

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 **Удосконалення конструкції та технології роботи дільничної станції О у зв'язку зі зміною обсягу транзитного вагонопотоку**

Theme **Improving the design and technology of the section station O due to the change in the volume of transit wagon-flow**

Керівник дипломної роботи

ст. викл. \_\_\_\_\_ Л. О. Єльнікова

Нормоконтролер

доц. \_\_\_\_\_ М. І. Березовий

Студент групи УЗ1921

\_\_\_\_\_ В. О. Борисов

Student

Borysov Vadym

Дніпро – 2020

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків та 3 додатків. Повний обсяг проекту – 121 сторінка; з них основний текст на 114 сторінках, містить 18 ілюстрації, 23 таблиць та 30 літературних джерел.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є процес функціонування дільничних станцій.

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування дільничної станції за рахунок удосконалення колійного розвитку та технології обслуговування поїздів.

В роботі перевірена відповідність технічного оснащення дільничної станції її обсягам роботи та розроблені варіанти реконструкції її колійного розвитку. На основі визначення найбільш завантаженого елемента та розрахунку модифікованих приведених витрат обрані найкращі варіанти реконструкції горловин приймально-відправного парку станції. Згідно цих варіантів побудований план дільничної станції, розроблено технологію її роботи з урахуванням збільшення кількості поїздів, що обробляються на станції, а також побудовано та проаналізовано добовий план-графік роботи станції.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: ДІЛЬНИЧНА СТАНЦІЯ, РЕКОНСТРУКЦІЯ СТАНЦІЇ, НАЙБІЛЬШ ЗАВАНТАЖЕНИЙ ЕЛЕМЕНТ, МОДИФІКОВАНІ ПРИВЕДЕНІ ВИТРАТИ, БЕЗПЕКА РУХУ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ .....	8
1.1 Вимоги до проектування дільничних станцій .....	8
1.2 Загальні основи проектування залізничних станцій .....	10
1.3 Основні положення автоматизованого проектування залізничних станцій.....	12
1.4 Підходи до моделювання транспортних систем .....	15
1.5 Формалізація схем залізничних станцій.....	17
1.6 Постановка задачі дипломної роботи .....	19
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ О.....	20
2.1 Технічне оснащення станції .....	20
2.2 Характеристика експлуатаційної роботи станції .....	22
2.3 Характеристика маневрової роботи, яка виконується в основних районах .....	24
2.4 Планування роботи станції .....	25
3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ О..	29
3.1 Вихідні дані для визначення обсягів роботи станції .....	29
3.2 Визначення маси поїзда .....	30
3.3 Визначення кількості вагонів у складі поїзда.....	31
3.4 Розрахунок транзитних та у розформування поїздопотоків станції .....	32
3.5 Визначення потрібної пропускної спроможності підходів .....	33
4 ПЕРЕВІРКА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ О .....	36
4.1 Розрахунок норм тривалості технологічних операцій в парках станції О .....	36
4.1.1 Методика визначення тривалості технологічних операцій з поїздами.....	36
4.1.2 Визначення часу зайняття колії при прийомі та відправленні поїзда .....	37
4.1.3 Розрахунок тривалості технологічного огляду составів бригадою ПТО..	40
4.1.4 Розрахунок часу на закінчення формування.....	44
4.1.5 Розрахунок тривалості виконання технологічних операцій з поїздами різних категорій.....	46

4.2	Перевірка колійного розвитку дільничної станції О .....	47
4.2.1	Методика розрахунку кількості колій в приймально-відправних парках .....	47
4.2.2	Визначення середньозваженої тривалості зайняття колії поїздами .....	48
4.2.3	Визначення тривалості очікування виводу поїздів із парків .....	49
4.3	Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів на станцію .....	55
4.4	Розрахунок кількості колій у приймально-відправних парках станції .....	59
4.5	Визначення кількості колій у сортувальному парку .....	60
5	РОЗРОБЛЕННЯ ВАРІАНТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ ГОРЛОВИН ПАРКІВ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ О ТА ЇХ ПОРІВНЯННЯ .....	62
5.1	Порівняльний аналіз варіантів реконструкції горловин парку ПВ2 .....	64
5.2	Порівняння варіантів реконструкції горловин за найбільш завантаженим елементом .....	67
5.2.1	Методика визначення найбільш завантаженого елемента горловини .....	67
5.2.2	Визначення найбільш завантаженого елемента для непарної горловини .....	69
5.2.3	Визначення найбільш завантаженого елемента для парної горловини .....	72
5.3	Порівняння конструкцій горловин за допомогою модифікованих приведених витрат .....	75
5.3.1	Методика визначення модифікованих приведених витрат .....	75
5.3.2	Визначення обсягів капітальних вкладень у реконструкцію по розглянутих варіантах .....	77
5.3.3	Визначення експлуатаційних витрат по варіантах .....	80
5.3.4	Розрахунок модифікованих приведених витрат .....	82
6	РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ О ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЇЇ РОБОТИ .....	84
6.1	Розроблення технології роботи дільничної станції О .....	84
6.1.1	Вдосконалення обслуговування составів бригадами ПТО .....	84
6.1.2	Технологія роботи з транзитними поїздами без зміни локомотива .....	88
6.1.3	Технологія роботи з транзитним поїздом зі зміною локомотива .....	91

6.1.4	Технологія роботи з поїздами у розформування.....	93
6.1.5	Технологія роботи з поїздами свого формування при їх відправлені .....	96
6.2	Побудова добового плану-графіку і розрахунок основних показників роботи дільничної станції О .....	98
7	БЕЗПЕКА РУХУ ПОЇЗДІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ МАНЕВРОВОЇ РОБОТИ, ФОРМУВАННЯ ТА ПРОПУСКУ ПОЇЗДІВ З ВАГОНАМИ, ЗАВАНТАЖЕНИМИ НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВАНТАЖАМИ КЛАСУ 1 (ВИБУХОВИМИ МАТЕРІАЛАМИ)...	103
	ВИСНОВКИ.....	109
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	111
	ДОДАТОК А.....	115
	ДОДАТОК Б.....	118

## ВСТУП

При структурних змінах і зростанні економіки виникає необхідність адекватно розвивати транспортну систему, для того, щоб вона забезпечувала всі потреби держави й одночасно мала необхідні резерви. Тому необхідно удосконалювати технології роботи технічних станцій, в умовах приведення потужності існуючих пристроїв у відповідність до розрахункових обсягів перевезень [1].

У нормативних документах [2, 3] при організації перевезень докладно не враховані застосування методів моделювання роботи технічної станції при швидкісних перевезеннях в умовах змінення їх обсягів. У попередніх дослідженнях [4-7] були розглянуті сучасні підходи до вдосконалення технології перевезень парком вагонів операторських компаній. Але потребують розв'язання питання удосконалення технології роботи сортувальних станцій в умовах розвитку інформатизації при застосуванні методів моделювання технології вантажних перевезень, яка ґрунтується на основі використання технічних засобів опорних сортувальних вузлових станцій з оптимізацією їх основних параметрів. Адже основні кількісні та якісні показники погіршилися унаслідок неефективних технологій перевезень.

Пропускна та переробна спроможність залізничних станцій і вузлів, ефективність їх експлуатації безпосередньо залежать від оптимальності рішень, прийнятих при проектуванні. Істотне підвищення якості проектування, збільшення продуктивності праці проектувальників може бути досягнуто в результаті впровадження ефективної інформаційної технології.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є процес функціонування дільничних станцій.

Предметом дослідження є дільнична станція.

Метою даної роботи є підвищення ефективності функціонування дільничної станції за рахунок удосконалення колійного розвитку та технології обслуговування поїздів.

Недостатня кількість колій на технічних станціях є причиною затримок поїздів на підходах до станцій, а простої поїздів під технічним обслуговуванням або очікуванні цього обслуговування – причина збільшення тривалості просування поїздів в цілому. Тому питання підвищення ефективності функціонування дільничних станцій є актуальним.

В дипломній роботі необхідно визначити розрахункові обсяги роботи дільничної станції; перевірити наявне технічне оснащення; розробити варіанти реконструкції горловин парків станції, порівняти колійний розвиток за допомогою найбільш завантаженого елемента та модифікованих приведених витрат; для обраних варіантів реконструкції побудувати план станції з урахування змін в конструкції станції. Окрім того, необхідно розробити технологію роботи станції з урахування зміни обсягів її роботи; оцінювати запропоновані зміни необхідно за допомогою побудови добового план-графіка роботи дільничної станції.

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ

## 1.1 Вимоги до проектування дільничних станцій

Дільничні станції підрозділяються: залежно від числа сусідніх підходів- на лінійні і вузлові (з трьома і більше підходами); по взаємному розташуванню основних парків - поперечного, поздовжнього і напівпоздовжнього типу і станції з послідовним розташуванням пристроїв для пасажирського і вантажного руху. Крім того, дільничні станції розрізняють за обсягом і характером експлуатаційної роботи, видами тяги, числу головних шляхів і деякими іншими ознаками. На електрифікованих лініях є дільничні станції, де відбувається стикування ділянок з різними системами струму.

На дільничних станціях виконуються наступні операції [8]: обробка составів транзитних поїздів в технічному і комерційному відношенні, зміна локомотивів і локомотивних бригад, екіпірування локомотивів, розформування-формування составів дільничних, збірних, вивізних і передаточних поїздів, а в ряді випадків і наскрізних поїздів, навантаження-вивантаження вантажів на місцях загального і незагального користування, обслуговування пасажирів.

Для виконання цих операцій на дільничних станціях є такі пристрої:

- приймально-відправні парки для обробки транзитних вантажних поїздів, поїздів у розформування і поїздів свого формування. Ці парки, як правило, мають спеціалізацію за напрямками руху (в парному і непарному напрямку). Для поїздів у розформування і поїздів свого формування виділяють дві-три крайніх колії, розташованих в безпосередній близькості від сортувального парку;
- сортувальний парк з витяжними коліями і гіркою малої потужності;
- локомотивне господарство (основне або оборотне депо, екіпірувальне депо);
- вагонне господарство (депо, пункт технічного обслуговування вагонів, пункт підготовки вагонів під навантаження);
- пасажирські пристрої (приймально-відправні колії, платформи, пасажирська будівля, пішохідні мости, тунелі, колії відстою приміських поїздів);



- вантажні пристрої (вантажний двір, під'їзні колії незагального користування).

Розташування перерахованих пристроїв на станціях має забезпечувати раціональну технологію роботи, потоковість і паралельність виконання операцій, менші непродуктивні затримки рухомого складу, найменший час на операції з поїздами і вагонами, застосування нової техніки і безпеку руху, можливість подальшого розвитку станції.

Приймально-відправні парки взаємодіють в основному з пристроями локомотивного господарства, за винятком операцій з приймання і відправлення поїздів. Тому розташування локомотивного господарства повинно забезпечувати зручний зв'язок з транзитними парками для виконання зміни локомотивів, найменші пробіги локомотивів по станції і мінімальну кількість перетинань із іншими поїзними і маневровими маршрутами.

Сортувальний парк проектується, як правило, об'єднаний для всіх напрямків і розміщується паралельно одному з приймально-відправних парків з боку, протилежного пасажирським пристроїв. До сортувального парку примикають дві витяжних колії в протилежних горловинах. Витяжні колії повинні мати зручний зв'язок з приймально-відправних коліями. Маневрові маршрути з прибирання та виставлення составів поїздів на приймально-відправні колії повинні бути ізольовані від поїзних маршрутів.

Сортувальна гірка розташовується з протилежного боку по відношенню до локомотивного господарства для виключення концентрації маневрових операцій в одній горловині станції.

Вагонні депо на дільничних станціях розташовуються, як правило, на одному майданчику з локомотивним господарством, об'єднуючи їх службово-побутові приміщення та комунікації, передбачаючи можливість кооперативного використання частини обладнання механічних майстерень.

Пункт технічного обслуговування вагонів розташовується ближче до центральної горловини станції, а допоміжні приміщення для оглядачів розміщуються в протилежних кінцях приймально-відправних парків. На станціях поздовжнього типу можуть бути два пункти технічного обслуговування.

Пристрої для виконання пасажирських операцій повинні розташовуватися з боку міста або основної його частини і складати ізольований комплекс або паралельну систему по відношенню до решти пристроїв станції. Це створює найбільшу зручність для пасажирів, сприятливі умови для взаємодії з міським транспортом і мінімальну кількість перетинань із іншими маршрутами пересувань по станції.

Вантажний район, як правило, примикають з боку, протилежного пасажирській будівлі, поблизу сортувального парку. При цьому маршрути подачі-прибирання вагонів не перетинаються з поїзними маршрутами прийому-відправлення поїздів. Доцільно розташовувати вантажний район паралельно сортувальному парку на деякому віддаленні для можливості збільшення числа колій в сортувальному парку, що покращує планування пристанційної території з під'їздами до вантажного району і дозволяє влаштовувати частину колій наскрізними, підвищуючи поточність роботи, можливість її розподілу між маневровими районами. Орендні ділянки колій слід по можливості розміщувати в одному вантажному районі.

Характер примикання залізничних колій незагального користування залежить від ступеня завантаження маневрових пристроїв в горловинах станції, напрямків примикання і обсягів роботи промислових підприємств, типу сортувальних пристроїв, що використовуються для вибірки вагонів по фронтах, і інших чинників.

## **1.2 Загальні основи проектування залізничних станцій**

Процес автоматизації проектування залізничних станцій та вузлів є складною комплексною проблемою, що включає не тільки формальний опис структури колійного розвитку, а й тісно пов'язані завдання топографічного, економічного, кліматичного і екологічного характеру [9].

Проектування розділяють на неавтоматизоване (ручний режим), автоматизоване і автоматичне [10].

Проектування, при якому всі проектні рішення або їхня частина одержують шляхом взаємодії людини й ЕОМ, називають автоматизованим, на відміну від ручного (без використання ЕОМ) або автоматичного (без участі людини на проміжних етапах).

Система, що реалізує автоматизоване проектування, являє собою систему автоматизованого проектування (САПР). Автоматичне проектування можливе лише в окремих випадках для порівняно нескладних об'єктів. Переважаючим в даний час є автоматизоване проектування. Проектування складних об'єктів засновано на застосуванні ідей і принципів, викладених у ряді теорій і підходів. Найбільш загальним підходом є системний підхід, ідеями якого пронизані різні методики проектування складних систем.

Автоматизація проектування – невід'ємна складова сучасного науково-технічного прогресу. Проектування технічних об'єктів без автоматизації вимагає занадто великих часових і людських ресурсів. Проекти найбільш складних об'єктів, до яких відносяться інтегральні схеми (ВІС), обчислювальні системи, механічні пристрої та системи (транспортні засоби, будівельні конструкції, тощо), створюються з обов'язковим використанням САПР. Згідно ДСТУ, „САПР являє собою організаційно-технічну систему, яка складається з комплексу засобів автоматизації проектування, що взаємозв'язані з підрозділами проектної організації та виконує автоматизоване проектування”.

Отже, САПР має 2-і принципові властивості: САПР- це організаційно-технічна система; Функціонування САПР полягає в проектуванні певних об'єктів.

Системи автоматизованого проектування (САПР) завдяки швидкодії і надійності обчислювальної техніки, вірогідності математичних моделей (ММ) і ефективним методам оптимізації дозволяють не тільки прискорити розробку проектів, звільнити інженерів і техніків від виконання рутинних процедур, але і скоротити в цілому тривалість створення нових машин і апаратів, підвищити показники їхньої якості.

Епізодичне рішення окремих інженерних задач на ЕОМ почалось відразу після появи швидкодіючих обчислювальних машин. Перші тиражовані програми для рішення задач аналізу схем і конструювання друкованих плат з'явились у 1-й половині 60-х років минулого століття. На початку 70-х років почали з'являтися програмні засоби у вигляді програмно-методичних комплексів (ПМК) для проектування ЕОМ і їх елементної бази, що означало появу перших САПР. В середині 70-х років промисловість почала серійно виготовляти програмно-технічні комплекси (ПТК), які в подальшому перетворились на автоматизовані робочі місця (АРМ). На початку 80-х років сформувалась концепція багаторівневих САПР для наскрізного автоматизованого проектування ВІС.

Одночасно із створенням апаратних і програмних засобів проходило становлення теоретичних основ автоматизованого проектування. Важливими досягненнями стали розробка методів автоматизованого формування математичних моделей складних систем, алгоритмізація процедур проектування топології друкованих плат і ВІС, розвиток методів аналізу моделей, які представлені системами диференційних, алгебраїчних і логічних рівнянь високих порядків, і т.п.

### **1.3 Основні положення автоматизованого проектування залізничних станцій**

Існуючі методи проектування роздільних пунктів і автоматизоване проектування мають концептуальні відмінності. Механічне конструювання схеми станції не дозволяє формувати і відслідковувати її складну структуру. Автоматизоване проектування дозволяє вирішувати проблему з позицій всебічного врахування всього спектру безперервних і дискретних станційних процесів. Схема роздільного пункту розглядається як динамічна структура, що має передісторію і перспективу розвитку. Зміни відбуваються як на мікрорівні (подовження колій перебудову горловин), так і на макрорівні (зміна характеру роботи станції і її ролі в роботі залізничного вузла).

Залежно від орієнтації на вирішення певних завдань системи автоматизованого проектування, що функціонують в даний час, можна віднести до одного з наступних класів:

- автоматизації машинобудівного креслення;
- конструювання друкованих плат і електронних схем;
- автоматизації будівельного проектування;
- комплексного проектування макроструктур.

Великі математичні пакети AutoCAD, MicroStation, CADDY і ін. дозволяють розширити можливості автоматизованих систем проектування для вирішення вузькоспеціалізованих завдань.

