

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Кафедра Транспортні вузли

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ /М. І. Березовий/

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **27 Транспорт**

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

Спеціалізація **275.02 Транспортні технології на залізничному транспорті**

Тема **Підвищення ефективності обслуговування під'їзних колій за рахунок удосконалення організації експлуатаційної роботи станції примикання**

Theme **Increasing the efficiency of maintenance of the access tracks by improving the operational work organization of the adjacent station**

Керівник дипломної роботи

доц. \_\_\_\_\_ В. В. Малашкін

Нормоконтролер

доц. \_\_\_\_\_ В. В. Малашкін

Студент групи УЗ1922

\_\_\_\_\_ С. С. Петрушин

Student

Petrushyn Serhii

Дніпро – 2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Факультет Управління процесами перевезень Кафедра «Транспортні вузли»

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

Спеціалізація 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

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

2020 р. \_\_\_\_\_ «\_\_\_\_\_»

### ЗАВДАННЯ

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

отримав студент групи У31922 Петрушин Сергій Сергійович  
(номер групи) (ПІБ)

1 Тема дипломного проекту (роботи): Підвищення ефективності обслуговування  
під'їзних колій за рахунок удосконалення організації експлуатаційної роботи станції  
примикання

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

2 Термін подання студентом закінченого проекту (роботи): « 06 » грудня 2020 р.

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

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки):

*(див. календарний план)*

5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу):

5.1. Креслення: план дільничної станції С; добовий план-графік роботи дільничної  
станції

5.2. Слайди презентації: показники функціонування під'їзних залізничних колій; схема  
дільничної станції та під'їзних колій, що примикають до неї; обсяги роботи дільничної  
станції; розрахунок потрібної кількості колій; вихідні дані для удосконалення процесу  
підбирання вагонів на станції; етапи сортування вагонів різними методами; залежність  
часу сортування вагонів від кількості колій; вибір черговості подачі вагонів на під'їзні  
колії; оптимізація розподілу вагонів по вантажним фронтам; показники роботи  
дільничної станції

6 Розділи та консультанти:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Назва розділу дипломного проекту (роботи)	Термін виконання	Обсяг розділу, %
1. Аналіз проблеми удосконалення взаємодії під'їзних залізничних колій та станції примикання	строк 1	20
2. Техніко-експлуатаційна характеристика станції	строк 1	5
3. Визначення розрахункових обсягів роботи станції	строк 1	10
4. Технічне нормування тривалості операцій технологічного процесу	строк 2	12
5. Розрахунок кількості колій в парках станції	строк 2	8
6. Дослідження та удосконалення організації обслуговування під'їзних колій	строк 2	20
7. Техніко-економічне обґрунтування оптимального варіанту обслуговування під'їзних колій	строк 3	10
8. Розробка добового плану-графіка роботи станції та розрахунок його показників	строк 3	15
Всього		100

Дата видачі завдання: « 07 » вересня 2020 р.

Керівник дипломної роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Малашкін В. В.

\_\_\_\_\_

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_

(підпис)

Петрушин С. С.

\_\_\_\_\_

(ПІБ)

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з вступу, 8 розділів, висновків та 4 додатків. Загальний обсяг проекту складає 106 сторінок, з них основний текст викладено на 85 сторінках, який містить 32 таблиці і 11 рисунків. Список використаних джерел складається з 51 найменування.

Об'єктом дослідження є процес функціонування станції примикання та під'їзних колій. Метою дипломної роботи є підвищення ефективності обслуговування під'їзних залізничних колій за рахунок удосконалення технології роботи станції примикання на основі використання математичних методів оптимізації.

В дипломній роботі наведена техніко-експлуатаційна характеристика станції С та визначені розрахункові обсяги її роботи. Виконано перевірку відповідності колійного розвитку приймально-відправних парків розрахунковим обсягам роботи. Виконано технічне нормування тривалості основних операцій технологічного процесу.

У якості спеціальної деталі роботи досліджено методи сортування вагонів на дільничній станції, виконано оптимізацію черговості обслуговування під'їзних колій маневровим локомотивом станції, а також визначено раціональний розподіл вагонів по вантажним фронтам однієї з під'їзних колій.

На основі розробленої технології побудований добовий план-графік роботи станції С та розраховані його показники. Аналіз графіку показав відповідність розробленої технології та технічного оснащення станції розрахунковим обсягам роботи.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: ДІЛЬНИЧНА СТАНЦІЯ, ПІД'ІЗНА КОЛІЯ, ВАНТАЖНИЙ ФРОНТ, СІТЬОВЕ ПЛАНУВАННЯ, ЛІНІЙНЕ ПРОГРАМУВАННЯ.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	6
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПІД'ІЗНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ ТА СТАНЦІЇ ПРИМИКАННЯ.....	8
1.1 Проблеми функціонування залізничних під'їзних колій .....	8
1.2 Огляд наукових досліджень по взаємодії промислового та магістрального залізничного транспорту.....	16
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ .....	21
2.1 Спеціалізація парків станції.....	21
2.2 Технічне оснащення станції.....	23
2.3 Характеристика вантажного району станції .....	24
2.4 Під'їзні колії, що примикають до станції .....	25
2.5 Експлуатаційна характеристика роботи станції .....	26
2.6 Постановка задачі дипломної роботи.....	28
3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ.....	30
3.1 Добовий обсяг роботи сортувальної станції .....	30
3.2 Розрахунок маси та довжини вантажних поїздів.....	31
3.3 Визначення розмірів поїздопотоків.....	33
4 ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....	35
4.1 Розрахунок тривалості основних операцій в приймально-відправному парку «А».....	35
4.2 Розрахунок тривалості операцій по розформуванню составів на сортувальній гірці .....	40

Зам. Інв. №		Підпис		Дата		0042.150285.ДР.2020.000		
Зм.	Лист	№ док	Підпис	Дата				
Инів. № ор.	Виконав	Петрушин			Підвищення ефективності обслуговування під'їзних колій за рахунок удосконалення організації експлуатаційної роботи станції примикання	Стадія	Лист	Листів
	Осн. кер.	Малашкін				МР	4	104
	Консульт.					Кафедра «Транспортні вузли»		
	Н. контр	Малашкін						
	Зав. каф.	Березовий						

	5
4.3 Розрахунок тривалості основних операцій в сортувальному парку.....	42
4.4 Розрахунок тривалості технологічних операцій в приймально-відправному парку «Б» .....	44
4.5 Розрахунок тривалості подачі вагонів на під'їзні колії.....	45
5 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ КОЛІЙ В ПАРКАХ СТАНЦІЇ .....	48
5.1 Аналіз технічної оснащеності прилеглих ліній .....	48
5.2 Розрахунок кількості колій в приймально-відправних парках станції.....	48
5.3 Розрахунок кількості колій в сортувальному парку.....	55
6 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ.....	57
6.1 Постановка задачі дослідження.....	57
6.2 Дослідження процесу підбирання вагонів на під'їзні колії станції.....	58
6.3 Удосконалення порядку подачі і прибирання вагонів на під'їзні колії. ....	65
6.4 Оптимізація розподілу вагонів по вантажним фронтам під'їзної колії.....	71
7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ.....	76
8 РОЗРОБКА ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКА РОБОТИ СТАНЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ЙОГО ПОКАЗНИКІВ.....	83
8.1 Вихідні дані для розробки добового плану-графіка роботи .....	83
8.2 Розробка добового плану-графіку роботи станції .....	84
8.3 Визначення показників добового плану-графіку роботи станції .....	84
ВИСНОВКИ .....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	91
ДОДАТОК А ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	96
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗКЛАДУ ПРИБУТТЯ ПОЇЗДІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ПЛАНУ-ГРАФІКА РОБОТИ СТАНЦІЇ .....	98
ДОДАТОК В ПЕРЕЛІК МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ.....	100
ДОДАТОК Г ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	106

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

АТС – автоматична телефонна станція

ДСП – черговий по станції

ДСПГ – черговий по гірці

ДСЦ – маневровий диспетчер

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

ЗТПК – залізничний транспорт під'їзних колій

ЛГ – локомотивне господарство

ЛНГ – логічний номер групи

ЛНК – логічний номер колії

МНС – Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій

ППП – паркова гальмівна позиція

ПКО – пункт комерційного огляду

ПТЕ – Правила технічної експлуатації залізниць

ПТО – пункт технічного огляду

СТЦ – станційний технологічний центр

ТРА – Техніко розпорядчий акт станції

## ВСТУП

В даний час залізничний транспорт функціонує в умовах жорсткої конкуренції з іншими видами транспорту. У цьому зв'язку проблема підвищення якості наданих послуг по перевезенню вантажів і пасажирів є досить важливою.

Дільнична станція С розташована в районі великого населеного пункту і обслуговує значну кількість промислових підприємств. Від якості її роботи в значній мірі залежить функціонування всієї дирекції по перевезенню пасажирів та вантажів. Ефективність роботи дільничної станції, у свою чергу, визначається рівнем її технічного оснащення і технологією роботи.

В сучасних умовах питання якісного і швидкого обслуговування поїздів і вагонів на станціях є досить актуальними. У той же час заходи, спрямовані на підвищення ефективності роботи станції повинні бути економічно виправдані.

До станції С примикає значна кількість під'їзних колій. Тому істотний вплив на показники роботи станції оказує організація роботи з подачі-збирання вагонів з під'їзних колій. Зокрема, від ефективності взаємодії станції і під'їзних колій залежить величина простою вагонів. У той же час збільшення маневрових локомотивів з метою зменшення загального часу на маневрові пересування повинно бути економічно обґрунтовано. У цьому зв'язку актуальність здобуває питання оптимізації взаємодії станції з під'їзними коліями промислових підприємств, які також розглядаються у рамках дипломної роботи.

# 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПІД'ЇЗНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ ТА СТАНЦІЇ ПРИМИКАННЯ

## 1.1 Проблеми функціонування залізничних під'їзних колій

Залізничний транспорт під'їзних колій (ЗТПК) промислових підприємств є важливим елементом в логістичному ланцюзі переміщення матеріальних потоків, так як забезпечує безпосередню взаємодію з передачі вантажів між магістральними залізницями і власниками вантажу. До залізничних під'їзних колій належать колії, що з'єднані із загальною мережею залізниць безперервною рейковою колією і належать підприємствам, організаціям, установам незалежно від форм власності [1]. Робота ЗТПК передбачає виконання широкого комплексу різних операцій по забезпеченню перевезеннями підприємств і організацій, у тому числі приймально-здавальні операції, технічний огляд рухомого складу, перевірка маси вантажу і тари вагонів, сортування і підбирання подач вагонів по вантажних фронтах, подача вагонів на вантажні fronti і їх прибирання після виконання вантажних операцій, митний та екологічний контроль вантажів, що відправляються, підготовка вагонів до навантаження і очищення після вивантаження, оформлення перевізних документів на вагони, що відправляються, та ін.

У даний час транспортна система України включає понад 7 тисяч під'їзних шляхів загальною протяжністю понад 27 тис. км (для порівняння експлуатаційна довжина магістральних залізничних колій становить 21,7 тис. км). При цьому технічне оснащення ЗТПК деяких великих металургійних підприємств досить порівняти з оснащенням дирекцій залізничних перевезень на магістральному транспорті.

Так, розгорнута довжина під'їзної колії ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» становить понад 800 км і включає близько 40 роздільних пунктів, у тому числі сортувальну станцію з механізованої гіркою, а в інвентарному парку підприємства знаходиться близько 190 маневрових локомотивів. Аналіз роботи залізниць України показує, що більше 90 % всіх вантажних операцій в даний час виконується саме на під'їзних коліях [2]. Таким чином, рівень ефективності та експлуатаційної надійності функціонування залізничного транспорту під'їзних колій значно

впливає як на роботу магістральних залізниць, так і на роботу обслуговуваних підприємств.

Слід зазначити, що в даний час існуюча система організації експлуатаційної роботи багатьох під'їзних колій і їх взаємодії з залізницями демонструє свою неефективність. За останні роки значно збільшився час знаходження вагонів на під'їзних коліях, частими стали випадки кидання поїздів на підходах до підприємств через неможливість їх прийомі на під'їзні колії, багато вагонів пошкоджується на під'їзних коліях при виконанні вантажних операцій.

Причини такої ситуації в загальному можна сформулювати як невідповідність існуючої технології і технічного оснащення ЗТПК, а також прийнятої системи організації взаємодії з магістральним транспортом нових ринкових умов роботи, серед яких слід виділити:

- зміна форми власності підприємств, які є відправниками та одержувачами вантажів;
- перехід від системи державного планування економіки до системи ринкового планування;
- поява приватного рухомого складу і постійне збільшення його частки в загальному парку вагонів;
- значне збільшення обсягів імпортно-експортних перевезень;
- розширення номенклатури вантажів, у тому числі і внаслідок їх диверсифікації по відправникам.

Таким чином, в даний час проблема удосконалення залізничного транспорту промислових підприємств для приведення технічного оснащення і технології роботи під'їзних колій у відповідність з новими умовами роботи є досить актуальною і вимагає комплексного підходу до свого рішення.

#### 1.1.1. Нормативно-правова база

У даний час робота ЗТПК в Україні регламентується цілим рядом нормативних документів, основними серед яких є:

- Закон України про залізничний транспорт;
- Статут залізниць України;

- Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України;
- Правила технічної експлуатації залізничного транспорту промислових підприємств;
- Тарифне керівництво №1.

Крім того, експлуатація кожного окремої під'їзної колії здійснюється відповідно до «Інструкції про порядок обслуговування і організації руху на під'їзній колії», а взаємодія під'їзної колії із залізницею виконується на підставі «Договору про експлуатацію під'їзної колії» (в разі обслуговування власним локомотивом підприємства) або «Договору про подачу та забирання вагонів» (при обслуговуванні підприємства локомотивом залізниці).

Однак, як показує практика, наявні законодавчі акти в основному регламентують технічні аспекти організації роботи під'їзних колій (порядок утримання пристроїв, безпеку руху і т. і.). У той же час, нормативно-правова база, що регулює технолого-економічну взаємодію промислового та магістрального залізничного транспорту, не має поки чітких ринкових механізмів. Так, ЄТП роботи більшості підприємств вже морально застаріли і не відповідають сучасним вимогам роботи, при цьому багато ЄТП розроблені ще в радянські часи. Це призводить до того, що нормативні значення показників, передбачені в ЄТП, підприємствами часто не виконуються. Наприклад, з 8-ми підприємств, що мають ЄТП зі станціями Дніпровської дирекції залізничних перевезень нормативний простій вагонів на під'їзній колії виконують тільки 6; при цьому простий на інших підприємствах перевищує норматив в середньому на 115% (на 16,8 години).

Крім того, як показав аналіз табл. 1 «Тарифного керівництва №1», при визначенні плати за подачу-прибирання вагонів на під'їзну колію локомотивом залізниці середня вартість одного вагоно-кілометра варіюється в межах 5...250 грн. (на відстані 1...10 км в обидва боки). При цьому підприємство, з добовим вагонообігом 10 вагонів платить залізниці за подачу-прибирання одного вагона в 6,5 раз більше, ніж підприємство з вагонообігом 500 вагонів при однаковій відстані подачі-прибирання.

Таким чином, існуюча нормативно-правові база залізничних під'їзних колій вимагає серйозного доопрацювання і приведення у відповідність з реаліями

сучасного ринку транспортних послуг для забезпечення взаємовигідних умов роботи як для підприємств, так і для залізниці.

### 1.1.2. Технічне оснащення

Однією з основних причин неефективної роботи ЗТПК є суттєва зношеність (до 80 %) основних технічних засобів: колійного і стрілочного господарства, рухомого складу, вантажних і складських пристроїв [3]. Це призводить до введення на під'їзних коліях обмежень швидкості маневрових пересувань, частим сходам рухомого складу, поломок локомотивів, збільшення тривалості навантажувально-розвантажувальних операцій. На багатьох під'їзних коліях обмеження швидкості встановлено 10 км/год, а на деяких ділянках 5 км/год. Зношеність навантажувально-розвантажувальних засобів часто призводить до пошкоджень рухомого складу.

Модернізація основних фондів залізничного транспорту під'їзних колій вимагає застосування сучасних науково обґрунтованих методів для вибору комплексу найбільш ефективних та економічно виправданих заходів по збільшенню його переробної та пропускної спроможності.

### 1.1.3. Експлуатаційна робота

В умовах перемінного зростання обсягів перевезень та попиту на вантажні вагони все більше проявляються негативні чинники, які склалися на промислових підприємствах в ставленні до вагонному парку залізниць. Як показує аналіз, промислові підприємства часто використовують рухомий склад нерационально, допускаючи невиправдані технологічними потребами тривалі затримки вагонів на під'їзних коліях.

Поелементний аналіз обороту вантажного вагона на залізницях України показує, що близько 42 % від загального часу обороту становить знаходження вагонів на станціях виконання вантажних операцій (на Донецькій залізниці цей показник досягає 56 %) [4]. При цьому до 90 % зазначеного часу вагони знаходяться на під'їзних коліях підприємств, а простій вагонів магістрального транспорту на під'їзних коліях деяких великих підприємств металургійної та гірничодобувної промисловості досягає 100 годин і більше. Так, на ПАТ «Арселор

Міттал Кривий Ріг» середній час перебування вагона склало 116 годин (при нормативі 71 годину) [5]. Більш того, спостерігається стійка тенденція до збільшення простоїв вагонів на під'їзних коліях (див. рисунок 1.1).

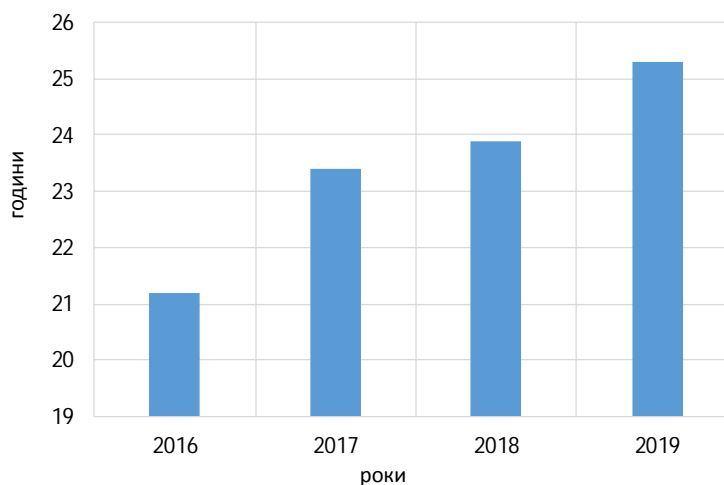


Рисунок 1.1 – Простій вагонів на під'їзних коліях

Також збільшується і тривалість обігу вагонів на залізницях України (див. рис. 1.2).

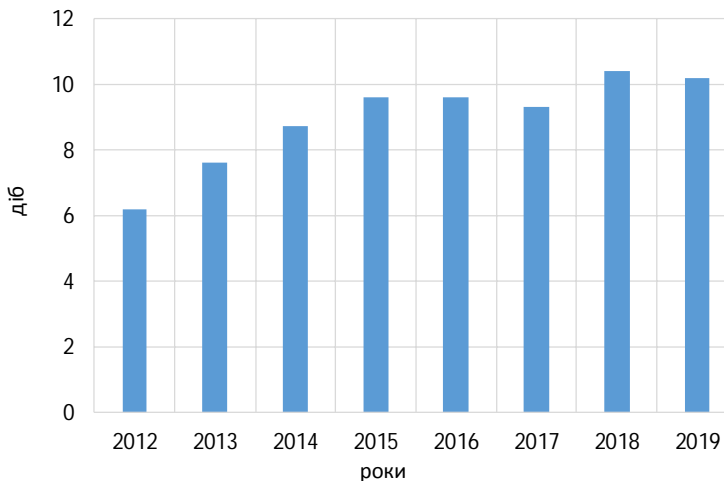


Рисунок 1.2 – Середній обіг вагона на мережі залізниць України

При цьому в структурі обігу вагона власне операція руху складає лише 20 %, а близько 42 % – простої на технічних станціях та на під'їзних коліях (рисунок 1.3). З урахуванням того, що у 2019 році середній обіг навантаженого вагона склав 10,2 діб, частка простою на під'їзних коліях склала майже 11 %.

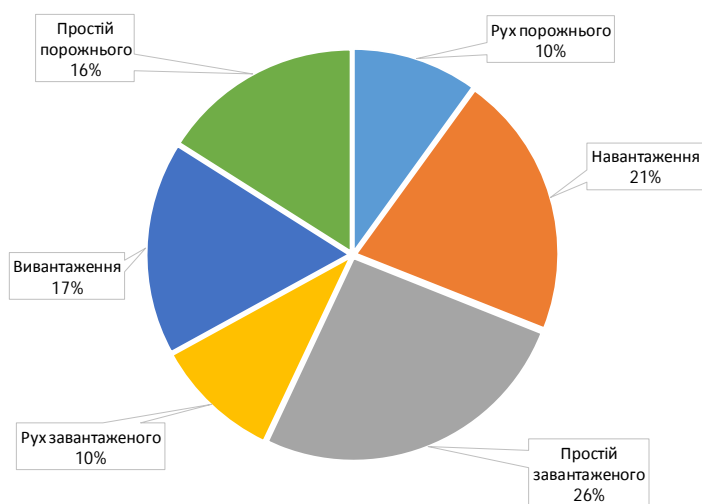


Рисунок 1.3 – Структура обігу вантажного вагону

Така ситуація з одного боку пояснюється недостатньою пропускною і переробною спроможністю під'їзних колій, які внаслідок високого ступеня зносу технічних засобів не можуть стабільно освоювати наявні обсяги перевезень.

З іншого боку, досить низький розмір плати за простій вагонів на під'їзній колії дозволяє підприємствам використовувати вагони як «склади на колесах», замість того, щоб розвивати власну інфраструктуру.

Виходом з даної ситуації багато експертів бачать жорсткість умов використання вагонів, збільшення плати за простій і введення штрафів за наднормативний простій вагонів. Слід зазначити, що штрафи сплачуються з прибутку підприємства, а плата за користування вагонами, часто просто перекладається на собівартість продукції.

