально-відправний парк,  $m_{\text{в}} = 2$  [49].

Значення часу  $\bar{t}_{\text{лф}}$  визначається, як середньозважене для дільничних і збірних поїздів:

$$\bar{t}_{\text{лф}} = \frac{N_{\text{д}} t_{\text{лф}}^{\text{д}} + N_{\text{зб}} t_{\text{лф}}^{\text{зб}}}{N_{\text{д}} + N_{\text{зб}}}, \quad (4.31)$$

де  $t_{\text{лф}}^{\text{д}}, t_{\text{лф}}^{\text{зб}}$  - час зайнятості маневрового локомотива формуванням і виставкою в парк відповідно дільничних і збірних;

$N_{\text{д}}, N_{\text{зб}}$  - відповідно, кількість дільничних і збірних поїздів, які формуються на станції.

Час зайнятості локомотива визначається для дільничних і збірних поїздів за формулами:

$$t_{\text{лф}}^{\text{д}} = t_{\text{з}} + t_{\text{ф}}^{\text{д}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{под}}, \quad (4.32)$$

$$t_{\text{лф}}^{\text{зб}} = t_{\text{з}} + t_{\text{ф}}^{\text{зб}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{под}}, \quad (4.33)$$

де  $t_3$  – час заїзду маневрового локомотива;

$t_{\phi}^{\text{л}}, t_{\phi}^{\text{зб}}$  – час формування відповідно дільничного і збірних поїзда;

$t_{\text{пр}}$  – час прибирання поїзда із сортувального парка на витяжну колію;

$t_{\text{под}}$  – час подачі поїзда з витяжної колії в приймально–відправний парк

Згідно попередніх розрахунків  $t_3=2,02 \text{ хв}$ ;  $t_{\text{под}} = t_{\text{пр}}=8,31 \text{ хв}$ ;  $t_{\phi}^{\text{л}}=8,1 \text{ хв}$ ;

$t_{\phi}^{\text{зб}}=50 \text{ хв}$ . Таким чином:

$$t_{\text{лф}}^{\text{л}} = 2,02 + 8,1 + 8,31 + 8,31 = 26,74 \text{ хв};$$

$$t_{\text{лф}}^{\text{зб}} = 2,02 + 50 + 8,31 + 8,31 = 68,64 \text{ хв};$$

$$\bar{t}_{\text{лф}} = \frac{11 \cdot 26,74 + 5 \cdot 68,64}{11 + 5} = 32,81 \text{ хв};$$

$$I_{\text{мін}}^{\text{сф}} = \frac{32,81}{2} = 16,41 \text{ хв}.$$

Середній інтервал прибуття поїздів на станцію з кожної лінії визначається за формулою [49]:

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{N} (\beta (N_{\text{пас}} \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}} (\varepsilon_{\text{зб}} - 1)) + (\beta - 1) N_{\text{в}})}{N_{\text{в}}}, \quad (4.34)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт місячної нерівномірності розмірів вантажного руху;

$N_{\text{в}}$  – кількість вантажних поїздів, які прибувають на станцію з даної лінії;

$N_{\text{пас}}, N_{\text{зб}}$  – відповідно, кількість пасажирських і збірних поїздів, які прибувають на станцію з даної лінії.

Згідно [49] прийнято  $\beta = 1,15$ . Тоді середній інтервал прибуття поїздів з кожної лінії складе:

– лінія Д-А:

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{100} \cdot (1,15 \cdot (11 \cdot 1,3 + 2 \cdot (2 - 1)) + (1,15 - 1) \cdot 35)}{35} = 31,27 \text{ хв};$$

– лінія Д-Б:

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{54} \cdot (1,15 \cdot (7 \cdot 1,3 + 2 \cdot (2 - 1)) + (1,15 - 1) \cdot 17)}{17} = 60,68 \text{ хв};$$

– лінія Д-М:

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{18} \cdot (1,15 \cdot (6 \cdot 1,3 + 1 \cdot (2 - 1)) + (1,15 - 1) \cdot 21)}{21} = 49,61 \text{ хв}.$$

Середній інтервал перестановки в приймально–відправний парк поїздів свого формування визначається як:

$$\bar{I}_{\text{сф}} = \frac{1440}{N_{\text{сф}}}, \quad \bar{I}_{\text{сф}} = \frac{1440}{16} = 90 \text{ хв}.$$

Розрахункові інтервали прибуття для кожної лінії дорівнюють:

$$I_{\text{Д-А}} = \frac{31,27 + 10}{2} = 20,64 \text{ хв}; \quad I_{\text{Д-М}} = \frac{49,61 + 18}{2} = 33,81 \text{ хв};$$

$$I_{\text{Д-Б}} = \frac{60,68 + 15}{2} = 37,84 \text{ хв}; \quad I_{\text{сф}} = \frac{90 + 16,41}{2} = 53,21 \text{ хв}.$$

#### 4.6 Розрахунок кількості колій в приймально-відправних парках

Для розрахунку кількості колій в парках ПВ-1 та ПВ-2 попередньо визначимо значення  $\gamma_j$  для кожної лінії, з якої поїзди надходять в парки:

– парк ПВ1:

$$\gamma_j^{\text{Д-А}} = \frac{0}{35} = 0; \quad \gamma_j^{\text{Д-Б}} = \frac{12}{17} = 0,706; \quad \gamma_j^{\text{Д-М}} = \frac{17}{21} = 0,810; \quad \gamma_j^{\text{СП}} = \frac{0}{16} = 0;$$

– парк ПВ2:

$$\gamma_j^{\text{Д-А}} = \frac{35}{35} = 1; \quad \gamma_j^{\text{Д-Б}} = \frac{5}{17} = 0,294; \quad \gamma_j^{\text{Д-М}} = \frac{4}{21} = 0,190; \quad \gamma_j^{\text{СП}} = \frac{16}{16} = 1.$$

Отже кількість колій в приймально-відправних парках становитиме:

– парк ПВ1:

$$m = \frac{74,04}{20,64} \cdot 0 + \frac{74,04}{37,84} \cdot 0,706 + \frac{74,04}{33,81} \cdot 0,810 + \frac{74,04}{53,21} \cdot 0 = 3,16 \text{ колій};$$

Таким чином, необхідна кількість колій в ПВ1  $m = 4$  колій;

– парк ПВ2:

$$m = \frac{63,57}{20,64} \cdot 1 + \frac{63,57}{37,84} \cdot 0,294 + \frac{63,57}{33,81} \cdot 0,190 + \frac{63,57}{53,21} \cdot 1 = 5,13 \text{ колій};$$

Таким чином, необхідна кількість колій в ПВ1  $m = 6$  колій.

Як видно, потрібна кількість колій в приймально-відправних парках не перевищує наявну.

#### 4.7 Розрахунок кількості колій в сортувальному парку

Щоб визначити необхідну кількість колій в сортувальному парку, встановлюють спеціалізацію колій в залежності від ПФП, добову кількість вагонів кожного призначення, довжини колій парку та технологічного процесу роботи.

Якщо кількість вагонів на одне призначення більше за 200, то для цього призначення виділяються дві сортувальні колії. При цьому також враховують необхідність виділення колій для вагонів, що прибули під навантаження та в необхідних випадках для порожніх вагонів.

Крім цього, в сортувальному парку передбачають колії для вагонів, що потребують відчіпного ремонту, вагонів, які підлягають перевантаженню чи сортуванню, вагонів з розрядними вантажами, зрідженими газами, а також колію для перестановки составів під час очистки парку від снігу чи виконання ремонтних колійних робіт.

Розрахунок кількості колій в сортувальному парку виконується з використанням даних таблиці А.9 Додатку А та наводиться в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок кількості колій в сортувальному парку

№ п/п	Призначення	Кількість вагонів	Кількість колій
1	Наскрізний на А	128	1
2	Дільничний на А	132	1
3	Збірний на А	70	1
4	Наскрізний на Б	172	1
5	Дільничний на Б	108	1
6	Збірний на Б	70	1
7	Наскрізний на М	113	1
8	Дільничний на М	92	1
9	Збірний на М	43	1
10	Для місцевих вагонів	40	1
Загальна кількість колій			10

Отже в сортувальному парку необхідна кількість колій становить 10 колій, що відповідає їх фактичній кількості.

## 5 ПЕРЕВІРКА ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

Розформування составів вантажних поїздів на станції Д виконується на сортувальній гірці малої потужності (ГМП).

Колійний розвиток сортувального парку В складається з 10 колій, що згруповані в два пучки. Гальмування відчепів при розпуску здійснюється на двох гальмових позиціях (ГП), обладнаних вагонними уповільнювачами. Гірочна горловина влаштована за допомогою симетричних стрілочних переводів марки 1/6, тип рейок Р-50. Гірка має одну колію насуву та розпуску. Міжколійна відстань між сортувальними коліями складає 5,30 м, а між пучками – 6,50 м. Радіуси, що сполучають колії, коливаються від 150 до 1000 м.

Від якості роботи сортувальної гірки в значній мірі залежить ефективність функціонування всієї станції. Саме тому в дипломній роботі необхідно виконати перевірку техніко-експлуатаційних параметрів існуючої сортувальної гірки на відповідність її нормам проектування [51] і розрахунковим обсягам роботи.

### 5.1 Розрахунок висоти сортувальної гірки

Висотою гірки  $H_r$  є різниця між відмітками вершини гірки (ВГ) і розрахункової точки (РТ), що знаходиться на розрахунковій важкій колії на відстані 50 м від кінця ПГП.

При розрахунку висоти гірки весь маршрут скочування відчепу з гірки розбивається на чотири розрахункових ділянки, кожна з котрих характеризується розрахунковою швидкістю скочування  $V_i$ . Величина швидкості  $V_i$  прийнята згідно [52] та наведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Середні швидкості скочування відчепів на ділянках

Ділянка	Межі ділянки	$V_i$ , м/с
1	ВГ – Початок ГП1	3,5
2	Початок ГП1 – Початок ПГП	3,0
3	Початок ПГП – РТ	1,4

Параметри кожної розрахункової ділянки (довжина, число стрілочних переводів и сума кутів повороту) приведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Параметри розрахункових ділянок

Ділянка	Довжина $L$ , м	Число стрілочних переводів $n$ , шт	Сума кутів повороту $\alpha$ , град.
1	68,52	1	4,73
2	157,91	3	24,96
3	59,85	0	0,36

Висота є одним з основних параметрів сортувальної гірки і визначається за формулою [52]:

$$H_p = k_p (h_{\text{осн}} + h_{\text{ск}} + h_{\text{св}}) + h_{\text{сн}} - h_0, \quad (5.1)$$

де  $k_p$  – міра відхилення розрахункового значення  $h_w$  від його середнього значення, для ГМП  $k_p$  складає 1,75;

$h_{\text{осн}}$  – середня величина питомої роботи основних сил опору руху, м е.в.;

$h_{\text{ск}}$  – середня величина питомої роботи сил опору руху стрілок і кривих, м е.в.;

$h_{\text{сн}}$  – питома робота сил опору руху від снігу й інею, м е.в.;

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

На кожній розрахунковій ділянці визначаються величини сил опору. Розрахунок втрат енергетичних висот при визначенні  $H_r$  виконується для розрахункового бігуна. Відповідно до [52, табл. 4.1], розрахунковий бігун характеризується наступними параметрами:

- тип вагона – критий, 4-вісний;
- тип підшипників – роликові;
- вага вагона  $Q$  – 25 кН;
- основний питомий опір руху  $w_0$  – 1,75 Н/кН.

Дані метеорологічних умов проектування прийняті згідно таблиці А.5 Додатку А та наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Метеорологічні умови проектування

Параметри	Позначення	Значення
Середня швидкість вітру, $м/с$	$V_B$	4,0
Розрахункова температура повітря, $^{\circ}C$ .	$t$	-25

Висота  $H_r$  визначається за умовою докочування розрахункового поганого бігуна від ВГ до РТ.

Питома робота основних сил опору руху визначається за формулою:

$$h_{\text{осн}} = w_0 \cdot L_p \cdot 10^{-3}, \quad (5.2)$$

де  $w_0$  – основний питомий опір руху відчепу,  $H/\kappa H$ ;

$L_p$  – розрахункова довжина маршруту від УВГ до РТ.

$$h_{\text{осн}} = 1,75 \cdot 286,28 \cdot 10^{-3} = 0,501 \text{ м е.в.}$$

Питома робота сил опору руху від стрілок і кривих визначається за формулою:

$$h_{\text{ск}} = (0,56 \cdot n + 0,23 \cdot \sum \varphi) \cdot \bar{V}^2 \cdot 10^{-3}, \quad (5.3)$$

де  $n$  – число стрілочних переводів на маршруті скочування;

$\sum \varphi$  – сума кутів повороту на маршруті скочування, включаючи кути повороту стрілочних переводів, град.;

$\bar{V}$  – середня швидкість скочування відчепу на ділянці,  $м/с$ .