Аналіз можливостей розглянутих вище САПР показує, що вони в різній мірі можуть бути адаптовані для вирішення завдань автоматизованого проектування роздільних пунктів, так як в їх арсеналі є геометричні примітиви, які можуть бути ідентифіковані як ділянку залізничної колії, стрілочний перевід і т.д. Однак слід зауважити, що САПР ЗС відноситься до систем евристичного типу, для яких необхідно розвивати базову структуру аналізу вхідних даних. Подібної системи жодна типова САПР спочатку не має.

Для евристичних САПР вихідні дані вимагають певної обробки. Як механізм введення вихідних даних виступає зовнішнє середовище. Наприклад, проектування або перебудова роздільних пунктів в районах складного профілю приведуть до результатів, що різко відрізняється по взаємному розташуванню пристроїв, їх складності, технології роботи. Зовнішнє середовище є необхідною, але далеко не достатньою умовою функціонування САПР ЗС. Потрібне створення інтерпретатора середовища, який формалізує зовнішні ознаки. Наявність такого інтерпретатора докорінно відрізняє евристичні САПР від систематичних.

Можливості типових САПР виявляються досить повними для розрахунку і графічного моделювання схем залізничних станцій, але не забезпечують інтерактивний контроль з боку проектувальника за ходом процесу проектування.

Швидкість реалізації проектних рішень - це позитивна сторона САПР, а її вузьке місце полягає у відсутності можливості використання бази знань, побудованої на основі досвіду проектування. Узагальнена база знань, що має пряме і непряме відношення до проектування роздільних пунктів, є запорукою ефективності системи автоматизованого проектування залізничних станцій (САПР ЗС). У зв'язку з цим потрібен надійний механізм використання досвіду проектування в САПР ЗС.

В даний час дослідження, пов'язані з розробкою САПР ЗС, полягають в опрацюванні підходів формального опису структур колійного розвитку. Використання комбінаторних, топологічних, матричних, графових моделей для відображення суттєвих ознак і коректного графічного представлення технічного оснащення станцій і вузлів дозволило сформулювати ряд вимог, що пред'являються до математичних аналогам реальних схем роздільних пунктів.

Можна виділити два напрямки автоматизації проектування роздільних пунктів: технічне конструювання колійного розвитку; техніко-технологічне моделювання елементів і процесів.

Перший напрямок має на меті визначити адекватну схему колійного розвитку на основі відповідних нормативів по взаємному розташуванню стрілочних переводів, геометричному зображенню колій в плані, раціонального зв'язку паркових елементів в горловинах і ін. При цьому основна увага приділяється виключенню конфліктних ситуацій розміщення колій і стрілочних переводів, що не дозволяють виконувати технологічні операції.

Другий напрямок передбачає підпорядкування геометричній інтерпретації схем роздільних пунктів технологічного змісту. Тут модель колійного розвитку пов'язується зі станційними процесами. Пріоритет віддається не статичним структурам, а динамічним об'єктам, що формує електронну схему з технологічних міркувань.

Через таку подвійність орієнтації досліджень в області САПР ЗС в даний час відсутня закінчене рішення. Існуюча елементна і функціональна основа САПР ЗС носить

описовий характер і зв'язується з необхідністю активного і безпосереднього використання досвіду проектувальника. В цьому випадку методи автоматизованого проектування є вторинними і використовуються як інструмент відтворення результату діяльності людини. Через відсутність методів формалізації досвіду проектувальника, система автоматизації підміняється прямим використанням цього досвіду. По суті, процес проектування роз'єднує мети проектувальника і програмного середовища САПР ЗС, що суперечить основам автоматизованого проектування, яка передбачає на всіх етапах їх тісний зв'язок.

#### **1.4 Підходи до моделювання транспортних систем**

Досвід дослідження транспортних систем дозволив виробити такі основні підходи до їх моделювання [11]:

- Аналітичний детермінований - це розрахунок кількості колій, локомотивів, пропускної здатності пристроїв, часу простою вагонів і т.д. по детермінованим формулами. Перевагою його є простота. Якісні особливості внутрішньої структури, вплив випадкових процесів враховуються коефіцієнтами. При цьому, користуватися цим методом слід з великою обережністю, бо значення коефіцієнтів, підраховані для одних умов, будуть невірно відображати дійсність для інших. Розрахунок транспортних об'єктів як систем масового обслуговування дозволяє добре враховувати вплив випадкових процесів на величину міжопераційних простоїв, але погано відображає внутрішню структуру і майже не відображає управління.

- Графічний метод - це в основному побудова добового плану-графіка роботи станції або графіка руху поїздів на полігоні. Важливим недоліком тут є неможливість коректного відображення випадкових процесів: помилки можуть бути значними.

- Імітаційне моделювання - це відтворення технологічного процесу, спеціальним чином закодованого в пам'яті комп'ютера. Тут можна з необхідною деталізацією відобразити всі основні властивості транспортних систем.

В якості методу дослідження і розрахунку складних транспортних систем з урахуванням взаємозв'язків елементів і операцій технологічного процесу імітаційне моделювання стало застосовуватися з початку 1960-х рр., але досить широке застосування отримало тільки на початку XXI ст. Розвитку імітаційного моделювання на залізничному транспорті присвячені праці В.А. Персіанова, Н.С. Ускова, К.Ю. Скалова, В.М. Акулінічева, А.М. Жидкова, П.А. Козлова, Е.А. Сотникова та інших вчених і фахівців. В даний час для побудови моделей використовуються як універсальні мови імітаційного моделювання (GPSS), так і спеціальні мови [12].

Недоліками імітаційного моделювання є трудомісткість і необхідна висока кваліфікація дослідників. Однак створення систем автоматизованої побудови моделей може в значній мірі усунути ці мінуси. Досвід використання різних методів дозволяє оцінити рівень можливих помилок при розрахунку різних систем. В якості прикладу методу імітаційного моделювання будемо розглядати імітаційну систему ІСТРА, яка найбільш широко і довго використовується для розрахунку і оптимізації різних транспортних систем. Імітаційна система ІСТРА є абстрактну модель, яка при завданні параметрів структури і технології перетворюється в модель конкретного об'єкта [11].

ІСТРА була розроблена вченими ВНІАС під керівництвом д-ра екон. наук, професора П.А. Козлова і призначена для досліджень і оптимізації великих об'єктів транспорту. За допомогою цієї системи можна оцінювати проекти розвитку залізничних станцій і вузлів, складських терміналів і інших об'єктів транспортної інфраструктури. Організаційно-технологічна структура об'єкта, що моделюється в системі «ІСТРА» представляється у вигляді елементів. За своїми властивостями елементи ідентифікуються як числові і логічні. Числові елементи використовуються для відображення пристроїв, що мають властивості бункера (або ємності), наприклад, колій певної місткості, станційних парків, складів і т.д. За допомогою логічних елементів встановлюється положення головних станційних колій, стрілочних переводів, локомотивів та інших елементів компле-



ксу, що досліджується. Модель дає можливість кількісно оцінювати різні варіанти збільшення виробничої потужності транспортного комплексу практично будь-якої складності. В результаті комп'ютерного моделювання видається набір кількісних і якісних показників роботи об'єкта, визначаються його «вузькі» місця, що викликають найбільші затримки, складається добовий план-графік встановленої форми [12].

### **1.5 Формалізація схем залізничних станцій**

Пропускна і переробна спроможність залізничних станцій і вузлів, ефективність їх експлуатації залежать від раціональності рішень, прийнятих при їх проектуванні. Суттєве підвищення якості проектування, збільшення продуктивності праці проектувальників може бути досягнуте в результаті впровадження нової інформаційної технології, основою якої є система автоматизованого проектування (САПР).

Однією з основних проблем теорії САПР є розробка ефективних математичних моделей об'єктів, які проектуються, і алгоритмів виконання проектних процедур. Це завдання є особливо важливим для проектування залізничних станцій і вузлів, що пояснюється високою вартістю їх будівництва і реконструкції, тривалим строком експлуатації, неможливістю побудови фізичних моделей.

Слід відзначити, що складність вказаного завдання полягає у формалізації схеми станції і її вихідних параметрів для вводу в ЕОМ (побудова моделі станції) і розробці алгоритму аналізу моделі для розрахунків вихідних параметрів. Питанням формалізації схем станцій для автоматизації розрахунків і проектування присвячено досить велику кількість наукових робіт [13-17]. У зазначених роботах розроблені методи представлення схем станцій у вигляді певних структур, що містять інформацію про план станції і її елементів. У зазначених роботах необхідно відзначити системний підхід до проектування, що дозволяє виконати розрахунок координат точок станції, побудову її масштабного плану, а також оцінку технологічних показників на основі імітаційного моделювання. До недоліків робіт слід віднести високу складність і трудомісткість підготовки і

введення в ЕОМ формалізованих даних про схему станції. У роботах [17-18] запропонована система структурно-параметричних моделей станцій (вхідні, внутрішня і вихідна моделі), а також алгоритми виконання проектних процедур, які дозволяють автоматизувати процес синтезу колійного розвитку станцій на всіх його етапах. В основу моделей покладено представлення схем станцій у вигляді орієнтованих графів. При цьому, в зазначених роботах не вирішена задача формалізації моделей великих станцій, що складаються з кількох парків, в тому числі розташованих на кривих. У зв'язку з цим в статті [REF\_Ref57304562 \r \h 19] поставлено завдання удосконалення структурно-параметричних моделей, запропонованих в [17-18], з метою формалізованого уявлення і автоматизованого проектування великих залізничних станцій, а також станцій, розташованих на кривих.

Структурно-параметричні моделі колійного розвитку залізничних станцій, що розглядаються в [20] є універсальними та мають широке застосування. Вони можуть використовуватися для визначення техніко-технологічних параметрів станцій з використанням їх ергатичних моделей [21] або для кількісної оцінки проектного рішення [22]. Слід відмітити, що структурно-параметричні моделі у сукупності з методами автоматизованого синтезу використовуються для розрахунку конструктивних параметрів планів залізничних станцій. При всіх перевагах даних моделей є основна проблема їх використання, яка пов'язана з відносною складністю формування вхідної моделі станції [20], що потребує додаткових витрат часу.

В роботі [23] розроблені моделі та алгоритми реалізовані у вигляді прикладної програми до пакету автоматизованого проектування AutoCAD. Робота з розробленим графічним редактором по введенню схем станцій показала його ефективність використання, за рахунок скорочення загального часу на проектування до 60% в залежності від складності схеми станції.

## **1.6 Постановка задачі дипломної роботи**

Технічне оснащення будь-якої залізничної станції має відповідати її запланованим обсягам роботи. При невідповідності вказаних параметрів виникають непродуктивні простої та затримки в роботі станції. Наприклад, при недостатньої кількості колій в приймально-відправних парках станції виникає простій поїздів на сусідніх технічних станціях в очікуванні вільної колії на станції О; при недостатній кількості груп в бригаді ПТО – простій в очікуванні технічного обслуговування составів в парках станції. Так, при збільшенні транзитного вагонопотоку, що надходить на дільничну станцію О, виникла необхідність змінити колійний розвиток станції таким чином, щоб він відповідав наявним обсягам поїзної та місцевої роботи.

Для визначення необхідних змін в технічному оснащенні станції необхідно виконати перевірку відповідності її колійного розвитку обсягам роботи. За потребою, слід розробити варіанти реконструкції відповідних горловин парків станції, а також порівняти їх за допомогою найбільш завантаженого елемента горловини та розрахувавши модифіковані приведені витрати за варіантами реконструкції.

Для остаточного плану колійного розвитку слід розробити технологію роботи станції з урахуванням змін кількості колій у приймально-відправних парках станції, а також збільшенні кількості поїздів. Для визначення «вузьких» місць в роботі станції необхідно виконати моделювання її роботи графічним методом, а саме - побудувати добовий план-графік роботи станції. На основі аналізу показників роботи дільничної станції необхідно буде зробити висновок про доцільність та достатність запропонованих засобів.

## 2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ О

До станції О з парного напрямку примикають підходи Б-О та Д-О, з непарного – О-В, за характером роботи – дільнична, за обсягом роботи – другого класу. Схема станції наведена на рисунку 2.1.

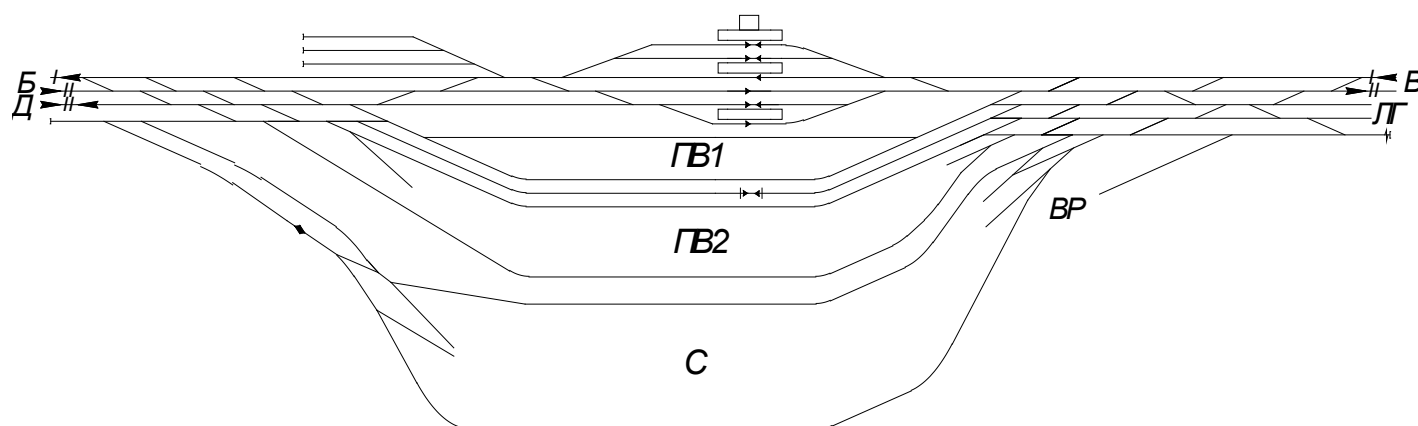


Рисунок 2.1 – Схема дільничної станції О

### 2.1 Технічне оснащення станції

За взаємним розташуванням приймально-відправних парків станція О - поперечного типу.

У парному напрямку до станції О прилягають такі перегони:

- Б-О – двоколійний з одnobічним автоматичним блокуванням;
- Д-О - одноколійний з двобічним автоматичним блокуванням.

У непарному напрямку до станції О прилягають такі перегони:

- В-О – двоколійний з одnobічним автоматичним блокуванням (АБ).

Основний вид тяги на всіх прилеглих перегонах – електрична. На станції О розташоване оборотне депо для напрямку Б-О.

Колійний розвиток станції згрупований у три парки:

приймально-відправний парк в непарному напрямку ПВ-1;

приймально-відправний парк для поїздів парного напрямку та поїздів у розформування з усіх напрямків - ПВ-2;

сортувальний парк С.

Приймально-відправний парк 1 складається з 4 колій. Він призначений для приймання транзитних поїздів з напрямку В. Довжина колій парку – 850-1047 м.

Між приймально-відправними парками влаштована ходова колія № 14 для подачі (прибирання) локомотивів з локомотивного депо на приймально-відправні колії станції.

Приймально-відправний парк 2 складається з 6 колій, призначених для прийому транзитних поїздів, що надходять на станцію з підходів Б та Д, в тому числі кутових, а також поїздів у розформування з усіх напрямків, та відправлення поїздів свого формування на всі напрямки. У парній горловині парку розташована витяжна колія розформування №7, у непарній – витяжна колія формування № 9. Довжина колій парку – 1030-1190 м.

Сортувальний парк складається з 10 колій, які ув'язані у два пучки по 5 колій. Парк С призначений для накопичення вагонів вантажних поїздів (дільничних та збірних), що відправляються зі станції О на всі напрямки. У хвостовій горловині сортувального парку розташована витяжна колія № 9, яка призначена для виконання закінчення формування накопичених составів та перестановки їх у ПВ2.

Сортувальна гірка – автоматизована, обладнана пристроями гіркової автоматичної централізації (ГАЦ) з гірковим мікропроцесорним програмно-задавальним пристроєм (ГПЗП–МП). Сортувальна гірка має дві гальмові позиції, із них: перша – перед розділовою стрілкою, друга – на коліях сортувального парку. На першій гальмівній позиції розташований по одному балковому натискному уповільнювачу з пневмогідравлічним приводом ВЗПГ-3, а на парковій гальмовій позиції – натискні уповільнювачі типу 2РНЗ–2М.

Сортувальна гірка обладнана автоматизованими гірочними гучномовними пристроями для інформації працівників гірки, приймального та сортувального парків про

початок насуву составів на гірку. Працівники гірки застосовують такі пристрої: при розчепленні автозчепів вагонів вилка для розчеплення, при гальмуванні вагонів – вилки для укладки гальмових башмаків.

Маневрова робота на станції виконується 2 тепловозами серії ЧМЕ-3, один з яких використовується на гірці, другий- для формування составів, а також подачі, розстановки та прибирання вагонів з вантажного району, що примикає до дільничної станції О.

Станція О оснащена електричною централізацією стрілок і сигналів та різними видами зв'язку.

На станції розташовано наступні службово-технічні будівлі: пост ЕЦ, пости централізації, приміщення чергових по парках, працівників ПКО, регулювальників швидкості руху вагонів, складачів поїздів, пост чергового по гірці, товарна контора.

Прямим телефонним оперативно-технологічним зв'язком обладнані всі робочі місця для передачі і прийому розпоряджень, обміну оперативною інформацією між працівниками станції, а також з черговими по сусідніх станціях і поїзними диспетчерами.

Стаціонарні радіостанції типу ЖРУ-СС (ЛьОН Б – 160) для маневрового радіозв'язку встановлені на робочих місцях маневрового диспетчера, чергових по станції, чергового по гірці, операторів постів централізації, старшого оператора СТЦ по прибуттю, приймачів поїздів. На локомотивах встановлені локомотивні радіостанції.