Однією з причин затримок вагонів на під'їзних коліях є їх пошкодження в результаті виконання вантажних операцій або через сходів, викликаних незадовільним станом шляхів. При цьому вагон затримується для ремонту до 5 діб і більше.

Основні пошкодження вагонів відбуваються на під'їзних коліях портів при виконанні вантажних операцій за допомогою грейферів. Щорічно понад 1,5 тис. вагонів пошкоджуються в портах України, що становить близько 40 % від числа всіх випадків пошкодження вагонів на вантажних фронтах [6].

Сучасні умови роботи економіки України характеризуються значною нерівномірністю перевезень.

Однією з причин цього є перехід від системи глобального державного планування до ринкових методів складання планів. При цьому на багатьох підприємствах виробництво продукції виконується «під замовлення» і, відповідно, відправлення вантажів здійснюється вкрай неритмічно. Виконані на ряді підприємств дослідження показали, що для під'їзних колій коефіцієнт місячної нерівномірності по прибуттю в залежності від виду вантажу може коливатися в досить широких межах 1,15...3,15.

Разом з тим, за окремими вантажам на під'їзних коліях відхилення максимальних обсягів прибуття від середньодобових значень може досягати 400-500 % і більше [3].

При цьому на під'їзних коліях таких підприємств виникає проблема спорудження додаткових накопичувальних складських ємностей для згладжування нерівномірності прибуття сировини або відправлення готової продукції. В умовах значної зношеності технічних засобів і економії підприємствами коштів на їх модернізацію наявність нерівномірності перевезень призводить до виникнення затримок в обслуговуванні вагонів на під'їзних коліях, появи кинутих поїздів, загального зниження ефективності використання вагонного парку.

Значний вплив на систему організації роботи під'їзних колій в даний час надає наявність в структурі вагонопотоків, що надходить із зовнішньої мережі, вагонів власності різних залізничних операторів і промислових компаній. Наявність власних вагонів призводить до значного зниження коефіцієнта здвоєних операцій, який для власних вагонів становить близько 1,2 (для загальномережевого парку – 1,5). Причиною цього є заборона власника рухомого складу на використання цих вагонів після вивантаження.

Така ситуація призводить до необхідності подачі на підприємства додаткових порожніх вагонів під навантаження готової продукції і, отже, до збільшення вагонообігу під'їзних колій, підвищення завантаженості станцій примикання і підходів. Причому, аналіз використання порожніх вагонів під навантаження на ряді під'їзних колій великих підприємств показує, що до 12 %

прибувших під навантаження порожніх вагонів, повертається на зовнішню мережу в порожньому стані. Це пов'язано з одного боку з незадовільним технічним станом прибувших вагонів, з іншого боку – з неузгодженістю взаємодії працівників під'їзної колії, залізниці та власників вагонів по підводу порожніх вагонів під навантаження, коли працівники під'їзної колії замовляють вагони під завантаження «про запас», а потім їх не використовують.

Значну частину часу вагони можуть знаходитися на під'їзних коліях в очікуванні виконання митного та екологічного контролю. При цьому на багатьох підприємствах оформлення відповідних дозвільних документів не здійснюється в нічний час і у вихідні дні, що призводить до додатковими простоїв вагонів.

Існує і ряд інших проблем. Так, завантаженість маневрових локомотивів на деяких під'їзних коліях становить понад 80 %. З одного боку це пояснюється діючими обмеженнями швидкості руху, з іншого – великим обсягом маневрової роботи, пов'язаної з сортуванням і підбиранням вагонів по роду вантажу, власникам рухомого складу, необхідністю зважування як завантажених, так і порожніх вагонів та ін. Додаткові маневри також виконуються при «викиданнях» з поїздів, готових до відправлення, вагонів з готовою продукцією, внаслідок недотримання технічних умов завантаження, неправильного оформлення перевізних документів та ін. Поелементний аналіз роботи маневрових локомотивів на ряді під'їзних колій показав, що до 35 % робочого часу локомотиви можуть бути зайняті не виконанням маневрів, а знаходяться в очікуванні при відкачуванні або відпускання автогальм. Наслідком всього цього є значне збільшення завантаження маневрових локомотивів, що призводить до непродуктивних простоїв вагонів на коліях в очікуванні подачі або збирання.

Детальний аналіз технології роботи деяких під'їзних колій великих підприємств України показав, що найчастіше причиною значних простоїв вагонів є нераціональна організація роботи окремих елементів технологічного процесу.

Часто робота на ЗТПК організована «по-старинці», без урахування умов, що змінилися. Більш того, в деяких випадках слід, на жаль, констатувати наявність відверто низького рівня трудової і виконавської дисципліни, недостатню кваліфікацію працівників залізничних цехів підприємств.

Відсутність на під'їзних коліях автоматизованих систем номерного обліку вагонного парку і контролю за його дислокацією призводить до додаткових простоїв вагонів в очікуванні складання плану маневрової роботи, напрямку вагонів не по їх призначенню, утруднення складання перевізної документації, нерационального використання наявного колійного розвитку і парку маневрових локомотивів

## **1.2 Огляд наукових досліджень по взаємодії промислового та магістрального залізничного транспорту**

Питанню взаємодії промислового і магістрального залізничного транспорту присвячена велика кількість наукових праць. Вперше теоретичні основи питань взаємодії промислового і магістрального залізничного транспорту були розроблені академіком В. Н. Образцовим [7].

Питання взаємодії в роботі вантажних станцій і великих промислових підприємств викладені в працях професора Н. Р. Ющенко [8]. Умови взаємодії залізниць і промислового транспорту знайшли своє відображення також в працях професорів А. А. Смахова, В. М. Акулінічева, Г. П. Гриневича, В. В. Повороженко, Ф. І. Шаульська, Н. С. Ускова [9, 10, 11-15, 16].

Праці вчених Г. С. Баландюка, В. І. Балчий, Х. М. Лазарева [17, 18] присвячені науковим дослідженням питань експлуатаційної роботи станцій примикання і залізничного транспорту незагального користування.

Дослідження щодо поліпшення єдиних технологічних процесів роботи колій незагального користування промислових підприємств і станцій примикання проводилися з різних сторін і в декількох напрямках [19, 20]. Як стверджують автори [21], завдання координації розвитку і взаємодії багатогранні і вирішуються в технологічній, технічній, фінансовій, організаційній, інформаційній та правовій сферах.

Технологічна сфера взаємодії має на меті комплексну організацію експлуатації транспорту з оптимальною організацією вантажопотоків, узгодження вантажний і перевізної роботи, організацію доставки по сумісним графіками видів

транспорту, вантажовідправників і вантажоодержувачів, а також складання комплексних технологічних процесів роботи великих транспортних вузлів [21].

Технічна сфера взаємодії включає:

- узгодження пропускної та переробної спроможності систем, що стикуються;
- облік взаємних вимог і ув'язку параметрів рухомого складу по вантажопідйомності і місткості з метою найбільш ефективного використання перевантажувальних і вантажно розвантажувальних засобів і фронтів.

Виділяють ще інформаційну сферу взаємодії, що представляє собою складову частину технологічної взаємодії [21]. Фінансова сфера передбачає розробку єдиної методичної основи для тарифних систем з метою створення найбільш сприятливих умов для раціонального використання кожного виду транспорту [22]. Організаційна сфера обумовлює встановлення системи управління всіма видами транспорту в цілому. У правову сферу взаємодії входить вирішення різноманітних юридичних правових питань взаємовідносин видів транспорту між собою, а також між ними і власниками вантажу (вантажовідправниками і вантажоодержувачами).

У працях А. В. Перепелюка [22] розглядається економічна сутність взаємодії промислового і магістрального залізничного транспорту. Автор [22] ставить на перше місце удосконалення економічних і правових основ взаємодії і визначає, що існуючі правові норми, які регламентують і регулюють це взаємодія, недостатньо відображають інтереси сторін.

Проведений аналіз робіт в області експлуатації залізниць, зокрема, взаємодії промислового і магістрального залізничного транспорту, показав, що питання взаємодії станцій примикання і колій незагального користування вимагають подальшого розвитку, особливо в частині підвищення якості обслуговування вантажних фронтів [23-32].

Час перебування вагонів на станціях під вантажними операціями є важливою складовою часу обороту вагона (в структурі обороту вагона близько 46 % – час, витрачений на простої вагона на станціях навантаження і

вивантаження), тому удосконалення внутрисканційної технології роботи з місцевим вантажем має вагоме значення.

Науковцями в області експлуатації залізниць розроблені пропозиції щодо вибору оптимальної черговості обслуговування вантажних фронтів. Спроби аналітично вирішити задачу вибору оптимальної черговості подач вагонів на вантажні fronti станції робилися різними авторами неодноразово. Питання визначення оптимальної черговості обслуговування вантажних фронтів одним з перших розглянув Ф. Т. Мамедов [33].

Ф. Т. Мамедов оцінив актуальність питання і запропонував технологічні підходи до вирішення цього завдання в рамках вдосконалення планування роботи вантажної станції. Він встановив правило, що в першу чергу необхідно подавати вагони на ті вантажні fronti, для яких число локомотиво-хвилин обслуговування, що припадають на один вагон, буде мінімальним.

Професор Ф. П. Кочнев в [34] сформулював раціональний порядок подачі і прибирання вагонів наступним чином: «Коли групи місцевих вагонів відправляють зі станції після закінчення вантажних операцій, черговість подач на пункти, що обслуговуються одним локомотивом, можна встановлювати в порядку зростання кількості локомотиво хвилин, витрачених на подачу або прибирання одного вагона. У цьому випадку досягається лише мінімальний простій в очікуванні подачі і прибирання вагонів».

У роботах Ф. І. Карпелевича, І. Б. Сотникова було розглянуто окремий випадок завдання вибору черговості подачі груп порожніх вагонів на пункти навантаження, проведення навантаження і прибирання навантажених вагонів на станцію [35]. З цієї постановки запропонований обчислювальний алгоритм розрахунку оптимальної черговості подач.

У роботі [36] автори В. Н. Іванченко та Н. Н. Лябах розглянули задачу оптимізації маневрової роботи на сортувальній станції з позицій теорії графів. Вихідна задача зведена до задачі комівояжера, і запропонований евристичний алгоритм рішення. Перерахованими авторами аналітичний розв'язок задачі не було знайдено.

Вперше групою авторів у роботі [37] було дано математичне обґрунтування рішення оптимізаційної задачі (черговість обслуговування вантажних фронтів) для двох приватних критеріїв ефективності: мінімізації вагоно-годин, витрачених на подачу вагонів на вантажні fronti станції; мінімізації вагоно-годин, витрачених на подачу вагонів і проведення вантажних операцій на вантажних фронтах. В [38] на додаток до двох отриманих критеріїв оптимізації [37] доданий третій – забезпечення максимальної кількості поданих і прибраних вагонів до заданого часу прибуття збірної поїзда.

В роботі [39] розглянуті питання визначення оптимальної черговості обслуговування вантажних фронтів з метою мінімізації експлуатаційних витрат на маневрову роботу. Рішення отримано методом упорядкування по мінімуму тривалості робіт теорії розкладів.

Дослідження технології роботи колій незагального користування промислових підприємств і вантажних станцій знайшло відображення в роботах наступних вчених: В. М. Акулінічева, Г. Ф. Бабушкіна, А. М. Берестового, О. В. Білогурова, В. І. Бобровського, Т. В. Бутько, В. К. Губенко, М. І. Данька, А. Т. Дерібаса, І. В. Жуковицький, Г. І. Загарія, А. М. Котенко, Л. С. Крохина, В. К. Мироненко, Е. В. Нагірного, В. Я. Негреев, Г. І. Нечаєва, А. Д. Омельченко, В. В. Повороженко, А. А. Полякова, В. М. Самсонкін, А. А. Сміхова, М. П. Топчиева, Г. В. Ферাপонтова, М. Л. Цегельника, П. А. Яновського та інших.

Професор Крохин Л. С. розглядав питання, пов'язані з відносними пріоритетами обслуговування колій незагального користування при вартісній оцінці часу перебування заявки в очікуванні обслуговування локомотивом [40]. Варіюючи пріоритетами обслуговування вантажних фронтів, можна дати рекомендації для вирішення завдання вибору черговості обслуговування вантажних фронтів, тобто виділити вантажні fronti, подача вагонів на які в першу чергу забезпечить мінімум простою вагонів на станції.

Автором Івановим С. Д. [41] запропонована система обслуговування вантажних фронтів підприємств промислового залізничного транспорту, в якій черговість їх обслуговування визначається тривалістю максимального вантажної операції, встановленої для однієї з груп вантажних фронтів, що обслуговується

однією подачею. В роботі [42] Турсунбаева Н. К. запропонувала визначати послідовність обслуговування вантажних фронтів по критерію мінімального очікування локомотивами робіт і максимального виконання маневрових робіт з числа пред'явлених. Зверєв В. І. в роботі [43] виділив наступні критерії при визначенні оптимальної черговості подачі вагонів на вантажні fronti: мінімум маневрових локомотиво-годин маневрової роботи, мінімум додаткових вагоно-кілометрів пробігу, мінімум вагоно годин очікування початку вантажних операцій після прибуття на станцію, мінімум штрафів через порушення термінів доставки вантажів. Автор [41] визначив, що особа, яка приймає рішення, може використовувати і інтегральний критерій оптимальності.

Зазначені вище автори прийшли до єдиної думки, що критерієм вибору черговості обслуговування шляхів незагального користування повинні бути експлуатаційні витрати.

Таким чином, аналіз результатів наукових досліджень довів, що своєчасність подачі вагонів і їх прибирання з колій незагального користування, а також в деякій мірі виконання термінів доставки вантажів, залежать від організації маневрового обслуговування вантажних фронтів. Невиконання договірних умов тягне виплату перевізником штрафних санкцій за претензіями вантажовласників.

## 2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ

Станція С (рисунок 2.1) за характером роботи є дільничною станцією, а за обсягом роботи віднесена до другого класу. Станція працює на два напрямки:

- перегін С-М – електрифікований двоколійний, обладнаний одностороннім кодовим автоматичним блокуванням;
- перегін С-К – електрифікований двоколійний, обладнаний одностороннім кодовим автоматичним блокуванням.

Станція виконує прийом і відправлення вантажних транзитних, пасажирських та приміських поїздів; формування, розформування поїздів; причеплення та відчеплення вагонів від поїздів; добірку, прибирання та подачу вагонів по пунктам навантаження і розвантаження на під'їзних коліях), в пункт ремонту вагонів та інше.

### 2.1 Спеціалізація парків станції

Колійний розвиток станції згрупований у три парки: приймально-відправний парк «А», приймально-відправний парк «Б», сортувальний парк «В». У відповідності до розташування парків відносно один одного станція є поздовжнього типу.

Приймально-відправний парк «А» складається з 6 колій, призначених для прийому вантажних транзитних з напрямку М, прийому поїздів в розформування (дільничних і збірних) з напрямків М і К, а також для виставки поїздів свого формування із сортувального парку для відправлення на всі напрямки.

Приймально-відправний парк «Б» складається з 4 колій, призначених для прийому вантажних транзитних поїздів з напрямку К. Колійний розвиток даного парку включає витяжну колію № 13 довжиною 425 м, та локомотивний тупик № 12, який використовується для перестановки поїзних локомотивів у локомотивне господарство.

Сортувальний парк складається з 10 колій і призначений для накопичення составів дільничних та збірних поїздів на всі напрямки, подач на вантажні fronti станції.

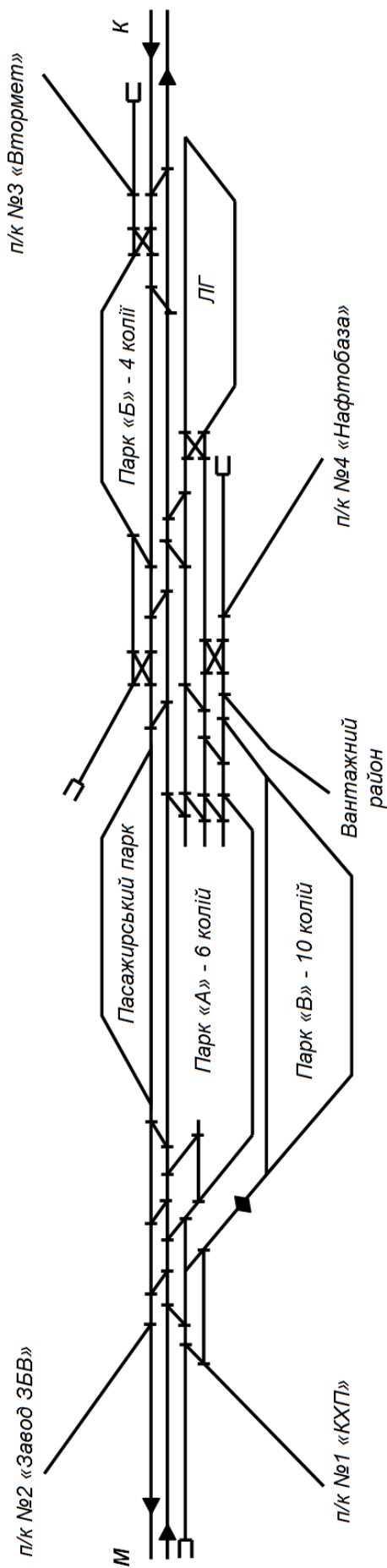


Рисунок 2.1 – Схема дільничної станції С

Пасажирський парк станції складається з 3 приймально-відправних колій, які призначені для пропуску, прийому та відправлення парних і непарних пасажирських поїздів.

## 2.2 Технічне оснащення станції

Стрілки і сигнали парків станції обладнані пристроями електричної централізації стрілок і сигналів релейного типу з центральними залежностями. Головні та приймально-відправні колій станції, а також перегони, що примикають до станції електрифіковані.

Для обслуговування, посадки і висадки пасажирів на станції С передбачена пасажирська будівля і три пасажирські платформи довжиною по 400 м. Прохід пасажирів на платформи виконується через колії по укладеним в одному рівні перехідним настилам.

Для виконання маневрової роботи по формуванню-розформуванню поїздів на станції є таке технічне оснащення:

- гірка малої потужності;
- витяжна колія № 10 корисною довжиною 850 м, яка розташована в парній горловині парку «А» і використовується для розпуску вагонів з гірки малої потужності та при перестановці груп вагонів у приймально-відправному парку;
- витяжна колія № 11 корисною довжиною 850 м, яка розташована в непарній горловині парку «А» і використовується для формування составів готових поїздів та при перестановці груп вагонів у приймально-відправного парку.

Розформування составів здійснюється на механізованій гірці малої потужності, яка розташована в непарній горловині станції. Сортувальна гірка має одну колію насуву і одну обхідну колію та обладнана двома гальмівними позиціями, з них: перша – пучкова, обладнана одним сповільнювачем типу КНП-5, друга – паркова, розташована на сортувальних коліях і обладнана двома сповільнювачами типу РНЗ-2.

Послідовно парку «А» зі сторони К розміщено локомотивне господарство, на якому виконується ремонт та технічне обслуговування локомотивів. Депо станції С є основним для дільниць М-С і К-С. Тому, як правило, виконується зміна

тільки тих поїзних локомотивів, які поступають в поточний ремонт і обслуговування ТО-3. Для виконання відчіпного ремонту вагонів на станції в сортувальному парку передбачена спеціалізована колія.

Для забезпечення диспетчерського керівництва маневровою роботою і організації прийому та відправлення поїздів станція обладнана наступними засобами зв'язку:

- поїзним диспетчерським та міжстанційним зв'язком;
- прямим телефонним зв'язком;
- двобічним гучномовним парковим зв'язком;
- поїзним і маневровим радіозв'язком;
- телефонним зв'язком місцевої автоматизованої телефонної станції (АТС);
- зв'язком з інформаційним станційним центром (ІСЦ).

На території станції розташоване локомотивне господарство. Депо станції С є основним для дільниць М-С і К-С. Тому, як правило, виконується зміна тільки тих поїзних локомотивів, які поступають в поточний ремонт і обслуговування ТО-3. Для виконання відчіпного ремонту вагонів на станції в сортувальному парку передбачена спеціалізована колія.

### **2.3 Характеристика вантажного району станції**

Станція С виконує значний обсяг вантажної роботи з обслуговуванням підприємств і населення міста. Для виконання вантажних операцій по обслуговуванню населення та підприємств на станції передбачений вантажний двір, який розташований паралельно сортувальному парку. На вантажному дворі розміщені наступні місця загального користування:

- критий склад тарно-штучних вантажів, вантажні операції на якому виконуються електронавантажувачами ЕП-106;
- крита платформа для довгомірних та великовагових вантажів, яка оснащена мостовим краном;
- контейнерний майданчик, обладнаний двома козловими електрокранами КК-6, вантажопідйомністю по 5 т;

– підвищена колія для вивантаження сипучих вантажів, обладнана грейферним краном.

## **2.4 Під'їзні колії, що примикають до станції**

Станція С обслуговує також підприємства міста, що мають власні під'їзні колії. До станції С примикають під'їзні колії 4 підприємств міста:

– під'їзна колія № 1 «Комбінат хлібопродуктів» (КХП) примикає стрілочним переводом № 7 до витяжної колії № 10 в непарній горловини сортувального парку «В». На КХП виконується вивантаження зернових вантажів бункерним способом та навантаження хлібопродукції у тарно-штучних упакованнях електронавантажувачами;

– під'їзна колія № 2 «Завод ЗБВ» примикає до станції стрілочним переводом № 3 в непарній горловині приймально-відправного парку «А». На під'їзну колію № 2 надходять вагони з будівельними матеріалами для виробництва залізобетонних виробів (ЗБВ); їхнє вивантаження виконується на підвищеній колії; навантаження ЗБВ виконується за допомогою мостових кранів;

– під'їзна колія № 3 «Втормет» примикає стрілочним переводом № 4 до тупикової колії № 13 в непарній горловини приймально-відправного парку «Б». Тут виконується вивантаження металолому та навантаження металопрокату; вантажні операції виконуються козловими та мостовими кранами;

– під'їзна колія № 4 «Нафтобаза» примикає стрілочним переводом № 26 до витяжної колії № 11. До нафтобази надходять цистерни з нафтопродуктами, що вивантажуються на зливальній естакаді.