Питома робота сил опору руху від середовища і вітру на маршруті скочування визначається за формулою:

$$h_{\text{св}} = \sum_{i=1}^k w_{\text{св}i} \cdot L_i \cdot 10^{-3}, \quad (5.4)$$

де  $w_{\text{св}i}$  – питомий опір від середовища і вітру на  $i$ -й ділянці,  $H/\kappa H$ ;

$L_i$  – розрахункова довжина  $i$ -ї ділянки,  $м$ .



$$w_{\text{CB}} = K_{\text{BC}} \cdot C_x \cdot V_p^2, \quad (5.5)$$

де  $K_{\text{BC}}$  – приведений коефіцієнт параметрів відчепу і середовища;

$C_x$  – коефіцієнт повітряного опору вагона;

$V_p$  – результуюча швидкість вагона і вітру, м/с, тобто  $V_p = V + V_v$ .

$$K_{\text{BC}} = \frac{17,8 \cdot S}{(273 + t^\circ) \cdot Q}, \quad (5.6)$$

де  $S$  – площа поперечного перерізу вагона;

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

$Q$  – маса розрахункового відчепу,  $\kappa\text{H}$ .

Згідно [52, табл. 4.3]  $S = 9,7 \text{ м}^2$ ,  $C_x = 1,12$ . Тоді

$$K_{\text{BC}} = \frac{17,8 \cdot 9,7}{(273 + (-25)) \cdot 25} = 0,028.$$

Результати розрахунку питомих робіт сил опору руху від стрілок і кривих та від середовища і вітру наведені в табл. 5.4 і 5.5 відповідно.

Таблиця 5.4 – Результати розрахунку опору від стрілок і кривих

Ділянки	$L, \text{ м}$	$\Sigma \varphi, \text{ град}$		$n, \text{ шт}$	$V_i, \text{ м/с}$	$h_{\text{СК}}, \text{ м е.в.}$	
		№13	№12			№13	№12
1	68,52	4,73		1	3,5	0,202	
2	157,91	24,96	16,19	3	3,0	0,0668	0,0486
3	59,85	0	0,36	0	1,4	0	0,0002
Всього	286,28	24,96	16,55			0,0870	0,0690

Таблиця 5.5 – Результати розрахунку опору від середовища і вітру

Ділянки	$L, \text{ м}$	$V, \text{ м/с}$	$V_p, \text{ м/с}$	$w_{\text{CB}}, \text{ Н/кН}$	$h_{\text{CB}}, \text{ м е.в.}$
1	68,52	3,5	7,5	1,76	0,1206
2	157,91	3,0	7,0	1,54	0,2432
3	59,85	1,4	5,4	0,91	0,0545
Всього	286,28				0,4183

Питома робота сил опору руху від снігу й інію визначається за формулою:

$$h_{\text{сн}} = w_{\text{сн}} \cdot L_{\text{сн}} \cdot 10^{-3}, \quad (5.7)$$

де  $w_{\text{сн}}$  – питомий опір від снігу й інію на  $i$ -й ділянці,  $H/\kappa H$ ;

$L_{\text{сн}}$  – довжина ділянки колії, на якій є дія сил опору снігу і інію,  $м$ .

При цьому значення  $w_{\text{сн}}$  залежить від температури навколишнього повітря і згідно [52, табл. 4.7] складає  $0,4 H/\kappa H$ .

Таким чином,

$$L_{\text{сн}} = 157,91 + 59,85 - 12,48 = 205,28 \text{ м};$$

$$h_{\text{сн}} = 0,4 \cdot 205,28 \cdot 10^{-3} = 0,0821 \text{ м е.в.}$$

Енергетична висота, що відповідає початковій швидкості розпуску розраховується за формулою:

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2 \cdot g'}, \quad (5.8)$$

де  $V_0$  – початкова швидкість розпуску,  $м/с$ ;

$g'$  – приведені прискорення вільного падіння, що враховує енергетичний вплив ваги колісних пар, що обертаються,  $м/с^2$ .

$$g' = \frac{g}{1 + \frac{0,42 \cdot n_{\text{ін}}}{Q}}, \quad (5.9)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$n_{\text{ос}}$  – кількість колісних пар вагона (відчепу).

Величина  $g=9,81 \text{ м/с}^2$ , згідно [52, табл. 5.1] для ГМП  $V_0$  складає  $1,20 \text{ м/с}$ . Тоді

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{25}} = 9,19 \text{ м/с}^2,$$

$$h_0 = \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,19} = 0,078 \text{ м е. в.}$$

Визначимо розрахункову профільну висоту сортувальної гірки:

$$H_r = 1,5 \cdot (0,3501 + 0,0870 + 0,4183) + 0,0821 - 0,0783 = 1,48 \text{ м е. в.}$$

Поздовжній профіль сортувальної гірки прийнятий згідно таблиці А.6 додатку А та представлений у таблиці 5.6. Як видно з таблиці, фактична профільна висота гірки складає 1,51 м.

Таблиця 5.6 – Поздовжній профіль сортувальної гірки

Назва елемента профілю	Довжина елемента $L$ , м	Ухил $i$ , ‰	$H_r$ , м
СК	49,82	0,6	0,029
ППП	10,21	1,5	0,015
СЗ	143,37	2,0	0,287
ГП1	52,88	8,1	0,428
ШВ	30	25,0	0,750
Разом			1,510

## 5.2 Аналіз поздовжнього профілю сортувальної гірки

Згідно [51]  $V_0^{\max} = 2,5 \text{ м/с}$ ; для уповільнювачів типу КНП-5  $V_{\max} = 7,0 \text{ м/с}$ .

Значення  $h_{\text{осн}}$  та  $h_{\text{ск}}$  розраховуються тільки на головній ділянці – відстані між вершиною гірки та початком ГП1.

Середню питому роботу основних сил опору можна розрахувати за формулою (5.2), де значення  $w_0$  для хорошого бігуна складає  $0,8 \text{ Н/кН}$ :

$$h_{\text{осн}} = 0,8 \cdot 68,52 \cdot 10^{-3} = 0,055 \text{ м е. в.}$$

Середню питому роботу сил опору від стрілок та кривих розраховують як

$$\bar{V} = \frac{V_{\max} + V_0^{\max}}{2} = \frac{7,0 + 2,5}{2} = 4,75 \text{ м/с},$$

$$h_{\text{ск}} = (0,56 \cdot 1 + 0,23 \cdot 4,73) \cdot 4,75^2 \cdot 10^{-3} = 0,037 \text{ м е. в.}$$

Значення  $g'$  для хорошого бігуна складає  $9,58 \text{ м/с}^2$ .

Отже маємо:

$$h_{\max} = \frac{7,0^2 - 2,5^2}{2 \cdot 9,58} + 0,055 + 0,037 = 2,32 \text{ м е.в.}$$

Розрахуємо значення профільної висоти головної ділянки з урахуванням поздовжнього профілю сортувальної гірки за формулою:

$$h_{\text{гол}} = (i_{\text{шв}} \cdot l_{\text{шв}} + i_{\text{гп1}} \cdot l') \cdot 10^{-3}, \quad (5.11)$$

де  $i_{\text{шв}}, i_{\text{гп1}}$  – відповідно ухили ділянок ШВ та ГП1, %;

$l_{\text{шв}}$  – довжина ділянки ШВ, м;

$l'$  – відстань від кінця елементу ШВ до початку ГП1, м.

Користуючись розгорнутим планом та поздовжнім профілем сортувальної гірки виконаємо розрахунок:

$$h_{\text{гол}} = (30 \cdot 25 + 38,52 \cdot 8,1) \cdot 10^{-3} = 1,06 \text{ м е.в.}$$

Оскільки параметри елементів поздовжнього профілю існуючої сортувальної гірки, а також профільна висота головної ділянки не перевищують нормативних значень, можна стверджувати, що поздовжній профіль гірки відповідає нормативам проектування сортувальних пристроїв [51].

### 5.3 Графіки втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів

Для того, щоб перевірити працездатність сортувальної гірки, а також спрогнозувати її переробну спроможність, необхідно промодельовати процес розпуску відчепів з гірки. Однією з найпростіших моделей є графічна модель, що значно спрощує побудову графіків швидкості і тривалості скочування розрахункових відчепів, на підставі яких робиться висновок про працездатність гірки і прогноз її переробної спроможності.

Розрахунковою групою відчепів для ГМП приймається: П – Х – П згідно [52, табл. 4.2], де П – поганий бігун, Х – хороший бігун. При цьому бігун П скочується на важку колію 13, а бігун Х – на суміжну з нею 12.

Характеристика розрахункових бігунів згідно [51] приведена в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Характеристика розрахункових бігунів

Тип	Рід	Число осей $n_{oc}$	Вага $Q$ , $H$	$w_0$ , $H/кH$	Довжина вагона $l_b$ , $м$	База вагона $b$ , $м$	$S$ , $м^2$	$g'$ , $м/с^2$	$K_{bc}$
П	ПВ	4	25	4	13,92	10,5	8,5	9,19	0,024
Х	ПВ	4	70	0,8	13,92	10,5	8,5	9,58	0,009

Швидкість розпуску 1,40 м/с, умови розпуску несприятливі: зимовий період ( $t^\circ = -25^\circ C$ ), вітер зустрічний, під кутом 30 градусів. Крім того, криві втрат енергетичних висот для бігуна Х будуються для двох режимів: без гальмування і з гальмуванням на гальмівних позиціях. Швидкість відцепів на РТ повинна бути не більше припустимої швидкості співударання, тобто 5 км/год (1,39 м/с).

### 5.3.1 Розрахунок і побудова графіків втрат енергетичних висот бігунів

Розрахунки втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів П і Х зведені в таблиці 5.8 и 5.9 відповідно.

Таблиця 5.8 – Розрахунок втрат енергетичної висоти бігуна П

Ділянка	Параметри		Параметри розрахункового бігуна П								
			$K_{bc} = 0,024 \quad C_x = 1,12$								
	$L$ , м	$V$ , м/с	$V_b$ , м/с	$w_0$ , $H/кH$	$V_p$ , м/с	$w_{cb}$ , $H/кH$	втрати енергетичної висоти				
							$h_{очн}$	$h_{ск}$	$h_{cb}$	$h_w$	$H_w$
1	68,52	3,5	4	4	7,50	1,51	0,2741	0,0202	0,1035	0,3978	0,3978
2	157,91	3,0	4	4	7,00	1,32	0,6316	0,0668	0,2084	0,9068	1,3064
3	59,85	1,4	4	4	5,40	0,78	0,2394	0,000	0,0467	0,2861	1,5907

Таблиця 5.9 – Розрахунок втрат енергетичної висоти бігуна Х

Ділянка	Параметри		Параметри розрахункового бігуна Х								
			$K_{bc} = 0,009 \quad C_x = 1,12$								
	$L$ , м	$V$ , м/с	$V_b$ , м/с	$w_0$ , $H/кH$	$V_p$ , м/с	$w_{cb}$ , $H/кH$	втрати енергетичної висоти				
							$h_{очн}$	$h_{ск}$	$h_{cb}$	$h_w$	$H_w$
1	68,52	3,5	4	0,8	7,50	0,57	0,0548	0,0202	0,0391	0,1141	0,1141
2	157,91	3,0	4	0,8	7,00	0,49	0,1263	0,0486	0,0774	0,2523	0,3664
3	59,85	1,4	4	0,8	5,40	0,29	0,0479	0,0002	0,0174	0,0655	0,4319

### 5.3.2 Побудова графіків швидкості та часу скочування відчепів

Швидкість відчепу в будь-якій точці по маршруту визначається так

$$V_i = \sqrt{2 \cdot g' \cdot h_i}, \quad (5.12)$$

де  $h_i$  – залишкова енергетична висота в  $i$ -й точці, м *е.в.*

Тривалість слідування по кожній ділянці визначається так

$$t_{i,i+1} = \frac{2 \cdot \Delta S_{i,i+1}}{V_i + V_{i,i+1}} \quad (5.13)$$

Загальна тривалість скочування від ВГ до  $j$ -ї точки:

$$T_j = \sum_{i=1}^j t_i \quad (5.14)$$

Розрахунок *цих параметрів* виконаний в таблиці 5.10.

Інтервал між відчепами на вершині гірки можна визначити за формулою:

$$I_0 = \frac{l_{\text{ваг}}^1 + l_{\text{ваг}}^2}{2 \cdot V_0}, \quad (5.15)$$

де  $l_{\text{ваг}}^1, l_{\text{ваг}}^2$  – довжина першого і другого вагона відповідно, м.

$$I_0 = \frac{13,92 + 13,92}{2 \cdot 1,20} = 11,60 \text{ с.}$$

## 5.4 Аналіз якості запроектованої гірки

Однією з головних умов якості запроектованої гірки є розподіл відчепів на розділових елементах.