Поїзний радіозв'язок є на посту ЕЦ для зв'язку чергових по станції з машиністами локомотивів поїздів на перегонах і станції.

Локомотивне депо станції О розташоване в непарній частині станції. В депо виконують всі види поточного ремонту, технічного обслуговування електровозів і тепловозів. Для виконання цих операцій в депо наявні: деповські споруди і майстерні, оглядові канави, деповські колії, пристрої реостатного випробування тепловозів, механізовані екіпірувальні пристрої, піскороздачі для електровозів і тепловозів.

## **2.2 Характеристика експлуатаційної роботи станції**

На дільничну станцію надходять транзитні поїздопотоки з та без переробки з боку підходів Б, В та Д.

Парк ПВ1 призначений для приймання та відправлення транзитних поїздів без та зі зміною локомотивів з напрямку В. Зміна локомотивів відбувається в парній горловині станції через витяжну колію розформування №7, а також за допомогою ходової колії №14; для перестановки несправних вагонів на колії сортувального парку для проведення ремонтних робіт використовується витяжна колія №9.

Парк ПВ2 призначений для приймання транзитних поїздів, в тому числі кутових, поїздів, які надходять у розформування, виконання технічного та комерційного огляду вагонів перед розпуском з сортувальної гірки, а також відправлення поїздів свого формування на всі напрямки:

- кутові транзитні поїзда з напрямків Б, Д прибувають на колії 16-18;
- транзитні поїзда з напрямків Б, Д прибувають на колії 20-22;
- поїзда в розформування з усіх напрямків приймаються на колії 24-26;
- поїзда свого формування переставляються з сортувального парку на колії 24-26 з подальшим відправлення на всі напрямки.

Для зміни поїзних локомотивів використовується витяжна колія №7; для перестановки несправних вагонів в парк С для проведення ремонтних робіт використовується витяжна колія №9.

З транзитними поїздами зі зміною локомотивів виконуються наступні операції: закріплення состава, відчеплення поїзного локомотива, огороження, виконання технічного та комерційного огляду й усунення виявлених несправностей, зняття огороження, подача поїзного локомотива, випробування гальм, зняття закріплення, вручення документів машиністу та відправлення поїзда.

З транзитними поїздами без зміни локомотивів виконуються наступні операції: закріплення состава, огороження, виконання технічного та комерційного огляду й усунення виявлених несправностей, зняття огороження, скорочене випробування гальм, зняття закріплення та відправлення поїзда.

Сортувальна гірка розташована зі сторони підходів Б і Д. Після закріплення составу, поїзні локомотиви відчіпляються та прямують по вільній колії у локомотивне господарство. Після закінчення технічного та комерційного огляду вагонів, гірковий локомотив з витяжної колій №7 здійснює заїзд на відповідну колію парку ПВ2 та причеплення до составу, а після прибирання гальмових башмаків – насув составу на сортувальну гірку та його розпуск. Після накопичення составу виконується закінчення формування відповідно до вимог ПТЕ та маневровим локомотивом вагони переставляються на вільну колію парку ПВ2. На коліях парку виконується технічне обслуговування та комерційний огляд вагонів, а при необхідності - безвідчіпний ремонт й усунення комерційних несправностей. Поїзні локомотиви подаються до готових до відправлення составів по ходовій колії з локомотивного господарства на відповідну колію парку.

### **2.3 Характеристика маневрової роботи, яка виконується в основних районах**

З метою скорочення експлуатаційних витрат на вимогу керівництва залізниці або Головного департаменту перевезень Укрзалізниці може зменшуватися кількість маневрових локомотивів. Станційний диспетчер (ДСЦС), черговий по станції (ДСП), ДСЦ повинні забезпечити за таких умов безперебійну маневрову та місцеву роботу. Заміна маневрових електровозів на тепловози, зміна кількості маневрових електровозів здійснюється за оперативними наказами дирекції залізничних перевезень (ДН).

На станції маневрову роботу виконують 2 тепловози серії ЧМЕ – 3:

– перший – в парній горловині ПВ2 здійснює насув составів на гірку та осаджування вагонів. В тому числі, за вказівкою ДСЦ або чергового по гірці (ДСПГ) виконується робота з формування, закінчення формування, маневри з вагонами, які потребують особливих заходів застереження, та інші розпорядження ДСПГ;



–другий - виконує роботу з закінчення формування составів дільничних та збірних поїздів згідно вимог ПТЕ та плану формування поїздів, а також перестановку готових составів із сортувального парку в ПВ2. Окрім того, локомотив з непарної горловини виконує подачу, розстановку та прибирання вагонів з вантажного району.

Всі маневрові локомотиви обладнані пневматичними приводами для відчеплення від маневрового состава з кабіни машиніста.

В основних районах парків станції виконується така маневрова робота:

–парна горловина парку ПВ1: прибирання поїзних локомотивів з непарних поїздів з напрямку В, подача поїзних локомотивів під транзитні поїзда при відправленні на Б, Д;

–непарна горловина парку ПВ1: перестановка несправних вагонів на колії сортувального парку.

–парна горловина парку ПВ2 (передгіркова): прибирання поїзних локомотивів з непарних поїздів, подача поїзних локомотивів під кутові транзитні поїзда при відправленні на Б, Д; подача маневрових локомотивів під состави та насув составів на гірку для розформування;

–непарна горловина парку ПВ2: перестановка сформованих составів з колій сортувального парку в парк ПВ2; подача поїзних локомотивів під состави поїздів, що відправляються на напрямок В.

Подача вагонів на вантажний район та розстановка їх по вантажних фронтах виконується локомотивом станції 4 рази на добу: о 01-00, 07-00, 13-00 та 19-00. Тривалість подачі/прибирання вагонів – 15 хв, розстановки – 40 хв, максимальна кількість вагонів в одній подачі – 25 вагонів.

## **2.4 Планування роботи станції**

Оперативне планування роботи станції здійснюється з метою організації виконання завдань по прийманню і відправленню поїздів, розформуванню і формуванню составів, навантаженню і вивантаженню вантажів і плану формування поїздів. Оперативне

планування роботи станції здійснюється на добу, зміну, по 4 – 6 годинних періодах протягом зміни. Підставою для змінного і поточного планування є інформація про підхід поїздів, вагонів, локомотивів і розрахунок їх наявності на станції до початку періоду, що планується.

Добовий план – завдання роботи станції розробляється ДН та передається на станцію за 3 години до початку доби, що планується. Він містить такі основні дані:

- загальну кількість поїздів, що мають прийматися станцією з кожного напрямку, з розподілом на транзитні поїзди з переробкою та без переробки;

- загальну кількість поїздів, які повинні бути відправлені зі станції на кожний напрямок із зазначенням кількості поїздів свого формування, в тому числі поїздів підвищеної ваги, довжини і з'єднаних;

- завдання по відправленню порожніх вагонів в регулювання з вказівкою напрямку прямування і роду рухомого складу;

- розміри навантаження, вивантаження вантажів;

- інші завдання, що складаються з урахуванням місцевих умов роботи станції.

Вихідними даними для складання добового плану вантажної роботи є:

- місячний план навантаження;

- заявки вантажовідправників на навантаження;

- дані про наявність і наступне прибуття порожніх вагонів під навантаження і про кількість вагонів, що звільняються після вивантаження;

- технологічні норми часу на виконання вантажно–розвантажувальних операцій, подавання і прибирання вагонів;

- спеціальні завдання ДН.

План – завдання роботи станції на добу уточняється і коригується перед початком другої половини доби в залежності від оперативних обставин, що складаються, результатів роботи в першу половину доби і передається черговому по дирекції залізничних перевезень (ДНЦО) для затвердження начальником ДН.

Метою змінного планування є розробка завдань колективу кожної зміни, що забезпечує виконання добового плану роботи з урахуванням становища, яке склалося в поїзній і вантажній роботі. План роботи станції на зміну складає начальник станції (ДС) або заступник начальника станції з оперативної роботи (ДСЗ) на підставі добового і змінного плану завдання ДН, експлуатаційних умов, які склались на станції до початку періоду, що планується, інформації про підхід поїздів і вантажів, технологічних норм на виконання маневрових операцій.

План роботи станції на зміну містить:

- кількість поїздів, що мають прийматися з кожного напрямку, з розподілом на транзитні та такі, що прибувають у розформування;
- кількість поїздів, які повинні бути відправленні за зміну на кожний напрямок, із зазначенням кількості поїздів свого формування;
- завдань по навантаженню і вивантаженню;
- спеціальні завдання ДН.

План роботи зміни, що заступає на чергування в другій половині доби, складається з урахуванням підсумків роботи першої зміни і забезпечення виконання добового плану, що отримується від ДНЦО.

Підсумок виконання змінного завдання розглядається ДС після закінчення чергування зміни. По результатах розгляду дається оцінка роботи і намічаються необхідні заходи по усуненню виявлених недоліків.

Для забезпечення своєчасної переробки вагонів і відправлення їх зі станції в ув'язці з графіком руху та планом формування поїздів, із урахуванням підходу поїздів та наявності вагонів і локомотивів, ДСЦС сумісно з ДНЦО, локомотивним диспетчером (ТНЦ) і черговим по локомотивному депо (ТЧ) ведеться поточне планування роботи станції по 4–6 годинних періодах.

У процесі поточного планування зазначені працівники:

- складають план прийому поїздів при додержанні оптимального підведення на станцію транзитних поїздів з переробкою та без переробки;

–розраховують план составоутворення, яким встановлюється час закінчення накопичення вагонів на повний состав, закінчення його формування і час готовності кожного состава до відправлення;

–визначають порядок використання локомотивів і локомотивних бригад, що прибувають на станцію з урахуванням наявності їх на станції та в локомотивному депо;

–складають план відправлення поїздів, з підв'язкою локомотивів і локомотивних бригад до составів свого формування і транзитних поїздів без переробки.

Поточне планування проводиться з метою:

–складання плану приймання поїздів при дотриманні плану оптимального підведення на станцію транзитних поїздів і поїздів у розформування;

–визначення порядку використання локомотивів і локомотивних бригад, що прибувають на станцію, з урахуванням наявності їх на станції та в ТЧ;

–складання плану відправлення поїздів з підв'язкою локомотивів і локомотивних бригад до составів свого формування і транзитних, а поїздів – до ниток графіка руху;

–встановлення для внутрішньостанційних передач терміну подачі вагонів на пункти навантаження і вивантаження, а також забирання вагонів.

Для цього складається план поїздоутворення і відправлення поїздів, вихідними даними яких є:

–телеграма–натурний лист (ТГНЛ) на всі поїзди, що прибувають у переробку;

–план підведення поїздів;

–дані про наявність на коліях станції поїздів і вагонів за призначеннями плану формування до початку періоду планування;

–дані про наявність і очікуване надходження локомотивів і локомотивних бригад для забезпечення вивозу поїздів;

–дані про кількість, призначення і час, який передбачається, для прибирання вагонів на колії станції після закінчення вантажних операцій;

–технічні норми часу на виконання операцій з поїздами і вагонами.

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ О

#### 3.1 Вихідні дані для визначення обсягів роботи станції

Вихідними даними для проектування є план існуючої станції та завдання, що визначає обсяг та характеристику її роботи. На станцію прибувають пасажирські поїзди, приміські з зупинкою, розміри руху яких наведено у таблиці 3.1. згідно з додатком А табл. А.1.

Таблиця 3.1 – Пасажирський поїздопотік станції О

На Із	Б	Д	В	прим на О	Всього
Б		2	5	5	12
Д	2		4	2	8
В	5	4		3	12
прим з О	5	2	3		
Всього	12	8	12		32

Станція обслуговує транзитні поїзди без зміни локомотива та зі зміною локомотива. Транзитний вагонопотік з переробкою надходить у складі дільничних поїздів. Транзитний вагонопотік наведено у таблиці 3.2. згідно з додатком А.1.

Таблиця 3.2 Транзитний вагонопотік станції О

На Із		Без переробки			З переробкою	Всього
		Б	Д	В	О	
Без переробки	Б	0	370	810	140	1180/140
	Д	290	0	730	90	1020/90
	В	320	642	0	101	962/101
З переробкою	О	136	98	87	0	
Всього		610/136	1012/98	1540/87		3483

Примітка: у чисельнику – транзитний вагонопотік без переробки, у знаменнику – транзитний вагонопотік з переробкою.

### 3.2 Визначення маси поїзда

Масу поїзда потрібно визначати, виходячи з умов повного використання потужності тягових характеристик локомотива.

В залежності від характеру профілю колії дільниць розрахунок маси вантажного поїзда виконується виходячи з умов забезпечення беззупинного руху по існуючому розрахунковому підйому з рівномірною швидкістю за формулою [24]:

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

де  $F_{\text{кр}}$  – розрахункова сила тяги локомотива,  $H$ ;  
 $P$  – розрахункова маса локомотива,  $t$ ;  
 $\omega'_0$  – основний питомий опір руху локомотива,  $H/\kappa H$ ;  
 $\omega''_0$  – основний питомий опір руху поїзда,  $H/\kappa H$ ;  
 $i_p$  – крутизна розрахункового керівного підйому,  $\%$ .

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

$$\omega'_0 = 1,9 + 0,001V_p + 0,0003V_p^2, H/\kappa H. \quad (3.2)$$

Основний питомий опір руху вантажних вагонів  $\omega''_0$  у складі поїзда також залежить від конструкції колії і при середній масі поїзда, що приходить на одну вісь колісної пари  $q_0 > 6t$ , визначається за формулою:

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

Визначаємо масу поїзда для ділянок – Б-О та Д-О за формулами (3.1) – (3.3). Для тепловоза ВЛ82 згідно з [24]:  $V_p=50,5$  км/год,  $F_{кр}=49700$  Н,  $P=200$  т,  $i_p=7,2$  ‰ згідно з додатком А.2:

$$\omega'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot 50,5 + 0,0003 \cdot (50,5)^2 = 3,17 \text{ Н/кН};$$

$$w''_0 = 0,7 + \frac{3+0,1 \cdot 50,5+0,0025 \cdot (50,5)^2}{22,125} = 1,35 \text{ Н/кН}$$

$$Q = \frac{49700-200 \cdot (3,17+7,2)}{1,35+7,2} = 5570 \text{ т.}$$

Приймаємо  $Q = 5550 \text{ т.}$

Визначаємо масу поїзда для ділянки В-О за формулами (3.1) – (3.3).

Згідно з додатком А.2  $i_p = 6,0$  ‰, тоді:

$$Q = \frac{49700-200 \cdot (3,17+6,0)}{1,35+6,0} = 6512 \text{ т.}$$

Приймаємо  $Q = 6500 \text{ т.}$

Остаточно приймаємо уніфіковану масу поїздів  $Q = 6500 \text{ т.}$

### 3.3 Визначення кількості вагонів у складі поїзда

Для розрахунку корисної довжини станційних колій необхідно визначити кількість вантажних вагонів в складі поїзда за формулою [25]:

$$m_{\text{вант}} = \frac{Q}{q_{\text{брутто}}}, \text{ т} \quad (3.4)$$

де  $q_{\text{брутто}}$  – маса брутто 4-вісного вагона.

Згідно з додатком А.2  $q_{\text{бр}} = 81,3 \text{ т}$ , тоді:

$$m_{\text{вант}} = \frac{6500}{81,3} = 80 \text{ вагонів.}$$

Кількість вагонів  $m_L$ , що можна розмістити на приймально-відправній колії з відомою корисною довжиною визначається за формулою:

$$m_L = \frac{L_{\text{кор}} - l_{\text{лок}} - \Delta l}{l_{\text{ваг}}}, \quad (3.5)$$

де  $l_{\text{лок}}$  – довжина локомотива, для ВЛ82  $l_{\text{лок}}=32,84$  м;

$l_{\text{ваг}}$  – довжина одного вагона, згідно Додатку А.2 дорівнює 15 м;

$\Delta l$  – запас відстані, пов'язаний з неточністю зупинки поїзда, дорівнює 10 м.

Згідно Додатку А.2 корисна довжина приймально-відправних колій дорівнює 850 м,

тоді

$$m_L = \frac{850 - 32,84 - 10}{15} = 53,8 \text{ вагона. Прийнято } m_L = 53 \text{ вагонів.}$$

Далі, порівнюючи  $m_{\text{вант}}$  та  $m_L$ , для подальших розрахунків обирається менше значення, тобто

$$m = \min\{m_{\text{вант}}; m_L\}.$$

За результатами розрахунків  $m = \min\{80; 53\} = 53$  вагонів.

### 3.4 Розрахунок транзитних та у розформування поїздопотоків станції

Кількість поїздів визначаємо за формулою:

$$N = \frac{n}{m}, \quad (3.6)$$

де  $n$  – середньодобовий вагонопотік між пунктами;

$m$  – кількість вагонів у складі поїзда, ваг.

Наприклад, для дільниці Б-Д середньодобовий вагонопотік між пунктами  $n=370$  вагонів, при  $m=53$  ваг, тоді  $N = \frac{370}{53} = 7$  поїздів. Результати розрахунку для всіх



дільниць наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Визначення транзитного поїздопотіку станції О

Із \ На		Транзитні			Дільничні	Всього
		Б	Д	В	О	
Транзитні	Б	0	7	16	3	26
	Д	6	0	14	2	22
	В	7	13	0	2	22
Дільничні	О	3	2	2	0	
Всього		16	22	32		70

На підставі проведених розрахунків таблиці 3.3 та використовуючи вихідні дані про кількість збірних поїздів на дільницях, що наведені у додатку А.1, визначаємо сумарний поїздопотік на станції О, який наведений у таблиці 3.4.

В подальшому отримані дані будуть використовуватися для перевірки технічного оснащення станції та розрахунків показників її роботи.