Подача та прибирання вагонів з під'їзної колії № 2 «Завод ЗБВ» виконується власним локомотивом підприємства, а на всіх інші під'їзні колії – локомотивами станції.

## 2.5 Експлуатаційна характеристика роботи станції

### 2.5.1. Основні операції, які виконуються на станції

Вантажні транзитні поїзди з напрямку М надходять у приймально-відправний парк «А», де після технічного і комерційного огляду та випробування автогальм вагонів (в складі поїзда після причеплення локомотива проводиться повне випробування автогальм вагонів, у других випадках – скорочене) вантажні транзитні поїзди відправляються на напрямок К.

Вантажні транзитні поїзди з напрямку К надходять у приймально-відправний парк «Б», де після технічного і комерційного огляду та випробування автогальм вагонів вантажні транзитні поїзди відправляються на напрямок М.

Усі дільничні та збірні поїзди з напрямків М і К надходять для розформування у приймально-відправний парк «А». Після відчеплення поїзного локомотива, технічного і комерційного огляду складу поїздів маневровим локомотивом витягуються на витяжну колію № 10 для їх розформування через сортувальну гірку. У сортувальному парку здійснюється накопичення складів дільничних і збірних поїздів та подач вагонів на вантажні фронти станції. Після накопичення усі складу готових поїздів маневровим локомотивом переставляються через витяжну колію № 11 у приймально-відправний парк «А». Після технічного і комерційного огляду, причеплення поїзного локомотива та випробування автогальм вагонів сформовані дільничні та збірні поїзди відправляються по призначенню на напрямки М і К. Місцеві вагони в залежності від призначення подаються на під'їзні колії № 2 («Завод ЗБВ»), № 3 («Втормет»), № 4 («Нафтобаза») та вантажний район через витяжну колію № 11, а на під'їзну колію № 1 (КХП) – через сортувальну гірку.

Після виконання з вагонами операцій по вивантаженню й навантаженню здійснюється прибирання вагонів з під'їзних колій й вантажного двору станції та розформування подач по коліях сортувального парку відповідно до прийнятої спеціалізації для накопичення складів дільничних та збірних поїздів на призначений напрямок. При цьому подачі вагонів, що надходять з під'їзної колії № 1 (КХП) розформовуються на сортувальній гірці, а подачі, що надійшли з

вантажного двору та під'їзних колій № 3 («Втормет») і № 4 («Нафтобаза») – на витяжній колії № 11.

Подача та прибирання вагонів з під'їзної колії № 2 («Завод ЗБВ») виконується власним локомотивом підприємства, а на всіх інших під'їзних коліях – локомотивами станції.

При виявленні в приймально-відправних парках або на сортувальній гірці вагонів, що вимагають відчіпного ремонту, складачі поїздів, регулювальники швидкості руху вагонів, приймальники поїздів, оператори сортувальної гірки повідомляють номери таких вагонів і виявлені ушкодження ДСЦ особисто або через ДСПГ гірки. Ушкоджені вагони маневровим локомотивом з приймально-відправних парків переставляються на спеціалізовану колію сортувального парку «В». Виявлені же при розформуванні дільничних та збірних поїздів або на сортувальній гірці вагонів, що вимагають відчіпного ремонту, відповідно до складеного сортувального листка на підставі форми ВУ-23 і крейдової розмітки на вагонах, що наноситься у приймально-відправному парку «А» працівниками ПТО, також направляються на дану колію. Після ремонту вагони маневровим порядком переставляються через гірку на сортувальну колію відповідно до призначення.

#### 2.5.2. Характеристика маневрової роботи

Колійний розвиток станції умовно розподілений на два маневрові райони. Маневровий район № 1 знаходиться у непарній горловині станції, а маневровий район № 2 – у парній горловині станції. Манєврова робота по формуванню, розформуванню, подачі, збиранню і перестановці вагонів виконується трьома манєвровими тепловозами серії ЧМЕ-3, що обладнані двостороннім радіозв'язком з манєвровим диспетчером.

Манєврові локомотиви спеціалізовані по манєврових районах. Локомотив № 1 працює у манєвровому районі № 1 і виконує роботу по розформуванню-формуванню составів поїздів, а також здійснює подачу-збирання і підбір вагонів на під'їзну колію № 1 (КХП). Локомотиви № 2 і № 3 працюють у манєвровому районі № 2 і здійснюють операції по формуванню та перестановці готових составів із сортувального парку «В» в приймально-відправний парк «А», подачу-збирання і

підбір вагонів на вантажний двір, під'їзну колію № 3 («Втормет»), під'їзну колію № 4 («Нафтобаза»). Крім того, виконує розформування подач вагонів після їхнього збирання з вантажних фронтів, а також подає і забирає вагони після відчіпного ремонту зі спеціалізованої колії у сортувальному парку «В». Усі маневрові локомотиви обладнані пневматичними приводами для відчіплення від маневрового поїзда з кабіни машиніста.

У маневрових районах станції виконується наступна маневрова робота.

Передгірочна горловина сортувального парку:

- насув і розпуск составів поїздів на гірку для розформування-формування;
- заїзд гірочного локомотива під черговий состав;
- прибирання та подача поїзних локомотивів на колії приймально-відправного парку «А»;
- добірка та подача-прибирання вагонів з під'їзної колії № 1 (КХП).

Хвостова горловина сортувального парку:

- формування подач вагонів на вантажні райони станції;
- закінчення формування составів у сортувальному парку;
- розформування подач вагонів з вантажних районів;
- перестановка готових составів з сортувального парку у Північний парк;
- подача на спеціалізовану колію вагонів, що вимагають відчіпного ремонту та збирання їх після ремонту.

## **2.6 Постановка задачі дипломної роботи**

В даний час залізничний транспорт функціонує в умовах жорсткої конкуренції з іншими видами транспорту. У цьому зв'язку проблема підвищення якості наданих послуг по перевезенню вантажів і пасажирів є досить важливою.

Дільнична станція С розташована в районі великого населеного пункту і обслуговує значну кількість промислових підприємств. Від якості її роботи в значній мірі залежить функціонування всієї дирекції по перевезенню пасажирів та вантажів. Ефективність роботи дільничної станції, у свою чергу, визначається рівнем її технічного оснащення і технологією роботи.

До дільничної станції С примикає значна кількість під'їзних колій. Очевидно, що від ефективності взаємодії станції і під'їзних колій залежить величина простою вагонів.

Основним недоліком в експлуатаційній роботі станції є недосконала організація саме обслуговування під'їзних колій підприємств, під яким розуміється комплекс операцій з підбирання, подачі та збирання вагонів. Скорочення часу на виконання вказаного комплексу операцій можливе за рахунок збільшення маневрових локомотивів, але такий підхід потребує значних витрат.

Слід відзначити, що на тривалість знаходження вагонів на станції значно впливає тривалість виконання навантажувально-розвантажувальних робіт з вагонами. Скорочення загальної тривалості виконання цих робіт можливе за рахунок їх паралельного виконання і раціонального розподілу вагонів по вантажним фронтам під завантаження або розвантаження.

Таким чином, актуальність здобуває питання удосконалення організації взаємодії станції з під'їзними коліями промислових підприємств. У цьому зв'язку у дипломній роботі сформульовані задачі:

- оптимізація процесу підбирання вагонів в хвості сортувального парку для їх подальшої подачі на під'їзні колії промислових підприємств;
- оптимізація черговості подачі та збирання вагонів з під'їзних колій, що примикають до станції;
- оптимізація розподілу вагонів по вантажним фронтам під'їзної колії.

Для вирішення поставлених задач доцільно використовувати сучасні математичні методи оптимізації.

## 3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ

### 3.1 Добовий обсяг роботи сортувальної станції

Обсяг добової роботи станції характеризується пасажирськими і транзитними поїздопотоками та вагонопотоками, що перероблюються на станції (див. додаток А.1), які наведені відповідно у таблицях 3.1-3.3.

Таблиця 3.1 – Пасажирські поїздопотоки станції

З	На		Разом
	М	К	
М	-	4/3	7
К	5/2	-	7
Разом	7	7	14

Примітка: чисельник – пасажирські поїзда, знаменник – приміські поїзда.

Таблиця 3.2 – Транзитні поїздопотоки станції

З	На		Разом
	М	К	
М	-	30	30
К	35	-	35
Разом	35	30	65

Таблиця 3.3 – Вагонопотоки станції, що перероблюються

З	На		С					Разом
	М	К	п/к № 1	п/к № 2	п/к № 3	п/к № 4	ВР	
М	-	208	23	25	31	30	25	342
К	200	-	17	26	29	24	34	330
С	п/к № 1	15	25	-				40
	п/к № 2	22	29		-			51
	п/к № 3	25	35			-		60
	п/к № 4	32	22				-	54
	ВР	30	29					-
Разом	324	348	40	51	60	54	59	936

Таким чином, добовий вагонопотік, що переробляється на станції складає 936 вагонів, з яких 264 вагона є місцевими, що призначені на під'їзні колії підприємств та вантажний район.

### 3.2 Розрахунок маси та довжини вантажних поїздів

Розрахункова маса вантажного поїзда в основному залежить від сили тяги поїзного локомотива і від керівного ухилу на ділянці та визначається за формулою [44]:

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

де  $F_{\text{кр}}$  – розрахункове значення дотичної сили тяги, Н;

$P$  – розрахункова маса локомотива, т;

$w'_0$  – основний питомий опір руху локомотива, Н/кН;

$w''_0$  – основний питомий опір руху состава, Н/кН;

$i_p$  – розрахунковий ухил на ділянці.

Питомі опори руху локомотива і поїзда визначаються відповідно за формулами:

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

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

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

$q_0$  – навантаження від осі вагона на рейку, кН.

Довжина поїзда з урахуванням довжини локомотива визначається по формулі:

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

де  $m_c$  – число вагонів в составі;

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

$l_{\text{лок}}$  – довжина локомотива по осям автозчеплення, м.

Число вагонів у складі поїзда може обмежуватися корисною довжиною приймально-відправних колій чи силою тяги локомотива. Тому прийняте число

вагонів у складі поїзда повинне відповідати мінімальному з двох розрахованих значень:

$$m_c = \min(m_F; m_L), \quad (3.5)$$

де  $m_F$  – состав поїзда, розрахований виходячи з сили тяги локомотива;

$m_L$  – состав поїзда, розрахований виходячи з корисної довжини колії.

Кількість вагонів в составі поїзда, що обмежується силою тяги локомотива визначається за формулою:

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

де  $Q$  – маса поїзда, т;

$q_{\text{ваг}}$  – маса вагона, т.

Кількість вагонів в составі поїзда з урахуванням корисної довжини колії визначається за формулою:

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

де  $L_{\text{кор}}$  – корисна довжина колії, м;

$a$  – допуск на неточність установки поїзда в межах корисної довжини колії, 10 м.

Вихідні дані і норми для визначення маси і довжини вантажних поїздів приведені в додатку А.1.

Розрахуємо масу поїздів, що обслуговуються на станції:

$$w'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot 43,3 + 0,0003 \cdot 43,3^2 = 2,90 \text{ Н/кН};$$

$$w''_0 = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 43,3 + 0,0025 \cdot 43,3^2}{17,0} = 1,41 \text{ Н/кН};$$

$$Q = \frac{46500 - (2,90 + 10,9) \cdot 184,0}{1,41 + 10,9} = 3571,15 \text{ т, прийнято } Q = 3550 \text{ т.}$$

Розрахуємо довжину поїздів, що обслуговуються на станції:

$$m_F = \frac{3550}{68,0} = 52,21 \text{ ваг.}, \text{ прийнято } m_F = 52 \text{ ваг.};$$

$$m_L = \frac{850 - 27,52 - 10}{15} = 54,16 \text{ ваг.}, \text{ прийнято } m_L = 54 \text{ ваг.};$$

Таким чином, у складі вантажних поїздів прийнято  $m_c = 52$  ваг.

Кількість вагонів в місцевих передачах прийнята 30 вагонів, а в збірних поїздах не менше ніж половина одногрупного составу.

### 3.3 Визначення розмірів поїздопотоків

Число поїздів, що поступають на станцію та відправляються з неї визначається за формулою:

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

де  $n$  – розрахунковий вагонопотік.

З використанням даних табл. 3.3 визначаються поїздопотоки, що надходять у розформування на станцію і поїздопотоки свого формування. Наприклад, з підходу М на станцію за добу прибуває 342 вагона. Тоді кількість поїздів у розформування дорівнюватиме

$$N = \frac{342}{52} = 6,58.$$

Прийнято  $N = 7$  поїздів. Оскільки при розрахунку значення  $N$  дрібна частина виявилася меншою за 0,5 (тобто половина составу), то прийнято, що з напрямку М прибуває 7 поїздів, з яких шість одногрупних і один збірний. Результати розрахунків наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Вагонопотоки та поїздопотоки, що перероблюються

З	На		С					Разом	У розформування	
	М	К	п/к № 1	п/к № 2	п/к № 3	п/к № 4	ВР		Всього	В т.ч. зб.
М	-	208	23	25	31	30	25	342	7	1
К	200	-	17	26	29	24	34	330	7	2
С	п/к № 1	15	25	-				40		
	п/к № 2	22	29		-			51		
	п/к № 3	25	35			-		60		
	п/к № 4	32	22				-	54		
	ВР	30	29					-	59	
Разом	324	348	40	51	60	54	59	936		
Свого формування	Всього	7	7						14	
	В т.ч. зб.	2	1							

Таким чином, за добу на дільничну станцію прибуває 14 пасажирських, 65 транзитних та 14 поїздів у розформування. При цьому відправляється зі станції також 14 пасажирських, 65 транзитних та 14 поїздів свого формування.

## 4 ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 4.1 Розрахунок тривалості основних операцій в приймально-відправному парку «А»

Схема взаємного розташування приймально-відправного парку «А» і сортувального парку «В» приведена на рисунку 4.1.

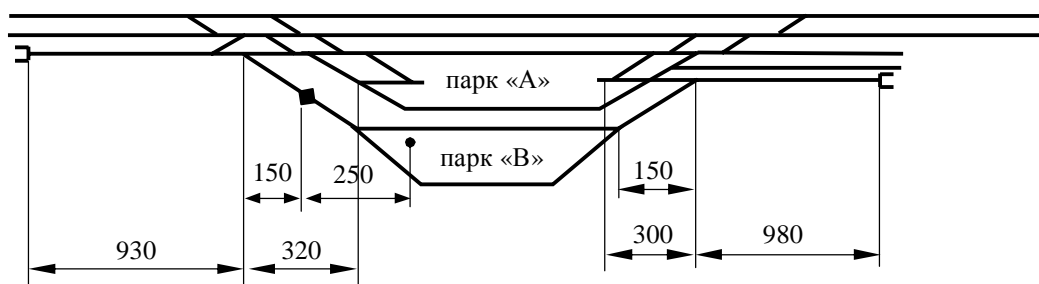


Рисунок 4.1 – Схема взаємного розташування парків «А» і «В»

Час заняття колії при прийомі поїзда в парк визначається за формулою [45]:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$l_{\text{п}}$  – довжина поїзда, м.

Визначимо довжину поїзда згідно з даними, що наведені у п. 3.2.

$$l_{\Pi} = m_c \cdot l_{\text{ваг}} + l_{\text{лок}} = 52 \cdot 15 + 27,52 = 807,52 \text{ м.}$$

Визначимо тривалість прийому поїзда при наступних вихідних даних:  $l_c = 300$  м і  $l_{\text{гор}} = 350$  м (у відповідності до плану станції),  $l'_{\text{ол}} = 1300$  м і  $l''_{\text{ол}} = 1100$  м,  $t_M = 0,15$  хв і  $V_{\text{вх}} = 40$  км/год (згідно до рекомендацій [45]),  $V = 70$  км/год (див. додаток А.2):

$$L_{\text{вх}} = 300 + 350 + 807,52 = 1457,52 \text{ м,}$$

$$t_{\text{пр}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1300}{70} + \frac{0,06 \cdot (1100 + 1457,52)}{40} = 5,1 \text{ хв.}$$

Час на прийом поїзду приймається  $t_{\text{пр}} = 5$  хв.

Тривалість закріплення рухомого складу на коліях парку прийому визначається за формулою [46]:

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

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

$n_{\text{б}}$  – кількість гальмівних башмаків, шт;

$V_1, V_0$  – відповідно швидкість підходу з одним башмаком та без башмаків, м/с;

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

Визначимо тривалість закріплення при наступних вихідних даних:  $l_{\text{ваг}} = 15$  м,  $n_{\text{б}} = 8$  шт (див. додаток А.2),  $V_1 = 0,87$  м/с,  $V_0 = 1,1$  м/с і  $t_{\text{в/у}} = 5$  с (згідно рекомендацій [46]):

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

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

Тривалість технічного огляду бригадою ПТО складу дільничного або збірного поїзда у розформування, визначається за формулою [45]:

$$t_{\text{то}}^{\text{д/зб}} = \frac{\tau \cdot m_c}{K_{\text{гр}}} + a, \quad (4.4)$$

де  $\tau$  – середня тривалість технічного огляду одного вагону з урахуванням нетрудомісткого безвідчіпного ремонту, хв;

$m_c$  – кількість вагонів в складі поїзду, ваг;

$a$  – час підготовчо-заклучних операцій, хв;

$K_{гр}$  – кількість груп в бригаді ПТО.

Згідно з [45]  $\tau = 0,9$  хв,  $a = 2,4$  хв. Кількість груп у бригаді ПТО прийнята відповідно з додатком А.2 і складає  $K_{гр} = 2$  групи. Визначимо тривалість технічного огляду дільничного поїзда, для якого  $m_c = 52$  вагона (див. п. 3.2):

$$t_{то}^л = \frac{0,9 \cdot 52}{2} + 2,4 = 25,8 \text{ хв,} \quad \text{прийнято } t_{то}^л = 26 \text{ хв.}$$

Тривалість обслуговування збірного поїзда, для якого  $m_c = 30$  вагона (див. додаток А.1):

$$t_{обс}^{зб} = \frac{0,9 \cdot 30}{2} + 2,4 = 15,9 \text{ хв,} \quad \text{прийнято } t_{обс}^{зб} = 16 \text{ хв.}$$

Тривалість технічного огляду состава транзитного поїзда та поїзда свого формування, бригадою ПТО визначаємо за формулою [45]:

$$t_{обс}^{тр. c/\phi} = \frac{\tau \cdot m_c}{K_{гр}} + \alpha \cdot t_{рем} + a, \quad (4.5)$$

де  $\alpha$  – частка составів, що вимагають трудомісткого безвідчіпного ремонту;

$t_{рем}$  – середня тривалість безвідчіпного ремонту вагонів, що припадає на один состав, хв.

При  $\alpha = 0,2$  та  $t_{рем} = 20$  хв, що прийняті згідно [45] та при  $m_c = 52$  вагона тривалість технічного огляду складатиме

$$t_{обс}^{тр. c/\phi} = \frac{0,9 \cdot 52}{2} + 0,2 \cdot 20 + 2,4 = 29,8 \text{ хв,} \quad \text{прийнято } t_{обс}^{тр. c/\phi} = 30 \text{ хв.}$$

Потрібна кількість бригад ПТО в приймально-відправному парку «А» повинна задовольняти умові:

$$S_{\text{бр}} \geq \frac{N_{\text{д}} \cdot t_{\text{то}}^{\text{д}} + N_{\text{зб}} \cdot t_{\text{то}}^{\text{зб}} + (N_{\text{тр}} + N_{\text{с/ф}}) \cdot t_{\text{то}}^{\text{тр, с/ф}}}{1440 \cdot 0,7} \quad (4.6)$$

де  $N_{\text{д}}$ ,  $N_{\text{зб}}$  – добова кількість дільничних і збірних поїздів відповідно, що прибувають у розформування, згідно таблиці 3.4  $N_{\text{д}} = 11$  поїздів,  $N_{\text{зб}} = 3$  поїздів;

$N_{\text{тр}}$  – добова кількість транзитних поїздів, що прибувають у парк, згідно таблиці 3.2  $N_{\text{тр}} = 30$  поїздів;

$N_{\text{с/ф}}$  – добова кількість поїздів свого формування, що переставляються у приймально-відправний парк «А» з сортувального парку «В», згідно таблиці 3.4  $N_{\text{с/ф}} = 14$  поїздів;

0,7 – раціональне завантаження бригади ПТО.

При  $N_{\text{д}} = 11$ ,  $N_{\text{зб}} = 3$ ,  $N_{\text{тр}} = 30$  і  $N_{\text{с/ф}} = 14$  поїздів:

$$S_{\text{бр}} = \frac{11 \cdot 26 + 3 \cdot 16 + (30 + 14) \cdot 30}{1440 \cdot 0,7} = 1,64$$

Прийнято  $S_{\text{бр}} = 2$  бригади ПТО.

Завантаження бригади ПТО в парку «А» остаточно складатиме:

$$\begin{aligned} \Psi_{\text{бр}} &= \frac{N_{\text{д}} \cdot t_{\text{обс}}^{\text{д}} + N_{\text{зб}} \cdot t_{\text{обс}}^{\text{зб}} + (N_{\text{тр}} + N_{\text{с/ф}}) \cdot t_{\text{обс}}^{\text{тр, с/ф}}}{1440 \cdot S_{\text{бр}}} = \\ &= \frac{11 \cdot 26 + 3 \cdot 16 + (30 + 14) \cdot 30}{1440 \cdot 2} = 0,57 \end{aligned}$$

Технологічний час на перестановку состава поїзда з сортувального парку «В» у приймально-відправний парк «А» для його відправлення складається з наступних операцій:

- заїзду маневрового локомотива з парку «А» у сортувальний парк «В»  $t_3$ ;
- витягування состава  $t_{\text{вит}}$  з сортувального парку на витяжну колію № 11;
- осаджування состава у приймально-відправний парк  $t_{\text{ос}}$ .

Час на перестановку визначається як сума тривалості півреїсів заїзду  $t_3$ , витягування  $t_{\text{вит}}$  і осадження  $t_{\text{ос}}$ . Тривалість маневрового півреїсу визначається за формулою:

$$t_{п/р} = a + b \cdot m, \quad (4.7)$$

де  $a, b$  – нормативні коефіцієнти, значення яких залежить від довжини маневрового піврейса  $l_{п/р}$  і визначається по [46];

$m$  – кількість вагонів в маневровому составі.