До розділових елементів відносяться уповільнювачі гальмівних позицій, стрілочні переводи, що розділяють маршрути скочування, а також граничні стовпчики.

Таблиця 5.10 – Розрахунок кривих швидкості і часу скочування відчепів

Точки				Параметри скочування бі- гуна П				Параметри скочування бі- гуна Х			
№ точок	№п/п	$S$	$dS$	$Y_h$	$V$	$t$	$T$	$Y_h$	$V$	$t$	$T$
УГ	1	0	10	7,8	1,2	5,86	0	7,5	1,2	5,51	0
	2	10	10	26,69	2,21	3,91	5,86	30,83	2,43	3,54	5,51
	3	20	4,75	45,89	2,90	1,56	9,76	54,17	3,22	1,41	9,05
СП1 ВХ	4	24,75	5,25	55,01	3,18	1,58	11,33	65,25	3,54	1,42	10,45
	5	30	10	65,08	3,46	2,87	12,91	77,5	3,85	2,54	11,87
	6	40	6,63	67,37	3,52	1,87	15,77	83,93	4,01	1,63	14,42
СП1 ВИХ	7	46,63	16,1	68,89	3,56	4,48	17,65	88,2	4,11	3,82	16,05
ІД ГП1 ВХ	8	62,77	7,23	72,58	3,65	1,97	22,12	98,57	4,35	1,73	19,87
	9	70	16,8	74,25	3,69	4,51	24,09	84,02	4,01	4,76	21,60
ІД ГП1 ВИХ	10	86,75	13,3	75,82	3,73	3,61	28,60	47,94	3,03	4,36	26,35
	11	100	9,97	70,87	3,61	2,80	32,21	48,5	3,05	3,26	30,71
СП3 ВХ	12	110	10	67,14	3,51	2,90	35,01	48,91	3,06	3,27	33,98
	13	120	11,9	63,39	3,41	3,53	37,91	49,31	3,07	3,85	37,25
СП3 ВИХ	14	131,9	3,12	58,96	3,29	0,95	41,44	49,79	3,09	1,01	41,09
СП4 ВХ	15	135	15	57,79	3,26	4,73	42,39	49,92	3,09	4,85	42,10
	16	150	6,85	52,17	3,10	2,24	47,12	50,52	3,11	2,20	46,95
СП4 ВИХ	17	156,9	2,12	49,6	3,02	0,70	49,36	50,8	3,12	0,68	49,15
СП5 ВХ	18	159	11	48,81	3,00	3,76	50,07	50,89	3,12	3,52	49,83
	19	170	10,9	44,68	2,87	3,88	53,83	51,33	3,14	3,45	53,35
СП 5 ВИХ	20	180,9	9,15	40,63	2,73	3,42	57,71	51,77	3,15	2,90	56,80
	21	190	11,2	37,2	2,61	4,40	61,13	52,14	3,16	3,53	59,70
ГС ВХ	22	201,2	10,5	33,02	2,46	4,40	65,53	52,59	3,17	3,30	63,23
ГС ВИХ	23	211,7	9,5	29,09	2,31	4,24	69,93	53,02	3,19	2,97	66,53
ПГП ВХ	24	221,2	8,82	25,54	2,17	4,21	74,17	53,5	3,20	3,03	69,51
	25	230	11,5	22,38	2,03	5,98	78,38	35,83	2,62	5,56	72,54
ПГП ВИХ	26	241,5	18,5	18,13	1,83	11,51	84,36	12,2	1,53	12,32	78,10
	27	260	10	10,41	1,38	8,15	95,88	11,27	1,47	6,88	90,42
	28	270	16,3	6,23	1,07		104,03	10,79	1,44	11,54	97,29
РТ	29	286,3		-	-			10	1,38		108,83

Між відчепами, що слідують один за одним, необхідно витримувати деяку відстань (див. рисунок 5.1).

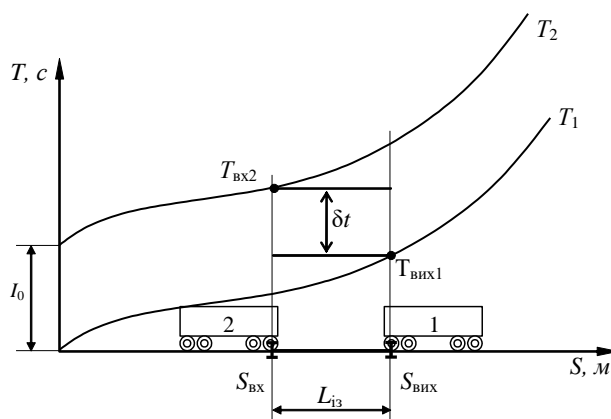


Рисунок 5.1 – Умова розділення відчепів

Мінімальна відстань  $L_{\min}$  між відчепами визначається за формулою:

$$L_{\min} = b + 2 \cdot l_{\text{із}} + l_{\text{пе}}, \quad (5.16)$$

де  $l_{\text{із}}$  – довжина ізолюваного ділянки розділового елемента, м;

$l_{\text{пе}}$  – довжина розділового елемента, м;

$b$  – база вагона, м.

Для розділового елемента «граничний стовпчик» час на перевід не визначається, тому відстань між суміжними відчепами на граничному стовпчику визначається як:

$$L_{\min} = 0,5 \cdot l_{\text{ваг}}^1 + 0,5 \cdot l_{\text{ваг}}^2 \quad (5.17)$$

Координати входу  $S_{\text{вх}}$  і виходу  $S_{\text{вих}}$  з розділювальних елементів вказані в табл. 5.10.

Відстані між суміжними відчепами на розділовому елементі відповідає деякому інтервалу часу  $\delta t$  (див. рис. 5.1), який визначається за формулою:

$$\delta t = I_0 + T_{\text{вх2}} - T_{\text{вих1}}, \quad (5.18)$$

де  $T_{\text{вх2}}$  – момент входу другого відчепа на розділювальний елемент, с;

$T_{\text{вих1}}$  – момент виходу першого відчепа з розділювального елемента, с.

Інтервал часу  $\delta t$  має обмеження знизу, тобто  $\delta t \geq \delta t_{\min}$ . Значення  $\delta t_{\min}$  для різних розділювальних елементів прийняті згідно [51] представлені в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Значення інтервалів  $\delta t_{\min}$

Розділовий елемент	$\delta t_{\min}, \text{с}$	
	П <sub>1</sub> -Х <sub>2</sub>	Х <sub>1</sub> -П <sub>2</sub>
ГП1	1,8	2,2
ППП	1,7	1,6
СП	1,0	1,0
ГС	0,0	0,0



Перевірка умови розділення відцепів виконується на базі графіків часу скочування бігунів П і Х ( $T = f(S)$ ). Перевірка виконується графічним і аналітичним способом. На кожному розділовому елементі розглядаються дві пари бігунів: П – Х і Х – П.

Розрахунок інтервалів на розділових елементах наведений в табл. 5.12.

Таблиця 5.12 – Розрахунок інтервалів на розділовальних елементах

№	Розділовий елемент	П		Х		$\delta t, c$	
		$T_{\text{вх}}$	$T_{\text{вих}}$	$T_{\text{вх}}$	$T_{\text{вих}}$	П-Х	Х-Д
1	ІД СП1	11,33	17,65	10,40	16,05	4,35	6,88
2	ІД ГП1	22,12	28,60	19,80	26,35	2,80	7,37
3	ІД СП3	35,01	41,44	33,98	41,09	4,14	5,52
4	ІД СП4	42,39	49,36	42,10	49,15	4,34	4,84
5	ІД СП5	50,07	57,71	49,83	56,90	3,72	4,87
6	ГС	65,63	69,93	63,23	66,53	4,90	10,70

### 5.5 Визначення переробної спроможності гірки

Потенційна переробна спроможність гірки визначається за формулою:

$$N_{\text{п}} = \frac{\alpha_{\text{вр}} \cdot (1440 - T_{\text{пост}})}{t_{\text{г}}} \cdot m_{\text{с}} \quad (5.19)$$

де  $\alpha_{\text{вр}}$  – коефіцієнт наявності ворожих пересувань, 0,97;

$T_{\text{пост}}$  – час заняття гірки протягом доби технологічними перервами, 120 хв.;

$t_{\text{г}}$  – гірочний технологічний інтервал, 30 хв;

$m_{\text{с}}$  – кількість вагонів у складі поїзду, 65 ваг.

$$N_{\text{п}} = \frac{0,97 \cdot (1440 - 120)}{30} \cdot 65 = 2774,2 \text{ ваг, прийнято } N_{\text{п}} = 2774 \text{ вагонів.}$$

Завантаження сортувальної гірки визначається за формулою:

$$\Psi_{\text{г}} = \frac{N_{\text{д}}}{N_{\text{п}}} = \frac{968}{2774} = 0,35 \quad (5.20)$$

Сортувальна гірка відповідає нормам проектування.

## **6 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ПРИМИКАННЯ НОВОЇ ЛІНІЇ**

У зв'язку зі спорудженням нової одноколіїної лінії М необхідно розробити варіанти конструкції примикання даної лінії до непарної горловини дільничної станції Д та визначити їх параметри для виконання техніко-економічного порівняння вказаних варіантів.

### **6.1 Розробка варіантів примикання нової лінії М**

Тип і схема розв'язки ліній на підходах до станції встановлюються залежно від місцевих умов і розмірів руху на прилеглих лініях. Розв'язки можуть проектуватися як в одному рівні, так і в різних, тобто за допомогою шляхопроводів. Шляхопровідні розв'язки споруджуються [53]:

- з метою ліквідації перетинів в одному рівні, пропускна спроможність яких недостатня для пропуску заданих розмірів руху поїздів;
- з міркувань економічної доцільності, коли пропускна спроможність перетинів ще не вичерпана, але експлуатаційні витрати на утримання постійних пристроїв і штату, що обслуговує пункт перетину, а також витрати, що пов'язані з затримками поїздів у точках перетину маршрутів, настільки великі, що стає вигіднішим влаштування шляхопровідної розв'язки;
- з міркувань безпеки руху поїздів і для забезпечення повної взаємонезалежності руху по кожній з ліній, що перетинаються.

У дипломній роботі розглянемо два варіанти розв'язок підходів двоколіїної лінії Б-Д та одноколіїної М-Д, які розрізняються як конструктивно, так і технологічно.

У першому варіанті розв'язка ліній Б-Д та М-Д запроектована з використанням шляхопроводу (рисунки 6.1), який дозволить ліквідувати перетинання маршрутів руху поїздів в одному рівні та забезпечити безпеку руху поїздів і повну відокремленість маршрутів руху поїздів по кожній з ліній, що перетинаються.

Однак, реалізація даного варіанту примикання потребує значних капіталовкладень в будівельні роботи та постійні споруди.

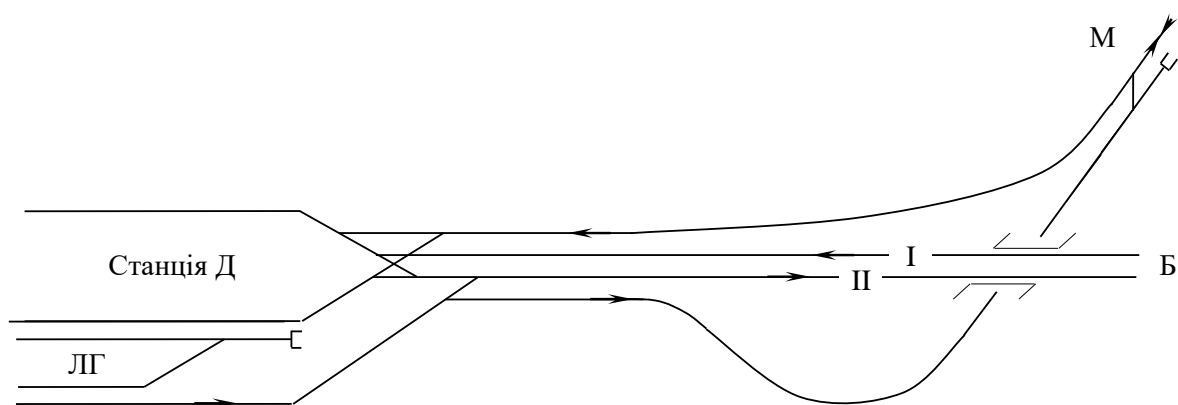


Рисунок 6.1 – Варіант 1 примикання нової лінії М та лінії Б-Д

У другому варіанті розв'язка ліній Б-Д та М-Д передбачається в одному рівні (рисунок 6.2).