Таблиця 3.4 – Загальний поїздопотік станції О

Зі станції		На станцію					Всього	
		Б	Д	В	О			
					дільничні	збірні		прим.
Б		0	7/2	16/5	3	2	5	28/12
Д		6/2	0	14/4	2	2	2	24/8
В		7/5	13/4	0	2	1	3	23/12
О	дільничні	3	2	2				
	збірні	2	2	1				
	прим.	5	2	3				
Всього		18/12	24/8	33/12				75/32

Примітка: у чисельнику – вантажні поїзди, а у знаменнику – пасажирські.

### 3.5 Визначення потрібної пропускної спроможності підходів

Потрібна пропускна спроможність ліній, що примикають визначається за формулою:

$$N_{\Pi} = \alpha(N_{\text{в}} + N_{\text{пас}} \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}}(\varepsilon_{\text{зб}} - 1)), \quad (3.7)$$

де  $N_{\text{пас}}, N_{\text{зб}}$  – кількість пасажирських і збірних поїздів на даній лінії;  
 $\varepsilon_{\text{пас}}, \varepsilon_{\text{зб}}$  – коефіцієнт зйому вантажних поїздів відповідно пасажирськими і збірними;

$\alpha$  – коефіцієнт резерву пропускної спроможності;

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

Приймаємо згідно з [32]  $\alpha = 1,15$ ,  $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,4$ ,  $\varepsilon_{\text{зб}} = 1,8$ .

Визначаємо потрібну пропускну спроможність на лініях:

$N_{\text{п}}^{\text{Б-О}} = 1,2 (28 + 12 \cdot 1,4 + 2 (1,8 - 1)) = 55,7$  пар поїздів, прийнято – 56 пар;

$N_{\text{п}}^{\text{Д-О}} = 1,2 (24 + 8 \cdot 1,4 + 2 (1,8 - 1)) = 44,2$  пар поїздів, прийнято – 45 пар;

$N_{\text{п}}^{\text{В-О}} = 1,2 (33 + 12 \cdot 1,4 + 1 (1,8 - 1)) = 60,7$  пар поїздів, прийнято – 61 пар;

Кількість головних колій на лініях, що примикають до станції, і технічні засоби регулювання інтервалів між поїздами приймаються в залежності від розрахованої необхідної пропускної спроможності відповідно до [32] наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Кількість головних колій на лінії та її технічна оснащеність

Лінія	Кількість головних колій	Технічна оснащеність лінії
Б-О	2	Автоблокування
Д-О	1	Диспетчерське регулювання з двоколійними вставками
В-О	2	Автоблокування

Підходи Б-О та В-О до дільничної станції О є двоколійними, Д-О – одноколійний тобто збільшення кількості головних колій не потрібно.

Таким чином, визначено розрахункові обсяги роботи дільничної станції О, за результатами яких побудовано діаграми поїздо- та вагонопотоків на рисунках 3.1 та 3.2, відповідно.

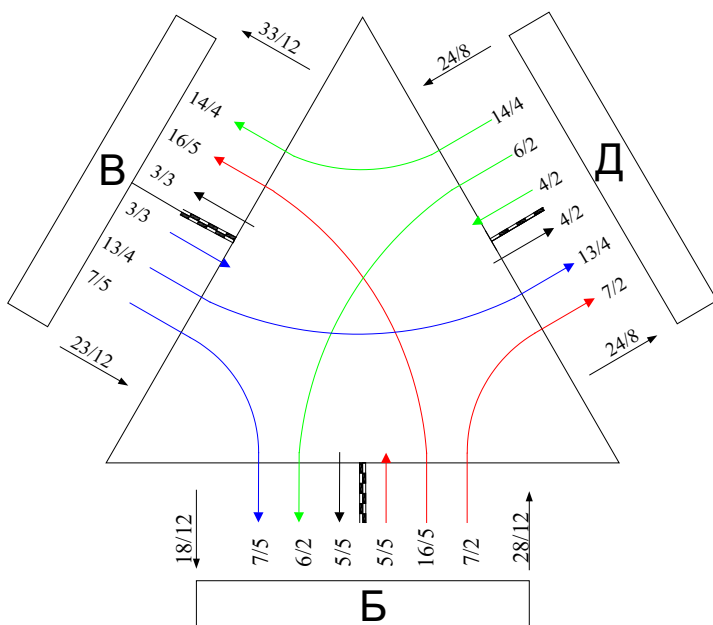


Рисунок 3.1 – Діаграма поїздопотоків дільничної станції О

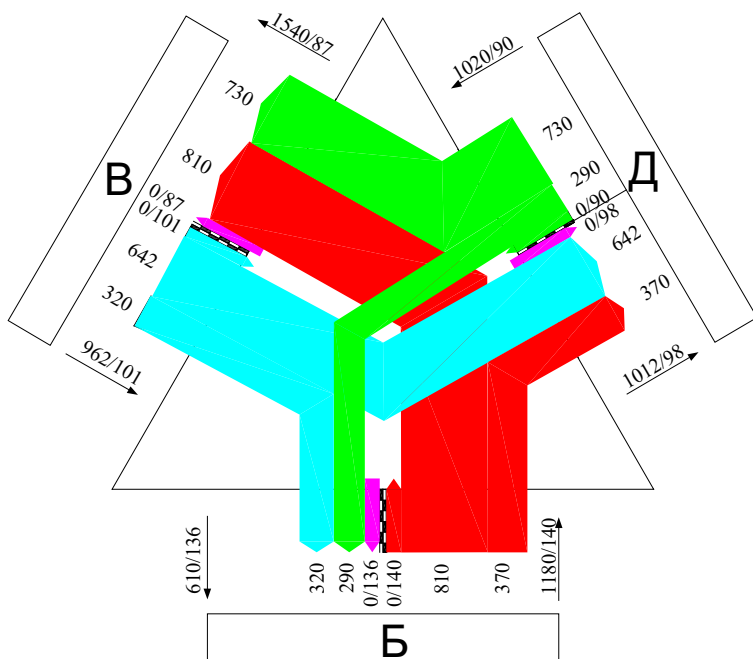


Рисунок 3.2 – Діаграма вагонопотоків дільничної станції О

## 4 ПЕРЕВІРКА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ О

### 4.1 Розрахунок норм тривалості технологічних операцій в парках станції О

#### 4.1.1 Методика визначення тривалості технологічних операцій з поїздами

Тривалість технологічних операцій з поїздами залежить від їх категорії і визначається за наступними формулами [25]:

поїзд, що надходить у розформування, в тому числі збірний:

$$t_{\text{т}}^{\text{розф}} = t_{\text{пр}} + 2t_{\text{башм}} + 2t_{\text{лок}} + 2t_{\text{огор}} + t_{\text{ТО}}^{\text{розф}} + t_{\text{з}} + t_{\text{приб}} ; \quad (4.1)$$

поїзд свого формування:

$$t_{\text{т}}^{\text{св/форм}} = t_{\text{под}} + 2t_{\text{башм}} + 2t_{\text{лок}} + 2t_{\text{огор}} + t_{\text{ТО}}^{\text{св/форм}} + t_{\text{гальм}} + t_{\text{відпр}} ; \quad (4.2)$$

транзитний поїзд без зміни локомотива:

$$t_{\text{т}}^{\text{б/зМ}} = t_{\text{пр}} + 2t_{\text{башм}} + 2t_{\text{огор}} + t_{\text{ТО}}^{\text{б/зМ}} + t_{\text{гальм}}^{\text{б/зМ}} + t_{\text{відпр}} ; \quad (4.3)$$

транзитний поїзд зі зміною локомотива:

$$t_{\text{т}}^{\text{з/зМ}} = t_{\text{пр}} + 2t_{\text{башм}} + 2t_{\text{лок}} + 2t_{\text{огор}} + t_{\text{ТО}}^{\text{з/зМ}} + t_{\text{гальм}} + t_{\text{відпр}} ; \quad (4.4)$$

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

$t_{\text{башм}}$  - час закріплення поїзда або прибирання гальмівних башмаків на станції (Додаток А.3);

$t_{\text{ТО}}^{\text{розф}}$ ,  $t_{\text{ТО}}^{\text{св/форм}}$ ,  $t_{\text{ТО}}^{\text{б/зМ}}$ ,  $t_{\text{ТО}}^{\text{з/зМ}}$  - тривалість технічного обслуговування поїзда відповідної категорії;

$t_{\text{лок}}$  - час відчеплення/причеплення локомотива від вагонів (Додаток А.3);

$t_{\text{огор}}$  – час на огороження/зняття огороження состава (Додаток А.3);

$t_{\text{ТО}}^{3/3\text{М}}$  – тривалість випробування гальм состава з дозарядкою повітряної магістралі від поїзного локомотива(Додаток А.3);

$t_{\text{гальм}}^{6/3\text{М}}$  – тривалість випробування автогальм состава (Додаток А.3);

$t_3$  - час заїзду маневрового локомотива з витяжної колії на приймально– відправну колію;

$t_{\text{зф}}$  – тривалість закінчення формування;

$t_{\text{под}}$  - тривалість перестановки составу з сортувального в приймально-відправний парк;

$t_{\text{приб}}$  – час заняття колії при прибиранні поїзда з парку приймання ;

$t_{\text{відпр}}$  – час заняття колії при відправленні поїзда зі станції.

#### 4.1.2 Визначення часу зайняття колії при прийомі та відправленні поїзда

Час заняття колії при прийомі поїзда на станцію у випадку, коли поїзд в момент відкриття вхідного сигналу знаходиться від нього на відстані двох блок–ділянок, визначається за формулою [26]:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot l_{\text{бл}}''}{V} + \frac{0,06(l_{\text{бл}}' + L_{\text{вх}})}{V_{\text{вх}}}, \quad (4.5)$$

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

$V$  - встановлена швидкість слідування поїзда по перегону.

Швидкість слідування поїзда по перегону визначається як:

$$V = 0,8 V_{\text{max}}, \quad (4.6)$$

де  $V_{\text{вх}}$  - середня швидкість входу поїзда на станцію;  
 $t_{\text{м}}$  – час приготування маршруту відкриття сигналу;  
 $L_{\text{вх}}$  - відстань, яку проходить поїзд від вхідного сигналу до зупинки на колії прий-  
 мально–відправного парка:

$$L_{\text{вх}} = l_{\text{с}} + l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (4.7)$$

де  $l_{\text{с}}$  – відстань від вхідного сигналу до першої стрілки горловини;  
 $l_{\text{гор}}$  – довжина горловини парка;  
 $l_{\text{п}}$  – довжина поїзда, яка визначається за формулою:

$$l_{\text{п}} = m_{\text{п}} l_{\text{в}} + l_{\text{л}}, \quad (4.8)$$

де  $l_{\text{в}}$  – середня довжина вагона;  
 $m_{\text{п}}$  – кількість вагонів в складі поїзда;  
 $l_{\text{л}}$  – довжина локомотива;

Згідно з Додатком А.3:  $l'_{\text{бл}} = 1300 \text{ м}$ ,  $l''_{\text{бл}} = 1050 \text{ м}$ ,  $l_{\text{в}} = 15 \text{ м}$ ,  $V_{\text{вх}} = 35 \text{ км/год}$ , згідно  
 п.3.3  $m_{\text{п}} = 53 \text{ ваг}$ , згідно [26]  $t_{\text{м}} = 0,1 \text{ м}$ ;  $l_{\text{с}} = 300 \text{ м}$ , відповідно до плану станції  $l_{\text{гор}} = 530 \text{ м}$ ,  
 згідно [24] для ВЛ82  $V_{\text{max}} = 110 \text{ км/год}$ ,  $l_{\text{л}} = 32,84 \text{ м}$ :

$$V = 0,8 \cdot 110 = 88 \text{ км/год}.$$

$$l_{\text{п}} = 53 \cdot 15 + 32,84 = 827,84 \text{ м};$$

$$L_{\text{вх}} = 300 + 530 + 827,84 = 1657,84 \text{ м};$$

$$t_{\text{п}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1050}{88} + \frac{0,06(1300 + 1657,84)}{35} = 5,84 \text{ хв}.$$

Приймаємо  $t_{\text{п}} = 5,8 \text{ хв}$ .

Час заняття маршруту при відправленні поїзда визначається за формулою:

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

де  $V_{\text{вих}}$  - середня швидкість виходу поїзда з урахуванням розгону;  
 $L_{\text{вих}}$  - відстань, яку проходить поїзд до моменту звільнення маршруту:

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

Згідно з планом станції при відправленні поїздів зі станції  $l_{\text{гор}}=530$  м.

$$L_{\text{вих}} = 530 + 827,84 = 1357,84 \text{ м.}$$

Згідно [25]  $V_{\text{вих}} = 30$  км/год, тоді

$$t_{\text{в}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1357,84}{30} = 2,82 \text{ хв.}$$

Приймаємо  $t_{\text{в}} = 2,8$  хв.

Тривалість зайняття приймально-відправної колії під час подачі та прибирання составу визначається як тривалість відповідних півреїсів подачі  $t_{\text{под}}$  і прибирання  $t_{\text{приб}}$  за формулою:

$$t = a + bm_{\text{с}}, \quad (4.11)$$

де  $a, b$  – нормативи часу на виконання півреїсів, хв;  
 $m_{\text{с}}$  – кількість вагонів у маневровому составі.

Значення  $a$  і  $b$  приймаємо в залежності від довжини півреїсу, яка визначається довжиною поїзда та горловини парку.

Довжина півреїсу складає:

$$l = l_{\text{п}} + l_{\text{гор}} = 827,84 + 490 = 1317,84 \text{ м}$$

Згідно з [33]  $a=2,72$ ,  $b=0,086$ . При  $m_c=53$  вагонів тривалість зайняття колії під час подачі або прибирання состава складе:

$$t_{\text{под}} = t_{\text{приб}} = 2,72 + 0,086 \cdot 53 = 6,91 \text{ хв.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо  $t_{\text{под}} = t_{\text{приб}} = 6,9 \text{ хв.}$

Заїзд локомотива складається з двох напіврейсів: 1) від вершини гірки за стрілку примикання колії насуву до витяжної колії  $l_1$ ; 2) від цієї стрілки до состава, що знаходиться на приймально-відправній колії  $l_2$ . Згідно плану  $l_1 = 320 \text{ м}$  і  $l_2 = 490 \text{ м}$ . У відповідності з [25]  $a_1 = 1,1 \text{ хв}$ ,  $a_2 = 1,44 \text{ хв}$ , тоді

$$t_3 = 1,1 + 1,44 = 2,54 \text{ хв.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо  $t_3 = 2,5 \text{ хв.}$

#### 4.1.3 Розрахунок тривалості технологічного огляду составів бригадою ПТО

Тривалість обробки состава поїзда включає:

- для состава, що надходить в переробку, – тривалість технічного обслуговування состава поїзда;
- для збірної, що надходить в переробку, – тривалість технічного обслуговування состава поїзда з додаванням 5 хв на складання сортувального листка;
- для транзитного зі зміною локомотива та поїзда свого формування – тривалість технічного обслуговування состава поїзда з додаванням 10 хв на причеплення локомотива та випробування автогальм.

Тривалість технічного обслуговування состава, що надходить в переробку та транзитного поїзда без зміни локомотива визначається за формулою [26]:

$$t_{\text{то}}^{\text{п}} = \frac{\tau m_c}{K_{\text{гр}}} + a, \quad (4.12)$$

де  $\tau$  – середня тривалість технічного огляду одного вагону;



$m$  – кількість вагонів у складі поїзда (згідно п. 3.3  $m=53$  ваг.);

$K_{\text{гр}}$  – число груп оглядачів у бригаді ПТО;

$a$  – тривалість підготовчо-заклучних операцій, що припадає на один состав.

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

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

де  $\alpha$  – частка составів, що потребують трудомісткого безвідчіпного ремонту вагонів;  
 $t_{\text{рем}}$  – середня тривалість виконання безвідчіпного ремонту вагонів, що припадає на один состав.

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО визначається за формулою:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{N t_{\text{то}}}{1440 S}, \quad (4.14)$$

де  $N$  – кількість составів, що обслуговуються у парку протягом доби;  
 $S$  – кількість бригад ПТО.

Отримане за формулою (4.14) значення повинне знаходитись у діапазоні 0,75...0,85.

Згідно з Додатком А.3:  $\tau = 0,9$  хв,  $K_{\text{гр}} = 1, K_{\text{гр}} = 2, K_{\text{гр}} = 3, a = 2$  хв,  $\alpha = 0,2, t_{\text{рем}} = 12$  хв.

При одній бригаді та одній групі оглядачів в ній тривалість технічного огляду составу, що надходить в переробку та транзитного поїзда без зміни локомотива складає:

$$t_{\text{то}} = \frac{0,9 \cdot 53}{1} + 2 = 49,7 \text{ хв};$$

тривалість технічного обслуговування составу транзитного поїзда зі зміною локомотива та поїзда свого формування визначається як

$$t'_{\text{то}} = \frac{0,9 \cdot 53}{1} + 0,2 \cdot 12 + 2 = 52,1 \text{ хв.}$$

Для подальших розрахунків згідно п. 3.4, табл. 3.4 представимо розподіл транзитних поїздів по парках у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1—Розподіл поїздопотоків по парках

Зі станції		На станцію				
		Б	Д	В	О	
					дільничні	збірні
Б		-	7/П*	16/П*	3/П	2/П
Д		6/П*	-	14/П	2/П	2/П
В		7/Г*	13/І	-	2/П	1/П
О	дільничні	3/П	2/П	2/П		
	збірні	2/П	2/П	1/П		

Примітка: у чисельнику – транзитні поїзда, в знаменнику – номер транзитного парку, \* позначені поїзда зі зміною локомотива.

Згідно з табл. 4.1 для парку ПВ1 кількість транзитних поїздів, що прибувають зі зміною локомотива, дорівнює 7, без зміни - 13. Для парку ПВ2 кількість транзитних поїздів, що прибувають зі зміною локомотива та поїздів свого формування, дорівнює 41, без зміни та у розформування - 26.