Довжини потрібних маневрових півреїсів визначаються у відповідності до рисунку 4.1. Довжина маневрового составу при  $m = 52$  вагона складає  $l_{п} = 807,52$  м. Результати розрахунків наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок тривалості перестановки составів з парку «В» в парк «А».

Операція	$l_{п/р}$ , м	$a$	$b$	$m$ , ваг	$t_{п/р}$ , хв
$t_3$	450	1,32	0,026	0	1,32
$t_{виг}$	957,52	2,10	0,038	52	4,08
$t_{ос}$	1107,52	2,40	0,042	52	4,58
Разом					9,98

Таким чином, тривалість перестановки состава з сортувального парку «В» в приймально-відправний парк «А» складає  $t_{п} = 10$  хв.

Час на відчіпку та причіпку поїзного локомотива до составу прийнято  $t_{пр} = 2$  хв.

Тривалість випробування автогальм визначається за формулою:

$$t_{авт} = 3,0 + 0,14 \cdot m, \quad (4.8)$$

$$t_{авт} = 3,0 + 0,14 \cdot 52 = 10,28 \text{ хв.}$$

Приймається  $t_{авт} = 10$  хв. Скорочена проба автогальм приймається 2 хв.

Час заняття колії при відправленні поїзда:

$$t_{\text{відп}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot L_{\text{вих}}}{V_{\text{вих}}}, \quad (4.9)$$

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

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

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

де  $l_{\text{гор}}$  – довжина горловини парку,  $l_{\text{гор}} = 300$  м;

$l_{\text{п}}$  – довжина поїзда, м.

При  $l_{\text{гор}} = 300$  м (у відповідності до плану станції) та  $l_{\text{п}} = 807,52$  м, а також  $V_{\text{вих}} = 35$  км/год (згідно [45]):

$$L_{\text{вих}} = 300 + 807,52 = 1107,52 \text{ м}, \quad t_{\text{відп}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1107,52}{35} = 2,04 \text{ хв.}$$

Час відправлення приймається  $t_{\text{відп}} = 2$  хв.

## 4.2 Розрахунок тривалості операцій по розформуванню составів на сортувальній гірці

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

– заїзд маневрового локомотива в приймально-відправний парк під состав  $t_3$ ;

– витягування составу  $t_{\text{вит}}$  на витяжну колію № 10

– насув составу на гірку  $t_{\text{нас}}$ ;

– розпуску составу на сортувальній гірці  $t_p$ ;

– осадження составів у сортувальному парку  $t_{\text{ос}}$ .

Тривалість заїзду маневрового локомотива під состав та його витягування на витяжну колію № 10 розраховується за формулою (4.7). Довжини потрібних піврейсів визначаються згідно до рисунка 4.1. Результати розрахунків наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок  $t_3$  і  $t_{\text{ВИТ}}$

Операція	$l_{\text{п/р}}, \text{ м}$	$a$	$b$	$m, \text{ ваг}$	$t_{\text{п/р}}, \text{ хв}$
$t_3$	320	1,10	0,022	0	1,1
$t_{\text{ВИТ}}$	1127,52	2,40	0,042	52	4,6

Тривалість насуву составу на вершину гірки визначається по формулі:

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,068 \frac{l_{\text{нас}} - 60}{10}, \quad (4.11)$$

де  $l_{\text{нас}}$  – відстань насуву, м.

При  $l_{\text{нас}} = 150$  м (див. рисунок 4.1) тривалість насуву буде складати

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,068 \frac{150 - 60}{10} = 2,0 \text{ хв.}$$

Час на розпуск состава на гірці визначається за формулою [45]:

$$t_{\text{р}} = \frac{l_{\text{ваг}} \cdot m_{\text{с}}}{V_{\text{р}} \cdot 60}, \quad (4.12)$$

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

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

При  $V_{\text{р}} = 1,2$  м/с (див. додаток А.2) та  $m_{\text{с}} = 52$  вагона

$$t_{\text{р}} = \frac{15 \cdot 52}{1,20 \cdot 60} = 10,8 \text{ хв.}$$

Час на осаджування вагонів на коліях сортувального парку визначається за формулою [45]:

$$t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot m_{\text{с}}. \quad (4.13)$$

$$t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot 52 = 3,1 \text{ хв.}$$

Гірковий технологічний інтервал при роботі одного маневрового локомотива визначається за формулою:

$$t_{\Gamma} = t_{\text{з}} + t_{\text{вит}} + t_{\text{н}} + t_{\text{р}} + t_{\text{ос}}. \quad (4.14)$$

$$t_{\Gamma} = 1,1 + 4,6 + 2,0 + 10,8 + 3,1 = 21,6 \text{ хв.}$$

Таким чином, тривалість обслуговування составу на гірці приймається  $t_{\Gamma} = 22$  хв. При цьому завантаження гірчного локомотиву дорівнює:

$$\Psi_{\text{лок}} = \frac{N_{\text{р}} \cdot t_{\Gamma}}{1440} = \frac{14 \cdot 22}{1440} = 0,21$$

### 4.3 Розрахунок тривалості основних операцій в сортувальному парку

В сортувальному парку «В», окрім процесу накопичення вагонів на відповідні напрямки, виконується закінчення формування збірних і групових поїздів. Згідно таблиці 3.4, станція С формує 3 збірних і 11 односторонніх поїздів.

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

$$T_{\text{зф}}^{\text{зб}} = t_{\text{з, п}} + t_{\text{вит}} + t_{\text{р}} + T_{\text{зб}}, \quad (4.15)$$

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

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

$t_{\text{р}}$  – час розпуску составу збірного поїзду через гірку, хв;

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

При заїзді локомотив проходить відстань 250 м від горба гірки за граничний стовпчик сортувальної колії (див. рисунок 4.1). Значення коефіцієнту  $a$  складає 1,00 відповідно до [46]. Час на причіпку прийнято 1 хв. Таким чином,  $t_{з,п} = 1,00 + 1 = 2,0$  хв.

Час на витягування складу на витяжну № 10 знаходиться за формулою (4.7). При середньому складі збірного поїзда 30 вагонів, довжина піврейсу витягування складає:

$$l_{\text{вит}} = 250 + 150 + 30 \cdot 15 = 850, \quad a = 1,96, \quad b = 0,036.$$

Таким чином,  $t_{\text{вит}} = 1,96 + 0,036 \cdot 30 = 3,04$  хв.

Час розпуску складу збірного поїзда визначається за формулою (4.12):

$$t_p = \frac{15 \cdot 30}{1,20 \cdot 60} = 6,25 \text{ хв.}$$

Час збирання груп вагонів з колій визначається за формулою:

$$T_{зб} = 1,8 \cdot p + 0,3 \cdot m_{зб}, \quad (4.16)$$

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

$m_{зб}$  – число вагонів в збірному поїзді.

$$T_{зб} = 1,8 \cdot 5 + 0,3 \cdot 30 = 18,0 \text{ хв,}$$

$$T_{зф}^{зб} = 2,0 + 3,0 + 6,25 + 18,0 = 29,25 \text{ хв.}$$

Прийнято  $T_{зф}^{зб} = 30$  хв.

Нормативний час на закінчення формування одногрупних поїздів визначається по формулі:

$$T_{зф}^{\text{од}} = T_{\text{пте}} + T_{\text{підт}}, \quad (4.17)$$

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

$T_{\text{підт}}$  – час, необхідний на підтягування вагонів з боку витяжної колії № 11 для ліквідації «вікон» на сортувальних коліях.

$$T_{\text{пте}} = B + E \cdot m, \quad (4.18)$$

де  $B, E$  – нормативні коефіцієнти, що визначаються у відповідності до [46].

При середній кількості операцій по розчепленню вагонів на один состав  $n_0 = 0,5$  (згідно [46])  $T_{\text{пте}} = 1,6$  та  $E = 0,1$ .

$$T_{\text{підт}} = 0,08 \cdot m. \quad (4.19)$$

$$T_{\text{пте}} = 1,6 + 0,1 \cdot 52 = 6,8 \text{ хв}, \quad T_{\text{підт}} = 0,08 \cdot 52 = 4,16 \text{ хв},$$

$$T_{\text{зф}}^{\text{од}} = 6,8 + 4,16 = 10,96 \text{ хв}.$$

Прийнято  $T_{\text{зф}}^{\text{од}} = 11$  хв.

#### **4.4 Розрахунок тривалості технологічних операцій в приймально-відправному парку «Б»**

Час заняття колії при прийомі поїзда в парк визначається по формулі (4.1) і складає  $t_{\text{пр}} = 5$  хв.

Час, пов'язаний з закріпленням рухомого складу на коліях парку визначається за формулою (4.3) і складає  $t_{\text{зак}} = 3$  хв.

Час, необхідний на обробку состава транзитного поїзда, бригадою ПТО визначаємо за формулою (4.4). При цьому бригада ПТО складається з трьох груп, тобто  $K_{\text{гр}} = 3$ .

$$t_{\text{то}}^{\text{пр}} = \frac{0,9 \cdot 52}{3} + 0,2 \cdot 20 + 2,4 = 22,0 \text{ хв}.$$

Прийнято  $t_{\text{то}}^{\text{пр}} = 22$  хв.

Потрібна кількість бригад ПТО в приймально-відправному парку «Б» повинна задовольняти умові:

$$S_{\text{бр}} \geq \frac{N_{\text{тр}} \cdot t_{\text{то}}^{\text{тр}}}{1440 \cdot 0,7}, \quad (4.20)$$

де  $N_{\text{тр}}$  – добова кількість транзитних поїздів, що прибувають у парк;

0,7 – раціональне завантаження бригади ПТО.

При  $N_{\text{тр}} = 35$  поїздів (див. табл. 3.2)

$$S_{\text{бр}} = \frac{35 \cdot 22}{1440 \cdot 0,7} = 0,76$$

Прийнято  $S_{\text{бр}} = 1$  бригада ПТО. При цьому її завантаження складатиме

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{35 \cdot 22}{1440 \cdot 1} = 0,53$$

Час на прибирання або подачу поїзного локомотива до складу з урахуванням відчіпки або причіпки прийнято 5 хв.

Тривалість випробування автогальм визначається за формулою (4.8) і складає  $t_{\text{авт}} = 10$  хв. Тривалість скороченої проби автогальм прийнято 2 хв.

Час заняття колії при відправленні поїзда визначається за формулою (4.9) і складає  $t_{\text{відп}} = 2$  хв.

#### 4.5 Розрахунок тривалості подачі вагонів на під'їзні колії

Вагони призначенням на різні під'їзні колії накопичуються на одній сортувальній колії. Так, наприклад, вагони призначенням на п/к № 1 і п/к № 4 накопичуються на одній колії. Це пов'язано з економією колійного розвитку сортувального парку. У цьому зв'язку перед подачею вагонів на під'їзну колію або вантажний район необхідно виконати операції по підборі вагонів. Вагони призначенням на п/к № 2 обслуговуються локомотивом підприємства і накопичуються на окремій сортувальній колії. При подачі вказаних вагонів з сортувального парку до вантажних фронтів під'їзної колії операції по підборі вагонів не виконуються.

Підбір вагонів  $T_{пв}$  на п/к № 1 «КХП» виконуються маневровим локомотивом № 1 на сортувальній гірці. Тривалість такої операції визначається за формулою (4.16).

Тривалість заїзду і причіпки  $t_{з,п}$  локомотиву до маневрового составу прийнята 2 хв.

Тривалість витягування  $t_{вит}$  залежить від довжини піврейсу  $l_{вит}$  і визначається за формулою (4.7). При довжині маневрового составу 52 вагона, довжина піврейсу витягування складає:

$$l_{вит} = 250 + 150 + 52 \cdot 15 = 1180, \quad a = 2,40, \quad b = 0,078.$$

$$\text{Таким чином, } t_{вит} = 2,40 + 0,078 \cdot 52 = 6,5 \text{ хв.}$$

Тривалість розпуску составу маневрового составу визначається за формулою (4.12):

$$t_p = \frac{15 \cdot 52}{1,20 \cdot 60} = 10,8 \text{ хв.}$$

Тривалість збирання груп вагонів з колій визначається за формулою (4.16). Прийнято, що розпуск маневрового составу виконується на дві колії, тобто  $p = 2$ , а збирають 30 вагонів (подача).

$$T_{зб} = 1,8 \cdot 2 + 0,3 \cdot 30 = 12,6 \text{ хв.}$$

$$T_{пв} = 2,0 + 6,5 + 10,8 + 12,6 = 31,9 \text{ хв.}$$

$$\text{Прийнято } T_{пв} = 32 \text{ хв.}$$

Тривалість подачі 30 вагонів на п/к № 1 «КХП» при довжині піврейса  $l = 520 + 30 \cdot 15 = 970$  м ( $a = 2,10$  і  $b = 0,070$ ):

$$t_{под/приб} = 2,10 + 0,070 \cdot 30 = 4,2 \text{ хв.}$$

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

Підбирання вагонів  $T_{пв}$  на вантажний район станції та на п/к № 3 і п/к № 4 виконується в хвостовій горловині сортувального парку маневровим локомотивом № 2 методом осаджування. Тривалість вказаної операції складається з тривалості сортування  $t_c$  і зборки вагонів  $T_{зб}$ .

$$t_c = Ag_0 + Bm, \quad (4.21)$$

де  $A$ ,  $B$  – нормативні коефіцієнти, які залежать від способу розформування типу локомотива і ухилу витяжних колій;

$g_0$  – середня кількість призначень в маневровому составі,  $g_0 = 2$ .

Згідно [46]  $A = 0,81$  та  $B = 0,40$ ;

$$t_p = 0,81 \cdot 2 + 0,40 \cdot 52 = 22,4 \text{ хв.}$$

$$T_{36} = 1,8 \cdot 2 + 0,3 \cdot 30 = 12,6 \text{ хв.}$$

$$T_{пв} = 22,4 + 12,6 = 35,0 \text{ хв.}$$

Прийнято  $T_{пв} = 35$  хв.

Розрахунок тривалості подач вагонів на вантажний район станції та під'їзні колії наведений в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок тривалості подач вагонів на вантажний район та під'їзні колії станції

Вантажний фронт станції	$m$ , ваг	$l$ , м	$a$	$b$	$t_{\text{под/приб}}$ , хв
Вантажний район	30	1620	3,24	0,098	6,2
п/к № 3 «Втормет»	30	1800	3,63	0,106	6,8
п/к № 4 «Нафтобаза»	30	810	1,96	0,066	3,9

Таким чином, тривалість подачі вагонів на вантажний район станції або на п/к № 3 складає 6 хв та 7 хв відповідно, а на п/к № 4 – 4 хв.

## 5 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ КОЛІЙ В ПАРКАХ СТАНЦІЇ

### 5.1 Аналіз технічної оснащеності прилеглих ліній

Число головних колій на підходах до станції залежить від потрібної пропускної спроможності ліній. Потрібна пропускна спроможність лінії визначається за формулою:

$$N_{\Pi} = \alpha \cdot (N_{\text{в}} + N_{\text{пас}} \cdot \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}} \cdot (\varepsilon_{\text{зб}} - 1)), \quad (5.1)$$

де  $N_{\text{в}}$ ,  $N_{\text{пас}}$ ,  $N_{\text{зб}}$  – кількість вантажних, пасажирських та збірних поїздів відповідно (розраховані в розділі);

$\varepsilon_{\text{пас}}$ ,  $\varepsilon_{\text{зб}}$  – коефіцієнти зйому вантажних поїздів відповідно пасажирськими та збірними, згідно [47]  $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,5$  і  $\varepsilon_{\text{зб}} = 2,0$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт резерву спроможної здатності, згідно [47]  $\alpha = 1,2$ .

Визначимо необхідну переробну спроможність для кожної лінії, що примикає:

$$N_{\Pi}^{\text{М-П}} = 1,2 \cdot (44 + 7 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) = 65,4$$

Прийнято  $N_{\Pi}^{\text{М-П}} = 66$  пар поїздів.

$$N_{\Pi}^{\text{К-П}} = 1,2 \cdot (35 + 7 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2 - 1)) = 55,8$$

Прийнято  $N_{\Pi}^{\text{К-П}} = 56$  пар поїздів.

Кількість головних колій на підходах, що примикають до станції залежить від необхідної переробної спроможності і визначається згідно з [47]. Виходячи з цього лінії М-С і К-С повинні бути двоколійними, що відповідає дійсності.

### 5.2 Розрахунок кількості колій в приймально-відправних парках станції

Станція включає два приймально-відправні парки «А» і «Б». Кожний парк дільничної станції виконує роботу по обслуговуванню поїздів та маневрових составів і має свою спеціалізацію. На станції прийнята наступна спеціалізація парків.

Приймально-відправний парк «А»:

- прийом всіх вантажних транзитних поїздів з М;
- прийом поїздів в розформовування (дільничних і збірних) з М і К;
- виставка з сортувального парку поїздів свого формування для відправлення на всі напрямки.

Приймально-відправний парк «Б» призначений для прийому всіх вантажних транзитних поїздів з К.

Зміна локомотивів на станції здійснюється в основному тільки для локомотивів, що йдуть у поточний ремонт або обслуговування ТО-3. Частка таких локомотивів складає 15% (див. додаток А.1) від загальної кількості поїзних локомотивів. Спеціалізація приймально-відправних парків наведена у таблиці 5.1. (у чисельнику вказані поїзда без зміни локомотива, у знаменнику – зі зміною).

Таблиця 5.1 – Спеціалізація приймально-відправних парків

З	На		С	
	М	К	Дільничні	Збірні
М	-	25/5 парк «А»	7 парк «А»	1 парк «А»
К	29/6 парк «Б»	-	7 парк «А»	2 парк «А»
С	Дільничні	7 парк «А»	7 парк «А»	
	Збірні	2 парк «А»	1 парк «А»	

Кількість колій в приймально-відправних парках станції без урахування ходових визначається за формулою [47]:

$$m = \sum_{j=1}^n \frac{\bar{t}_{\text{зан}}}{I_j} \gamma_j, \quad (5.2)$$

де  $n$  – число ліній, що примикають до парку; для парка «А»  $n = 3$  (М-С, К-С, сортувальний парк), для парка «Б»  $n = 1$  (К-С);

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

$I_j$  – розрахунковий інтервал прибуття поїзда з  $j$ -ої лінії, хв;

$\gamma_j$  – частка поїздів, що проступають в даний парк з  $j$ -ої лінії.

### 5.2.1. Визначення середньозваженого часу заняття колії поїздом

Середньозважений час заняття колії приймально-відправного парку поїздом визначається за формулою [47]:

$$\bar{t}_{\text{зан}_i} = \frac{\sum_{i=1}^k t_{\text{зан}_i} \cdot N_i}{\sum_{i=1}^k N_i}, \quad (5.3)$$

5.3)

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

$N_i$  – середньодобова кількість поїздів  $i$ -ої групи;

$k$  – кількість груп поїздів.

Час заняття колії поїздом окремої групи складається з двох елементів:

$$t_{\text{зан}} = t_{\text{тех}} + t_{\text{ов}}, \quad (5.4)$$

де  $t_{\text{тех}}$  – час на виконання технологічних операцій, хв;

$t_{\text{ов}}$  – тривалість очікування виводу (відправлення або прибирання) поїзда з парку.

Тривалість технологічних операцій з поїздами залежить від їх категорії і може бути визначена за формулами:

– транзитний без зміни локомотива

$$t_{\text{тех}}^{\text{тб}} = t_{\text{п}} + t_{\text{оч}} + t_{\text{обс}}^{\text{тп}} + t'_{\text{авт}} + t_{\text{г}}, \quad (5.5)$$

– транзитний зі зміною локомотива

$$t_{\text{тех}}^{\text{тз}} = t_{\text{п}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{оч}} + t_{\text{обс}}^{\text{тп}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{закр}} + t''_{\text{авт}} + t_{\text{г}}, \quad (5.6)$$

– дільничний

$$t_{\text{тех}}^{\text{д}} = t_{\text{п}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{оч}} + t_{\text{обс}}^{\text{д}} + t_{\text{з}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{вит}}, \quad (5.7)$$

– збірний

$$t_{\text{тех}}^{\text{зб}} = t_{\text{п}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{оч}} + t_{\text{обс}}^{\text{зб}} + t_{\text{з}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{вит}}, \quad (5.8)$$

– свого формування

$$t_{\text{тех}}^{\text{с/ф}} = t_{\text{перест}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{оч}} + t_{\text{обс}}^{\text{с/ф}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{авт}}'' + t_{\text{с}}, \quad (5.9)$$

де  $t_{\text{п}}, t_{\text{в}}$  – час на прийом або відправлення поїзду, хв;

$t_{\text{закр}}$  – тривалість закріплення составу або прибирання гальмівних башмаків,

хв;

$t_{\text{лок}}$  – тривалість подачі або прибирання поїзного локомотива з урахуванням часу на його причіпку або відчіпку від составу, хв;

$t_{\text{оч}}, t_{\text{обс}}$  – тривалість очікування обслуговування та тривалість технічного огляду составу, хв;

$t_{\text{з}}, t_{\text{вит}}$  – тривалість заїзду локомотива під состав та його витягування відповідно, хв;

$t_{\text{перест}}$  – тривалість перестановки составу з сортувального парку в приймально-відправний парк, хв;

$t_{\text{авт}}', t_{\text{авт}}''$  – скорочена та повна проба автогальм відповідно, хв.

Середня тривалість очікування составом початку технічного огляду визначається за формулою [47]:

$$t_{\text{оч}} = \frac{1}{\lambda} \left( \frac{\psi_{\text{бр}} \cdot (1 + v_{\text{то}}^2) + v_{\text{вх}}^2 - 1}{2 \cdot (\psi_{\text{бр}}^{-1} - 1)} + 0,05 \right), \quad (5.10)$$

де  $\psi_{\text{бр}}$  – завантаження бригади ПТО (див. розділ 3);

$v_{\text{вх}}, v_{\text{то}}$  – коефіцієнти варіації інтервалів прибуття та тривалості обслуговування відповідно; згідно з [47] прийнято  $v_{\text{вх}} = 0,8$  і  $v_{\text{то}} = 0,25$ ;

$\lambda$  – інтенсивність вхідного потоку,  $\lambda = N / 1440$  ( $N$  – кількість поїздів, що прибувають).