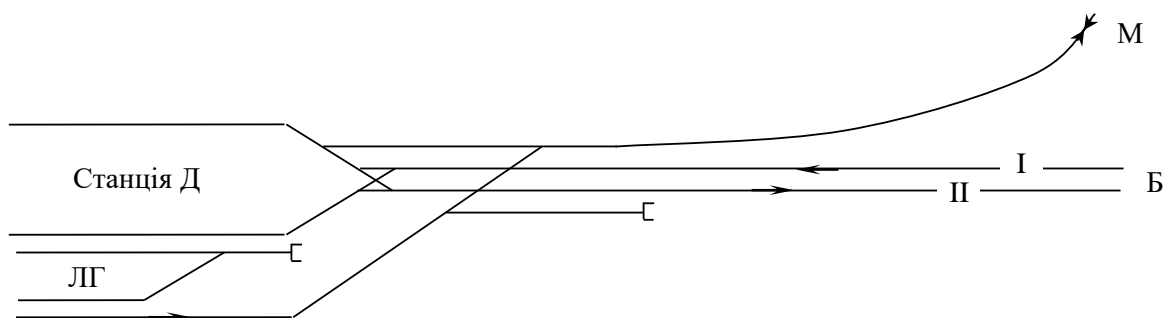


Рисунок 6.2 – Варіант 2 примикання нової лінії М та лінії Б-Д

Як видно з рисунка, примикання одноколійної лінії М виконується зі сторони І головної колії. Таким чином, маршрути прийому та відправлення всіх поїздів на цей напрямок будуть перетинати всі маршрути відправлення поїздів на лінію Б, що призведе до суттєвих затримок поїздів та негативно вплине на безпеку руху.

## 6.2 Визначення техніко-технологічних параметрів варіантів примикання лінії

Вибір раціональної конструкції примикання до станції нової лінії виконується на основі техніко-економічного порівняння розроблених варіантів розв'язок. Для проведення такого порівняння необхідно розрахувати ряд техніко-технологічних параметрів розроблених варіантів, таких як кількість та тривалість затримок поїздів, величина їх пробігу, обсяги земляних робіт та ін.

### 6.2.1 Визначення затримок рухомого складу

У порівнюваних варіантах розв'язок (див. рис. 6.1–6.2) умови пропуску потоків поїздів відрізняються. Оцінка вказаних умов виконується на основі аналізу взаємної залежності маршрутів руху поїздів за варіантами (див. таблицю 6.1).

Таблиця 6.1 – Взаємна залежність маршрутів за варіантами

№ п/п	Найменування маршруту	№ варіанту							
		Варіант 1							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Прийом пасажирських поїздів із М		3	–	3	П	П	П	П
2	Прийом пасажирських поїздів із Б	3		3	–	П	П	П	П
3	Прийом вантажних поїздів із М	–	3		3	П	П	П	П
4	Прийом вантажних поїздів із Б	3	–	3		П	П	П	П
5	Відправлення пасажирських поїздів на М	–	Х	–	Х		–	–	–
6	Відправлення пасажирських поїздів на Б	П	П	П	П	–		–	–
7	Відправлення вантажних поїздів на М	–	Х	–	Х	–	–		–
8	Відправлення вантажних поїздів на Б	П	П	П	П	–	–	–	
		Варіант 2							

**Примітка:** П - паралельні маршрути; 3 - злиття маршрутів; Х - перетин маршрутів;  
– – ворожі (неможливі) маршрути.

Для скорочення розрахунків виявлених перетинів і злиття потоків по варіантах доцільно виключити з порівняння ті перетини і злиття потоків, які у варіантах не відрізняються. При цьому у розрахунках вірогідних затримок поїздів і пов'язаних з ними витрат враховано наступне [53]:

- перетини і злиття потоків пасажирських поїздів між собою затримок не створюють, оскільки при складанні графіка руху (який, звичайно, для пасажирського руху суворо виконується) пропуск поїздів через станцію відповідним чином розмежовується в часі;

- перевага в пропуску віддається поїздам пріоритетного потоку. При перетині потоків пасажирських і вантажних поїздів перевагу мають пасажирські поїзди. За наявності потоків однієї категорії перевага віддається потоку, що приймається на станцію (затримується потік поїздів, що відправляється);

- затримки поїздів, що відправляються зі станції, де вони мали обов'язкову зупинку, не слід змішувати із затримками на перегонах або роздільних пунктах,

де технологічна стоянка поїздів не передбачається. У першому випадку витрати на розгін і гальмування в розрахунок не вводяться, оскільки вони все одно матимуть місце незалежно від наявності або відсутності додаткової затримки поїздів.

В результаті аналізу умов пропуску поїздів за варіантами встановлено, що варіант 2 відрізняється від варіанту 1 наявністю чотирьох додаткових перетинань маршрутів, що призведуть, до певних затримок, величина яких визначається нижче.

Для кожної пари потоків, що перетинаються, вірогідна тривалість затримок  $T_z$  є добуток вірогідного числа затримок ( $K$ ) на середню тривалість затримки ( $\tau$ ) однієї пари поїздів [54]:

$$T_z = K \cdot \tau \quad (6.1)$$

Множники правої частини рівняння (6.1) визначаються за формулами [54]:

– кількість затримок  $K$ :

$$K = \frac{N_1 \cdot N_2 \cdot (t_1 + t_2)}{1440}; \quad (6.2)$$

– середня тривалість затримок при рівноправних  $\tau_p$  та нерівноправних  $\tau_n$  маршрутах:

$$\tau_p = \frac{t_1^2 + t_2^2}{2 \cdot (t_1 + t_2)}; \quad (6.3)$$

$$\tau_n = \frac{t_1 + t_2}{2}; \quad (6.4)$$

де  $t_1, t_2$  – час заняття перетину поїздом відповідного маршруту, хв;

$N_1, N_2$  – кількість поїздів на відповідних маршрутах за добу;

$\tau_p, \tau_n$  – середнє значення затримок відповідно для рівноправних і нерівноправних маршрутів, хв.

Тривалість заняття маршруту перетину одним поїздом згідно з розрахунками, проведеними в Розділі 3, наближено приймається 6 хв при прийомі вантаж-

ного чи пасажирського поїзда і 3 хв при відправленні поїздів будь-якої категорії. Розрахунки з визначення кількості та тривалості затримок поїздів за розробленими варіантами розв'язок ліній виконано у вигляді таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Розрахунок кількості та тривалості затримок

№ п/п	Маршрути		н/р	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	τ <sub>3</sub>	K <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>
	I	II								
1	Прийом пасаж. з М	Відпр. пасаж. на Б	Регулюється ГРП							
2	Прийом пасаж. з М	Відпр. вантаж. на Б	н	6	24	6	3	4,5	0,90	4,05
3	Прийом вантаж. з М	Відпр. пасаж. на Б	н	21	7	6	3	4,5	0,92	4,14
4	Прийом вантаж. з М	Відпр. вантаж. на Б	н	21	24	6	3	4,5	3,15	14,18
Всього									4,97	22,37

### 6.2.2 Визначення параметрів маршрутів руху поїздів

Розроблені варіанти з точки зору умов пропуску поїздів відрізняються не лише кількістю перетинань маршрутів, а й їх довжиною та крутизною елементів поздовжнього профілю колії. З метою аналізу вказаних параметрів побудовано план розв'язок. На плані границі елементів поздовжнього профілю позначено буквами; параметри вказаних елементів за варіантами зведено в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 – Параметри маршрутів пробігу поїздів

Ділянка	$i$ , ‰	$L$ , км
Варіант 1		
а-б	0,3	1,6
б-в	8,6	1,16
в-г	0	0,2
г-д	-7,2	0,9
д-е	-0,7	1,38
е-а	-0,9	1,6
Разом		6,84
Варіант 2		
д-е	0,7	1,38
е-а	0,9	1,6
а-е	-0,9	1,6
е-д	-0,7	1,38
Разом		2,98

### 6.2.3 Визначення площі відведення земель та обсягів земляних робіт

Площа займаних земель визначається для насипів і виїмок множенням ширини смуги відведення земель на довжину масиву. Ширина смуги відведення земель для одноколіїної лінії залежно від середньої робочої відмітки на масиві прийнята згідно [53].

Розрахунки з визначення площі земель приведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Визначення площі відведення земель

Діл	$L, \text{ км}$	Кіл-ть гол. колій	$h_p, \text{ м}$	Обсяг земляних робіт на 1 км				Ширина полоси відводу, км	$S, \text{ км}^2$
				Об'єм на 1 км	Тип ухилу	Всього на 1 км	На діл.		
Варіант 1									
а-б	1,6	1	0,6	5,44	-	5,44	8,7	0,0208	0,033
б-в	1,16	1	4,4	60,54	-	60,54	70,23	0,0322	0,037
в-г	0,2	1	8,11	156,13	-	156,13	31,23	0,0433	0,009
г-д	0,9	1	4,31	58,73	-	58,73	52,86	0,0319	0,029
д-е	1,38	1	0,6	5,44	-	5,44	7,51	0,0208	0,029
е-а	1,6	1	0,6	5,44	-	5,44	8,7	0,0208	0,033
$\Sigma$	6,84						179,23		0,170
Варіант 2									
д-е	1,38	1	0,6	5,44	-	5,44	7,51	0,0208	0,029
е-а	1,6	1	0,6	5,44	-	5,44	8,7	0,0208	0,033
$\Sigma$	2,98						16,21		0,062

Обсяг робіт по головній колії залежить від ширини основної площадки земляного полотна і середньої робочої відмітки окремих масивів насипів і виїмок. Об'єм земляних робіт для кожного масиву визначається як добуток покілометрового об'єму робіт при даній середній робочій відмітці і ширині основної площадки земляного полотна вздовж ділянки.

Обсяг земляних робіт і площу займаних земель визначаємо за планом і подовжнім профілем залізничних ліній на підході до станції. Обсяг згідно табл. 6.4 становить: по першому варіанту – 179,23 тис. м<sup>3</sup>, по другому варіанту – 16,21 тис.

$\text{м}^3$ ; загальна довжина маршрутів складає: по першому варіанту – 6,84 км, по другому – 2,98 км. Таким чином обсяг робіт на 1 км маршруту становить:

$$A_{\text{зп}}^1 = \frac{179,23}{6,84} = 26,2 \text{ тис. м}^3 / \text{км}, \quad A_{\text{зп}}^2 = \frac{16,21}{2,98} = 5,4 \text{ тис. м}^3 / \text{км}.$$

#### 6.2.4 Визначення параметрів залізничного шляхопроводу

Одним з основних параметрів залізничного шляхопроводу, який впоиває на вартість будівельних робіт, є його довжина. Довжина шляхопроводу залежить від кількості залізничних колій, розташованих на нижньому горизонті шляхопроводу (див. рисунок 6.3) і визначається за формулою:

$$L_n = l_{\text{пр}} + 2 \cdot l_{\text{ус}} \quad (6.5)$$

де  $L_n$  – повна довжина шляхопроводу;

$l_{\text{пр}}$  – довжина прольоту шляхопроводу;

$l_{\text{ус}}$  – довжина устою шляхопроводу.

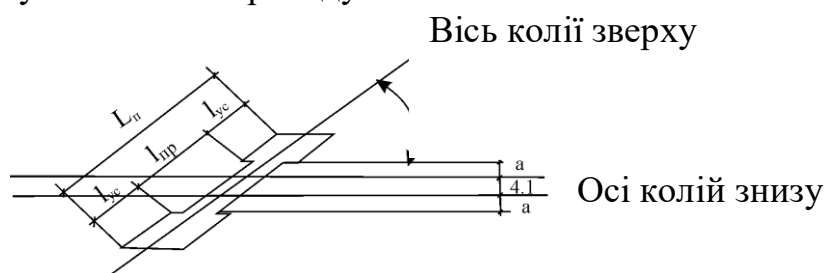


Рисунок 6.3 – Схема шляхопроводу

Довжина прольоту шляхопроводу визначається як:

$$l_{\text{пр}} = \frac{\sum l + 2 \cdot a}{\sin \beta}, \quad (6.4)$$

де  $\sum l$  – сума відстаней між осями колій, укладених понизу шляхопроводу;

$a$  – габаритна відстань наближення будівель,  $a=3,1 \text{ м}$ ;

$\beta$  – кут між пересічними залізничними коліями  $\beta = 60^\circ$ .

$$l_{\text{пр}} = \frac{4,1 + 2 \cdot 3,1}{\sin 60} = 11,89 \text{ м}$$



Довжина устоїв залежить від висоти насипу і крутизни укосів устоїв шляхопроводу і визначається за формулою [53]:

$$l_{yc} = m \cdot H, \quad (6.5)$$

де  $H$  – висота насипу у шляхопроводу  $H = 8,11$  м;

$m$  – основа укосів устоїв шляхопроводу,  $m = 1,25$ .

$$l_{yc} = 8,11 \cdot 1,25 = 10,14 \text{ м};$$

$$L = 11,89 + 2 \cdot 10,14 = 32,17 \text{ м}.$$

Таким чином, з метою примикання до станції Д нової лінії в даному розділі було розроблено варіанти розв'язок та визначено їх основні техніко-технологічні параметри. Вказані параметри будуть використані для проведення техніко-економічного порівняння розроблених варіантів розв'язок.