Для прикладу визначимо завантаження бригади  $\psi_{\text{бр}}$  парку ПВ1 при роботі 1 бригади при  $K_{\text{гр}} = 1$ :

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{7 \cdot 49,7}{1 \cdot 1440} + \frac{13 \cdot 52,1}{1 \cdot 1440} = 2,38.$$

Коефіцієнт завантаження бригад перевищує раціональний рівень ( $\psi_{\text{бр}} > 0,85$ ) тому необхідно збільшити кількість груп в ній та/або кількість бригад.

Розрахунок тривалості технічного обслуговування составів поїздів і коефіцієнтів завантаження бригади ПТО у парках станції наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Тривалість технічного обслуговування составів поїздів та коефіцієнти завантаження бригади ПТО

$K_{гр}$	$t_{то}, хв$		$\psi_{бр}$ для парку	
	Для транзитного поїзда без зміни локомотива та поїзда у розформування	Для транзитного поїзда зі зміною локомотива та поїзда свого формування	ПВ1	ПВ2
1	49,7	52,1	<b>0,70</b>	2,38
2	25,9	28,3	0,37	1,27
3	17,9	20,3	0,26	0,90
4	13,9	16,3	0,21	<b>0,72</b>

Для приймально-відправних парків у діапазоні 0,75...0,85 не знаходиться жодне зі значень, тому приймаємо найближче  $\psi_{бр} = 0,70$  для ПВ1 для однієї бригади ПТО з однією групою в ній, а також та  $\psi_{бр} = 0,72$  для однієї бригади ПТО при чотирьох групах у них.

Для парку ПВ1 тривалість обробки составу поїзда складає:

- для транзитного поїзда без зміни локомотива:

$$t_{об}^{6/3М} = 49,7 хв;$$

- для транзитного поїзда зі зміною локомотива:

$$t_{об}^{3/3М} = 52,1 + 10 = 62,1 хв.$$

Для парку ПВ2 тривалість обробки составу поїзда складає:

- для транзитного поїзда без зміни локомотива:

$$t_{об}^{6/3М} = 13,9 хв;$$

- для транзитного поїзда зі зміною локомотива:

$$t_{об}^{3/3М} = 16,3 + 10 = 26,3 хв.$$

- для дільничного поїзда, що надходить в розформування:

$$t_{об}^{розф} = 13,9 хв;$$

- збірного, що надходить в переробку:

$$t_{об}^{зб} = 13,9 + 5 = 18,9 \text{ хв};$$

- поїзда свого формування:

$$t_{об}^{св/форм} = 16,3 + 10 = 26,3 \text{ хв.}$$

#### 4.1.4 Розрахунок часу на закінчення формування

Нормативний час на закінчення формування дільничних поїздів визначається по формулі [25]:

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

де  $T_{пте}$  – час, необхідний на розстановку вагонів у складі поїзда відповідно до вимог ПТЕ [27] (усунення неспівпадань осей автозчеплення більш ніж на 100 мм, постановка вагонів прикриття та ін.);

$T_{підт}$  – час, необхідний на підтягування вагонів для ліквідації «вікон» на сортувальних коліях.

Час, необхідний на розстановку вагонів у складі поїзда відповідно до вимог ПТЕ, розраховується за формулою

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

де  $B, E$  – нормативні коефіцієнти, які визначаються в залежності від середньої кількості розчеплень состава  $n_0$ ;

$m$  – число вагонів в складі поїзда.

Час, необхідний на підтягування вагонів з боку парку відправлення для ліквідації «вікон» на сортувальних коліях, розраховується за формулою

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

Згідно Додатка А.3  $n_0=0,4$ , тоді, відповідно до [25]  $B = 1,28$  та  $E = 0,08$ , тому

$$T_{\text{пте}} = 1,28 + 0,08 \cdot 53 = 5,52 \text{ хв},$$

$$T_{\text{підт}} = 0,08 \cdot 53 = 4,24 \text{ хв},$$

$$T_{\text{зф}}^{\text{дільн}} = 5,52 + 4,24 = 9,76 \text{ хв}.$$

Для подальших розрахунків приймаємо  $T_{\text{зф}}^{\text{дільн}} = 9,8 \text{ хв}$ .

Тривалість формування збірної поїзда визначається як

$$T_{\text{зф}}^{\text{зб}} = T_{\text{с}} + T_{\text{зб}}, \quad (4.18)$$

де  $T_{\text{с}}$  - тривалість сортування вагонів на коліях сортувального парку;

$T_{\text{зб}}$  - тривалість збирання складу на витяжній колії формування.

Тривалість сортування вагонів розраховується як

$$T_{\text{с}} = A \cdot g_{\phi} + B \cdot m_{\text{с}} \quad (4.19)$$

де  $A, B$  – нормативні коефіцієнти;

$g_{\phi}$  - кількість відчепів у складі;

$m_{\text{с}}$  - кількість вагонів, що підлягають сортуванню.

Тривалість сортування складу визначається як

$$T_{\text{зб}} = 1,8 \cdot p + 1,3 \cdot m_{\text{зб}} \quad (4.20)$$

де  $p$  – кількість колій, з яких переставляються вагони  $p=k-1$ ;

$m_{зб}$  - кількість вагонів, що переставляються на колію формування состава:

$$m_{зб} = \frac{m_{\phi}(k-1)}{k}, \quad (4.21)$$

де  $k$  - кількість призначень у составі поїзда, який формується.

Відповідно до Додатку А.3  $g_{\phi} = 9$ ,  $m_c = 38$  ваг,  $m_{\phi} = 34$  ваг,  $k = 4$ , приведений ухил колії слідування відчепів по витяжній колії та 100 м стрілочної зони – 2,1‰, тому маневри з формування составу виконуються поштовхами та згідно з [25]  $A=0,41$ ,  $B=0,32$ , тоді:

$$m_{зб} = \frac{34(4-1)}{4} = 26 \text{ ваг};$$

$$p=4-1=3 \text{ колій};$$

$$T_{зб} = 1,8 \cdot 3 + 0,3 \cdot 26 = 13,2 \text{ хв};$$

$$T_c = 0,41 \cdot 9 + 0,32 \cdot 38 = 15,85 \text{ хв};$$

$$T_{зф}^{зб} = 13,2 + 15,85 = 29,05 \text{ хв}.$$

Остаточню приймаємо  $T_{зф}^{зб} = 29,1 \text{ хв}$ .

4.1.5 Розрахунок тривалості виконання технологічних операцій з поїздами різних категорій

Згідно наведених вище розрахунків, а також даних Додатку А.3, тривалість виконання технологічних операцій з поїздами різних категорій в приймально-відправному парку ПВ1 буде дорівнювати:

$$t_T^{б/зМ} = 5,8 + 2 \cdot 5,5 + 2 \cdot 1,5 + 49,7 + 15 + 2,8 = 87,3 \text{ хв};$$

$$t_T^{з/зМ} = 5,8 + 2 \cdot 5,5 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 1,5 + 62,1 + 30 + 2,8 = 118,7 \text{ хв}.$$

Тривалість виконання технологічних операцій з транзитними поїздами в приймально-відправному парку ПВ2 буде дорівнювати:

$$t_{\text{Т}}^{\text{розф/дільн}} = 5,8 + 2 \cdot 5,5 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 1,5 + 13,9 + 2,5 + 6,9 = 47,1 \text{ хв};$$

$$t_{\text{Т}}^{\text{розф/зб}} = 5,8 + 2 \cdot 5,5 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 1,5 + 18,9 + 2,5 + 6,9 = 52,1 \text{ хв}$$

$$t_{\text{Т}}^{\text{св/форм}} = 6,9 + 2 \cdot 5,5 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 1,5 + 26,3 + 30 + 2,8 = 84 \text{ хв};$$

$$t_{\text{Т}}^{\text{б/зМ}} = 5,8 + 2 \cdot 5,5 + 2 \cdot 1,5 + 13,9 + 15 + 2,8 = 51,5 \text{ хв};$$

$$t_{\text{Т}}^{\text{з/зМ}} = 5,8 + 2 \cdot 5,5 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 1,5 + 26,3 + 30 + 2,8 = 82,9 \text{ хв}.$$

Отримані дані можуть бути використані при побудові технологічних графіків обслуговування поїздів різних категорій та при побудові добового план-графіку роботи станції.

## 4.2 Перевірка колійного розвитку дільничної станції О

### 4.2.1 Методика розрахунку кількості колій в приймально-відправних парках

Кількість колій в приймально-відправному парку станції (без ходових) може бути визначена за формулою [26]

$$m = \sum_{j=1}^n \frac{\bar{t}_{\text{зан}}}{I_j} \gamma_j, \quad (4.22)$$

де  $\bar{t}_{\text{зан}}$  – середньозважена тривалість зайняття колії поїздом у даному парку;

$I_j$  – розрахунковий інтервал прибуття поїздів у даний парк з  $j$ -ї лінії;

$\gamma_j$  – частка поїздів, що надходять у даний парк з  $j$ -ї лінії від загальної кількості поїздів, що прибувають на станцію з цієї лінії;

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

Кількість ліній  $n$  дорівнює кількості ділянок, що примикають до станції, якщо з кожної з них є безпосередній вхід на станцію.

#### 4.2.2 Визначення середньозваженої тривалості зайняття колії поїздами

Для того, щоб знайти середньозважену тривалість зайняття колії приймально-відправного парку за формулою (4.1), необхідно всі поїзди, які приймаються в даний парк, розподілити на групи, для яких тривалість зайняття однакова. Тоді середньозважену тривалість зайняття колії можна визначити за допомогою виразу

$$\bar{t}_{\text{зайн}} = \frac{\sum_{i=1}^k t_{\text{зайн}_i} N_i}{\sum_{i=1}^k N_i}, \quad (4.23)$$

де  $t_{\text{зайн}_i}$  – тривалість зайняття колії поїздом  $i$ -ї категорії;

$N_i$  – середньодобова кількість поїздів  $i$ -ї категорії, що обробляються в даному парку;

$k$  – кількість категорій поїздів, що відрізняються тривалістю обробки.

Тривалість зайняття колії приймально-відправного парку поїздом кожної групи визначається за формулою

$$t_{\text{зайн}} = t_{\text{Т}} + t_{\text{ОВ}}, \quad (4.24)$$

де  $t_{\text{Т}}$  – тривалість виконання всіх технологічних операцій з поїздом у парку з урахуванням міжопераційних простоїв (див. п. 4.1);

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



#### 4.2.3 Визначення тривалості очікування виводу поїздів із парків

4.2.3.1. Визначення часу очікування відправлення поїздів із приймально-відправних парків. Тривалість очікування відправлення вантажних поїздів (транзитних і свого формування) визначається окремо для кожної лінії, що примикає до парку. Для розрахунку вказаної тривалості можуть бути використані методи теорії масового обслуговування.

Приймально-відправний парк разом з лінією, що до нього примикає, можна розглядати як одноканальну систему масового обслуговування (СМО) з необмеженою чергою. На вхід її надходить найпростіший потік заявок (поїздів готових до відправлення) з інтенсивністю  $\lambda$ ; тривалість обслуговування заявки (інтервал часу від моменту відправлення попереднього поїзду до відправлення даного) може мати довільний закон розподілу.

Для такої СМО середня тривалість очікування заявок у черзі визначається за формулою Полячека-Хінчина [26]

$$\bar{t}_{\text{оч}} = \frac{\Psi^2(1 + \vartheta^2)}{2\lambda(1 - \Psi)}, \quad (4.25)$$

де  $\Psi$  – коефіцієнт завантаження СМО;

$\vartheta$  – коефіцієнт варіації тривалості обслуговування.

Для транзитних парків та парку відправлення інтенсивність  $\lambda$  потоку поїздів, що відправляються на лінію, визначається за формулою

$$\lambda = \frac{N_{\text{вант}}}{1440}, \quad (4.26)$$

де  $N_{\text{вант}}$  – кількість вантажних поїздів, що відправляються на дану лінію в середньому за добу.

Коефіцієнт завантаження лінії  $\Psi$  можна визначити як відношення кількості фактично відправлених вантажних поїздів  $N_{\text{вант}}$  до максимальної кількості вантажних поїздів  $N_{\text{вант}}^{\text{max}}$ , яке може бути відправлено на цю лінію за добу при заданих розмірах пасажирського руху:

$$\Psi = \frac{N_{\text{вант}}}{N_{\text{вант}}^{\text{max}}}. \quad (4.27)$$

Підставивши вирази (4.26) та (4.27) у (4.25), отримуємо формулу для розрахунку середнього простоя поїздів в очікуванні відправлення на лінію:

$$t_{\text{оч}} = \frac{720 N_{\text{вант}} (1 + \vartheta_{\text{від}}^2)}{N_{\text{вант}}^{\text{max}} (N_{\text{вант}}^{\text{max}} - N_{\text{вант}})}, \quad (4.28)$$

де  $\vartheta_{\text{від}}$  – коефіцієнт варіації інтервалів відправлення поїздів на лінію (згідно Додатку А.3  $\vartheta_{\text{від}} = 0,7$ ).

Максимальна кількість вантажних поїздів, яка може бути відправлена на окрему лінію за добу, визначається за формулою

$$N_{\text{вант}}^{\text{max}} = N - N_{\text{пас}} \varepsilon_{\text{пас}} - N_{\text{зб}} (\varepsilon_{\text{зб}} - 1), \quad (4.29)$$

де  $N$  – наявна пропускна спроможність окремої лінії, яка визначається в залежності від необхідної пропускної спроможності.

Необхідна пропускна спроможність ліній, що примикають до станції визначено в п. 3.5.

Таким чином, наявна пропускна спроможність ліній та максимальна кількість вантажних поїздів, що може бути відправлена на лінію визначаються як:

1. Лінія Б-О.

$$N_{\Pi}^{B-O}=56 \text{ пар поїздів}; \quad N=100 \text{ пар поїздів [3].}$$

$$N_{\text{вант}}^{\max}=100 - 12 \cdot 1,4 - 2 (1,8-1) = 81 \text{ поїздів.}$$

2. Лінія Д-О.

$$N_{\Pi}^{D-O}=45 \text{ пар поїздів}; \quad N=54 \text{ пар поїздів.}$$

$$N_{\text{вант}}^{\max}=100 - 8 \cdot 1,4 - 2 (1,8-1) = 41 \text{ поїздів.}$$

3. Лінія В-О.

$$N_{\Pi}^{B-O}=61 \text{ пар поїздів}; \quad N=100 \text{ пар поїздів.}$$

$$N_{\text{вант}}^{\max}=100 - 12 \cdot 1,4 - 1 (1,8-1) = 82 \text{ поїздів.}$$

Тоді тривалість очікування відправлення складатиме:

$$1. \text{ На лінію Б-О} \quad t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot 18(1+0,7^2)}{81(81-18)} = 3,8 \text{ хв}$$

$$2. \text{ На лінію Д-О} \quad t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot 24(1+0,7^2)}{41(41-24)} = 36,9 \text{ хв.}$$

$$3. \text{ На лінію В-О} \quad t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot 33(1+0,7^2)}{82(82-33)} = 8,8 \text{ хв.}$$

4.2.3.2. Визначення тривалості очікування прибирання составу з парку прийому.

Тривалість очікування прибирання составу, що підлягає розформуванню, з парку прийому на витяжну колію визначається також з використанням методів теорії масового обслуговування.

Парк прийому з витяжними коліями для розформування составів можна також розглядати як одноканальну СМО з необмеженою чергою. На вхід СМО надходить найпростіший потік заявок (составів готових до розформування) з інтенсивністю  $\lambda$ , яка визначається за формулою [26]

$$\lambda = \frac{N_p}{1440}, \quad (4.30)$$

де  $N_p$  – середньодобова кількість составів, що розформовуються на станції.

Тривалістю обслуговування заявки в даному випадку є гірковий технологічний інтервал  $t_{\Gamma}$ .

Коефіцієнт завантаження даної СМО може бути визначений як

$$\Psi = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (4.31)$$

де  $\mu$  – інтенсивність розформування составів, яка визначається за формулою

$$\mu = \frac{1}{t_{\Gamma}}. \quad (4.32)$$

Підставивши вирази (4.30) і (4.32) у (4.31), отримуємо

$$\Psi = \frac{N_p t_{\Gamma}}{1440}. \quad (4.33)$$

Тоді, підставивши вирази (4.30) і (4.33) у (4.28), отримуємо формулу для розрахунку середнього простою составів у приймально-відправному парку в очікуванні прибирання:

$$t_{\text{о.приб}} = \frac{N_p t_{\Gamma}^2 (1 + \vartheta_{\Gamma}^2)}{2(1440 - N_p t_{\Gamma})}, \quad (4.34)$$

де  $\vartheta_{\Gamma}$  – коефіцієнт варіації гіркового технологічного інтервалу (згідно Додатку А.3,  $\vartheta_{\Gamma} = 0,5$ ).

Гірковий технологічний інтервал при паралельному розташуванні приймально-

відправного та сортувального парків і використання одного маневрового локомотива визначається за формулою

$$t_{\Gamma} = t_3 + t_{\text{приб}} + t_{\text{нас}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{ос}}, \quad (4.35)$$

де  $t_3$  – тривалість заїзду локомотива з сортувального парку в приймально-відправний парк;

$t_{\text{нас}}$  – тривалість насування до вершини гірки;

$t_{\text{роз}}$  – тривалість розпуску составу;

$t_{\text{ос}}$  – тривалість осаджування у розрахунку на один состав.

Згідно розрахунків п. 4.1.2 тривалість заїзду складає  $t_3=2,5$  хв,  $t_{\text{приб}}=6,9$  хв.

Величини  $t_{\text{нас}}$ ,  $t_{\text{роз}}$ ,  $t_{\text{ос}}$  визначаються за формулами [25]:

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,067 \frac{l_{\text{нас}} - 60}{10}, \quad (4.36)$$

$$t_{\text{роз}} = \frac{0,06 m_{\text{с}} l_{\text{в}}}{V_{\text{роз}}}, \quad (4.37)$$

$$t_{\text{ос}} = 0,06 m_{\text{с}}. \quad (4.38)$$

де  $l_{\text{нас}}$  – довжина колії насування (згідно плану станції  $l_{\text{нас}} = 250$  м);

$V_{\text{роз}}$  – швидкість розпуску составу, значення якої приймаються згідно з [25], у залежності від середньої кількості вагонів у відчепі.