Для приймально-відправного парку «А»

$$t_{\text{оч}} = \frac{1440}{58} \left( \frac{0,57 \cdot (1 + 0,25^2) + 0,8^2 - 1}{2 \cdot \left( \frac{1}{0,57} - 1 \right)} + 0,05 \right) = 5,3 \text{ хв.}$$

Для приймально-відправного парку «Б»

$$t_{\text{оч}} = \frac{1440}{35} \left( \frac{0,53 \cdot (1 + 0,25^2) + 0,8^2 - 1}{2 \cdot \left( \frac{1}{0,53} - 1 \right)} + 0,05 \right) = 6,8 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків тривалість технологічних операцій з поїздами різних категорій наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Тривалість технологічних операцій

№	Категорія поїзда	парк «А»	парк «Б»
1	Транзитний без зміни локомотива	44,3	37,8
2	Транзитний зі зміною локомотива	69,3	62,8
3	Дільничний	53,0	-
4	Збірний	43,0	-
5	Свого формування	74,3	-

Середній простій поїздів в очікуванні виводу (відправлення, прибирання) визначається за формулою:

$$t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot N_{\text{в}} (1 + v_{\text{від}}^2)}{N_{\text{в}}^{\text{max}} (N_{\text{в}}^{\text{max}} - N_{\text{в}})}, \quad (5.11)$$

де  $v_{\text{від}}$  – коефіцієнт варіації інтервалів відправлення поїздів на дану лінію, згідно [45]  $v_{\text{від}} = 0,7$ .

Максимальну кількість вантажних поїздів  $N_{\text{в}}^{\text{max}}$  можна визначити за формулою:

$$N_{\text{в}}^{\text{max}} = N - N_{\text{пас}} \cdot \epsilon_{\text{пас}} - N_{\text{зб}} \cdot (\epsilon_{\text{зб}} - 1), \quad (5.12)$$

де  $N$  – наявна пропускна здатність даної лінії, визначається по [47].

Лінія М-С:  $N_{\text{в}}^{\text{max}} = 100 - 7 \cdot 1,5 - 1 \cdot (2 - 1) = 88$  пар поїздів,

$$t_{\text{об}} = \frac{720 \cdot 44 \cdot (1 + 0,7^2)}{88 \cdot (88 - 44)} = 12,2 \text{ хв.}$$

Лінія К-С:  $N_{\text{в}}^{\text{max}} = 100 - 7 \cdot 1,5 - 2 \cdot (2 - 1) = 87$  пар поїздів,

$$t_{\text{об}} = \frac{720 \cdot 35 \cdot (1 + 0,7^2)}{87 \cdot (87 - 35)} = 8,3 \text{ хв.}$$

Час очікування прибирання состава:

$$t_{\text{оп}} = \frac{N_{\text{п}} t_{\text{г}}^2 (1 + v_{\text{г}}^2)}{2(1440 - N_{\text{п}} t_{\text{г}})}, \quad (5.13)$$

де  $v_{\text{г}}$  – коефіцієнт варіації гірочного інтервалу, згідно [45]  $v_{\text{г}} = 0,5$ ;

$t_{\text{г}}$  – гірочний технологічний інтервал,  $t_{\text{г}} = 22$  хв (див. п. 4.2).

$$t_{\text{оп}} = \frac{14 \cdot 22^2 \cdot (1 + 0,5^2)}{2 \cdot (1440 - 14 \cdot 22)} = 3,7 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку составо-хвилин простою наведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок составо-хвилин простою в парках

Категорія	Напрямок	$t_{\text{тех}}$	$t_{\text{об}}$	$t_{\text{зан}}$	Парк «А»		Парк «Б»	
					$N$	$Nt_{\text{зан}}$	$N$	$Nt_{\text{зан}}$
Транзитні без зміни	на М	37,8	12,2	50,0			29	1450,0
	на К	44,3	8,3	52,6	25	1315,0		
Транзитні зі зміною	на М	62,8	12,2	75,0			6	450,0
	на К	69,3	8,3	77,6	5	388,0		
Дільничні	в розф.	53,0	3,7	56,7	11	623,7		
Збірні	в розф.	43,0	3,7	46,7	3	140,1		
Свого формування	на М	74,3	12,2	86,5	7	605,5		
	на К	74,3	8,3	82,6	7	578,2		
Разом					58	3650,5	35	1900,0

Середньозважений час заняття колій в парку визначається за допомогою виразу (5.3) та даних таблиці 5.3:

$$t_{\text{зан}}^{\text{А}} = \frac{3650,5}{58} = 62,9 \text{ хв,}$$

$$t_{\text{зан}}^{\text{Б}} = \frac{1900}{35} = 54,3 \text{ хв.}$$

5.2.2. Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів в приймально-відправний парк станції

Розрахунковий інтервал прибуття визначається окремо для кожної лінії, що примикає до станції (в тому числі для сортувального парка).

$$I = \frac{\bar{I} + I_{\min}}{2}, \quad (5.14)$$

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

Мінімальний інтервал прибуття визначається у відповідності з [47]. Так, для ліній М-С і К-С  $I_{\min} = 10$  хв.

Середній інтервал прибуття визначається за формулою:

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{N} (1,1(N_{\text{пас}} \cdot \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}} \cdot (\varepsilon_{\text{зб}} - 1)) + (1,1 - 1)N_{\text{в}})}{N_{\text{в}}}. \quad (5.15)$$

Лінія М-С:

$$\bar{I}_{\text{М}} = \frac{1440 - \frac{1440}{100} (1,1 \cdot (7 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2,0 - 1)) + (1,1 - 1) \cdot 37)}{37} = 32,12 \text{ хв.}$$

Лінія К-С:

$$\bar{I}_{\text{К}} = \frac{1440 - \frac{1440}{100} (1,1 \cdot (7 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2,0 - 1)) + (1,1 - 1) \cdot 42)}{42} = 28,5 \text{ хв.}$$

Середній інтервал перестановки составів свого формування з сортувального в приймально-відправний парк:

$$\bar{I}_{\text{сф}} = \frac{1440}{N_{\text{сф}}} = \frac{1440}{14} = 102,85 \text{ хв.} \quad (5.16)$$

Мінімальний інтервал надходження поїздів свого формування прийнятий  $I_{\min}^{\text{сф}} = 20$  хв.

Отримані дані дозволяють знайти значення розрахункових інтервалів:

$$I_{\text{М}} = \frac{32,12 + 10}{2} = 21,06 \text{ хв,}$$

$$I_{\text{к}} = \frac{28,5 + 10}{2} = 19,25 \text{ хв},$$

$$I_{\text{сф}} = \frac{102,85 + 20}{2} = 61,43 \text{ хв}.$$

### 5.2.3. Розрахунок кількості колій в парках станції

Визначимо долю поїздів, що надходять в даний парк з кожної лінії.

Для парку «А»:  $\gamma_{\text{м}} = 1,0$ ;  $\gamma_{\text{к}} = 7/42 = 0,167$ ;  $\gamma_{\text{сп}} = 1,0$ .

Для парку «Б»:  $\gamma_{\text{к}} = 1 - 0,167 = 0,833$ .

Кількість приймально-відправних колій в парках:

$$m_{\text{А}} = \frac{62,9}{21,06} \cdot 1,0 + \frac{62,9}{19,25} \cdot 0,167 + \frac{62,9}{61,43} \cdot 1,0 = 4,55$$

Прийнято  $m_{\text{А}} = 5$  колій.

$$m_{\text{Б}} = \frac{54,3}{19,25} \cdot 0,833 = 2,35$$

Прийнято  $m_{\text{Б}} = 3$  колії.

Отже, існуюча кількість колій в парках станції задовольняє розрахунковим обсягам роботи.

## 5.3 Розрахунок кількості колій в сортувальному парку

В сортувальному парку «В» виконується накопичення вагонів по призначенням плану формування. Колійний розвиток парку включає 10 колій. Необхідна кількість колій в сортувальному парку залежить від кількості призначень плану формування поїздів і добової кількості вагонів на ці призначення (див. табл. А.5).

У сортувальному парку необхідно передбачити окремі колії для накопичення дільничних та збірних поїздів на кожне призначення. Для призначень, на які надходить більш, ніж 200 ваг/доб, виділяється 2 колії. Крім того, необхідно виділити для накопичення місцевих подач на вантажний двір і колію для пошкоджених вагонів. Результати розрахунку кількості колій в сортувальному парку наведено у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок кількості колій в сортувальному парку

№ п/п	Призначення	Вагонопотік, ваг/доб	Кількість колій
1	Для дільничних на М	260	2
2	Для дільничних на К	312	2
3	Для збірних на М	64	1
4	Для збірних на К	36	1
5	Для п/к № 2	51	1
6	Для несправних вагонів	-	1
7	Для п/к № 1 і № 4	94	1
8	Для п/к № 3 і ВР	119	1
	Разом	-	10

Таким чином, існуючої кількості колій в сортувальному парку станції достатньо для переробки розрахункових обсягів роботи.

## **6 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ**

### **6.1 Постановка задачі дослідження**

До станції С примикає значна кількість під'їзних колій промислових підприємств міста, на яких виконується великий обсяг вантажної роботи. Від якості організації взаємодії станції та під'їзних колій суттєво залежить ефективність функціонування як станції С, так якості роботи промислових підприємств міста. Станція С є своєрідними «воротами» міста, так як саме через станцію виконується взаємодія підприємств міста з іншими промисловими районами країни: на станцію прибувають вантажі з сировиною, комплектуючими та ін., а в зворотному напрямку через станцію відправляється готова продукція, вироби різного призначення, сировина та ін. В зв'язку з цим проблема удосконалення технології взаємодії станції з під'їзними коліями є досить актуальною, особливо на сучасному етапі розвитку суспільства.

Аналіз досвіду роботи дільничних станцій показує, що ефективність взаємодії станції та під'їзних колій в значній мірі залежить від прийнятого порядку подачі і прибирання вагонів на під'їзні колії. Так, черговість подачі вагонів суттєво впливає на такі показники, як тривалість знаходження вагонів на станції і під'їзних коліях, на ефективність використання маневрових локомотивів тощо. Крім того, на зазначені показники також впливає порядок розподілу вагонів по вантажним фронтам безпосередньо на під'їзних коліях, так як технічне оснащення вантажних фронтів може суттєво відрізнятись. Слід також відмітити, що тривалість знаходження вагонів на дільничні станції залежить від тривалості виконання операцій по підбиранню вагонів на під'їзні колії у хвостовій горловині сортувального парку.

У цьому зв'язку у дипломній роботі були поставлені задачі дослідження процесу підбирання вагонів в хвості сортувального парку для їх подальшої подачі на під'їзні колії, оптимізації черговості подачі і прибирання вагонів на під'їзні колії, що примикають до станції С, а також оптимізації порядку розподілу навантажених вагонів по вантажним фронтам на одній з під'їзних колій.

## 6.2 Дослідження процесу підбирання вагонів на під'їзні колії станції

Час простою вагонів на дільничній станції призначенням на під'їзні колії в значній мірі залежить від тривалості операцій по підбиранню місцевих вагонів. Процес підбирання вагонів по призначенням, особливо в умовах недостатньої кількості колій, є достатньо трудомістким, тому пошук можливостей його удосконалення є актуальною задачею.

Існуюча технологія роботи дільничної станції передбачає накопичення місцевих вагонів призначенням на п/к № 3 «Втормет», п/к № 4 «Нафтобаза» і вантажний район станції у сортувальному парку «В» на 2 коліях (див. табл. 5.4). Добовий вагонопотік на вказані призначення наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Добовий вагонопотік призначенням на під'їзні колії

№ сортувальної колії	Призначення	Добовий вагонопотік
15	Для п/к № 1 і № 4	94
14	Для п/к № 3 і ВР	119

У зв'язку з тим, що місцеві вагони, призначенням на різні під'їзні колії станції, накопичуються на одній сортувальній колії, то, очевидно, що перед їх подачею на відповідну під'їзну колію необхідно виділити (підібрати) певну групу вагонів. Процес підбирання вагонів виконується за допомогою їх сортування. При цьому найбільш ефективним способом сортування вагонів є сортування вагонів за допомогою сортувальної гірки (див. п. 4.3 і 4.5).

У разі неможливості використання сортувальної гірки підбирання вагонів виконується у хвостовій горловині сортувального парку «В» методом осаджування вагонів з використанням витяжної колії № 11. При цьому тривалість даної операції значно зростає. У цьому зв'язку необхідно використання прогресивних математичних методів сортування вагонів в умовах обмеженої кількості колій, що сприяє скороченню часу на виконання вказаної операції.

Для процесу сортування вагонів призначенням на різні під'їзні колії станції використано два методи – комбінаторний та розподільчий [48, 49].

Комбінаторний метод ґрунтується на представленні чисел в фібоначчівій системі числення [50].

Номера груп  $\gamma = 0, \dots, 16$  у фібоначчівій записі наведені в таблиці 6.2, в якій також показана кількість етапів сортування  $N$ , що необхідна, якщо максимальний номер групи у складі дорівнює  $\gamma$ .

Таблиця 6.2 – Фібоначчівіа запис номерів груп

Номер групи $\gamma$	Число сортувальних колій $m$								
	2		3		4		5		
	$\Phi_2(\gamma)$	$N$	$\Phi_3(\gamma)$	$N$	$\Phi_4(\gamma)$	$N$	$\Phi_5(\gamma)$	$N$	
0	0	2	0	2	0	2	0	2	
1	1		1		1		1		
2	10	3	10	3	10	3	10	3	
3	100	4	11	4	11	4	11	4	
4	101		100		101		110		111
5	1000	5	101	5	101	5	101	5	
6	1001		110		111				
7	1010		1000		1001		1010		1011
8	10000	6	1010	6	1000	6	1000	6	
9	10001		1011		1011		1100		1101
10	10010		1100		1101		1110		1111
11	10100		10000		10001		10010		10011
12	10101	7	1101	7	10000	7	10000	7	
13	100000		10001		10010		10011		
14	100001		10010		10011				
15	100010		10011						
16	100100		10011		10001		10000	6	

Для визначення логічних номерів колій при сортуванні номерам груп  $\{\gamma = 0, 1, \dots, \theta - 1\}$  ставляться у відповідність числа у фібоначчівій записі, що взяті з табл. 6.2 у зворотному порядку:  $\Phi_m(\theta - 1), \Phi_m(\theta - 2), \dots, \Phi_m(0)$ ; зворотна послідовність вказаних чисел використовується для того, щоб у відсортованому складі групи були розташовані у прямому порядку  $(0, 1, \dots, \theta - 1)$ .

Як видно у кожному стовпці табл. 7.2 поряд знаходиться не більше  $m - 1$  одиниць. Числа  $\Phi_m(\gamma)$  використовуються для визначення логічного номера колії (ЛНК)  $\mu_i$ , на який потрібно направити  $i$ -й відчеп з логічним номером групи (ЛНГ)  $\gamma_i$  при сортуванні на кожному етапі. Для визначення ЛНК  $\mu_i$  на  $j$ -му етапі виконується послідовний аналіз цифр в записі  $\Phi_m(\gamma)$ :

$$\mu_i = k, \text{ якщо } \varphi_{k+j} = 0, \varphi_{k+j-1} = \dots = \varphi_{j+1} = \varphi_j = 1; (0 \leq \mu_i \leq m-1)$$

При комбінованому методі після сортування вагонів на  $j$ -му етапі на наступному  $(j+1)$ -му етапі сортують вагони, що знаходяться на колії, яка на  $j$ -м етапі мала ЛНК  $\mu=0$ . Відсутність операцій збирання вагонів після кожного сортування є значною перевагою комбінаторного метода. При цьому після кожного етапу логічні номери усіх колій, що використовуються, циклічно змінюються; для визначення ЛНК використовується рекурентний вираз

$$\mu_{j+1} = (\mu_j + m - 1) \bmod m. \quad (6.1)$$

В основі розподільчого методу сортування лежить представлення чисел в позиційній системі числення [48]. Основа системи числення вибирається рівною числу сортувальних колій  $m$ . Записи чисел в позиційних системах с різною основою і числом етапів сортування  $N$  наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Запис номерів груп в позиційних системах числення

Номер групи $\gamma$	Число сортувальних колій $m$							
	2		3		4		5	
	$\psi_2(\gamma)$	$N$	$\psi_3(\gamma)$	$N$	$\psi_4(\gamma)$	$N$	$\psi_5(\gamma)$	$N$
0	0	2	0	2	0	2	0	2
1	1		1		1		1	
2	10	3	2		2		2	
3	11		10	3	3		3	
4	100	4	11		10	2	4	
5	101		12		11		10	3
6	110		20		12		11	
7	111		21		13		12	
8	1000	5	22		20		13	
9	1001		100	3	21		14	
10	1010		101		22		20	
11	1011		102		23		21	
12	1100		110		30		22	
13	1101		111		31		23	
14	1010		112		32		24	
15	1111		120		33		30	
16	10000	6	121		100	3	31	

Числа  $\psi_m(\gamma)$  використовуються для визначення ЛНК  $\mu_i$ , на яку потрібно направити  $i$ -й відцеп з ЛНГ  $\gamma_i$  при сортуванні на кожному етапі сортування. Для визначення ЛНК  $\mu_i$  на  $j$ -м етапі виконується послідовний аналіз цифр в записі. При

цьому номер колії, на яку направляється відчеп і-го призначення на j-му етапі сортування визначається j-й цифрі у записі коду і-го призначення. Після кожного етапу сортування вагони збираються на витяжній колії з усіх сортувальних колій.

У відповідності до існуючої технології роботи дільничної станції по обслуговуванню під'їзних колій на п/к № 3 «Втормет» і № 4 «Нафтобаза» подаються передачі, у складі яких по 15 вагонів, а на вантажний район станції – 10 вагонів. Роботу по підбиранню та подачі і збиранню вагонів з під'їзних колій виконує один маневровий локомотив станції.

Розглянемо таку ситуацію коли потрібно у певній послідовності подати вагони на п/к № 3 «Втормет», п/к № 4 «Нафтобаза» і вантажний район станції. При цьому необхідно ці вагони витягувати з сортувальних колій № 14 № 15. Слід зауважити, що на колії № 15 накопичуються також вагони призначенням на п/к № 1 «КХП». Отже при сортуванні вагонів потрібно окремо розділити 4 групи вагонів, 3 з яких у подальшому будуть подані на відповідно під'їзні колії. Для зручності прийнята умовна нумерація призначень, яка наведена у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Умовна нумерація призначень вагонів

Призначення вагону	Умовний номер призначення
п/к № 1 «КХП»	1
вантажний район станції	2
п/к № 3 «Втормет»	3
п/к № 4 «Нафтобаза»	4

Вихідний порядок вагонів в складі, який потрібно відсортувати наведений у таблиці 6.5.

Використання умовної нумерації груп вагонів дозволяє виявити початкову упорядкованість складу і скоротити обсяг роботи по сортуванню. Так при аналізі вихідного складу (див. табл. 6.5) видно, що склад частково вже є упорядкованим.



Таким чином, змінивши нумерацію груп на умовну можна скоротити обсяг роботи по сортуванню. Привласнення умовних номерів виконано у табл. 6.5 по наступному алгоритму:

- 1) кожній групі вагонів привласнити порядковий номер 0, 1, 2...;
- 2) відсортувати состав;
- 3) виділити зростаючі групи порядкових номерів;
- 4) привласнити умовні номери групам, порядковий номер яких зростає.

Для сортування вагонів потрібно кожному призначенню та сортувальній колії привласнити умовний код. При сортуванні вихідного составу (див. табл. 6.5) на 3 сортувальних коліях ( $m = 3$ ) коди призначень вагонів для комбінованого та розподільчого методів наведено відповідно у таблицях 6.6 і 6.7.

Таблиця 6.6 – Коди призначення вагонів (комбінаторний метод)

групи	1	2	3	4
k	0		1	2
$\gamma = v - k - 1$	2		1	0
$\Phi_3(\gamma)$	10		1	0

Таблиця 6.7 – Коди призначення вагонів (розподільчий метод)

групи	1	2	3	4
k	0		1	2
$\Phi_3(\gamma)$	0		1	2

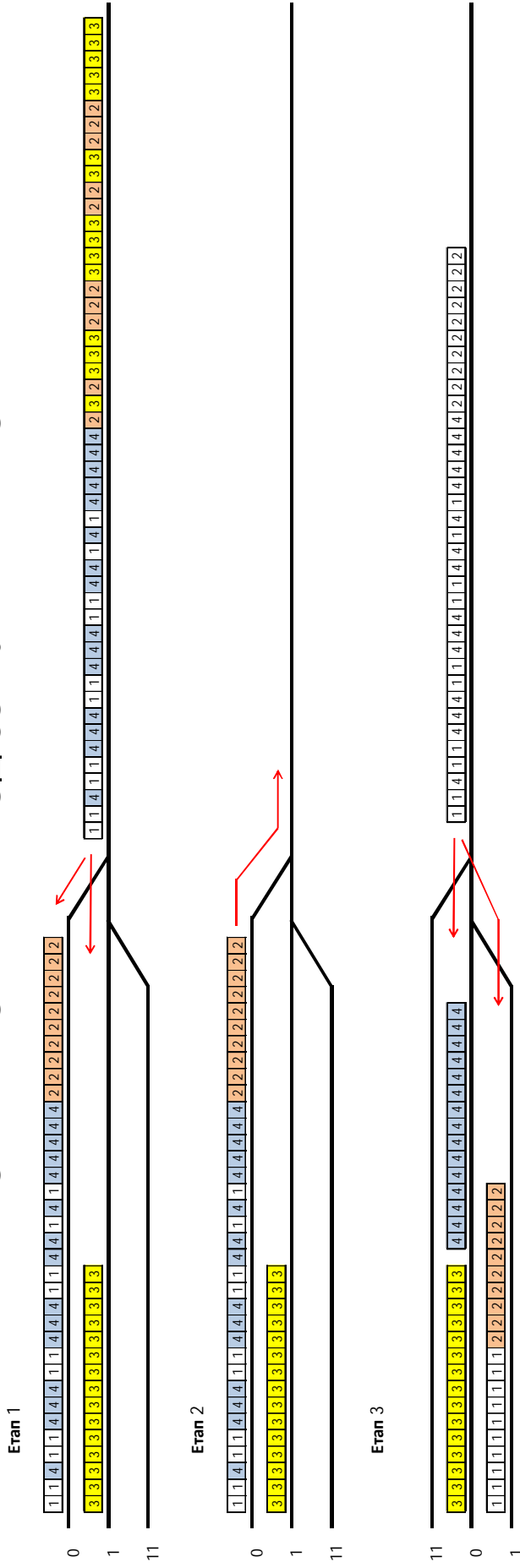
Для прискорення отримання результатів сортування використана комп'ютерна програма «Sort.exe», яка також дозволяє визначати тривалість виконання процесу. Тривалість сортування вагонів при кількості колій  $m$  наведено у таблиці 6.8, а етапи сортування вагонів при  $m = 3$  наведені на рисунку 6.1.