### 6.3 Техніко-економічне порівняння варіантів

При виборі варіантів рішення технічних задач розраховується їх економічна ефективність, що показує наскільки один варіант ефективніший за інший.

Техніко-економічне порівняння варіантів проектних рішень взагалі, і розв'язок підходів зокрема, здійснюється за модифікованими приведеними витратами, які для кожного варіанта визначаються за формулою [55]:

$$\text{МПВ} = K + (\Sigma E(1 - \beta) - A\beta) \sum_{t=1}^T \eta_t, \quad (6.6)$$

де  $K$  – капітальні вкладення відповідного варіанта;

$\Sigma E$  – сумарні річні експлуатаційні витрати відповідного варіанта;

$A$  – амортизаційні відрахування;

$\beta$  – ставка податку на прибуток, згідно з Податковим кодексом  $\beta = 0,16$ ;

$T$  – тривалість розрахункового періоду, прийнято  $T = 10$  років;

$\eta_t$  – коефіцієнт дисконтування - приведення коштів  $t$ -го року до початкового року. При  $T = 10$  років  $\eta_t = 5,651$  згідно з [53].

Величина амортизаційних відрахувань визначається за встановленою ставкою амортизації від основних фондів (прямих капітальних вкладень)

$$A = K_{\text{пр}} \alpha, \quad (6.7)$$

де  $K_{\text{пр}}$  – прямі капітальні вкладення відповідного варіанта;

$\alpha$  – ставка амортизації. В дипломній роботі значення ставки амортизації прийнято згідно з [53] і її значення становить  $\alpha = 0,1$ .

При визначенні будівельних і експлуатаційних витрат по порівнюваних варіантах розв'язок враховуємо всі існуючі відмінності.

Будівельні витрати включають:

- відведення земельних ділянок під споруди розв'язки, знесення будівель і відшкодування збитків;
- земляне полотно і верхня будова споруджуваних колій, пристрої водовідведення;
- мости і шляхопроводи;
- пристрої зв'язку і СЦБ.

Експлуатаційні витрати враховують:

- затримки рухомого складу на перетинах (злитті) маршрутів;
- пробіги вантажних і пасажирських поїздів;
- утримання постійних пристроїв, по яких порівнювані варіанти мають відмінність (враховану в будівельних витратах).

#### 6.3.1 Визначення витрат, пов'язаних із затримками рухомого складу

Як зазначалося раніше, у порівнюваних варіантах розв'язок умови пропуску поїздів суттєво відрізняються. Зокрема при спорудженні розв'язки в одному рівні (варіант 2) вказані умови будуть характеризуватись порівняно більшою кількістю та тривалістю затримок поїздів, величина яких визначена вище.

До витрат, пов'язаних із затримками, відносяться наступні:

- 1) Витрати на простій поїздів:

$$\Theta_{\text{п}} = \frac{365}{60} \cdot \sum T_{\text{з}} \cdot C_{\text{п}} \cdot 10^{-3}, \quad (6.8)$$

де  $\sum T_3$  – сумарна вірогідна тривалість затримок протягом доби;

$C_{\text{п}}$  – укрупнена норма витрат на 1 *поїздо-год*;

2) Витрати на розгін і гальмування поїздів:

$$\Theta_{\text{рт}} = 365 \cdot \sum K \cdot C_{\text{зуп}} \cdot 10^{-3}, \quad (6.9)$$

де  $\sum K$  – вірогідна кількість затримок поїздів протягом доби;

$C_{\text{зуп}}$  – норма витрат на одну зупинку вантажного поїзда, *грн*.

3) Приведені капіталовкладення в рухомий склад і вантажі:

$$\Theta_{\text{пр.пс}} = \frac{365}{60} \cdot \sum T_3 \cdot \Delta C_{\text{пч}} \cdot 10^{-3}, \quad (6.10)$$

де  $\Theta_{\text{пр.пс}}$  – приведені капіталовкладення в рухомий склад і вантажі;

$\Delta C_{\text{пч}}$  – поправка на 1 *поїздо-год*.

Загальні витрати по затримках поїздів складають:

$$\Theta_3 = \Theta_{\text{п}} + \Theta_{\text{рт}} + \Theta_{\text{пр.пс}} \quad (6.11)$$

Виконаємо розрахунок витрат на простій поїздів за формулою (6.3); при цьому згідно Додатку А прийнято  $C_{\text{п}} = 557,74$  *грн*; вище визначено  $\sum T_3 = 22,37$  *хв*:

$$\Theta_{\text{п}} = \frac{365}{60} \cdot 22,37 \cdot 557,74 \cdot 10^{-3} = 75,900 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок загальних витрат по простою поїздів, пов'язаних із затримками рухомого складу, зведений в таблицю 6.5; при цьому згідно Додатку А прийнято  $C_{\text{зуп}} = 52,16$  *грн*, згідно [53] при  $E_{\text{н}} = 0,12$  для локомотиву ВЛ-80 і  $Q_{\text{бр}} = 4900$  *т* маємо значення поправки  $\Delta C_{\text{пч}} = 516,32$  *грн*; вище визначено  $\sum K = 4,97$ .

Таблиця 6.5 – Розрахунок витрат, пов'язаних із затримками составу

Вид витрат	Величина витрат, тис. грн.
Простій поїздів, $\mathcal{E}_п$	75,900
Розгін і гальмування поїздів, $\mathcal{E}_{рт}$	94,621
Приведені капіталовкладення в рухомий склад і вантажі, $\mathcal{E}_{пр.пс}$	136,600
Загальні витрати	307,121

### 6.3.2 Визначення витрат, пов'язаних з пробігом поїздів

У системі групових норм витрати по пробігу поїздів визначаємо залежно від середньої швидкості його руху на окремих ділянках, а для ділянок, де швидкість руху визначається максимально допустимою її величиною – залежно від крутизни ухилів.

Витрати по пробігу одним поїздом маршруту довжиною  $L$  визначаються за формулою:

$$\mathcal{E}_{дв} = \sum C_{пкм(i)} \cdot l_i + \sum C_{пкм(v_{ср})} \cdot l_{v_{ср}} \quad (6.12)$$

де  $C_{п-км(v_{ср})}$  – норма витрат на 1 поїздо-км при повній тязі для відповідного локомотива, маси составу і величини середньої швидкості  $v_{ср}$  руху поїзда на кожному елементі профілю, приймаємо згідно з [53];

$C_{п-км(i)}$  – норма витрат на 1 поїздо-км для кожного елементу профілю, що пройдено поїздом, залежно від крутизни ухилу  $i$ -го елементу (визначаємо згідно з [53]);

$l_{(v_{ср})}$ ,  $l_i$  – довжини відповідних елементів, км.

Розрахуємо витрати, які пов'язані з пробігом пасажирських поїздів, виконано у вигляді таблиці 6.6, а витрати, які пов'язані з пробігом вантажних поїздів – в таблиці 6.7.



Таким чином, витрати по пробігу поїздів за рік складуть:

$$\mathcal{E}_{\Pi}^1 = 365 \cdot (2138,94 + 17291,58) \cdot 10^{-3} = 7092,14 \text{ тис. грн};$$

$$\mathcal{E}_{\Pi}^2 = 365 \cdot (1761,90 + 11504,22) \cdot 10^{-3} = 4842,13 \text{ тис. грн}.$$

### 6.3.3 Визначення будівельних витрат

#### 6.3.3.1 Визначення витрат на виконання земляних робіт

У витрати по підготовці території будівництва входять: відшкодування збитків займаних орних земель; витрати на очищення території від лісу і пнів; знос будівель і споруд, перевлаштування всякого роду інженерних комунікацій, споруду тимчасових споруд, доріг та мостів.

Обсяг робіт по головній колії залежить від ширини основної площадки земляного полотна і середньої робочої відмітки окремих масивів насипів і виїмок.

Обсяг земляних робіт і площа займаних земель за варіантами були визначені вище. Так, площа займаних земель становить: по першому варіанту –  $0,170 \text{ км}^2$ , по другому варіанту –  $0,062 \text{ км}^2$ . Обсяг земляних робіт  $V_{\text{зп}}$  становить: по першому варіанту –  $179,23 \text{ тис. м}^3$ , по другому варіанту –  $16,21 \text{ тис. м}^3$ ;

Одинична вартість  $C_{\text{зп}}$  згідно з [53] становить:  $C_{\text{зп}} = 95,00 \text{ тис. грн/м}^3$ .

Загальні витрати на зведення земляного полотна визначається як:

$$K_{\text{зп}} = C_{\text{зп}} \cdot V_{\text{зп}}.$$

Таким чином витрати на проведення земляних робіт становлять:

$$K_{\text{зп}}^1 = 179,23 \cdot 95,00 = 17026,95 \text{ тис. грн}.$$

$$K_{\text{зп}}^2 = 16,21 \cdot 95,00 = 1539,95 \text{ тис. грн}.$$

#### 6.3.3.2 Визначення витрат на штучні споруди

Вартість будівництва малих і середніх штучних споруд на перегонах зважаючи на складнощі, пов'язані з визначенням необхідної кількості цих споруд і їх технічних параметрів, детально не визначаємо. Вартість таких робіт  $K_{\text{шс}}$  встановимо по її співвідношенню з вартістю зведення земляного полотна  $K_{\text{зп}}$ :

$$K_{\text{шс}} = \eta \cdot K_{\text{зп}}, \quad (6.13)$$

де  $\eta$  - відношення питомої ваги вартості штучних споруд до питомої ваги вартості земляних робіт.

Коефіцієнт  $\eta$  знаходимо по графіку [53] залежно від середнього обсягу земляних робіт по зведенню одного кілометра полотна перегонів і роду тяги. Так, згідно розрахунків вище, обсяг робіт на 1 км маршруту становить: по першому варіанту – 26,2 тис м<sup>3</sup>, по другому варіанту – 5,4 тис м<sup>3</sup>. Тоді згідно [53]  $\eta^1 = 0,327$ ,  $\eta^2 = 0,472$ .

Тоді матимемо:

$$K_{\text{шс}}^I = 0,327 \cdot 10219,7 = 3423,6 \text{ тис. грн.}$$

$$K_{\text{шс}}^{II} = 0,472 \cdot 681,31 = 398,57 \text{ тис. грн.}$$

### 6.3.3.3 Визначення витрат на залізничні шляхопроводи

Вартість шляхопроводу визначається його довжиною і одиничною вартістю 1 погонного метра шляхопроводу:

$$K_{\text{п}} = C_{\text{п}} \cdot L_{\text{п}} [1 + (n - 1) \cdot \alpha], \quad (6.14)$$

де  $C_{\text{п}}$  – одинична вартість одного погонного метра довжини одноколійного шляхопроводу;

$n$  – кількість колій, укладених по верху шляхопроводу;

$\alpha$  - частка вартості шляхопроводу на укладання кожної додаткової колії, що йде по верху шляхопроводу, окрім першої колії.

Згідно [53] прийнято  $C_{\text{п}} = 96$  тис. грн,  $\alpha = 0,9$ ; згідно розрахунків вище  $L_{\text{п}} = 32,17$  м,  $n = 1$  колія. Тоді вартість шляхопроводу складе:

$$K_{\text{п}} = 96 \cdot 32,17 \cdot [1 + (1 - 1) \cdot 0,9] = 3088,32 \text{ тис. грн.}$$

### 6.3.3.4 Визначення загальних будівельних витрат

Розрахунок загальних будівельних витрат по варіантах проектних рішень виконано у вигляді таблиці 6.8.