Відповідно до вихідних даних (Додаток А.3), середня кількість розчеплень  $g=19$ , тому середня кількість вагонів у відчепі складе  $m_{\text{с}}/g=53:19=2,8$  вагона. Згідно з [25] швидкість розпуску составу з механізованої гірки складе  $V_{\text{роз}}=6,27$  км/год.

Відповідно до наведених даних маємо:

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,067 \frac{250 - 60}{10} = 2,7 \text{ хв};$$

$$t_{\text{роз}} = \frac{0,06 \cdot 53 \cdot 15}{6,27} = 7,6 \text{ хв};$$

$$t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot 53 = 3,18 \text{ хв.}$$

Таким чином, гірковий інтервал складає

$$t_r = 2,5 + 6,9 + 2,7 + 7,6 + 3,18 = 22,88 \text{ хв.}$$

Приймаємо  $t_r = 22,9 \text{ хв.}$

При  $N_p=12$  состав (табл. 3.4) час очікування прибирання становить

$$t_{\text{о.приб}} = \frac{12 \cdot 22,9^2 \cdot (1 + 0,5^2)}{2 \cdot (1440 - 12 \cdot 22,9)} = 3,4 \text{ хв.}$$

4.2.2. Визначення середньозваженої тривалості зайняття колії поїздом у парках станції

Для розрахунку середньозваженої тривалості зайняття поїздом колії необхідно визначити тривалість зайняття колії поїздом  $i$ -ї категорії та кількість поїздів кожної категорії, а також загальну кількість поїздів і тривалість їх знаходження у кожному парку.

Розрахунки виконані у табличній формі (див. табл. 4.3). Таблиця заповнюється на підставі табл. 4.2 і розрахованих у п. 4.1 значень  $t_T$  і  $t_{\text{ов}}$ . Розподілення всіх поїздів за категоріями та напрямками прямування необхідно тому, що від категорії поїзда залежить тривалість  $t_T$ , а від напрямку прямування – час очікування  $t_{\text{ов}}$ .

Таблиця 4.3 - Загальна кількість поїздів і тривалість їх знаходження в кожному парку

Категорія поїзда	Напрямок пря- мування	$t_T, хв$		$t_{ов}, хв$	$t_{зан}, хв$		ПВ1		ПВ2	
		ПВ1	ПВ2		ПВ1	ПВ2	$N, поїздів$	$Nt_{зан}$	$N, поїздів$	$Nt_{зан}$
Транзитні без зміни ло- комотива	на Д	87,3	51,5	3,8	91,1		13	1184,1		
	на В			36,9		88,5			14	1238,5
Транзитні зі зміною ло- комотива	на Б	118,7	82,9	3,8	122,5	86,7	7	857,4	6	520,3
	на Д			36,9		119,9			7	839,1
	на В			8,8		91,7			16	1467,8
Дільничні	у розформу- вання	47,1		3,4		50,5			7	353,5
Збірні		52,1				55,5			5	277,5
Свого формування	на Б	84,0		3,8		87,8			5	439,0
	на Д			36,9		121,0			4	483,9
	на В			8,8		92,8			3	278,5
Разом							20,0	2041,5	67	5898,1

Використовуючи підсумкові дані табл. 4.3, за формулою (4.23) розраховується середньозважена тривалість зайняття колії парку:

$$- \text{у парку ПВ-1 } \bar{t}_{зан}^{ПВ-1} = \frac{2041,5}{20} = 102,1 \text{ хв};$$

$$- \text{у парку ПВ-2 } \bar{t}_{зан}^{ПВ-2} = \frac{5898,1}{67} = 88 \text{ хв}.$$

### 4.3 Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів на станцію

Розрахунковий інтервал прибуття визначається для кожної лінії, що примикає до станції за формулою [26]

$$I = \frac{\bar{I} + I_{\min}}{2}, \quad (4.39)$$

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

Аналогічна формула використовується і для визначення розрахункового інтервалу надходження составів свого формування із сортувального парку.

#### 4.3.1. Визначення мінімального інтервалу прибуття поїздів

Мінімальний інтервал прибуття поїздів з лінії приймається згідно з [26] у залежності від прийнятої наявної пропускної спроможності ділянки.

Згідно розрахунків:

- |               |                        |                             |
|---------------|------------------------|-----------------------------|
| 1. Лінія Б-О: | $N = 100$ пар поїздів, | $I_{\min} = 10 \text{ хв};$ |
| 2. Лінія Д-О: | $N = 54$ пар поїздів,  | $I_{\min} = 15 \text{ хв};$ |
| 3. Лінія В-О: | $N = 100$ пар поїздів, | $I_{\min} = 10 \text{ хв}.$ |

Мінімальний інтервал надходження составів свого формування із сортувального парку визначається за формулою

$$I_{\min}^{\text{сф}} = \frac{\bar{t}_{\text{лф}}}{m_{\text{в}}}, \quad (4.40)$$

де  $\bar{t}_{\text{лф}}$  – середньозважена тривалість формування та перестановки составів у приймально-відправний парк маневровим локомотивом;

$m_{\text{в}}$  – кількість витяжних колій, на яких можуть одночасно виконуватись формування та перестановка составів у приймально-відправний парк. На дільничній станції у разі необхідності ці операції виконуються на обох витяжних коліях із двох сторін сортувального парку, тобто  $m_{\text{в}} = 2$ .

Значення тривалості  $\bar{t}_{\text{лф}}$  визначається за формулою



$$\bar{t}_{\text{лф}} = \frac{N_{\text{д}} t_{\text{лф}}^{\text{д}} + N_{\text{зб}} t_{\text{лф}}^{\text{зб}}}{N_{\text{д}} + N_{\text{зб}}}, \quad (4.41)$$

де  $N_{\text{д}}, N_{\text{зб}}$  – відповідно кількість составів дільничних і збірних поїздів, що формуються на станції;

$t_{\text{лф}}^{\text{д}}, t_{\text{лф}}^{\text{зб}}$  – тривалість формування та перестановки в парк составів відповідно дільничних і збірних поїздів.

Відповідно до наведених вище розрахунків тривалість закінчення формування дільничного та збірних поїздів складе, відповідно,  $T_{\text{зф}}^{\text{дільн}} = 9,8 \text{ хв}$ ,  $T_{\text{зф}}^{\text{зб}} = 29,1 \text{ хв}$ , а тривалість подачі составів на колію приймально-відправного парку -  $t_{\text{под}} = 6,9 \text{ хв}$ , тоді

$$t_{\text{лф}}^{\text{д}} = 9,8 + 6,9 = 17,7 \text{ хв};$$

$$t_{\text{лф}}^{\text{зб}} = 29,1 + 6,9 = 36 \text{ хв}.$$

При  $N_{\text{д}}=7$  составів і  $N_{\text{зб}}=5$  составів (табл. 3.4) середньозважена тривалість їх формування та перестановки складає

$$\bar{t}_{\text{лф}} = \frac{7 \cdot 17,7 + 5 \cdot 36}{7 + 5} = 25,3 \text{ хв}.$$

Тоді мінімальний інтервал надходження составів свого формування

$$I_{\text{min}}^{\text{сф}} = \frac{25,3}{2} = 12,7 \text{ хв}.$$

#### 4.3.2. Визначення середнього інтервалу прибуття поїздів

Середній інтервал прибуття поїздів на станцію з кожної окремої лінії визначається за формулою

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{N} (\beta (N_{\text{пас}} \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}} (\varepsilon_{\text{зб}} - 1)) + (\beta - 1) N_{\text{в}})}{N_{\text{в}}}, \quad (4.42)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт місячної нерівномірності розмірів вантажного руху, (згідно Додатку А.3  $\beta=1,1$ );

$N_B$  – кількість вантажних поїздів, що прибувають на станцію з даної лінії (з урахуванням збірних);

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

Відповідно до вихідних даних:

1. 1. Лінія Б-О:

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{100}(1,1(12 \cdot 1,4 + 2(1,8 - 1)) + (1,1 - 1)19)}{28} = 39,6 \text{ хв};$$

2. Лінія Д-О:

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{54}(1,1(8 \cdot 1,4 + 2(1,8 - 1)) + (1,1 - 1)30)}{24} = 41,7 \text{ хв};$$

3. Лінія В-О:

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{100}(1,1(12 \cdot 1,4 + 1(1,8 - 1)) + (1,1 - 1)26)}{23} = 49 \text{ хв}.$$

Середній інтервал виставки в приймально-відправний парк составів свого формування визначається як

$$\bar{I}_{\text{сф}} = \frac{1440}{N_{\text{сф}}}, \quad (4.43)$$

де  $N_{\text{сф}}$  – кількість составів свого формування (дільничних і збірних).

Відповідно до вихідних даних  $N_{\text{сф}}=19$  состав (табл. 3.4), тоді

$$\bar{I}_{\text{сф}} = \frac{1440}{12} = 120 \text{ хв}.$$

#### 4.3.3. Розрахунковий інтервал прибуття поїздів

Отримані у п. 4.3.1 і п. 4.3.2 дані дозволяють визначити за формулою (4.39) величини розрахункових інтервалів для кожної лінії:

$$\begin{aligned} I_{\text{Б}} &= \frac{39,6+10}{2} = 24,8 \text{ хв}, & I_{\text{В}} &= \frac{49+10}{2} = 29,5 \text{ хв}, \\ I_{\text{Д}} &= \frac{41,7+15}{2} = 28,3 \text{ хв}, & I_{\text{сф}} &= \frac{120+12,7}{2} = 72,7 \text{ хв}, \end{aligned}$$

#### 4.4 Розрахунок кількості колій у приймально-відправних парках станції

Для розрахунку кількості колій у приймально-відправних парках на підставі табл. 4.2 слід визначити частку поїздів, що надходять у кожний окремий парк з  $j$ -ї лінії від загальної кількості поїздів, що прибувають на станцію з цієї лінії, за формулою [26]

$$\gamma_j = \frac{N_j^{\text{п}}}{N_j^{\text{заг}}}, \quad (4.44)$$

де  $N_j^{\text{п}}$  – кількість поїздів, що надходять у окремий парк з  $j$ -ї лінії;

$N_j^{\text{заг}}$  – загальна кількість поїздів, що прибувають на станцію з  $j$ -ї лінії.

Відповідно до вихідних даних значення  $\gamma_j$  становлять:

- для парку ПВ-1:

$$\gamma_{\text{В}}^{\text{ПВ-1}} = \frac{20}{23} = 0,87.$$

- для парку ПВ-2:

$$\gamma_{\text{Б}}^{\text{ПВ-2}} = \frac{28}{28} = 1, \quad \gamma_{\text{Д}}^{\text{ПВ-2}} = \frac{24}{24} = 1, \quad \gamma_{\text{В}}^{\text{ПВ-2}} = \frac{3}{23} = 0,13, \quad \gamma_{\text{сф}}^{\text{ПВ-1}} = \frac{12}{12} = 1$$

Підставивши у формулу (4.22) значення  $\gamma_j$ , а також дані, що розраховані у п. 4.2.2 і п. 4.3.3, визначимо кількість колій у приймально-відправних парках станції, яка у прикладі становить:

- у парку ПВ-1

$$m = \frac{102,1}{29,5} \cdot 0,87 = 3,2 \text{ колії.}$$

Прийнято 4 колії;

- у парку ПВ-2

$$m = \frac{88}{24,8} \cdot 1 + \frac{88}{28,3} \cdot 1 + \frac{88}{29,5} \cdot 0,13 + \frac{88}{72,7} \cdot 1 = 8,3 \text{ колії.}$$

Прийнято 9 колії.

Згідно плану станції маємо 4 колії в парку ПВ-1 та 6 колії в ПВ-2. Відповідно до розрахунків кількість колій в ПВ-1 необхідно збільшити до 9 колій.

#### **4.5 Визначення кількості колій у сортувальному парку**

Кількість сортувальних колій визначається в залежності від кількості призначень за планом формування поїздів і добової кількості вагонів кожного призначення. На кожне призначення плану формування виділяється окрема сортувальна колія [25]. Для призначень з добовим вагонопотоком більш ніж 200 вагонів виділяють дві колії. Корисна довжина сортувальних колій повинна відповідати встановленій довжині поїздів, збільшеній на 10 % [26].

Для місцевих вагонів слід передбачити одну колію. Крім того, слід передбачити колії для несправних і бездокументних вагонів.

Наприклад, на станцію Б за добу відправляється три дільничних поїзда (табл. 3.4). Кількість вагонів у складі поїзда розрахована дорівнює 53 вагони. Отже, добовий вагонопотік на дане призначення складає  $3 \cdot 53 = 159$  вагонів. Таким чином, для накопичення вагонів і формування дільничних поїздів на Б потрібно мати одну колію. Розрахунок кількості колій у сортувальному парку доцільно виконувати у табличному вигляді (див. табл. 4.4).

Таблиця 4.4 - Кількість колій у сортувальному парку

Призначення	Добовий вагонопотік	Кількість колій
Для дільничних поїздів на Б	159	1
Для дільничних поїздів на Д	106	1
Для дільничних поїздів на В	106	1
Для збірних поїздів на ділянку Б-О	106	1
Для збірних поїздів на ділянку Д-О	106	1
Для збірних поїздів на ділянку О-В	53	1
Для місцевих вагонів		1
Для несправних і бездокументних вагонів		1
Для перестановки вагонів під час очищення колій від снігу		1
Для вагонів з небезпечними вантажами		1
Всього		10

Згідно плану станції в сортувальному парку є 10 колій, тобто збільшення обсягу транзитного вагонопотоку не спричинило зміни в колійному розвитку парку СП дільничної станції О.

## 5 РОЗРОБЛЕННЯ ВАРІАНТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ ГОРЛОВИН ПАРКІВ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ О ТА ЇХ ПОРІВНЯННЯ

Для ритмічної роботи будь-якої залізничної станції, її технічне оснащення має відповідати обсягам запланованим обсягам роботи. Згідно розрахунків п. 4.4 кількість колій в парку ПВ2 не відповідає фактичним розмірам руху, тому необхідно виконати реконструкцію парного приймально-відправного парку.

Так, згідно розрахунків, кількість колій парку ПВ2 треба збільшити з 6 до 9. Збільшення відбувається за рахунок вкладання колії в міжколійя (10,60 м) між парками ПВ2 та сортувальним, а також за рахунок верхніх двох колій першого пучка сортувального парку. При цьому, кількість колій парку С залишається незмінною, тому необхідно вкладання двох колій в нижній пучок сортувального парку замість тих, що змінили спеціалізацію з сортувальних на приймально-відправочні. Таким чином, після реконструкції колії сортувального парку будуть ув'язані в два пучка по 3 та 7 колій.

План гіркової горловини сортувального парку до і після реконструкції наведений на рис. 5.1 та 5.2, відповідно.

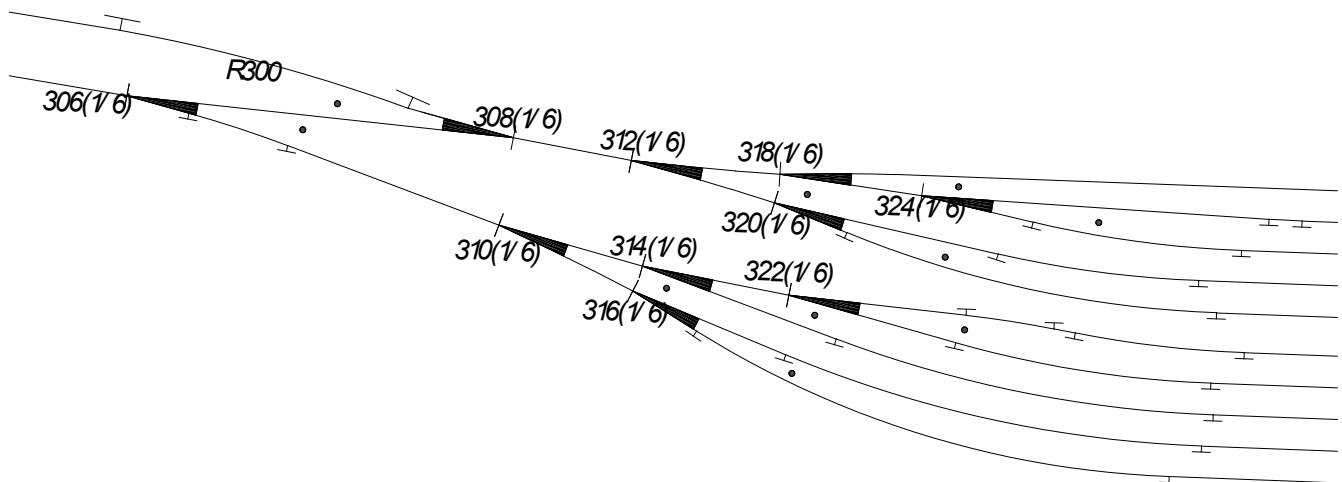


Рисунок 5.1 - Гіркова горловина сортувального парку до реконструкції

Під час реконструкції необхідно розібрати і заново вкласти три симетричних стрілочних переводи № 316, 318 та 324. При цьому насувна та спускна частини сортувальної гірки не змінюються.