Таблиця 6.8 – Тривалість сортування вагонів

Метод сортування	Тривалість виконання сортування вагонів, хв		
	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$
комбінаторний	61,2	50,1	50,1
розподільчий	63,7	58,3	48,4

Аналіз результатів дослідження показав, що при сортуванні вагонів доцільно використовувати комбінаторний метод при обмеженій кількості колій. Якщо сортувальних колій, які використовуються, більше, то ефективним є розподільчий метод.

## КОМБІНАТОРНИЙ МЕТОД СОРТУВАННЯ ВАГОНІВ



## РОЗПОДІЛЬЧИЙ МЕТОД СОРТУВАННЯ ВАГОНІВ

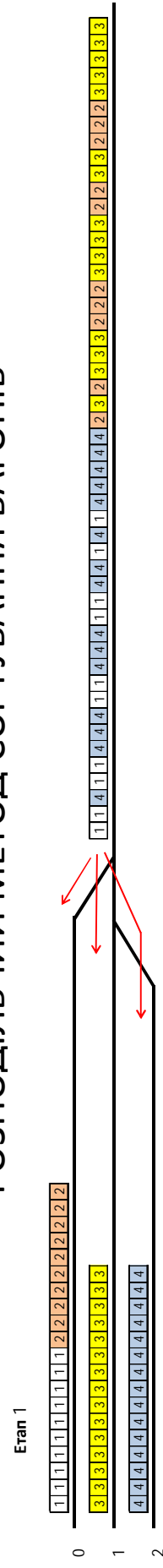


Рисунок 6.1 – Етапи сортування вагонів на 3 коліях

### 6.3 Удосконалення порядку подачі і прибирання вагонів на під'їзні колії.

Проблема вибору черговості подачі і прибирання вагонів на під'їзні колії виникає в тому випадку, коли декілька під'їзних колій обслуговує один маневровий локомотив, а вагони на кожну колію надходять на станцію одночасно. Методику удосконалення порядку подачі і прибирання вагонів для станції С розглянемо на конкретному прикладі.

Маневровий локомотив № 2 обслуговує п/к № 4 «Нафтобаза», п/к № 3 «Втормет», а також здійснює подачу-прибирання вагонів на вантажний район станції. Під час подачі-прибирання вагонів виконується ряд технологічних операцій: причіпка маневрового локомотива, прибирання гальмівних башмаків, прийом-здача вагонів і т.д. Слід зазначити, що наведена нижче методика вибору оптимальної черговості подачі-прибирання вагонів може бути використана при будь-якій технології. Виходячи з цього, в даному розділі технологічні операції процесу подачі-прибирання вагонів розглянуто укрупнено для зменшення обсягів розрахунків. Так, кожну під'їзну колію будемо характеризувати такими укрупненими операціями:

1) час на подачу  $t_{\text{под}}$  вагонів на під'їзну колію або вантажний район з врахуванням операції по підбору вагонів розрахований у розділі 4;

2) час на прибирання  $t_{\text{приб}}$  вагонів з під'їзної колії або вантажного району розрахований у розділі 4;

3) час на виконання вантажних операцій  $t_{\text{в}}$  залежить від кількості вагонів у подачі;

4) час на повернення з під'їзної колії (слідування на під'їзну колію) одиночного локомотива резервом  $t_{\text{р}}$  розрахований у розділі 4.

Значення цих показників для вказаних під'їзних колій наведено у таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Характеристика під'їзних колій станції

№ п/к	Вантажний фронт	$t_{\text{под}}$ , хв	$t_{\text{приб}}$ , хв	$t_{\text{в}}$ , хв	$t_{\text{р}}$ , хв
1	Вантажний район (ВР)	41	6	270	3
2	п/к № 3 «Втормет»	42	7	220	4
3	п/к № 4 «Нафтобаза»	39	4	300	2

Для зменшення простоїв на станції та під'їзних коліях рекомендується у першу чергу подавати вагони на ті вантажні фронти, величина  $t_{\text{под}} + t_{\text{в}}$  для яких має найбільше значення. Тривалість обслуговування під'їзної колії локомотивом визначається як  $t_{\text{л}} = t_{\text{под}} + t_{\text{р}}$ . Звідси, час закінчення вантажних операцій на під'їзних коліях визначається як:

$$t_3 = t_{\text{приб}} + t_{\text{в}} + \sum_{i=1}^{n-1} t_{\text{л},i}, \quad (6.2)$$

де  $\sum_{i=1}^{n-1} t_{\text{л},i}$  – момент початку подачі вагонів на вантажний фронт.

Вагони з під'їзних колій забирають у відповідності з порядком закінчення вантажних операцій. Розрахунки щодо визначення черговості подачі прибирання вагонів виконано в таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Визначення порядку обслуговування під'їзних колій (найкращій варіант)

Під'їзна колія	$t_{\text{под}}$	$t_{\text{в}}$	$t_{\text{р}}$	$t_{\text{под}} + t_{\text{в}}$	Черговість подачі	$t_{\text{л}}$	$\sum_{i=1}^{n-1} t_{\text{л},i}$	$t_{\text{приб}}$	$t_3$	Черговість прибирання
ВР	41	270	3	311	2	44	41	6	317	3
«Втормет»	42	220	4	262	3	46	85	7	312	2
«Нафтобаза»	39	300	2	339	1	41	0	4	304	1

Таким чином, для даного випадку вагони необхідно подавати в такій послідовності: «Нафтобаза» – ВР – «Втормет», а прибирати в такій: «Нафтобаза» – «Втормет» – ВР.

Для визначення тривалості процесу подачі – прибирання вагонів на під'їзні колії доцільно скористатися методами сітьового планування і управління.

Сітьове планування та управління (СПУ) є одним з ефективних методів організації складних комплексів взаємопов'язаних робіт. В основі СПУ лежить сітьовий графік – модель виробничого процесу в вигляді мережі, тобто фігури, яка складається з вершин і ребер. Вершини – події, що визначають можливість початку чи закінчення різноманітних робіт, а ребра – технологічні операції (роботи), що складають процес. Події на графіку позначають кружками, а роботи – стрілками. Події нумерують послідовно. Кожну роботу позначають власним номером, чи номерами обмежуючих її подій. Цифри на стрілках означають номер роботи та її тривалість. Будь яка послідовність робіт складає шлях.

Перед побудовою сітьових графіків виконується аналіз технологічного процесу і встановлюється перелік робіт. Для кожної роботи визначають тривалість та попередні роботи, тобто ті роботи які повинні бути виконані до початку даної. На підставі цих даних складають структурно-часові таблиці.

Структурно-часова таблиця технологічного процесу подачі-прибирання вагонів на під'їзні колії наведено у таблиці 6.11.

Сітьовий графік характеризується наступними параметрами:

– тривалість критичного шляху – тривалість виконання всього комплексу робіт  $T_{кр}$  ;

– найбільш ранній можливий та найбільш пізній допустимий строк здійснення події.

$$T_{E_j} = \max(T_{E_i} + t_{ij}), \quad (6.3)$$

де  $i$  – номери всіх попередніх подій по кількості вхідних в подію  $j$  робіт;

$t_{ij}$  – тривалість роботи  $ij$ .

Таблиця 6.11 – Структурно-часова таблиця обслуговування під'їзних колій (найкращій варіант)

№ роботи	Зміст роботи	Тривалість, хв.	Попередні роботи
1	Подача вагонів на п/к «Нафтобаза»	39	-
2	Вантажні операції на п/к «Нафтобаза»	300	1
3	Повернення локомотива з п/к «Нафтобаза»	2	1
4	Подача вагонів на ВР	41	3
5	Вантажні операції на ВР	270	4
6	Повернення локомотива з ВР	3	4
7	Подача вагонів на п/к «Втормет»	42	6
8	Вантажні операції на п/к «Втормет»	220	7
9	Повернення локомотива з п/к «Втормет» і слідування на п/к «Нафтобаза»	6	7
10	Прибирання вагонів з п/к «Нафтобаза»	4	2, 9
11	Слідування локомотива на п/к «Втормет»	4	10
12	Прибирання вагонів з п/к «Втормет»	7	8, 11
13	Слідування локомотива на ВР	3	12
14	Прибирання вагонів з ВР	6	5, 13

Для завершальної події  $T_{L_i} = T_{E_i} = T_{кр}$ . Для всіх інших подій  $T_{L_i}$  розраховується по формулі

$$T_{L_i} = \min(T_{L_j} - t_{ij}), \quad (6.4)$$

Сітьовий графік, що відповідає таблиці 6.11 наведено на рисунку 6.2.

Аналізуючи графік можна визначити, що загальна тривалість виконання операцій по подачі-прибиранню вагонів становить  $T_1 = 363$  хв, а критичними операціями, що визначають значення  $T_1$  є операції на п/к «Нафтобаза».

Для оцінки ефективності такої методики для порівняння побудуємо сітьовий графік виконання операцій по подачі-прибиранню вагонів при найгіршій черговості (у першу чергу подаються вагони на ті вантажні фронти, величина  $t_{под} + t_{в}$  для яких має найменше значення). Розрахунок черговості подачі-прибирання та структурно часова таблиця для такого випадку наведено у таблицях 6.12 і 6.13 відповідно.

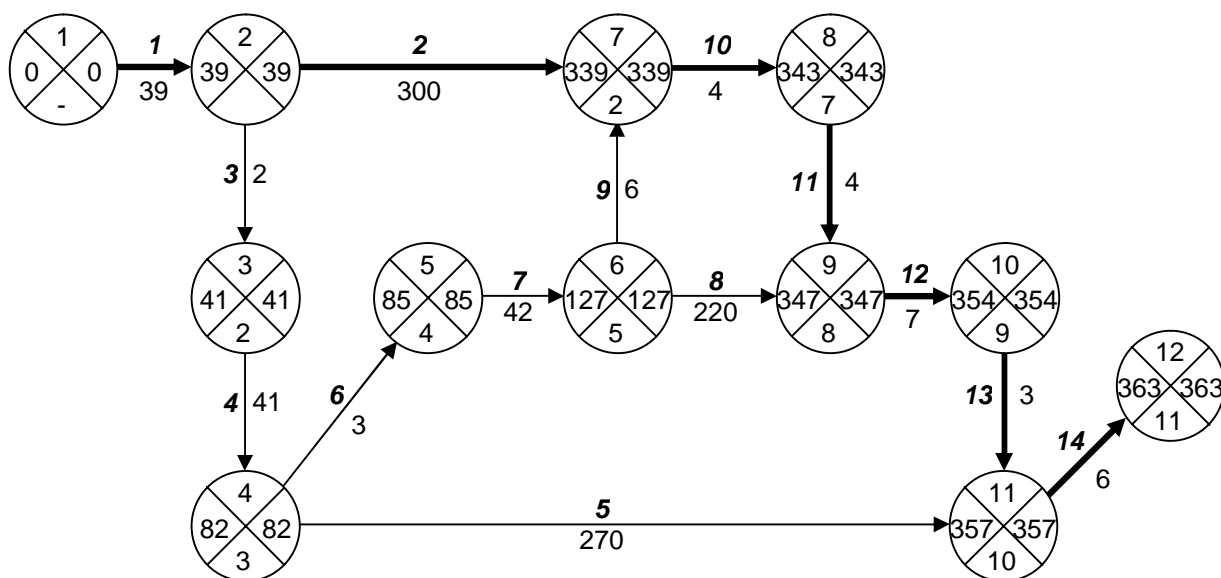


Рисунок 6.2 – Сітьовий графік процесу подачі-прибирання вагонів (найкращій варіант)

Таблиця 6.12 – Визначення порядку обслуговування під'їзних колій (найгірший варіант)

Під'їзна колія	$t_{\text{под}}$	$t_{\text{в}}$	$t_{\text{р}}$	$t_{\text{под}} + t_{\text{в}}$	Черговість подачі	$t_{\text{л}}$	$\sum_{i=1}^{n-1} t_{\text{л},i}$	$t_{\text{приб}}$	$t_{\text{з}}$	Черговість прибирання
ВР	41	270	3	311	2	44	46	6	322	2
«Втормет»	42	220	4	262	1	46	0	7	227	1
«Нафтобаза»	39	300	2	339	3	41	90	4	394	3

Таблиця 6.13 – Структурно-часова таблиця обслуговування під'їзних колій (найгірший варіант)

№ роботи	Зміст роботи	Тривалість, хв	Попередні роботи
1	2	3	4
1	Подача вагонів на п/к «Втормет»	42	-
2	Вантажні операції на п/к «Втормет»	220	1
3	Повернення локомотива з п/к «Втормет»	4	1
4	Подача вагонів на ВР	41	3
5	Вантажні операції на ВР	270	4
6	Повернення локомотива з ВР	3	4

Закінчення табл. 6.13

1	2	3	4
7	Подача вагонів на п/к «Нафтобаза»	39	6
8	Вантажні операції на п/к «Нафтобаза»	300	7
9	Повернення локомотива з п/к «Нафтобаза» і слідування на п/к «Втормет»	6	7
10	Прибирання вагонів з п/к «Втормет»	7	2, 9
11	Слідування локомотива на ВР	3	10
12	Прибирання вагонів з ВР	6	5, 11
13	Слідування локомотива на п/к «Нафтобаза»	2	12
14	Прибирання вагонів з п/к «Нафтобаза»	4	8, 13

Сітьовий графік, що відображає найгіршу технологію подачі-прибирання вагонів з під'їзних колій наведено на рисунку 6.3.

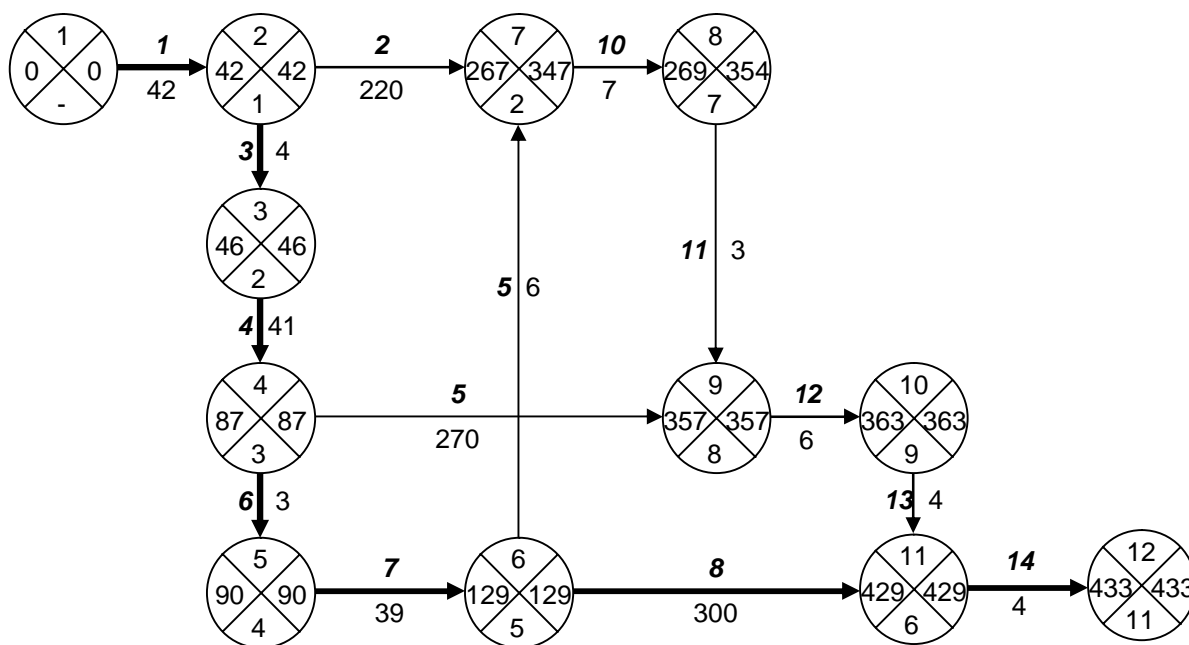


Рисунок 6.3 – Сітьовий графік процесу подачі-прибирання вагонів (найгірший варіант)

Аналізуючи графік можна визначити, що загальна тривалість виконання операцій по подачі-прибиранню вагонів для варіанту 2 становить  $T_2 = 433$  хв, а критичними операціями, як і у варіанті 1 є операції на п/к «Нафтобаза». Крім того, така технологія подачі-прибирання вагонів викликає додаткові простоя вагонів на станції під накопиченням або на під'їзних коліях в очікуванні прибирання, що суттєво може вплинути на загальний час знаходження місцевого вагона на станції.

Таким чином, застосування досить простої методики на основі сітьового планування і управління дозволяє значно зменшити час на виконання операцій подачі-прибирання вагонів на під'їзних коліях станції, а саме  $\Delta T = T_2 - T_1 = 433 - 363 = 70$  хв.

#### **6.4 Оптимізація розподілу вагонів по вантажним фронтам під'їзної колії**

Проблема вибору найбільш ефективного варіанту розподілу вагонів по вантажним фронтам виникає у випадках, коли вагони з однотипним вантажем вивантажуються або навантажуються на декількох вантажних фронтах, які мають різні параметри (місткість, кількість та тип вантажних механізмів). В наслідок цього тривалість вантажних операцій з вагонами і витрати на їх виконання для кожного з вантажних фронтів можуть бути різними. Крім того, час роботи вантажного фронту може бути обмежений (наприклад, робота тільки у денну зміну). При цьому виникає задача – виконати вантажні операції з вагонами за певно визначений час з найменшими витратами.

Таку задачу можна вирішити за допомогою методів математичного програмування. В даному розділі задача оптимального розподілу вагонів під навантаження вирішена за допомогою одного з методів лінійного програмування – симплекс-метода.

На під'їзній колії «Втормет» виконуються операції вивантаження металічного лому з піввагонів і подальше навантаження у ці вагони металопрокату. Навантажені вагони подають на дільничну станцію, де з них формують маршрут. Состав маршруту  $M = 30$  вагонів (див. розділ 4). За добу по плану формується  $Z = 2$  маршрути. Вантажні операції з вагонами виконуються на трьох вантажних фронтах обладнаних мостовими та козловими кранами. Кожен вантажний фронт має різну місткість  $n_i$ . Внаслідок різного технічного оснащення тривалість виконання вантажної операції  $t_i$  віднесена на один вагон також різна для кожного з фронтів. З тієї ж причини витрати  $c_i$  на навантаження одного вагона також різні

по фронтам. Значення вказаних показників по трьом вантажним фронтам наведені у таблиці 6.14.

Таблиця 6.14 – Характеристика вантажних фронтів «Втормета»

№ фронту	Місткість $n_i$ , ваг	Витрати на вантажну операцію $c_i$ у.о./ваг	Тривалість вантажної операції $t_i$ хв/ваг
1	26	70	20
2	18	87	16
3	20	78	18

Враховуючи, що за добу формується  $Z$  маршрутів з коксом, можна розрахувати максимально допустиму тривалість навантаження одного маршруту

$$T = \frac{1440 - T_{\text{пер}}}{Z}, \quad (6.5)$$

де  $T_{\text{пер}}$  – загальна тривалість технологічних перерв в роботі ( $T_{\text{пер}} = 90$  хв.)

$$T = \frac{1440 - 90}{2} = 675.$$

Необхідно таким чином розподілити порожні піввагони між трьома вантажними фронтами, щоб витрати та виконання вантажних операцій були мінімальні.

Дану задачу можна звести до основної задачі лінійного програмування (ОЗЛП). Для цього спочатку представимо умови задачі у формальному вигляді:

Нехай  $x_i$  – кількість вагонів, що подаються на  $i$ -й вантажний фронт під навантаження. Тоді можна записати наступні обмеження

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^3 x_i = M \\ x_i \leq n_i \\ \sum_{i=1}^3 t_i \cdot x_i \leq T \\ x_i \geq 0, \quad x_i \in N \end{cases} \quad (6.6)$$

Перше обмеження викликане необхідністю формування маршруту з певної кількості вагонів. Наступне обмеження обумовлене місткістю кожного з вантажних

фронтів. Третє обмеження передбачає, що тривалість навантаження маршруту не має перевищувати максимально допустиму тривалість навантаження. Крім того, отримані у результаті розрахунків значення  $x_i$  мають представляти собою невід'ємні цілі числа.