Амортизаційні відрахування за кожним варіантом згідно з формулою (6.7)

$$A_1 = 37344,59 \cdot 0,1 = 3734,459 \text{ тис. грн.}$$

$$A_2 = 10576,13 \cdot 0,1 = 1057,613 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 6.8 – Загальна будівельна вартість порівнюваних варіантів

№	Пристрої та споруди	Вимір-ник	Одинична вартість, тис. грн.	I варіант		II варіант	
				Обсяг робіт	Вартість, тис. грн.	Обсяг робіт	Вартість, тис. грн.
1	Вартість займаних земель	км <sup>2</sup>	5300	0,17	901	0,062	328,6
2	Земляні роботи	тис. м <sup>3</sup>	95,00	179,23	17026,95	16,21	1539,95
3	Малі штучні споруди	-	0,327/0,472	10219,69	3341,84	681,31	321,58
4	Тимчасові споруди	км	90	6,84	615,60	2,98	268,20
5	Шляхопровід	м	96	32,17	3088,32	0	0
6	Верхня будова колії	км	200	6,84	1368,00	2,98	596,00
7	Пристрої СЦБ та зв'язку	км	136	6,84	2257,2	2,98	405,28
8	Пристрої електрифікації	км	260	6,84	1778,4	2,98	774,80
9	Прямі капітальні вкладення				22669,05		3375,77
Всього				1 вар	53046,36	2 вар	7610,18

#### 6.3.4 Визначення витрат на утримання постійних пристроїв

Розрахунок витрат на утримання постійних пристроїв по варіантах проектних рішень виконано у вигляді таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Експлуатаційні витрати постійних пристроїв

№ п/п	Пристрої та споруди	Вимір-ник	Одинична вартість, тис. грн/міс	1 варіант		2 варіант	
				Обсяг	Вартість, тис. грн	Обсяг	Вартість, тис. грн
1	Малі штучні споруди	-	24	6,84	164,16	2,98	71,52
2	Шляхопроводи	м	3,6	32,17	115,81	-	-
3	Утримання головних колій	1 кол	58	6,84	4760,64	2,98	2074,08
4	Витрати на сніг-та водовідведення	км	15,6	6,84	106,7	2,98	46,49
5	Пристрої СЦБ та зв'язку	1 кол	158	6,84	12968,64	2,98	5650,08
6	Пристрої електрифікації	1 кол	10	6,84	820,80	2,98	357,60
Всього				1 вар	18936,75	2 вар	8199,77



Отже, сума річних експлуатаційних витрат по варіантах становитиме:

$$E_1 = 7092,14 + 18936,75 = 26028,89 \text{ тис. грн.}$$

$$E_2 = 307,121 + 4842,13 + 8199,77 = 13349,02 \text{ тис. грн.}$$

### 6.3.5 Визначення приведених модифікованих витрат

Таким чином, річні приведені модифіковані витрати за варіантами згідно з формулою (6.6) становлять

$$\text{МПВ}_1 = 53046,36 + (26028,89 \cdot (1 - 0,16) - 3734,459 \cdot 0,16) \cdot 5,651 = 173224,79 \text{ тис. грн.};$$

$$\text{МПВ}_2 = 7610,18 + (13349,02 \cdot (1 - 0,16) - 1057,613 \cdot 0,16) \cdot 5,651 = 70019,50 \text{ тис. грн.}$$

Виконані розрахунки показують, що за критерієм приведених модифікованих витрат доцільніше будувати розв'язку ліній М-Д та Б-Д за варіантом 2 (розв'язка даних ліній виконується без використання шляхопроводу).

## **7 РОЗРОБКА ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ**

Добовий план-графік роботи станції – це графічне зображення роботи залізничної станції з обробки транзитного та перероблюваного вагонопотоків, а також місцевих вагонів. Він складається з метою узгодження роботи всіх парків станції, під'їзних колій підприємств, визначення завантаження основних елементів станції (парків, сортувальних гірок, витяжних колій, стрілочних горловин, маневрових локомотивів та ін.), скорочення міжопераційних інтервалів та визначення найбільш напружених періодів у роботі станції.

### **7.1 Розробка добового плану-графіку роботи станції Д**

Добовий план-графік є технологічним документом, який визначає основні параметри роботи станції.

Добовий план-графік складається на основі таких даних:

- графіка руху поїздів (розклад руху пасажирських, проходження транзитних, прибуття поїздів у розформування, відправлення поїздів свого формування);
- розкладання поїздів, що надходять у розформування;
- технологічних норм на обробку складів та вагонів;
- нормативів на маневрову роботу (розформування на гірці, формування односторонніх, збірних, перестановки готових складів, обслуговування пунктів місцевої роботи).

На плані-графіці роботи станції Д слід показати:

- заняття колій приймально-відправних парків;
- роботу сортувальної гірки, витяжних колій, маневрових локомотивів;
- графік підходу поїздів у розформування та графік відправлення поїздів свого формування;
- графіки підходу та відправлення транзитних та пасажирських поїздів;
- накопичення вагонів на коліях сортувального парку.

В дипломній роботі виконано моделювання розкладу прибуття усіх поїздів за допомогою ЕОМ, а також змодельовано розподіл вагонів за призначеннями плану формування поїздів для усіх поїздів у розформування (див. Додаток Б).

## 7.2 Визначення показників добового плану-графіку роботи станції Д

На підставі добового плану-графіка визначаються основні технічні показники роботи дільничної станції Д.

За добовим планом-графіком розраховуються наступні показники [56]:

1. Простій транзитного вагону без переробки:

$$t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}}}{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}}}, \quad (7.1)$$

де  $\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}}$  - вагоно-години простою транзитних вагонів за добу;

$\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}}$  - кількість транзитних вагонів, що обслуговуються в парку за добу.

Згідно добового плану-графіку прийнято:

$$\text{ПВ-1:} \quad \sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 1591,42 \text{ ваг-год}, \quad \sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 1885 \text{ ваг};$$

$$\text{ПВ-2:} \quad \sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 601 \text{ ваг-год}, \quad \sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 1820 \text{ ваг}.$$

Тоді простій одного транзитного вагону без переробки становить:

$$\text{ПВ1:} \quad t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{1591,42}{1885} = 0,84 \text{ год};$$

$$\text{ПВ2:} \quad t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{601}{1820} = 0,33 \text{ год}.$$

2. Простій транзитного вагону з переробкою визначається як [56]:

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = t_{\text{пп}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{в}} \quad (7.2)$$

де  $t_{\text{пп}}$  – середній час простою вагону у парку прийому (в т. ч. під розформуванням);

$t_{\text{нак}}$  – середній час простою вагону під накопиченням та завершенням формування;

$t_{\text{в}}$  – середній час простою вагону під час обробки по відправленню.

Вищевказані величини обчислюються за наступним виразом [56]:

$$t_i = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i} \quad (7.3)$$

Тоді, згідно добового плану-графіку елементи виразу (7.2) будуть рівні:

$$t_{\text{пш}} = \frac{956}{968} = 0,99 \text{ год};$$

$$t_{\text{нак}} = \frac{6180}{968} = 6,38 \text{ год};$$

$$t_{\text{в}} = \frac{890}{968} = 0,92 \text{ год}.$$

Отже, простій транзитного вагону з переробкою становить:

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = 0,99 + 6,38 + 0,92 = 8,29 \text{ год}.$$

3. Середньозважена величина простою транзитного вагону становить:

$$t_{\text{тр}} = \frac{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}} + \sum n_{\text{тр}}^{\text{зп}} t_{\text{тр}}^{\text{зп}}}{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} + \sum n_{\text{тр}}^{\text{зп}}} = \frac{1591,42 + 601 + 6180}{1885 + 1820 + 968} = 1,79 \text{ год}.$$

4. Робочий парк транзитних вагонів становить:

$$N_{\text{р}} = \frac{1885 \cdot 0,84 + 1820 \cdot 0,33 + 968 \cdot 8,29}{24} = 425 \text{ ваг.}$$

5. Завантаження бригад ПТО парків станції визначається як:

$$\Psi_{\text{пто}} = \frac{\sum t_{\text{то}}}{24}, \quad (7.4)$$

де  $\sum t_{\text{то}}$  - сумарна тривалість огляду поїздів в парку, год.

Згідно з добовим планом графіком прийнято:

$$\text{ПВ1} \quad \sum t_{\text{то}} = 14,98 \text{ год};$$

$$\text{ПВ2} \quad \sum t_{\text{то}}^{\text{Бр1}} = \sum t_{\text{то}}^{\text{Бр2}} = 9,6 \text{ год};$$

Тоді завантаження бригад ПТО становитиме:

$$\text{ПВ1} \quad \Psi_{\text{пто}} = \frac{14,98}{24-1} = 0,65;$$

$$\text{ПВ2} \quad \Psi_{\text{пто}}^{\text{Бр1}} = \Psi_{\text{пто}}^{\text{Бр2}} = \frac{9,6}{24-1} = 0,42.$$

6. Коефіцієнт використання маневрових локомотивів становить:

$$K_{\text{л}} = \frac{\sum t}{24 - T_{\text{л}}}, \quad (7.5)$$

де  $T_{\text{л}}$  – час технологічних перерв, год.

Згідно [56] прийнято  $T_{\text{л}} = 1$  год. Виконаємо розрахунки за формулою (9.5)

гірковий локомотив :

$$K_{\text{гл}} = \frac{7,93}{24-1} = 0,34;$$

локомотив в горловині формування:

$$K_{\text{лф}} = \frac{10,3}{24-1} = 0,45.$$

Аналізуючи показники роботи станції Д приходимо до висновку, що її технічне оснащення відповідає розрахунковим обсягам роботи.

## ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі був виконаний аналіз конструкції та технології роботи дільничної станції Д. Були розраховані обсяги її роботи, побудовано план станції, а також діаграми вагоно- та поїздопотоків. Також були розроблені технологічні графіки обробки поїздів.

Розрахунок колійного розвитку приймально-відправних і сортувального парків показала, що потрібна кількість колій в приймально-відправному парку ПВ1 5, що відповідає існуючій кількості. В другому приймально-відправному парку ПВ2 потрібно 6 колій та у сортувальному парку необхідно 10 колій, що відповідає існуючій їх кількості в цих парках, у зв'язку з чим необхідності виконати їх реконструкцію немає.

В процесі аналізу техніко-експлуатаційних параметрів сортувальної гірки було визначено її висоту 1,63 м при існуючій висоті 1,48 м та перевірено поздовжній профіль, який забезпечує докочування відчепів до розрахункової точки та розділення відчепів на розділювальних елементах.

В розділі деталі проекту були розроблені та досліджені варіанти примикання нового підходу із М до станції Д, з яких вибрано кращий варіант за економічними показниками, спорудження якого вимагатиме 70019,50 тис. грн. модифікованих приведених витрат. Даний варіант передбачає організацію такого примикання без влаштування шляхопроводу.

В економічному розділі було запропоновано ряд варіантів горловин парку ПВ2, на базі яких було запропоновано два варіанти конструкції даного парку, з яких згодом було вибрано варіант, модифіковані витрати на спорудження якого були мінімальними і склали 78859,238 тис. грн.

Для побудови добового плану-графіку в розділі 4 було виконано нормування технологічних операцій на станції Д, при цьому було розраховано необхідну кількість бригад ПТО та груп в них, яка відповідає існуючій їх кількості в парках ПВ1 та ПВ2 було.

Можливість реалізації удосконалення було перевірено шляхом побудови добового плану-графіку та визначення показників роботи дільничної станції Д.

Аналіз вказаних показників дозволяє виділити наступні:

1. Простий транзитного вагона без переробки склав 0,84 год в парку ПВ1, та 0,33 год в парку ПВ2.
2. Для вагона з переробкою вказаний показник становить 8,29 год.
3. Робочий парк вагонів станції Д склав 425 вагонів.
4. Коефіцієнти завантаження локомотивів та бригад ПТО (0,34 .. 0,62) не перевищують максимальне допустиме значення, яке прийняте 0,85.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Концепція та програма реструктуризації на залізничному транспорті України [Текст]. – Київ: Міністерство транспорту, 1998. – 232 с.
2. Тарифне керівництво №4: Затв.: наказ Укрзалізниці НР 31-Ц від 19 січня 2001р. Режим доступу: [http://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/tariff\\_conditions/transportation\\_in\\_ukraine/zmini\\_tarifnih\\_vidstaney/](http://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/transportation_in_ukraine/zmini_tarifnih_vidstaney/)
3. Болотный В. Я. Переустройство железнодорожных станций : Справ. руководство по проектированию / В. Я. Болотный , М. К. Брехов. - М. : Транспорт, 1982. - 173 с.
4. Бобровский В. И. Формализованное представление и расчет планов путевого развития крупных железнодорожных станций / В. И. Бобровский, В. В. Малашкин // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Дніпропетровськ, 2010. — Вип. 31. — С. 226—231.
5. Проектирование железнодорожных станций и узлов / Справ. и метод. руководство / Под ред. Козлова А.М., Гусевой К.Г. - М.: Транспорт, 1981. - 592 с.
6. Савченко И.Е., Земблинов С.В., Страковский И.И. Железнодорожные станции и узлы. - М.: Транспорт, 1980. - 479 с.
7. Таль К.К., Пономарева Л.Ф. Методика расчета соединений путей на ЭВМ / Вопросы проектирования железных дорог: Сб. научн. тр. ЦНИИС. - Вып. 63. - М.: Транспорт, 1967. - с. 142 - 156.
8. Мирошниченко В.М. О машинном представлении схем крупных железнодорожных станций // Сб. Кибернетика и транспорт. - М.: Наука, 1968. - с. 178 - 206.
9. Расчеты соединения путей на ЭВМ / Методические указания по проектированию железнодорожных узлов и станций. - К.: Киевгипротранс, 1981. - 23 с.
10. Антонов К. В. Автоматизированные расчеты при проектировании планов парков путей на станции // Пути повышения производительности труда, сокращения сроков проектирования и строительства транспортных сооружений: Сб. научн. тр. - М.: ЦНИИС, 1986. - с. 133 - 135.
11. Мирошниченко В.М. Некоторые вопросы автоматизации проектиро-



вания железнодорожных станций с помощью ЭЦВМ: Автореф. дис... канд. техн. наук: 434/ ХИИТ. - К., 1969. - 25 с.