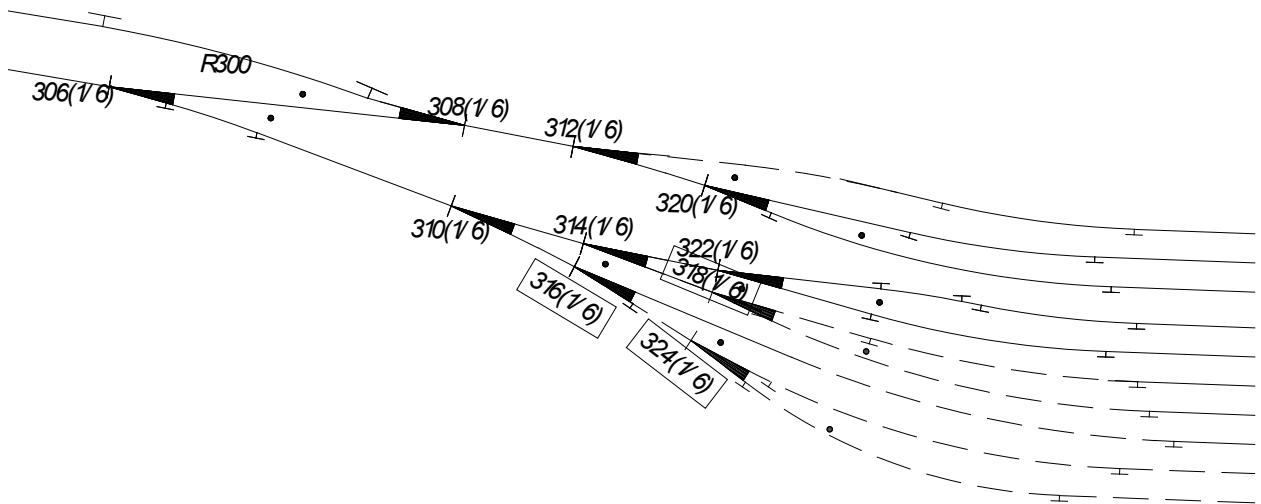


Рисунок 5.2 - Гіркова горловина сортувального парку після реконструкції

Колійний розвиток хвостової горловини сортувального парку до і після реконструкції наведені на рис. 5.3 та 5.4, відповідно.

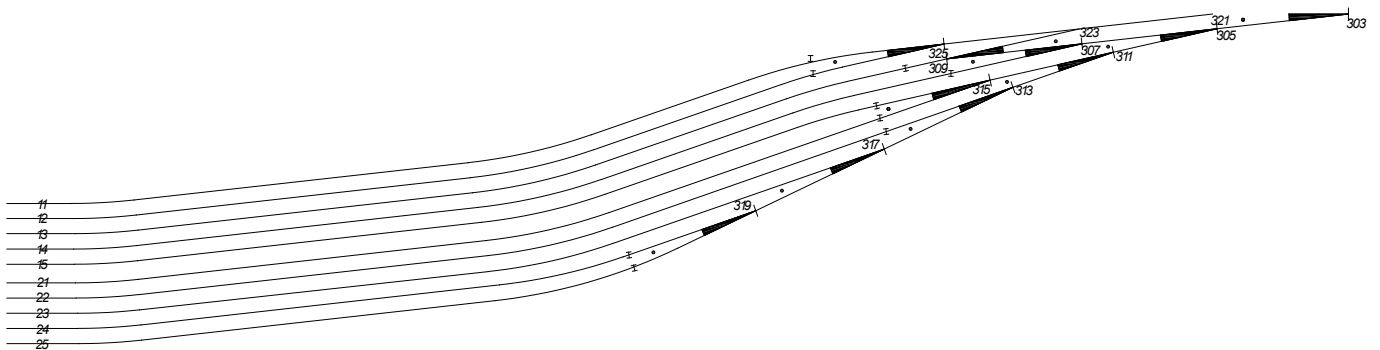


Рисунок 5.3 - Хвостова горловина сортувального парку до реконструкції

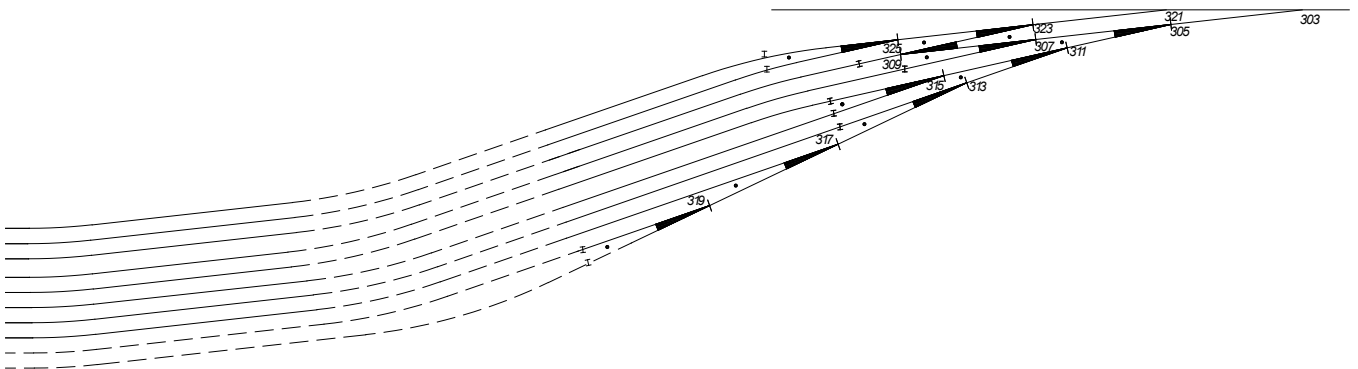


Рисунок 5.4 - Хвостова горловина сортувального парку після реконструкції

Як видно з наведених рисунків, при реконструкції хвостової горловини жоден із стрілочних переводів не змінює свого положення; зміни відбуваються тільки в з'єднувальних кривих, а також вкладаються дві нові колії.

### 5.1 Порівняльний аналіз варіантів реконструкції горловин парку ПВ2

В непарній горловини парного приймально-відправного парку виконуються такі операції:

- відправлення транзитних поїздів на напрямок В з колій 20-26;
- прийом (відправлення) поїздів у розформування (свого формування) з напрямку В на колії 28-32;
- прибирання (подача) поїзних локомотивів з всіх колій парку;
- перестановка сформованих составів з витяжної колії формування на колії 28-32.

Попередній план непарної горловини парку ПВ2 (рис. 5.5) характеризується секціонуванням колій по 3 в кожній секції. Тут можливе відправлення транзитних поїздів на напрямок В, прибирання поїзних локомотивів з колій 16-20 паралельне з перестановкою сформованих составів з витяжної колії формування, подачу/прибирання поїзних локомотивів на колії 22-26.

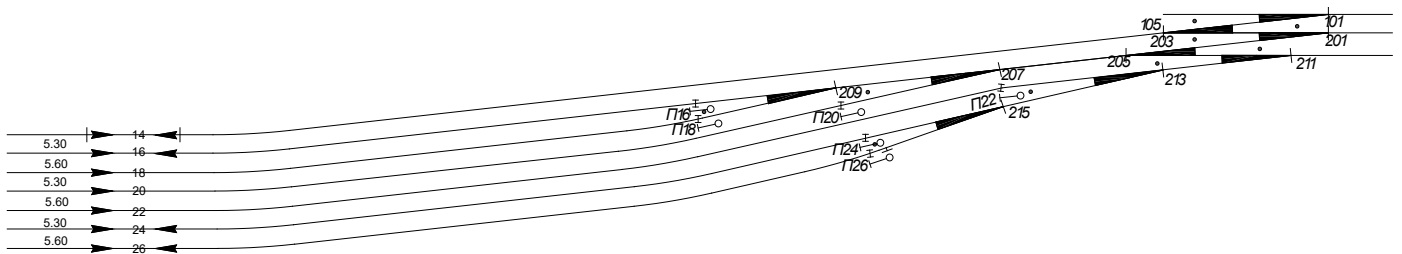


Рисунок 5.5 - Початковий план непарної горловини

Варіанти перебудови колійного розвитку непарної горловини парку ПВ2 наведені на рис.5.6 та 5.7.



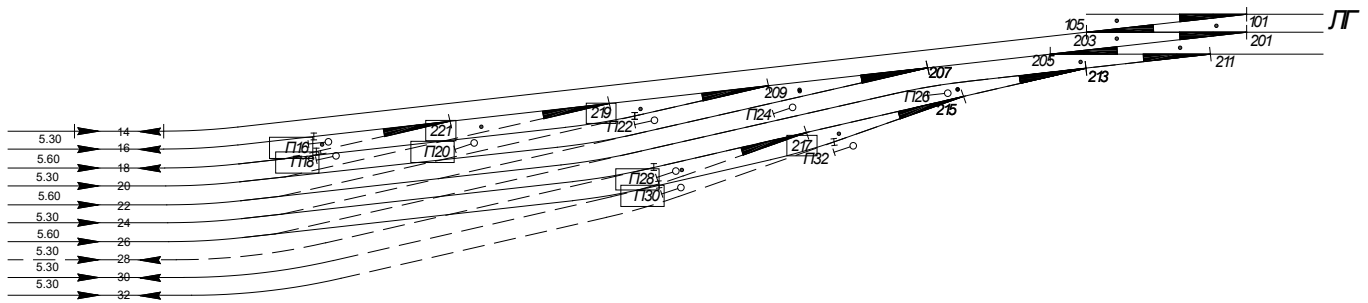


Рисунок 5.6 - Варіант 1 реконструкції непарної горловини ПВ2

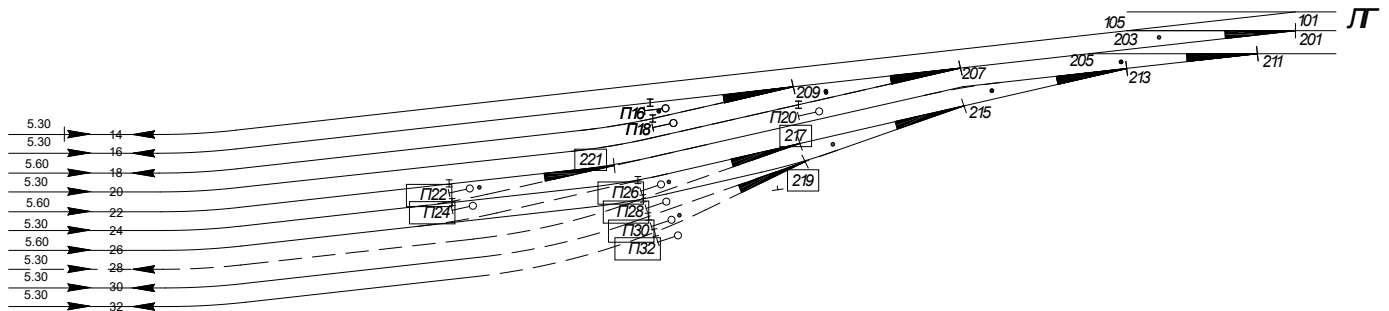


Рисунок 5.7 - Варіант 2 реконструкції непарної горловини ПВ2

Представлені варіанти реконструкції непарної горловини відрізняються секціонуванням колій (варіант 1 - 6 і 3 колій; варіант 2 – 5 і 4 колії). Перевагою першого варіанту реконструкції є відокремленість маршрутів відправлення поїздів на напрямок В, прибирання (подачі) поїзних локомотивів з-під кутових транзитних поїздів та під транзитні поїзда на напрямок В з колій 16-26 від маневрових пересувань по перестановці составів з витяжної колії формування та подачі вагонів на вантажний фронт. При цьому, необхідно вкласти 3 нових стрілочних переводи № 217-221, а також змінити розташування 3 світлофорів на коліях №16-20 та встановити три нові світлофори на коліях №28-32.

Перевагою другого варіанту реконструкції є менший обсяг перебудови залізничних колій, земляних робіт. При цьому, необхідне вкладання трьох поодиноких звичайних стрілочних переводи марки 1/9 №217-221, а також треба розібрати і заново вкласти світлофори на коліях №22-26 і встановити три нових світлофора на коліях №28-32.

В парній горловині парного приймально-відправного парку виконуються такі операції:

- приймання/відправлення кутових поїздів з/на підходи Б, Д на колії 16-18;
- приймання транзитних поїздів з/без зміни локомотива з підходів Б і Д на колії 20-26;
- прибирання/подача поїзних локомотивів з-під поїздів всіх категорій на колії 16-18, 28-32;
- заїзд маневрового локомотива під состави у розформування на колії 28-32;
- витягування составів на витяжну колію розформування з колій 28-32.

План парної горловини ПВ2 до реконструкції наведено наведений на рис. 5.8. До реконструкції плану парної горловини колії були секціоновані в дві секції (колії 16-20 та 22-26). Окрім того, є можливість паралельного прийому транзитного поїзда з напрямку Б та прийому(відправлення) поїзда у розформування з напрямку Д, тощо.

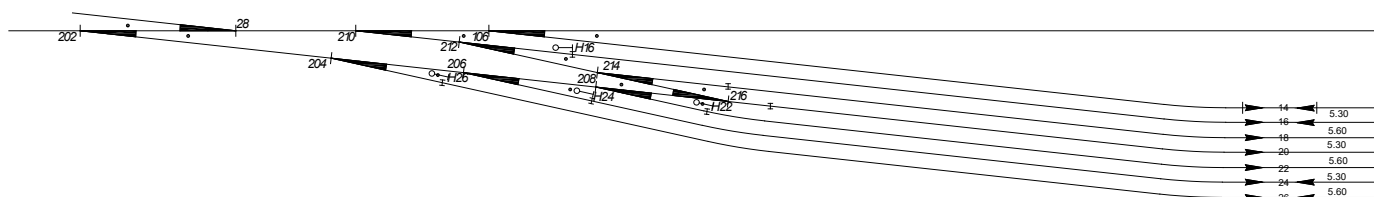


Рисунок 5.8 - Початковий план парної горловини

В дипломній роботі представлені два варіанта реконструкції парної горловини парка ПВ2 (рис. 5.9 та 5.10).

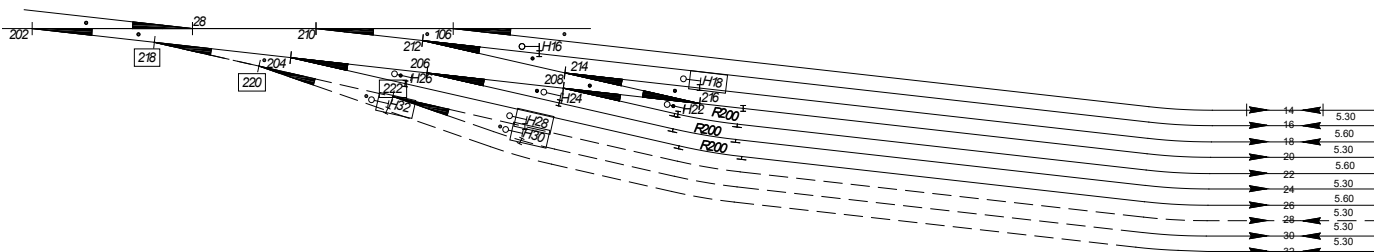


Рисунок 5.9 - Варіант 1 реконструкції парної горловини ПВ2

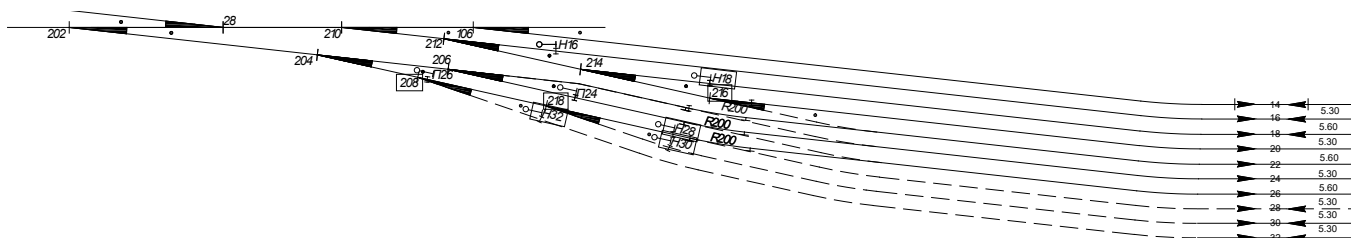


Рисунок 5.10 - Варіант 2 реконструкції парної горловини ПВ2

Варіанти реконструкції відрізняються секціонуванням колій (варіант 1 – 4 і 5 колій; варіант 2 – 5 і 4 колії); паралельність операцій зберігається, порівняно з початковим планом. Проте за першим варіантом слід додати три нових звичайних стрілочних переводи, а за другим – дві стрілки перевкласти та додати один новий стрілочний перевід.

Порівняння варіантів реконструкції горловин парку ПВ2 будемо виконувати за допомогою визначення найбільш завантаженого елемента горловин, а також визначимо модифіковані приведені витрати по кожному варіанту. Оскільки реконструкція сортувального парку представлена в одному варіанті, то розрахунки по парку С виконуватись не будуть.

## 5.2 Порівняння варіантів реконструкції горловин за найбільш завантаженим елементом

### 5.2.1 Методика визначення найбільш завантаженого елемента горловини

Вихідними даними для розрахунку пропускної здатності стрілочної горловини служать [28]:

1. План станції.
2. Кількість поїздів всіх категорій по кожному напрямку, що примикає до станції.
3. Кількість поїздів зі зміною локомотивів.
4. Спеціалізація приймально-відправних колій в парках станції.
5. Порядок виконання пересувань в горловині та норми часу на їх виконання.

Для розрахунку пропускної здатності горловина ділиться на елементи, кількість яких має бути не менше максимально можливої кількості пересувань, що одночасно

здійснюються в горловині станції. До складу кожного елемента включається група стрілочних переводів, які працюють спільно, тобто при занятті одного з цих стрілочних переводів будь-яким пересуванням стане неможливим одночасне використання інших стрілочних переводів цього самого елемента для інших пересувань. Глухе перетиння розглядається як стрілочний перевід, і йому присвоюється відповідний номер.