Цільова функція передбачає мінімізацію витрат на виконання вантажних операцій з вагонами, тобто

$$C = \sum_{i=1}^3 c_i \cdot x_i \rightarrow \min . \quad (6.7)$$

Підставимо у вирази (6.6) і (6.7) конкретні значення

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 30 \\ x_1 \leq 26 \\ x_2 \leq 18 \\ x_3 \leq 20 \\ 20x_1 + 16x_2 + 18x_3 \leq 675 \end{cases}$$

$$C = 70x_1 + 87x_2 + 78x_3 \rightarrow \min$$

Для переходу до системи рівностей введемо додаткові змінні

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 30 \\ x_1 + y_1 = 26 \\ x_2 + y_2 = 18 \\ x_3 + y_3 = 20 \\ 20x_1 + 16x_2 + 18x_3 + y_4 = 675 \end{cases}$$

В даній системі 7 змінних і 5 рівнянь, тобто 5 базисних змінних і 2 вільні. У якості вільних змінних прийнято  $x_1$  і  $x_2$ . Інші змінні у рівняннях та цільовій функції виразимо через вільні, зведемо подібні члени та приведемо систему до стандартного вигляду

$$\begin{cases} x_3 = 30 - x_1 - x_2 \\ y_1 = 26 - x_1 \\ y_2 = 18 - x_2 \\ y_3 = 20 - (30 - x_1 - x_2) \\ y_4 = 675 - 20x_1 - 16x_2 - 18(30 - x_1 - x_2) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_3 = 30 - (x_1 + x_2) \\ y_1 = 26 - x_1 \\ y_2 = 18 - x_2 \\ y_3 = -10 - (-x_1 - x_2) \\ y_4 = 135 - (2x_1 - 2x_2) \end{cases}$$

$$C = 70x_1 + 87x_2 + 78(30 - x_1 - x_2) \rightarrow \min \quad C = 2340 - (8x_1 - 9x_2) \rightarrow \min$$

За отриманими рівнями побудовано область допустимих рішень, яка зображена на рисунку 6.4.

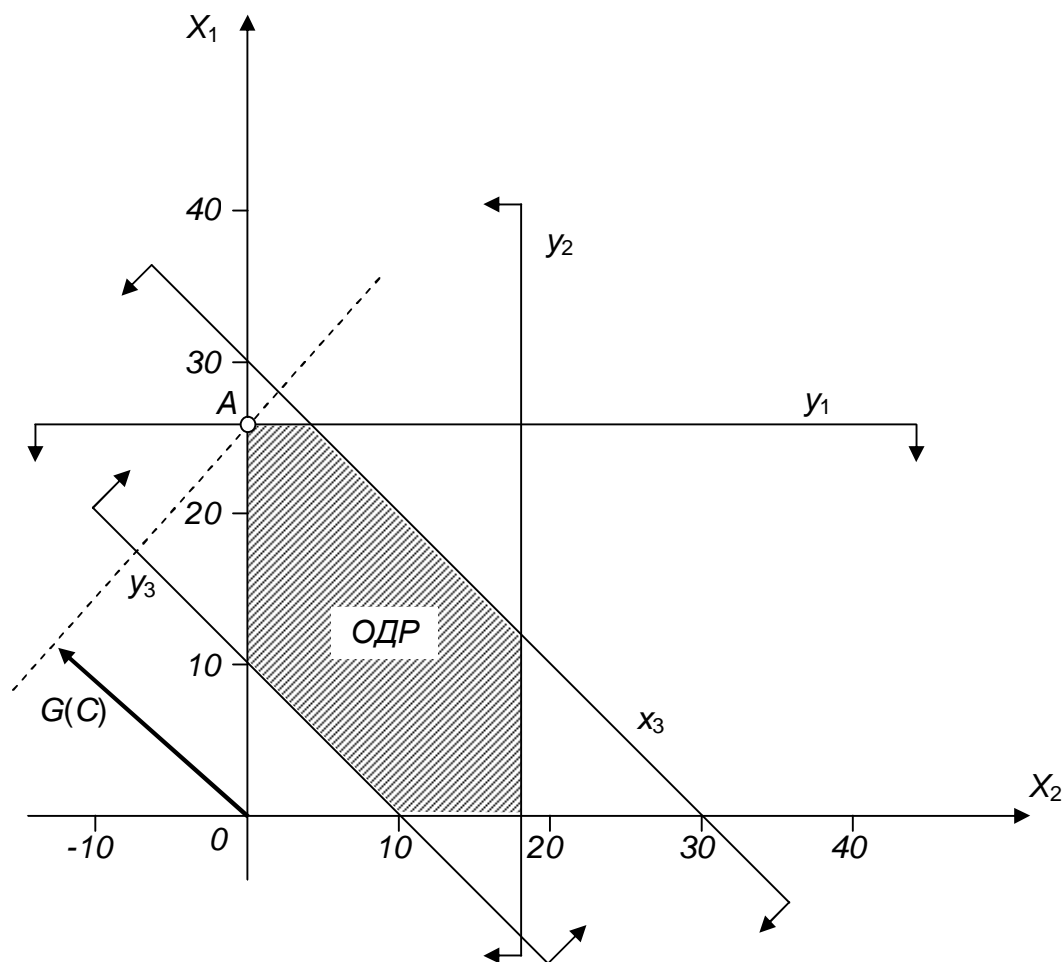


Рисунок 6.4 – Область допустимих рішень

При наявності всього двох вільних змінних дана задача може бути вирішена графічно (рис. 6.4). Для цього, крім ОДР, будується пряма градієнту цільової функції  $G(C)$ , який показує напрямок оптимізації. В задачах лінійного програмування оптимальне рішення (якщо воно взагалі є) завжди буде знаходитись у вузлах ОДР. Так, для даного випадку таким рішенням є точка А (рис. 6.4).

При кількості вільних змінних більше двох, отримати рішення графічно досить складно. В таких випадках оптимальне рішення можна знайти за допомогою симплекс-метода. В даному розділі визначення оптимального розподілу порожніх піввагонів по вантажним фронтам визначалось також за допомогою симплекс-метода. Вихідні дані до розрахунку наведено у таблиці 6.15. Оптимальне рішення (див. таблицю 6.16) було отримане за допомогою програми «simplex.exe».

Таблиця 6.15 – Початкове рішення

	$\beta$	$x_1$	$x_2$
$C$	2340	8	-9
$x_3$	30	1	1
$y_1$	26	1	0
$y_2$	18	0	1
$y_3$	-10	-1	-1
$y_4$	135	2	-2

Таблиця 6.16 – Оптимальне рішення

	$\beta$	$y_1$	$x_2$
$C$	2132	-8	-9
$x_3$	4	-1	1
$y_3$	16	1	-1
$y_2$	18	0	1
$x_1$	26	1	0
$y_4$	83	-2	-2

Отримано наступні результати:  $x_1 = 26$ ,  $x_2 = 0$  і  $x_3 = 4$ , тобто на перший вантажний фронт необхідно подавати 26 вагонів, на другий – не подавати взагалі вагони, на третій – 4 вагони при формування кожного маршруту. При цьому витрати на завантаження будуть мінімальні і становитимуть 2132 у.о. Загальний час вантажних операцій становить при цьому 592 хв.

Таким чином, використання методів дослідження операцій дозволяє суттєво покращити показники роботи станції і під'їзних колій, в тому числі зменшити простої вагонів і составів, знизити витрати.

## **7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ**

До станції С примикає значна кількість під'їзних колій промислових підприємств міста, на яких виконується великий обсяг вантажної роботи. Від якості організації взаємодії станції та під'їзних колій суттєво залежить ефективність функціонування як станції С, так якість роботи промислових підприємств міста. Тому проблема удосконалення технології взаємодії станції з під'їзними коліями є досить актуальною, особливо на сучасному етапі розвитку суспільства.

Проблема вибору черговості подачі і прибирання вагонів на під'їзні колії виникає в тому випадку, коли декілька під'їзних колій обслуговує один маневровий локомотив, а вагони на кожен колію надходять на станцію одночасно. Методику удосконалення порядку подачі прибирання вагонів для станції С розглянемо на конкретному прикладі.

Маневровий локомотив № 2 обслуговує п/к № 4 «Нафтобаза», п/к № 3 «Втормет», а також здійснює подачу-прибирання вагонів на вантажний район станції. Під час подачі-прибирання вагонів виконується ряд технологічних операцій: причіпка маневрового локомотива, прибирання гальмівних башмаків, прийом-здача вагонів і т.д. Черговість подачі та прибирання подач з під'їзних колій може бути різною.

В розділі 6 дипломної роботи вирішена задача оптимальної черговості подачі вагонів на під'їзні колії методами сітьового планування та управління. При цьому в якості критерію ефективності обраний загальний час знаходження вагонів на станції і на вантажних фронтах під'їзних колій.

Графіки організації обслуговування під'їзних колій станційним локомотивом по двох прийнятних варіантах наведені відповідно на рисунках 7.1 і 7.2.

Як видно з графіків, варіанти відрізняються черговістю подачі та прибирання вагонів з під'їзних колій станції С. Разом з тим відрізняються і тривалості простою вагонів на станції, час знаходження їх на під'їзних коліях, та

тривалість зайнятості станційного локомотива. Часові параметри варіантів наведені в таблиці 7.1.

Зміст роботи		Тривалість роботи, хв	Час, хв						
			0	60	120	180	240	300	360
Подача вагонів на п/к «Нафтобаза»		39	[Bar from 0 to 39]						
Вантажні операції на п/к «Нафтобаза»		300	[Bar from 39 to 339]						
Повернення локомотива з п/к «Нафтобаза»		2	[Bar at 339 to 341]						
Подача вагонів на ВР		41	[Bar from 60 to 101]						
Вантажні операції на ВР		270	[Bar from 101 to 371]						
Повернення локомотива з ВР		3	[Bar at 371 to 374]						
Подача вагонів на п/к «Втормет»		42	[Bar from 120 to 162]						
Вантажні операції на п/к «Втормет»		220	[Bar from 162 to 382]						
Повернення локомотива з п/к «Втормет» і слідування на п/к «Нафтобаза»		6	[Bar at 382 to 388]						
Прибирання вагонів з п/к «Нафтобаза»		4	[Bar at 388 to 392]						
Слідування локомотива на п/к «Втормет»		4	[Bar at 392 to 396]						
Прибирання вагонів з п/к «Втормет»		7	[Bar at 396 to 403]						
Слідування локомотива на ВР		3	[Bar at 403 to 406]						
Прибирання вагонів з ВР		6	[Bar at 406 to 412]						
Загальна тривалість		363	[Bar from 0 to 363]						
Простий вагонів на станції	призначенням на ВР	41	[Bar from 0 to 41]						
	призначенням на «Втормет»	85	[Bar from 0 to 85]						
	призначенням на «Нафтобазу»	0	[Bar from 0 to 0]						
знаходження вагонів на ВР		275	[Bar from 101 to 376]						
знаходження вагонів на «Втормет»		220	[Bar from 162 to 382]						
знаходження вагонів на «Нафтобазі»		300	[Bar from 39 to 339]						
Зайнятість локомотива		157	[Bar from 0 to 157]						

Рисунок 7.1 – Графік обслуговування під'їзних колій станції С (варіант 1)

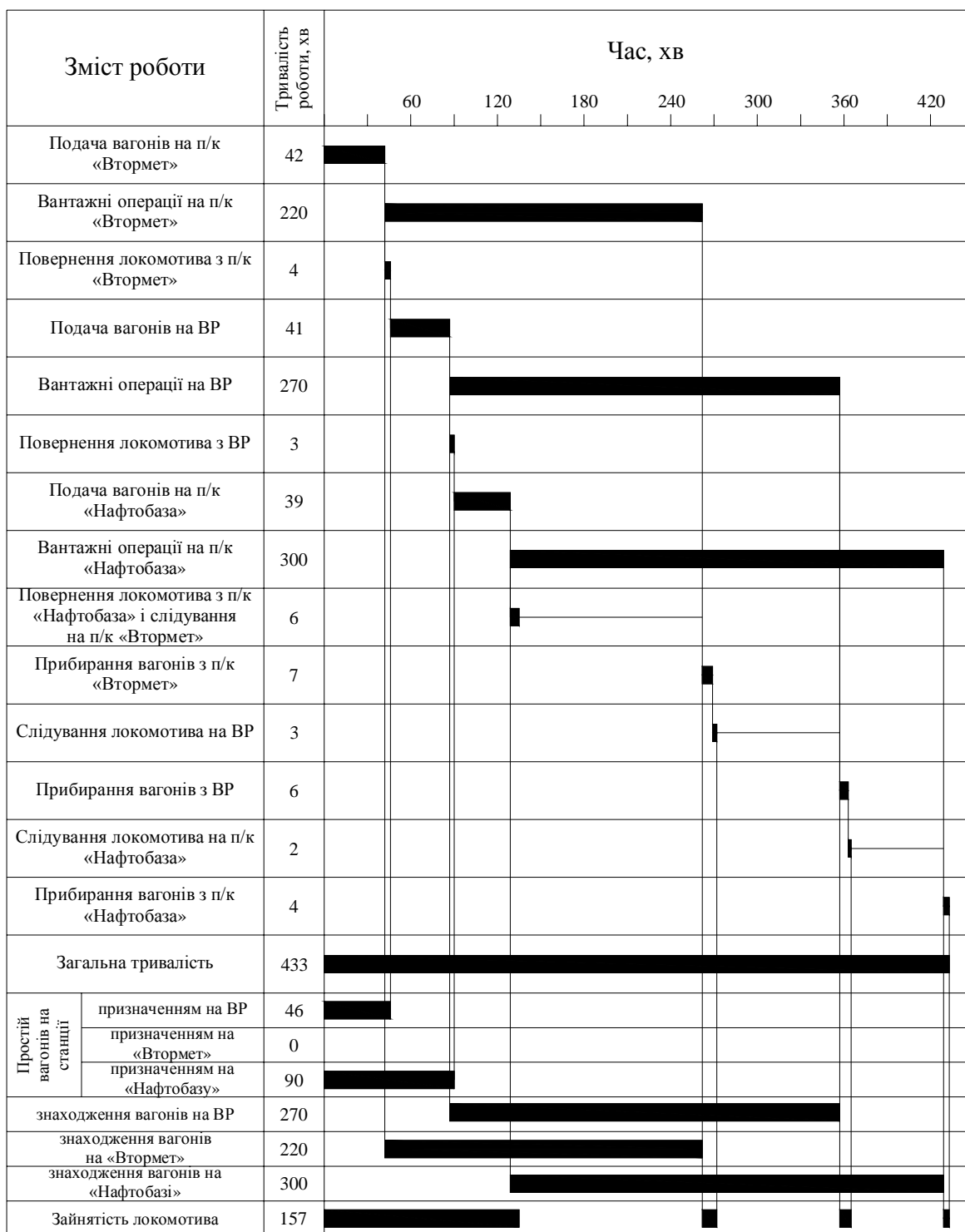


Рисунок 7.2 – Графік обслуговування під'їзних колій станції С (варіант 2)

Таблиця 7.1 – Часові параметри варіантів організації обслуговування під'їзних колій

Показник	Значення показника по варіантам, хв	
	варіант 1	варіант 2
простій 10 вагонів на станції в очікуванні їх подачі на вантажний район	41	46
простій 15 вагонів на станції в очікуванні їх подачі на під'їзну колію «Втормет»	85	0
простій 15 вагонів на станції в очікуванні їх подачі на під'їзну колію «Нафтобаза»	0	90
тривалість знаходження 10 вагонів на вантажному районі	275	270
тривалість знаходження 15 вагонів на під'їзній колії «Втормет»	220	220
тривалість знаходження 15 вагонів на під'їзній колії «Нафтобаза»	300	300
Загальна зайнятість маневрового локомотива	363	433

Тривалість виконання операцій пов'язаних з доставкою вагонів на пункти призначення в обох варіантах однакові, тому у техніко-економічному обґрунтуванні не розглядаються.

Розрахунок експлуатаційних витрат на маневрову роботу зводиться до визначення вартості локомотиво-години роботи маневрового локомотива. При цьому використовується метод витратних ставок. Даний метод розрахункових базується на зв'язку витрат з вимірниками роботи залізниці. Розрізняють метод одиничних витратних ставок і метод укрупнених витратних ставок. В цьому методі калькуляційними вимірниками є пробігові, часові та енергетичні показники роботи. Розрахунок вартості маневрової локомотиво-години виконується із розподілом витрат на залежні та незалежні. Для визначення витрат по різних видах експлуатаційної роботи використовується метод укрупнених витратних ставок. По цьому методу з допомогою одиничних витратних ставок розрахунок ведеться на одиниці роботи: поїздо-кілометри, локомотиво-кілометри, поїздо-години, локомотиво-години та ін.

Метод визначення укрупнених витратних ставок аналогічний методу одиничних витратних ставок. В техніко-економічних розрахунках, як правило, укрупнені витратні ставки розраховуються тільки в частині залежних витрат. Витратна ставка – це питомі витрати, що припадають на одиницю вимірювача.

Для розрахунку собівартості однієї маневрової локомотиво-години роботи використовуються наступні витратні ставки [51]:

- $e_{MS}$  – локомотиво-кілометри, в неї входять витрати на утримання і поточний ремонт локомотивів, витрати на змащувальні та обтирочні матеріали;
- $e_{MTm}$  – локомотиво-години, входять витрати локомотивного депо по маневровій роботі на амортизацію та відновлення локомотивів;
- $e_{MN}$  – бригадо-години локомотивних бригад, входять витрати на заробітню платню і відрахування на соціальні потреби локомотивних бригад;
- $e_T$  – паливо, входять витрати на паливо для локомотивів (ціна 1 кг умовного палива);
- $e_{Pl6p}$  – тоно-кілометри бруто локомотивів, входять витрати на поточне утримання та амортизацію верхньої будови колії.

Розрахунок собівартості маневрової локомотиво-години виконано в таблиці 7.2. Значення витратних ставок ( $e_{MS}$ ,  $e_{MTm}$ ,  $e_{MN}$ ,  $e_T$ ,  $e_{Pl6p}$ ) прийняті згідно «Довідника витратних ставок по Придніпровській залізниці за 2014 рік».

Таблиця 7.2 – Розрахунок витрат на 1 годину маневрової роботи

Вимірювач	Витратна ставка, грн	Величина вимірювача	Витрати, грн
Вагоно-години	2,09	15*	31,35
Локомотиво-кілометри	6,40	1	6,40
Локомотиво-години	169,47	1	169,47
Бригадо-години локомотивних бригад	363,63	1,15**	418,17
Бригадо-години складацьких бригад	275,50	1	275,50
Витрати умовного палива	7,15	25***	178,75
Всього	-	-	1079,64

Примітка. \* 15 – кількість вагонів в подачі

\*\*1,15 = 1 + 0,15 – коефіцієнт, що враховує додатковий час на прийом, здачу чергування локомотивною бригадою.

\*\*\*Норма витрат палива на маневрову роботу рівна 25 кг/год, а на простій локомотиву – 2,5 кг/год.

Отже, вартість 1 години маневрової роботи при формуванні збірної поїзда складає 1079,64 грн.

Річні експлуатаційні витрати по варіантам визначаються по формулі

$$E_{Nt} = 365 \cdot (e_{Nt} \cdot T_{л} + \sum nt_{ст} \cdot e_{в} + \sum nt_{пк} \cdot e_{тс}) \cdot 10^{-3}, \quad (7.1)$$

де  $e_{Nt}$  – укрупнена витратна ставка на 1 годину маневрової роботи;

$T_{л}$  – тривалість маневрової роботи локомотива, год;

$\sum nt_{ст}$  – вагоно години простою вагонів на станції в очікуванні їх подачі на під'їзну колію;

$e_{в}$  – вартість однієї вагоно години, 2,09 грн;

$\sum nt_{пк}$  – вагоно години простою вагонів на під'їзній колії в очікуванні їх прибирання на станцію;

$e_{тс}$  – тарифна ставка за 1 вагоно-годину користування вагонами залізниці на під'їзних коліях, згідно до «Тарифного керівництва № 1» складає 5,59 грн.

Результати розрахунків вагоно-годин простою вагонів наведені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Розрахунок вагоно-годин простою вагонів на станції і на під'їзних коліях.

Простий вагонів	Варіант 1			Варіант 2		
	Кількість вагонів	Тривалість простою, хв	$Nt$ , ваг-год	Кількість вагонів	Тривалість простою, хв	$Nt$ , ваг-год
На станції в очікуванні їх подачі на вантажний район	10	41	6,83	10	46	7,67
На станції в очікуванні їх подачі на під'їзну колію «Втормет»	15	85	21,25	15	0	0
На станції в очікуванні їх подачі на під'їзну колію «Нафтобаза»	15	0	0	15	90	22,5
На вантажному районі	10	275	45,83	10	270	45
На під'їзній колії «Втормет»	15	220	55	15	220	55
На під'їзній колії «Нафтобаза»	15	300	75	15	300	75
Разом на станції			28,08			30,17
Разом на п/к			175,83			175,00

Зайнятість локомотива по варіантам (див. рис. 7.1 і 7.2) складає:

варіант 1  $T_{л} = 363 / 60 = 6,05$  год.

варіант 2  $T_d = 433 / 60 = 7,22$  год.

Результати розрахунків добових витрат наведені в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Розрахунок добових витрат по варіантам

Показник	Витратні ставки			Варіант 1		Варіант 2	
	$e_{Nt}$	$e_v$	$e_{tc}$	обсяг показника	витрати	обсяг показника	витрати
Простій на станції, ваг-год	1079,64	2,09	5,59	28,08	58,69	30,17	63,06
Простій на п/к, ваг-год				175,83	982,89	175,00	978,25
Зайнятість локомотива, год				6,05	6531,82	7,22	7795,00
Разом					7573,4		8836,31

Отже річні витрати складатимуть

варіант 1  $E = 365 \cdot 7573,4 \cdot 10^{-3} = 2764,29$  тис. грн./рік;

варіант 2  $E = 365 \cdot 8836,31 \cdot 10^{-3} = 3225,25$  тис. грн./рік.

Таким чином, найкращим є перший варіант організації обслуговування під'їзних колій, при цьому досягається економія в  $3225,25 - 2764,29 = 460,96$  тис. грн./рік.

## **8 РОЗРОБКА ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКА РОБОТИ СТАНЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ЙОГО ПОКАЗНИКІВ**

### **8.1 Вихідні дані для розробки добового плану-графіка роботи**

Добовий план-графік роботи станції є графічним відображенням роботи станції: прийому поїздів, їх обробки в станційних парках та відправлення. На планах графіках відображають також роботу всіх пристроїв, що знаходяться на станції (наприклад, пункти навантаження-розвантаження, контейнерні площадки, сортувальні площадки). Мета добового плану-графіка – пов'язати роботу всіх елементів станції, їх взаємодію з графіком прибуття і відправлення поїздів, з роботою під'їзних колій підприємства, уточнити завантаження окремих парків, колій, горловин, маневрових локомотивів, визначити норми часу знаходження на станції вагонів різних категорій обробки. На плані-графіку видно «вузькі» місця, міжопераційні інтервали, простои через нерівномірність прибуття поїздів, недостатність колійного розвитку станції, числа маневрових локомотивів та ін. Перерозподіл роботи, корегування підводу і відправлення поїздів і передач в процесі складання добового плану-графіку дозволяють удосконалити технологічний процес, покращити показники роботи станції. Таким чином, добовий план-графік роботи станції використовується в основному для визначення показників роботи станції при пошуках оптимального варіанту технічного оснащення станції.