12. Б. дел Рио, Мирошниченко В.М. Определение на ЭЦВМ пропускной способности станций по горловинам // Сб. Кибернетика и транспорт. - М.: Наука, 1968. - с. 207 - 231.

13. Акулиничев В.М., Бодюл В.И., Голубев В.В. Проблемы автоматизации проектирования ж.д. станций и узлов // Вопросы проектирования и технология транспортных узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 674. - М.: МИИТ, 1980. - с. 3 - 9.

14. Акулиничев В.М. Алаев М.М. Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 735. - М.: МИИТ, 1983. - с. 3 - 14.

15. Железнодорожные станции и узлы промышленного транспорта: Учебник для ВУЗов / В.М. Акулиничев, Л.П. Колодий, Н.Г. Мищенко, В.А. Сидяков / Под ред. В.М. Акулиничева. - М.: Транспорт, 1986. - 352 с.

16. Алаев М.М. Формализация элементов схем станций для расчетов на ЭВМ. // Проблемы наращивания мощности станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 765. - М.: МИИТ, 1985. - с. 58 - 59.

17. Олейников Л.М., Алаев М.М. Оптимизация проектных решений элементов схем станций с помощью ЭВМ // Тезисы докладов IX областной научно - практической конференции. - Куйбышев: КИИТ. - 1985. - с. 14 - 15.

18. Олейников А.М., Алаев М.М., Корешков В.Н. Основные принципы проектирования схем станций с помощью ЭВМ. // Тезисы докладов IX областной научно - практической конференции. - Куйбышев: КИИТ. - 1985. - с. 15 - 16.

19. Корешков В.Н. Способ представления схемы сортировочной станции в ЭВМ // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Гомель: БелИИЖТ, 1985. - с. 91 - 96.

20. Чернов В.Н., Пивоваров В.С. Формализация схем железнодорожных станций для графического отображения на ЭВМ. // Вопросы совершенствования системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 214/54. - Ташкент: ТашиИТ, 1989. - с. 8 - 13.

21. Методические указания по проектированию железнодорожных узлов и станций. – Киев: Киевгипротранс, Вып. 100, 1985 – 32с
22. Родимов Б.А., Павлов В.Е., Прокинова В.Д. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок. - М.: Транспорт, 1980. - 96 с.
23. Бузанов С.П., Карпов А.М., Рыцарев М.А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных устройств. М.: Транспорт, 1965. – 232 с.
24. Павлов В.Е. Элементы оптимального проектирования плана горловины автоматизированной сортировочной горки. // Железнодорожные системы автоматики и телемеханики с применением бесконтактных элементов: Сб. научн. тр. ЛИИЖТа. - Вып. 314. - Л.: Транспорт, 1971. - с. 148 - 155.
25. Модели, методы и алгоритмы автоматизированного проектирования железнодорожных станций : монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин. — Д. : Изд-во Маковецкий, 2010. — 156 с
26. Правдин Н. В., Головнич А. К. Компьютерное представление нормативных требований для проектирования станций // Железнодорожный транспорт. - 2000. – № 6. - с. 70 - 73.
27. Томилина Г.С. Схемы горловин участковых станций с минимальными затратами на ремонт стрелочных переводов и подвижного состава // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Гомель: БелИИЖТ, 1987. - с. 74 - 78.
28. Томилина Г.С. Необходимые условия для автоматизации проектирования станций. // Вопросы совершенствования системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 214/54. - Ташкент: ТашИИТ, 1989. - с. 29 - 30.
29. Сюй Ю. А. Выбор конструкций горловин и их влияние на работу подсистемы формирования - отправления сортировочной станции: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.08 / МИИТ. - М., 1987. - 25 с.
30. Дзюба И. С. Выбор параметров и структуры станционных горловин: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.08 / ЛИИЖТ. - Л., 1989. - 17 с.

31. Жардемов Б. Б. Системные принципы построения схем железнодорожных станций и узлов. Методы исследования и оценки // Транспорт: Наука, техника, управление. - ВИНТИ. - 1999. - № 5. - с. 40 - 48.

32. Правдин Н. В., Головнич А. К. Оценка структуры отдельного пункта с использованием САПР // Транспорт: Наука, техника, управление. - ВИНТИ. - 1999. - № 5. - с. 22 - 29.

33. Малашкін В. В. Підвищення ефективності функціонування залізничних станцій на основі реалізації раціональної черговості заходів по удосконаленню їх техніко-технологічних параметрів / Малашкін В. В. // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Дніпропетровськ, 2014. — Вип. 8. — С. 100—109. — doi: 10.15802/tstt2014/38097

34. Вернигора, Р. В. Методика техніко-експлуатаційної оцінки проектних рішень по удосконаленню параметрів залізничних станцій / Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. Лазаряна. — Дніпропетровськ, 2016. — Вип. 11. — С. 16—25. — doi: 10.15802/tstt2016/76822

35. Поттгофф Г. Теория массового обслуживания. - М.: Транспорт, 1979. - 144 с.

36. Корнаков А.М. Развязки железнодорожных линий в узлах. - М.: Трансжелдориздат, 1962. - 154 с.

37. Таль К.К. Об аналитической оценке пересечения маршрутов следования поездов в узлах // Вестник ВНИИЖТа. - 1970. - №1. - с. 49 - 51.

38. Орловский П.Н. Об аналитических методах расчета задержек подвижного состава у пересечений маршрутов следования поездов в узлах // Вопросы механизации и автоматизации сортировочных горок: Труды ДИИТа. - Вып. 160/8. - Днепропетровск: 1975. - с. 115 - 121.

39. Развитие транспортных узлов. Том 2 / Под ред. Скалова К.Ю. М.: Транспорт, 1978. - 176 с.

40. Федотов Н.И. Исследование транспортных операций / Ч. 2. - Математическое моделирование транспортных систем. - Новосибирск: НИИЖТ, 1978. - 95 с.
41. Федотов Н.И. Шлюзовые развязки точек пересечения маршрутов // Оптимизация работы железнодорожных станций и узлов Урала и Сибири: Межвуз. сб. научн. тр. - Новосибирск: НИИЖТ, 1989. - с. 45 - 54.
42. Федотов Н.И. Шлюзовые станции // Оптимизация работы железнодорожных станций и узлов Урала и Сибири: Межвуз. сб. научн. тр. - Новосибирск: НИИЖТ, 1989. - с. 54 - 65.
43. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С. Моделирование транспортных систем. - М.: Транспорт, 1972. - 208 с.
44. Руководство по расчету станций методом моделирования на ЕС ЭВМ / М.: ЦНИИС, 1984. - 110 с.
45. Мацкель С.С. Статистическое моделирование транспортных процессов в узлах. // Вопросы разработки систем автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 203 /47. - Ташкент: ТашИИТ, 1987. - с. 59 - 69.
46. Таль К.К. Руководство по определению на ЭЦВМ БЭСМ - 2М расходов по передвижению поездов в узлах. / ЦНИИС. - М., 1966 - 217 с.
47. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи дільничної станції ЦД-0082, затверджені наказом Укрзалізниці від 03.03.2010 № 163-Ц.
48. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст]: – М.: Транспорт, 1981. – 287 с.
49. Залізничні станції та вузли: проектування дільничних станцій [Текст]: методичні вказівки до курсового та дипломного проектування / уклад.: В. І. Бобровський; В. В. Журавель; Г. Я. Мозолевич; Р. В. Вернигора. – Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: 2008. – 35 с.
50. Сотников И.Б. Эксплуатация железных дорог в примерах и задачах [Текст]: учеб. пособие для вузов / И. Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990.

51. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР [Текст]: ВСН 207-89. – М.: Транспорт, 1992. – 105 с.

52. Божко М. П., Муха Ю. О. Розрахунок та проектування сортувальної гірки. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування. Частина 1. Дніпропетровськ, ДПТ, 2002.

53. Божко М. П., Журавель В. В. Проектування сортувальної станції, залізничного вузла та розв'язок підходів. Методичні вказівки до практичних занять і розрахунково-графічної роботи. Частина 1, 2. Дніпропетровськ, ДПТ, 2014.

54. Проектирование железнодорожных станций и узлов [Текст]: справ. и метод. руководство / под. ред. А. М. Козлова и К. Г. Гусевой – М.: Транспорт, 1980. – 592 с.

55. Методы экономической оценки инвестиционных проектов на транспорте [Текст]: Учеб.-метод. пособие / сост. Ю. Ф. Кулаев. – К.: Транспорт Украины, 2001. – 182 с.

56. Кочнев Ф. П. Управление эксплуатационной работой железных дорог [Текст]: учеб. пособие для вузов / Ф. П. Кочнев, И. Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.

## ДОДАТОК А

### ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

#### А.1 Характеристика прилеглих до станції Д ліній

Основні параметри прилеглих до станції Д ліній наведені в таблиці А.1.

Таблиця А.1 – Основні параметри прилеглих до станції Д ліній

Вихідні дані			Умове позначення	Значення
Кількість головних колій на підходах	Існуючі	А-Д	—	2 колії
		Б-Д	—	2 колії
	Проектний	М-Д	—	визначається розрахунком
Засоби СЦБ на підходах	Існуючі	А-Д	—	одностороннє автоблокування
		Б-Д	—	одностороннє автоблокування
	Проектний	М-Д	—	визначається розрахунком
Локомотив, що обслуговує усі ділянки			—	ВЛ-80
Розрахунковий уклон на підходах	Існуючі	А-Д	$i_p$	8,2 ‰
		Б-Д		7,7 ‰
	Проектний	М-Д		6,9 ‰
Вантажопід'ємність вагона			$q_n$	54 t
Тара вагону			$q_t$	22 t

#### А.2 Вихідні дані для визначення обсягів роботи станції

Вихідні дані подані у вигляді таблиць А.2 – А.4.

Таблиця А.2 – Пасажирські поїздопотоки станції Д

На Із	А	Б	М	Д
А	-	5	4	2
Б	5	-	-	2
М	4	-	-	2
Д	2	2	2	-

Таблиця А.3 – Транзитний вагонопотік без переробки станції Д

На \ Із	А	Б	М
А	-	1040	780
Б	585	-	195
М	910	195	-

Таблиця А.4 – Вагонопотік, що надходить у переробку на станцію Д

На \ З	А	Б	М	Д
А	-	233	166	16
Б	183	-	68	10
М	131	107	-	14
Д	16	10	14	-

### А.3 Вихідні дані для аналізу роботи сортувальної гірки

Кліматичні дані подані у вигляді таблиці А.5.

Таблиця А.5 – Кліматичні дані

Параметри	Позначення	Значення
Середня швидкість вітру, м/с	$V_{\text{в}}$	4,0
Розрахункова температура повітря, °С.	$t$	-25

Таблиця А.6 – Поздовжній профіль сортувальної гірки

Назва елемента профілю	Довжина елемента $L$ , м	Ухил $i$ , ‰
СК	49,82	0,6
ПГП	10,21	1,5
СЗ	143,37	2,0
ГП1	52,88	8,1
ШВ	30	25,0

Таблиця А.7 – Характеристика гальмівних позицій

Гальмівна позиція	Тип уповільнювачів
головна	-
середня	1хКНП-5
паркова	2хРНЗ-2М

#### А.4 Вихідні дані для нормування тривалості технологічних операцій

Таблиця А.8 – Дані для розрахунку тривалості закінчення формування

Назва	Умовне позначення	Значення
Кількість відчепів у поїзді, що сортується	$g$	13 відчепів
Кількість вагонів у збірному поїзді	$m_{зб}$	30 ваг
Кількість проміжних станцій, що обслуговуються збірним поїздом	$k_{ст}$	7 станцій

#### А.5 Вихідні дані для визначення кількості колій в сортувальному парку

Таблиця А.9 – Розподіл вагонів за призначеннями плану формування

№ п/п	Призначення	Кількість вагонів
1	Наскрізний на А	128
2	Дільничний на А	132
3	Збірний на А	70
4	Наскрізний на Б	172
5	Дільничний на Б	108
6	Збірний на Б	70
7	Наскрізний на М	113
8	Дільничний на М	92
9	Збірний на М	43

#### А.6 Інші дані

Норма закріплення рухомого складу в парках станції –  $n_6 = 5$  башмаків



## ДОДАТОК Б

### ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ РОБОТИ СТАНЦІЇ Д

#### Б.1 Розклад прибуття поїздів

Розклад прибуття на станцію поїздів зі кожного напрямку отримано шляхом моделювання на ЕОМ. Результати моделювання розкладу прибуття поїздів наведені на рисунках Б.1 – Б.3.

1	0час	37мин	-	R	2	1час	14мин	-	T	3	2час	0мин	-	R
4	2час	29мин	-	T	5	2час	53мин	-	T	6	3час	12мин	-	PR
7	3час	44мин	-	T	8	4час	16мин	-	T	9	4час	31мин	-	P
10	4час	55мин	-	T	11	5час	27мин	-	R	12	5час	46мин	-	T
13	6час	37мин	-	T	14	7час	4мин	-	T	15	7час	26мин	-	R
16	7час	56мин	-	T	17	8час	24мин	-	T	18	9час	19мин	-	P
19	10час	29мин	-	T	20	10час	58мин	-	R	21	11час	12мин	-	R
22	11час	27мин	-	T	23	11час	52мин	-	T	24	12час	21мин	-	T
25	12час	39мин	-	R	26	13час	11мин	-	T	27	13час	36мин	-	T
28	14час	9мин	-	T	29	14час	28мин	-	T	30	14час	47мин	-	T
31	15час	41мин	-	PR	32	16час	4мин	-	T	33	16час	20мин	-	P
34	17час	3мин	-	T	35	17час	56мин	-	P	36	18час	44мин	-	T
37	19час	19мин	-	P	38	19час	31мин	-	T	39	19час	52мин	-	P
40	20час	23мин	-	T	41	21час	35мин	-	P	42	22час	9мин	-	P
43	22час	22мин	-	T	44	22час	55мин	-	T	45	23час	14мин	-	T
46	23час	32мин	-	P										

Рисунок Б.1 – Результати моделювання розкладу прибуття поїздів з напрямку А

1	0час	33мин	-	P	2	1час	14мин	-	PR	3	1час	45мин	-	T
4	2час	32мин	-	T	5	3час	45мин	-	R	6	5час	4мин	-	T
7	5час	47мин	-	T	8	8час	33мин	-	R	9	9час	15мин	-	T
10	9час	55мин	-	T	11	10час	20мин	-	T	12	10час	33мин	-	T
13	12час	7мин	-	T	14	13час	1мин	-	T	15	13час	32мин	-	T
16	14час	30мин	-	T	17	16час	57мин	-	T	18	17час	21мин	-	P
19	17час	48мин	-	PR	20	18час	19мин	-	R	21	18час	46мин	-	T
22	20час	50мин	-	T	23	21час	39мин	-	R	24	21час	46мин	-	T
25	22час	06мин	-	P	26	23час	00мин	-	T	27	23час	28мин	-	P

Рисунок Б.2 – Результати моделювання розкладу прибуття поїздів з напрямку М

1	0час	19мин	-	T	2	1час	40мин	-	P	3	3час	57мин	-	T
4	5час	48мин	-	R	5	6час	56мин	-	R	6	7час	29мин	-	R
7	8час	1мин	-	PR	8	11час	5мин	-	P	9	12час	14мин	-	T
10	12час	28мин	-	T	11	12час	55мин	-	T	12	14час	4мин	-	P
13	15час	53мин	-	R	14	16час	41мин	-	T	15	17час	6мин	-	P
16	17час	35мин	-	R	17	18час	5мин	-	T	18	18час	15мин	-	P
19	18час	40мин	-	T	20	19час	35мин	-	T	21	20час	54мин	-	PR
22	21час	11мин	-	T	23	21час	30мин	-	T	24	23час	10мин	-	T

Рисунок Б.3 – Результати моделювання розкладу прибуття поїздів з напрямку Б

## Б.2 Розподіл транзитних вагонів з переробкою за призначеннями плану формування поїздів

Розподіл за призначеннями ПФП транзитних вагонів з переробкою, що перебувають в складі поїздів у розформування, визначені шляхом моделювання за допомогою ЕОМ; результати моделювання наведені на рисунках Б.4-Б.7.

НАЗНАЧЕННЯ											:	состав
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
-	-	-	37	-	11	17	-	-	-	-	:	65
-	-	-	25	13	-	18	-	9	-	-	:	65
-	-	-	-	24	10	13	15	-	3	-	:	65
-	-	-	8	4	22	5	7	17	2	-	:	65
-	-	-	-	23	-	22	-	-	-	-	:	45
-	-	-	34	6	-	5	20	-	-	-	:	65
-	-	-	16	-	-	-	18	-	11	-	:	45

Рисунок Б.4 – Розподіл вагонів в поїздах в розформування з напрямку А

НАЗНАЧЕННЯ											:	состав
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
-	29	22	-	-	-	14	-	-	-	-	:	65
23	-	8	-	-	-	2	-	-	-	-	:	33
16	-	8	-	-	-	-	-	9	-	-	:	33
27	15	3	-	-	-	8	7	1	4	-	:	65
12	20	-	-	-	-	-	20	7	6	-	:	65

Рисунок Б.5 – Розподіл вагонів в поїздах в розформування з напрямку Б

НАЗНАЧЕННЯ											:	состав
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
19	-	18	-	-	18	-	-	-	10	-	:	65
21	10	-	-	34	-	-	-	-	-	-	:	65
-	32	4	20	-	6	-	-	-	3	-	:	65
-	20	7	26	-	3	-	-	-	1	-	:	57

Рисунок Б.6 – Розподіл вагонів в поїздах в розформування з напрямку М

НАЗНАЧЕННЯ											:	состав
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
9	6	-	5	-	-	-	-	-	-	-	:	20
1	-	-	1	4	-	9	5	-	-	-	:	20

Рисунок Б.7 – Розподіл місцевих вагонів



Взаємна залежність маршрутів за варіантами

№ маршруту	Відомості про маршрут	Варіанти									
		І	ІІ	ІІІ	ІV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	Прийм. пасаж. з М	3	1	2	3	2	2	2	2	2	2
2	Прийм. пасаж. з М	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Прийм. пасаж. з М	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Прийм. пасаж. з М	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Прийм. пасаж. з М	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Прийм. пасаж. з М	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Прийм. пасаж. з М	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Прийм. пасаж. з М	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Прийм. пасаж. з М	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Прийм. пасаж. з М	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Примітки: ІІ – пасаж. з М;  
ІІІ – пасаж. з М;  
ІV – пасаж. з М;  
V – пасаж. з М;  
VI – пасаж. з М;  
VII – пасаж. з М;  
VIII – пасаж. з М;  
IX – пасаж. з М;  
X – пасаж. з М.

Розрахункові формули

Трибальність запиток
$$T_p = K \cdot t$$
Кількість запиток
$$K = \frac{N_1 \cdot N_2 \cdot (t_1 + t_2)}{1440}$$
Середня трибальність запиток

Рівняння маршрутів

$$T_p = \frac{t_1^2 + t_2^2}{2 \cdot (t_1 + t_2)}$$

Розрахунок кількості та трибальності запиток

№ маршруту	Маршрути		ш/р	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>ср</sub>	K <sub>ср</sub>	T <sub>ср</sub>
	І	ІІ								
1	Прийм. пасаж. з М	Відпр. пасаж. на Б	н	6	24	6	3	4,5	0,90	4,05
2	Прийм. пасаж. з М	Відпр. пасаж. на Б	н	21	7	6	3	4,5	0,92	4,14
3	Прийм. пасаж. з М	Відпр. пасаж. на Б	н	21	24	6	3	4,5	3,15	14,18
4	Прийм. пасаж. з М	Відпр. пасаж. на Б	н	21	24	6	3	4,5	3,15	14,18
Всього										4,97 22,37

- 9 -



- 10 -

**ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНИХ МОДИФІКОВАНИХ ВИТРАТ**

$$МПВ = K + (\Sigma E(1 - \beta) - A\beta) \sum_{i=1}^T \eta_i$$

де  $K$  – капітальні вкладення відповідного варіанта  
 $\Sigma E$  – сумарні річні експлуатаційні витрати відповідного варіанта  
 $A$  – амортизаційні відрахування  $\beta$  – ставка податку на прибуток  
 $T$  – тривалість розрахункового періоду ( $T = 10$  років)  $\eta_i$  – коефіцієнт дисконтування

**Прямі капітальні вкладення по варіантам**

$K_1 = 56763,78$  тис. грн.  $K_2 = 16075,72$  тис. грн.

**Амортизаційні відрахування по варіантам**

$A_1 = 3734,459$  тис. грн.  $A_2 = 1057,613$  тис. грн.

**Річні експлуатаційні витрати по варіантам**

$E_1 = 9523,38$  тис. грн.  $E_2 = 6171,09$  тис. грн.

**Приведені модифіковані витрати по варіантам**

МПВ<sub>1</sub> = 98593,193 тис. грн.  
 МПВ<sub>2</sub> = 44412,645 тис. грн.

- 11 -

**ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ Д**

Простий транзитного вагону без переробки:

$$t_{\text{пр}}^{\text{пр}} = \frac{\Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}}}{\Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}}}$$

де  $\Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}}$  – вагону-години простою транзитних вагонів за добу;  
 $\Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}}$  – кількість транзитних вагонів, що обслуговуються в парку за добу.

ПВ-1:  $\Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}} = 1591,42$  ваг.-год,  $\Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}} = 1885$  ваг.  
 ПВ-2:  $\Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}} = 601$  ваг.-год,  $\Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}} = 1820$  ваг.

ПВ1:  $t_{\text{пр}}^{\text{пр}} = \frac{1591,42}{1885} = 0,84$  год; ПВ2:  $t_{\text{пр}}^{\text{пр}} = \frac{601}{1820} = 0,33$  год.

Простий транзитного вагону з переробкою:

$$t_{\text{пр}}^{\text{пр}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}$$

$t_{\text{пр}} = \frac{956}{968} = 0,99$  год;  $t_{\text{пр}} = \frac{6180}{968} = 6,38$  год;  $t_{\text{пр}} = \frac{890}{968} = 0,92$  год.  
 $t_{\text{пр}}^{\text{пр}} = 0,99 + 6,38 + 0,92 = 8,29$  год.

Середньозважена величина простою транзитного вагону:

$$t_{\text{пр}}^{\text{пр}} = \frac{\Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}} + \Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}} + \Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}}}{\Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}} + \Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}} + \Sigma n_{\text{пр}}^{\text{пр}}} = \frac{1591,42 + 601 + 6180}{1885 + 1820 + 968} = 1,79$$

- 12 -

**ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ Д**

Робочий парк транзитних вагонів:

$$N_p = \frac{1885 \cdot 0,84 + 1820 \cdot 0,33 + 968 \cdot 8,29}{24} = 425$$

Завантаження бригад ПТО парків станцій:

$$\Psi_{\text{пр}} = \frac{\Sigma t_{\text{пр}}}{24}$$

Парк ПВ1:  $\Psi_{\text{пр}} = \frac{14,98}{24-1} = 0,65$   
 Парк ПВ2:  $\Psi_{\text{пр}}^{\text{пр}} = \Psi_{\text{пр}}^{\text{пр}} = \frac{9,6}{24-1} = 0,42$

Коефіцієнт використання маневрових локомотивів:

$$K_s = \frac{\Sigma I}{24 - T_s}$$

Гірковий локомотив:  $K_s = \frac{7,93}{24-1} = 0,34$   
 Локомотив формування:  $K_s = \frac{10,3}{24-1} = 0,45$

- 13 -

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

**ДОДАТОК Г**

**ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ**

№ п/п	Назва матеріалу ДР, що надано до захисту	Аркушів (слайдів)	Характеристика матеріалу	Формат листа
1	Визначення раціонального варіанту удосконалення колійного розвитку дільничної станції у зв'язку з примиканням нової лінії	108	Пояснювальна записка	A4
2	План дільничної станції Д	1	Лист 1	A4×13
3	План та профіль сортувальної гірки; графіки швидкості та часу	1	Лист 2	A1
4	Добовий план-графік роботи станції Д	1	Лист 3	A1
5	Мультимедійний демонстраційний матеріал	14	Слайди	A4