Для розробки добового плану-графіку вихідними даними є: розклад прибуття поїздів та їх призначення; технологія обробки поїздів та тривалість виконання операцій, що розрахована в попередніх розділах. Розклад прибуття на станцію пасажирських поїздів приймається діючий на реальній станції. Розклад прибуття вантажних поїздів на станцію моделюється за допомогою ЕОМ. Призначення транзитних вагонів з переробкою, що прибувають в складі поїздів у розформування, визначені шляхом моделювання за допомогою ЕОМ. Результати моделювання приведені в додатку Б.

## 8.2 Розробка добового плану-графіку роботи станції

На добовому плані-графіку кожен з технічних пристроїв станції чи каналів обслуговування (наприклад, бригада ПТО) зображаються в окремому рядку. На плані-графіку в масштабі часу показують:

- підхід поїздів по графіку руху зі всіх напрямків, що примикають до станції;
- знаходження поїздів у парку прибуття з виділенням часу прийому (зайняття стрілочної горловини), обробки складів, простоїв у очікуванні наступних операцій;
- зайнятість поїзними та маневровими пересуваннями найбільш завантажених стрілок горловин парків;
- розформування составів з виділенням операцій, що виконуються кожним маневровим локомотивом, та зайнятість пристроїв (гірки, колій насуву);
- накопичення вагонів на сортувальних коліях з показом моментів завершення накопичення складів, зайнятість сортувальних колій при закінченні формування;
- роботу витяжних колій формування і окремо маневрових локомотивів з фіксацією операцій закінчення формування;
- відправлення поїздів на графіку на всі перегони, що примикають до станції.

При побудові плану-графіку враховують можливу ворожість різних пересувань, час звільнення пристроїв (колії, гірки), локомотивів і бригад після виконання операцій, що дозволяє виявити міжопераційні простої та простої поїздів через неприйом станцією внаслідок недостатнього колійного розвитку.

## 8.3 Визначення показників добового плану-графіку роботи станції

За допомогою розробленого добового плану-графіка роботи станції можна визначити наступні показники її функціонування:

- середній простий состав поїздів, що надходять у приймально-відправний парк для розформування;

- середній простий составів транзитних поїздів в приймально-відправних парках;
- середній простий составів поїздів свого формування в приймально-відправному парку;
- середній простий вагонів у сортувальному парку під накопиченням;
- коефіцієнт використання маневрових локомотивів;
- коефіцієнт використання гірочного локомотиву.

Середній простий составів поїздів, що надходять у парк прийому до розформування визначається по формулі

$$t_{\text{пр}}^{\text{р}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{р}}^{\text{оч}})}{N_{\text{р}}}, \quad (8.1)$$

де  $t_{\text{то}}^{\text{оч}}$  – тривалість очікування составами технічного огляду бригадою ПТО, хв;

$t_{\text{то}}$  – тривалість технічного огляду, хв;

$t_{\text{р}}^{\text{оч}}$  – тривалість очікування составом розформування на сортувальній гірці, хв;

$N_{\text{р}}$  – число составів, що прибули у розформування на станцію.

$$t_{\text{пр}}^{\text{р}} = \frac{1099}{14} = 78,5 \text{ хв.}$$

Середній простий составів транзитних поїздів в приймально-відправному парку

$$t_{\text{пр}}^{\text{тр}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{відп}}^{\text{оч}})}{N_{\text{тр}}}, \quad (8.2)$$

де  $t_{\text{лок}}$  – тривалість очікування причеплення поїзного локомотиву, хв;

$t_{\text{відп}}^{\text{оч}}$  – тривалість очікування відправлення, хв;

$N_{\text{тр}}$  – число транзитних поїздів.

$$t_{\text{пр}}^{\text{тр}} = \frac{1272 + 1246}{30 + 35} = 33,6 \text{ хв.}$$

Середній простий составів поїздів свого формування в приймально-відправних парках

$$t_{\text{пр}}^{\text{сф}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{відп}}^{\text{оч}})}{N_{\text{сф}}}, \quad (8.3)$$

де  $N_{\text{сф}}$  – число поїздів свого формування.

$$t_{\text{пр}}^{\text{сф}} = \frac{954}{14} = 68,1 \text{ хв.}$$

Середній простій вагонів у сортувальному парку під накопиченням

$$t_{\text{нак}} = \frac{\Sigma nt}{n}, \quad (8.4)$$

де  $\Sigma nt$  – вагоно-години накопичення за добу;

$n$  – кількість вагонів, що знаходилися на обраному призначенні на протязі доби.

Визначення середнього простою вагонів у сортувальному парку під накопиченням виконано у таблиці 8.1 для кожної сортувальної колії.

Таблиця 8.1 – Розрахунок часу простою вагонів під накопиченням

№ колії	$\Sigma nt$ , ваг-г	$n$ , ваг	$t_{\text{нак}}$ , год
25	754,0	145	4,3
24	788,9	177	3,5
23	700,1	187	3,4
22	742,1	176	3,5
21	465,4	53	6,8
15	422,3	122	3,0
14	441,7	146	2,5
13	438,8	78	4,6
12	480,0	48	7,5
Разом	5233,3	1132	

Середній простій вагону в сортувальному парку під накопиченням складає

$$t_{\text{нак}} = \frac{5233,3}{1132} = 4,62 \text{ год.}$$

Час знаходження транзитного вагону з переробкою на станції визначається за формулою

$$t_{\text{пр}}^{3/\pi} = t_{\text{пп}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{пв}}, \quad (8.5)$$

де  $t_{\text{пп}}$ ,  $t_{\text{пв}}$  – середня тривалість знаходження транзитного вагону з переробкою в парку прибуття та парку відправлення відповідно;

$t_{\text{нак}}$  – середня тривалість знаходження транзитного вагону з переробкою в сортувальному парку під накопиченням.

$$t_{\text{пр}}^{3/\pi} = 78,5 + 4,62 \cdot 60 + 68,1 = 423,8 \text{ хв.}$$

Робочий парк транзитних вагонів визначається за формулою

$$n_{\text{р}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot t_{\text{пр}}^{6/\pi} + n_{\text{сф}} \cdot t_{\text{пр}}^{3/\pi}}{1440}, \quad (8.6)$$

де  $n_{\text{тр}}$ ,  $n_{\text{сф}}$  – відповідно добова кількість транзитних без переробки та транзитних з переробкою вагонів;

$t_{\text{пр}}^{6/\pi}$  – час знаходження транзитного вагону без переробки на станції, хв.

$$n_{\text{р}} = \frac{(75 \cdot 52) \cdot 33,6 + 936 \cdot 423,8}{1440} = 367 \text{ ваг.}$$

Тривалість знаходження місцевого вагона на станції визначається за формулою

$$t_{\text{м}} = t_{\text{пп}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{под}} + t_{\text{в}} + t_{\text{приб}} + t_{\text{пв}}, \quad (8.7)$$

де  $t_{\text{под}}$ ,  $t_{\text{приб}}$  – тривалість подачі (з урахування підбору вагонів) та прибирання вагонів з під'їзної колії відповідно;

$t_{\text{в}}$  – тривалість виконання вантажних операцій.

Виконаємо розрахунок тривалості знаходження місцевого вагона на дільничній станції:

$$t_{\text{м}} = 78,5 + 246 + 40 + 300 + 7 + 68,1 = 739,6 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт використання маневрових локомотивів визначається за формулою

$$K_{\text{л}} = \frac{T_{\text{зан}}^{\text{л}}}{1440}, \quad (8.8)$$

де  $T_{\text{зан}}^{\text{л}}$  – час заняття локомотиву на протязі доби, хв.

Коефіцієнт використання гіркового локомотива:

$$K_{\text{гл}} = \frac{447}{1440} = 0,31$$

Коефіцієнт використання маневрового локомотива:

$$K_{\text{мл1}} = \frac{332}{1440} = 0,23$$

$$K_{\text{мл2}} = \frac{260}{1440} = 0,18$$

Таким чином, існуючого технічного оснащення дільничної станції достатньо для переробки заданих об'ємів роботи. Стрілочні зони горловин парків завантажені в середньому на 50%, а паркові колії – на 45%.

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі отримане рішення актуальної науково-практичної задачі організації роботи дільничної станції з під'їзними коліями. Основні результати і висновки дипломної роботи полягають у наступному:

1. В результаті виконаного всебічного аналізу встановлено, що завдання удосконалення роботи залізничного транспорту під'їзних колій промислових підприємств і магістрального транспорту є актуальним. В даний час існує цілий ряд проблем, як нормативно-правового, так організаційно-технічного характеру, які перешкоджають ефективній експлуатації промислового залізничного транспорту та його чіткій взаємодії з магістральним. Вирішення цих проблем може бути здійснено тільки на основі системного підходу, комплексного застосування передового досвіду і сучасних наукових методів, із залученням широкого кола фахівців залізниць, промислових підприємств і наукових організацій транспортної галузі.

2. Визначено розрахункові розміри роботи дільничної станції. Встановлено, що станція за добу переробляє 936 вагонів, а також обслуговує 75 транзитних поїздів. Розраховано масу поїзда, яка дорівнює 3540 т при цьому в складі поїзда налічується 52 вагона.

3. Виконано технічне нормування основних операцій технологічного процесу роботи станції. На підставі розрахункових обсягів роботи станції та тривалості основних операцій технологічного процесу розрахована потрібна кількість колій в парках станцій. Аналіз результатів розрахунку показав що, існуючого оснащення станції достатньо для переробки заданих обсягів поїздопотоків і вагонопотоків.

4. Дослідження процесу підбирання вагонів по призначенням на різні під'їзні колії показав, що при сортуванні вагонів доцільно використовувати комбінаторний метод при обмеженій кількості колій; у іншому випадку ефективним є розподільчий метод. Варіювання вказаних методів дозволяє економити час на сортування вагонів від 3 до 13%.

5. Аналіз тривалості обслуговування під'їзних колій маневровим локомотивом станції показало існування певних простоїв вагонів на станції або на під'їзних коліях. Методами сітьового планування та управління виконана оптимізація черговості подачі та прибирання вагонів з під'їзних колій на станцію, що забезпечило скорочення всього комплексу робіт на 70 хв. Методами лінійного програмування визначено оптимальний розподіл вагонів по вантажним фронтам під'їзної колії, який потребує мінімальні добові витрати у розмірі 2132 у.о.

6. Економічно обґрунтовано доцільний варіант черговості обслуговування під'їзних колій маневровим локомотивом дільничної станції, який дозволяє економити 460,96 тис. грн. на рік.

7. Працездатність станції з урахуванням отриманих технологічних рішень перевірено на основі графічного моделювання її роботи за допомогою побудови добового плану-графіка. Аналіз показників графіку виявив, що стрілочні зони горловин парків завантажені в середньому на 50 %, а колії парків – на 45 %. Це свідчить, що при підвищенні обсягів роботи, станція буде мати запас по переробній спроможності і, відповідно, зможе цілком справитися з заданими розмірами роботи. Тривалість знаходження транзитного вагона з переробкою на станції складає 7,1 год, а місцевого – 12,3 год. Коефіцієнт завантаження локомотивів не перевищує 0,7, що відповідає нормальній їх роботі.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України. Ч.1 [Текст]. - К.: Видавничий дім «САМ», 2004. – 432с.
2. Мілецька, І. М. Дослідження показників вантажної роботи на місцях незагального користування в умовах підприємства Д [Текст] / І. М. Мілецька // Зб. наук. праць. УкрДАЗТ, - Харків: УкрДАЗТ, 2010. - Вип. 118, - С. 220-225.
3. Вернигора, Р. В. Анализ неравномерности грузовых перевозок на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте [Текст]/ Р. В. Вернигора, Н. И. Березовый // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2012. - № 2/3(56) - С. 62-67.
4. Бутько, Т. В. Формування логістичної моделі обслуговування масових вантажів залізничним транспортом незагального користування (Частина 1) [Текст] / Т. В. Бутько, Д. В. Ломотько, Є. В. Сушарін // Інформ.-керуючі системи на залізн.. транспорті. - 2010. - № 1. - С. 55-59.
5. Залізничники вимагають від вантажовласників дотримуватися нормативного часу роботи з вантажними вагонами [Елек-тронний ресурс] - Режим доступа: [http://www.uz.gov.ua/press\\_center/up\\_to\\_date\\_topic/318951](http://www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/318951) - 12.07.2012
6. Копилов, М. Біля розбитого вагона [Текст] / М. Копилов // Магістраль. - 2011. - № 9 (1592). - С. 7.
7. Образцов, В. Н. Основы комплексной теории транспорта [Текст] / В. Н. Образцов, Ф. И. Шаульский. - М. : Трансжелдориздат, 1948. - 492 с.
8. Ющенко, Н. Р. Выбор оптимального варианта организации маневровой работы грузовых станций на основе методов линейного программирования [Текст] / Н. Р. Ющенко, М. Н. Бакалов // Труды ДИИТ. -1966. - № 61. - С. 215.
9. Акулиничев, В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог : учебное пособие для вузов ж.-д. трансп. [Текст] / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков - М.: Транспорт, 1981. - 223 с.
10. Повороженко, В. В. Повышение производительности подвижного состава [Текст] / В. В. Повороженко. - М. : Знание, 1976. - 64 с.

11. Смехов, А. А. Математические модели процессов грузовой работы [Текст] / А. А. Смехов. - М. : Транспорт, 1982. - 256 с.
12. Смехов, А. А. Оптимизация процессов грузовой работы [Текст] / А. А. Смехов. - М. : Транспорт, 1973. - 263 с.
13. Смехов, А. А. Построение математической и сетевой модели грузовой станции методом статистических испытаний [Текст] / А. А. Смехов // Труды МИИТ. - 1970. - № 300, С. 3-26.
14. Смехов, А. А. Теоретические основы построения АСУ грузовыми станциями [Текст] / А. А. Смехов // Труды МИИТ. - 1975. - № 481. - С. 3-31.
15. Смехов, А. А. Управление грузовой и коммерческой работой на железнодорожном транспорте [Текст] / А. А. Смехов. - М. : Транспорт, 1990. - 352 с.
16. Усков, Н. С. Направления взаимодействия промышленного и магистрального транспорта [Текст] / Н. С. Усков // Промышленный транспорт. - 1972. - № 7. - С. 8-10.
17. Баландюк, Г. С. Железнодорожный транспорт промышленных предприятий и его взаимосогласованная работа с магистральным транспортом [Текст] / Г. С. Баландюк. - М. : 1960. - 72 с.
18. Баландюк, Г. С. Новое в технологии работы железнодорожного транспорта промышленных предприятий [Текст] / Г. С. Баландюк, В. И. Балч. - М. : 1975, - 127 с.
19. Акулиничев, В. М. Организация перевозок на промышленном транспорте : учебник [Текст] / В. М. Акулиничев. - М.: Высш. шк., 1983. - 247 с.
20. Персианов, В. А. Моделирование транспортных систем [Текст] / В. А. Персианов, К. Ю. Скалов, Н. С. Усков. - М. : Транспорт, 1972. - 208 с.
21. Правдин, Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта: (примеры и расчеты) [Текст] / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. М. Подкопаев. - М.: Транспорт, 1989. - 208 с.
22. Перепелюк, А. В. Экономика промышленного транспорта металлургии [Текст] / А. В. Перепелюк, А. С. Хоружий. - М. : Металлургия, 1982. - 190 с.

23. Герасимов, Ю. М. Эффективный метод планирования работы грузовой станции [Текст] / Ю. М. Герасимов, В. Н. Коненков, Ф. Г. Мамедов // Железнодорожный транспорт. - 1981. - № 1. - С. 23-27.

24. Давыдов Г. Е. Становление и развитие единой технологии работы станций примыкания и железнодорожных путей необщего пользования [Текст] / А. Ф. Бородин, Г. Е. Давыдов, А. В. Тонких, М. И. Шмулевич // Бюллетень транспортной информации. - 2010. - № 2. - С. 16-21.

25. Феофилов, А. Н. Математические основы оптимального управления маневровой работой на грузовой станции по критерию минимизации эксплуатационных расходов [Текст] / А. Н. Феофилов // Вестник ВНИИЖТ. - 2013. - № 3. - С. 49-54.

26. Телегина, В. А. Проблемы взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта [Текст] / В. А. Телегина // Управление перевозками и транспортная логистика : межвуз. сб. науч. трудов. - 2005. - С. 23-27.

27. Уманский, В. И. Управление местной работой в интеллектуальных станционных системах [Текст] / В. И. Уманский, В. М. Макаров, С. И. Долганюк // Вестник ВНИИЖТ . - 2013. - № 5. - С. 16-21.

28. Берестов, И.В. Повышение эффективности взаимодействия станции примыкания и подъездных путей / И.В. Берестов, А.В. Шаповал, Н.В. Мерзлякова // Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2015. – Вип. 156. – С. 68-73.

29. Ломотько, Д.В. Удосконалення переробки масових вантажів залізничним транспортом в умовах створення інформаційно-керуючої системи [Текст] / Д.В. Ломотько, О.Є. Кльосов, С.Г. Корнійчук // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ. 2011. – Вип. 120. – С. 119-125.

30. Ковальов, А.О. Удосконалення технології роботи під'їзних колій незагального користування і вантажних станцій магистрального транспорту [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / А.О. Ковальов; [Укр. держ. акад. залізнич. трансп.]. – Харків, 2006. – 20 с.

31. Ломотько, Д.В. Удосконалення підходів до оптимізації режимів роботи вантажних фронтів в умовах заезення-вивозу вантажів [Текст] / Д.В. Ломотько, Д.О. Голоколосов // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – 2010. – Вип. 23. – С. 78-83.

32. Бутько, Т.В. Формалізація технології роботи залізничної станції з під'їзною колією на основі методів логістики [Текст] / Т.В. Бутько, О.В. Ляшко // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 133. – С. 63-69.

33. Мамедов, Ф. Т. Прогнозирование работы грузовой станции [Текст] / Ф. Т. Мамедов // Железнодорожный транспорт. - 1977. - № 12. - С. 48-49.

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

35. Карпелевич, Ф. И. Эффективный метод планирования работы грузовой станции [Текст] / Ф. И. Карпелевич, И. Б. Сотников // Вестник ВНИИЖТ. - 1988. - № 1. - С. 8-11.

36. Иванченко, В. Н. Программно-алгоритмическое обеспечение задачи управления маневровой работой на сортировочной станции [Текст] / В. Н. Иванченко // Вестник ВНИИЖТ. - 1994. - № 8. - С. 38-40.

37. Тишкин, Е. М. Расчет очередности обслуживания грузовых фронтов на станции [Текст] / Е. М. Тишкин, С. А. Филипченко, В. А. Макаров, А.Н. Феофилов // Вестник ВНИИЖТ. - 1999. № 5. - С. 29-31.

38. Макаров, В. М. Решение задач оптимизации развоза вагонов по станциям и подъездным путям в центрах управления местной работой [Текст] / В. М. Макаров // Труды ВНИИАС. - 2005. - № 3. - С. 76-83.

39. Феофилов, А. Н. Математические основы оптимального управления маневровой работой на грузовой станции по критерию минимизации эксплуатационных расходов [Текст] / А. Н. Феофилов // Вестник ВНИИЖТ. - 2013. - № 3. - С. 49-54.

40. Крохин, Л. С. Управление работой грузовых железнодорожных станций (теория, методы автоматизации, опыт внедрения) [Текст] : дисс. ... докт. тех. наук: 05.22.08 / Крохин Леонид Сергеевич. - М., 1997. - 325 с.

41. Иванов, С. Д. Оптимизация обслуживания грузовых фронтов предприятий промышленного железнодорожного транспорта (ППЖТ) [Текст] : дисс. ... канд. тех. наук: 05.22.12 / Иванов Савелий Дорофеевич. - М., 1984. - 126 с.

42. Турсунбаева, Н. К. Совершенствование технологии взаимодействия грузовой станции и подъездных путей предприятий [Текст] : автореф. дисс. канд. тех. наук: 05.22.08 / Турсунбаева Нишаной Камильжановна. - Ташкент, 1993. – 24 с.

43. Зверев, В. И. Оптимизация формирования местных поездов на технических станциях и их работы на участке [Текст] : дисс. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / Зверев Виталий Игоревич. - М., 2001. - 343 с.

44. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст]. – М.: Транспорт, 1985.

45. Сотников И. Б. Эксплуатация железных дорог в примерах и задачах [Текст]: учеб. пособие для вузов / И. Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990.

46. Методичні вказівки по нормуванню маневрової роботи. Затв. нак. №0-72/ЦЗ – Київ – 2003 р.

47. Бобровский В. И. Расчёт числа путей в приемо-отправочных парках участковой станции [Текст]: методические указания по проектированию

48. Бобровский, В. И. Оптимизация формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте -2000. -№ 6. - С. 10-4.

49. Бобровский, В. И. Совершенствование технологии формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Вестник Днепропетр. нац. ун-та железнодорож. трансп. им. ак. В. Лазаряна. -Вып. 19 -Д.: Изд-во Днепропетр. нац. ун-та железнодорож. трансп. им. ак. В. Лазаряна, 2007. - С. 88-93.

50. Воробьёв Н.Н. Числа Фибоначчи [Текст] / Н. Н. Воробьёв – Наука, 1978. – С. 39

51. Терёшина Н.П. Экономика железнодорожного транспорта [Текст]: Учеб. для вузов ж.-д. транспорта / Н.П. Терёшина, В.Г. Галабурда, М.Ф. Трихунков и др.; Под ред. Н.П. Терёшиной, Б.М. Лapidуса, М.Ф. Трихункова. – М.: УМЦ ЖДТ, 2006.