В один елемент повинні входити:

- обидва стрілочних переводи перехресного з'їзду з глухим перетинанням, розташовані на одному шляху;
- стрілочні переводи, які входять в одну ізольовану стрілочну ділянку (секцію), причому до складу елемента може входити більше однієї секції - за умови, що через ці секції можна здійснювати паралельні пересування.

Стрілочні переводи, якими можна одночасно здійснювати пересування по паралельних маршрутах (в тому числі переклади, спрямовані один до одного хрестовиною), повинні належати до різних елементів.

Далі за допомогою зведеної таблиці пересувань визначається час на заняття елементів операціями ( $\sum t_i n_i$ ).

Сумарний час заняття елементів змінними операціями з урахуванням коефіцієнта відмов у роботі пристроїв ЕЦ ( $\rho = 0,01$ ) визначається за формулою [28]:

$$T = \sum t_i n_i (1 + \rho). \quad (5.1)$$

Коефіцієнт завантаження кожного елемента визначається як [28]:

$$K = \frac{T}{1440 - T_{\text{пер}}}, \quad (5.2)$$

де  $T_{\text{пер}}$  – перерви в роботі пристроїв, пов'язані з технічним обслуговуванням стрілочних переводів, тощо,  $T_{\text{пер}} = 90$  хв.

Елемент, що має найбільше значення  $K$  приймається за розрахунковий, за яким визначається пропускна здатність горловини.

### 5.2.2 Визначення найбільш завантаженого елемента для непарної горловини

Для непарної горловини виділення стрілочних елементів виконувалось наступним чином:

1-ий елемент – стрілочні переводи № 205,207,209. По них виконується відправлення транзитних поїздів на напрямок В, а також подача (прибирання) поїзних локомотивів під поїзда на коліях 22-24;

2-ий елемент – стрілочний перевід № 219, по якому виконується відправлення транзитних поїздів на напрямок В, а також подача (прибирання) поїзних локомотивів під поїзда на колії 20;

3-ій елемент - стрілочний перевід № 221, по якому виконується прибирання поїзних локомотивів з-під поїздів на коліях 16-18;

4-ий елемент – стрілочні переводи № 211,213,215,217. По них виконується відправлення транзитних поїздів на напрямок В, приймання (відправлення) поїздів у розформування (свого формування), а також подача (прибирання) поїзних локомотивів під поїзда всіх категорій на коліях 26-32.

Зведені таблиці пересувань по непарній горловині за варіантами 1 і 2 наведені в табл. 5.1 та 5.2, відповідно.

Таблиця 5.1 - Зведена таблиця пересувань по непарній горловині за варіантом 1

№ з/п	Найменування операцій	№ стрілок, залучених в маршруті	Тривалість зайняття маршруту однією операцією, $t_i$	Кількість операцій на маршруті, $n_i$	Сумарна тривалість зайняття маршрута операціями, $\sum t_i n_i$	№№ елементів, які входять в маршрут
1	Відпр транз поїздів на В з к. 20-24	219,209,207,205	2,8	22	61,6	1,2
2	Відпр транз поїздів на В з к. 26	213,211	2,8	8	22,4	4
3	Прийом поїздів у розф з В на к. 28-32	211,213,215,217	5,8	3	17,4	4

Продовження таблиці 5.1

4	Відпр поїздів св/форм на В з к. 28-32	211,213,215,217	2,8	3	8,4	4
5	Прибирання поїзних локомотивів з к. 16-24	221,219,209,207,205	1,5	25	37,5	1,2,3
6	Прибирання поїзних локомотивів з к. 26	213,211	1,5	4	6	4
7	Прибирання поїзних локомотивів з к. 28-32	211,213,215,217	1,5	9	13,5	4
8	Подача поїзн. лок на к.28-32	211,213,215,217	1,5	3	4,5	4
9	Подача поїзн. лок на к.26	219,209,207,205	1,5	12	18	1,2
10	Подача поїзн. лок на к.20-25	213,211	1,5	4	6	4
11	Подача составів з важкої колії на к. 28-32	211,213,215,217	6,8	12	81,6	4
12	Прибирання маневрового локомотива з к. 28-32	211,213,215,217	1,5	12	18	4

Таблиця 5.2 - Зведена таблиця пересувань по непарній горловині за варіантом 2

№ з/п	Найменування операцій	№ стрілок, залучених в маршрут	Тривалість зайняття маршруту однією операцією, $t_i$	Кількість операцій на маршруті, $n_i$	Сумарна тривалість зайняття маршрута операціями, $\sum t_i n_i$	№№ елементів, які входять в маршрут
1	Відпр транз поїздів на В з к. 20	207,205	2,8	8	22,4	1
2	Відпр транз поїздів на В з к. 22-24	221,213,211	2,8	15	42	3,4
3	Відпр транз поїздів на В з к. 26	217,215,213,211	2,8	7	19,6	3,4
4	Прийом поїздів у розф з В на к. 28-32	217,219,215,213,211	5,8	3	17,4	2,4
5	Відпр поїздів св/форм на В з к. 28-32	217,219,215,213,211	2,8	3	8,4	2,4
6	Прибирання поїзних локомотивів з к. 16-20	209,207,205	1,5	17	25,5	1
7	Прибирання поїзних локомотивів з к. 22-24	221,213,211	1,5	8	12	3,4

8	Прибирання поїзних локомотивів з к. 26	217,215,213,211	1,5	4	6	4
9	Прибирання поїзних локомотивів з к. 28-32	217,219,215,213, 211	1,5	9	13,5	2,4
10	Подача поїзн. лок на к.28-32	217,219,215,213, 211	1,5	3	4,5	2,4
11	Подача поїзн. лок на к.20	207,205	1,5	4	6	1
12	Подача поїзн. лок на к.22-24	221,213,211	1,5	8	12	3,4
13	Подача поїзн. лок на к. 26	217,215,213,211	1,5	4	6	4
14	Подача составів з витяжної колії на к. 28-32	217,219,215,213, 211	6,8	12	81,6	2,4
15	Прибирання маневрового локомотива з к. 28-32	217,219,215,213, 211	1,5	12	18	2,4

Таблиця 5.3 – Визначення розрахункового елемента для варіанту реконструкції

## №1 непарної горловини

№ елемента	Перелік маршрутів, в яких зайнятий елемент	Тривалість зайняття елемента операціями, $\Sigma t_i n_i$	Сумарна тривалість зайняття елемента, Т	Коефіцієнт завантаження, К
1	1, 5, 9	117,1	118,3	0,088
2	1, 5, 9	117,1	118,3	0,088
3	5	37,5	37,9	0,028
4	2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12	177,8	179,6	0,133

Таблиця 5.4 – Визначення розрахункового елемента для варіанту реконструкції

## №2 непарної горловини

№ елемента	Перелік маршрутів, в яких зайнятий елемент	Тривалість зайняття елемента операціями, $\Sigma t_i n_i$	Сумарна тривалість зайняття елемента, Т	Коефіцієнт завантаження, К
1	1, 6, 11	53,9	54,4	0,040
2	4, 5, 9, 10, 14, 15	143,4	144,8	0,107
3	2, 3, 7, 12	85,6	86,5	0,064
4	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15	241	243,4	0,180

Як видно, найбільш завантаженим елементом в обох варіантах є елемент №4, при цьому для другого варіанту реконструкції він дещо більший ( $0,180 > 0,133$ ).

### 5.2.3 Визначення найбільш завантаженого елемента для парної горловини

Для парної горловини виділення стрілочних елементів виконувалось так:

1-ий елемент – стрілочні переводи № 210, 212, 214, 215. По них виконується приймання транзитних поїздів з напрямків Б і Д на колії 16-20, відправлення кутових транзитних поїздів на Б і Д, а також подача поїзних локомотивів під кутові поїзда;

2-ий елемент – стрілочні переводи № 202, 204, по яких виконується приймання (відправлення) поїздів у розформування (свого формування) з напрямків Б і Д, подача (прибирання) поїзних локомотивів під поїзда всіх категорій на коліях 22-32, а також заїзд маневрового локомотива та витягування составів на витяжну колію розформування з колій № 28-32;

3-ій елемент - стрілочний перевід № 218, по якому виконується приймання (відправлення) поїздів у розформування (свого формування) з напрямків Б і Д, подача (прибирання) поїзних локомотивів під поїзда всіх категорій на коліях 22-32, а також заїзд маневрового локомотива та витягування составів на витяжну колію розформування з колій № 28-32;

4-ий елемент - стрілочний перевід № 206, по якому виконується приймання (відправлення) транзитних поїздів з напрямків Б і Д на колії 20-24;

5-ий елемент - стрілочний перевід № 208, по якому за першим варіантом реконструкції виконується приймання (відправлення) транзитних поїздів з напрямків Б і Д на колії 20-22, за другим варіантом - приймання (відправлення) поїздів у розформування (свого формування) з напрямків Б і Д, подача (прибирання) поїзних локомотивів під поїзда всіх категорій, а також заїзд маневрового локомотива та витягування составів на витяжну колію розформування з колій № 30, 32;

6-ий елемент – стрілочні переводи № 220, 222, по яких виконується приймання (відправлення) поїздів у розформування (свого формування) з напрямків Б і Д, подача



(прибирання) поїзних локомотивів під поїзда всіх категорій, а також заїзд маневрового локомотива та витягування составів на витяжну колію розформування з колій № 28-32.

Зведені таблиці пересувань по парній горловині за варіантами 1 і 2 наведені в табл. 5.5 та 5.6, відповідно.

Таблиця 5.5 - Зведена таблиця пересувань по парній горловині за варіантом 1

№ з/п	Найменування операцій	№ стрілок, залучених в маршрут	Тривалість зайняття маршруту однією операцією, $t_i$	Кількість операцій на маршруті, $n_i$	Сумарна тривалість зайняття маршрута операціями, $\Sigma t_i n_i$	№№ елементів, які входять в маршрут
1	Прийом транз кутов з Б, Д на к. 16-18	210,212,214	5,8	13	75,4	1
2	Прийом транз з Б, Д на к.20	210,212,214	5,8	8	46,4	1
3	Прийом транз з Б, Д на к.22-26	202,218,204,206,208	5,8	23	133,4	2,3,4,5
4	Відпр. кутов транз на Б, Д з к. 16-18	210,212,214	2,8	13	36,4	1
5	Прийом поїздів у розф з Б, Д на к. 28-32	202,218,220,222	5,8	9	52,2	2,3,6
6	Відпр поїздів св/форм на Б, Д з к.28-32	202,218,220,222	2,8	9	25,2	2,3,6
7	Прибирання поїзних лок з к. 28-32 на вит. к	202,218,220,222	1,5	3	4,5	2,3,6
8	Слід поїзн лок з витяжної колії по к. 14	210,202	1,5	3	4,5	1,2
9	Подача поїзн лок під кутові поїзда на к. 16-18	202,210,212,214,216	1,5	13	19,5	1,2
10	Подача поїзн лок під поїзда на к. 28-32	202,218,220,222	1,5	9	13,5	2,3,6
11	Заїзд маневрового лок під состав на к.28-32	202,218,220,222	1,5	12	18	2,3,6
12	Витягування составів з к. 28-32 на витяжну колію	202,218,220,222	6,9	12	82,8	2,3,6

Розрахунок коефіцієнта завантаження елементів для варіантів реконструкції парної горловини №1 і 2 зведемо в табл. 5.7 та 5.8, відповідно.

Таблиця 5.6 - Зведена таблиця пересувань по парній горловині за варіантом 2

№ з/п	Найменування операцій	№ стрілок, залучених в маршрут	Тривалість зайняття маршруту однією операцією, $t_i$	Кількість операцій на маршруті, $n_i$	Сумарна тривалість зайняття маршрута операціями, $\sum t_i n_i$	№№ елементів, які входять в маршрут
1	Прийом транз кутов з Б, Д на к. 16-18	210,212,214	5,8	13	75,4	1
2	Прийом транз з Б, Д на к.20-22	210,212,214, 216	5,8	15	87	1
3	Прийом транз з Б, Д на к.24-26	202,204,206	5,8	15	87	2,5
4	Відпр. кутов транз на Б, Д з к. 16-18	210,212,214	2,8	13	36,4	1
5	Прийом поїздів у розф з Б, Д на к. 28-32	202,204,208, 218	5,8	9	52,2	2,3,5
6	Відпр поїздів св/форм на Б, Д з к.28-32	202,204,208, 218	2,8	9	25,2	2,3,5
7	Прибирання поїзних лок з к. 28-32 на вит. к	202,204,208, 218	1,5	3	4,5	2,3,5
8	Слід поїзн лок з витяжної колії по к. 14	210,202	1,5	3	4,5	1,2
9	Подача поїзн лок під кутові поїзда на к. 16-18	202,210,212, 214	1,5	13	19,5	1,2
10	Подача поїзн лок під поїзда на к. 28-32	202,204,208, 218	1,5	9	13,5	2,3,5
11	Заїзд маневрового лок під состав на к.28-32	202,204,208, 218	1,5	12	18	2,3,5
12	Витягування составів з к. 28-32 на витяжну колію	202,204,208, 218	6,9	12	82,8	2,3,5

Таблиця 5.7 – Визначення розрахункового елемента для варіанту реконструкції

№1 парної горловини

№ елемента	Перелік маршрутів, в яких зайнятий елемент	Тривалість зайняття елемента операціями, $\sum t_i n_i$	Сумарна тривалість зайняття елемента, Т	Коефіцієнт завантаження, К
1	1, 2, 4, 8, 9	182,2	184,0	0,136
2	3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	353,6	357,1	0,265
3	3, 5, 6, 7, 10, 11, 12	329,6	332,9	0,247

4	3	133,4	134,7	0,100
5	3	133,4	134,7	0,100
6	5, 6, 7, 10, 11, 12	196,2	198,2	0,147

Таблиця 5.8 – Визначення розрахункового елемента для варіанту реконструкції №2 парної горловини

№ елемента	Перелік маршрутів, в яких зайнятий елемент	Тривалість зайняття елемента операціями, $\Sigma t_i n_i$	Сумарна тривалість зайняття елемента, Т	Коефіцієнт завантаження, К
1	1, 2, 3, 8, 9	222,8	225,0	0,167
2	3, 5, 6, 7, 10, 11, 12	307,2	310,3	0,230
3	5, 6, 7, 10, 11, 12	196,2	198,2	0,147
4	-		0	0
5	3, 5, 6, 7, 10, 11, 12	283,2	286,0	0,212
6	-		0	0

Як видно, 2-ий елемент - найбільш завантажений в парній горловині. При цьому для першого варіанту реконструкції він більше, ніж для другого ( $0,265 > 0,230$ ).

Оскільки коефіцієнти завантаження елементів горловин є незначними і не перевищують їх раціональне значення, то остаточно вибір варіантів реконструкції горловин парного приймально-відправного парку виконаємо після розрахунку модифікованих приведених витрат.

### 5.3 Порівняння конструкцій горловин за допомогою модифікованих приведених витрат

#### 5.3.1 Методика визначення модифікованих приведених витрат

Реконструкція приймально-відправного парку передбачає будівництво нових колій, укладання нових стрілочних переводів марки 1/9, зміну розташування та встановлення нових світлофорів.

Реконструкція парків призведе до збільшення експлуатаційних витрат пов'язаних з утриманням колій та стрілочних переводів, але це дозволить зменшити витрати,

пов'язані з простоем поїздів на сусідніх станціях, а також простоем составів в сортувальному парку в очікуванні вільної приймально-відправної колії.

В якості узагальненого критерію для оцінки розглянутих варіантів конструкцій горловин приймально-відправного парку ПВ2 використовуються модифіковані приведені витрати [29]

$$МПВ = K + (E \cdot (1 - H_{\text{пп}}) - A \cdot H_{\text{пп}}) \cdot \frac{1 - (1 + D)^{-T}}{D}, \quad (5.3)$$

де  $K$  – капітальні вкладення, грн.;

$E$  – щорічні експлуатаційні (поточні) витрати без урахування амортизаційних відрахувань, грн.;

$A$  – амортизаційні відрахування, грн.;

$H_{\text{пп}}$  – норма податку на прибуток, 18%, тобто  $H_{\text{пп}}=0,18$ ;

$D$  – ставка дисконту (мінімальна необхідна норма доходу на капітал), 15%, тобто  $D = 0,15$ ;

$T$  – тривалість життєвого циклу проекту,  $T = 10$  років.

Розрахунки вартості будівництва виконані у відповідності з одиничними вартостями робіт.

Укладання нових колій виконується в межах смуги відведення земель дільничної станції і не потребує знесення та нового будівництва існуючих будівель та споруд, тому вартість цих робіт у розрахунку економічної ефективності варіантів не враховується.

У будівельних витратах (капіталовкладеннях) при розрахунку економічної ефективності варіантів враховано вартість спорудження таких основних об'єктів:

- земляне полотно і верхня будова колій, що споруджуються, влаштування водовідводів;
- стрілочні переводи з включенням їх в централізацію;
- обладнання колій пристроями СЦБ та зв'язку (автоблокування, автоматична локомотивна сигналізація, світлофори).

При розрахунку експлуатаційних витрат по варіантах враховано утримання постійних пристроїв, по яких варіанти, що порівнюються мають відмінності, враховані в будівельних витратах.

5.3.2 Визначення обсягів капітальних вкладень у реконструкцію по розглянутих варіантах

Обсяги капітальних вкладень по  $i$ -му варіанту реконструкції розраховуються як сума вартості окремих видів робіт та визначаються за формулою [29]

$$K_i = \sum c_j n_j \quad (5.4)$$

де  $j$  – вид робіт, передбачений планом виконання реконструкції;

$c_j$  – одинична вартість виконання певного виду робіт, передбачених планом виконання реконструкції;

$n_j$  – вимірник одиничної вартості.

Вартість основних видів будівельних робіт та матеріалів наведена в таблиці 6.1.

При баластуванні колії на один кілометр будівельної довжини колії витрачається 2,8 тис  $m^3$  щебеневого баласту.

У розрахунках прийнято, що 60 % від загального обсягу демонтованої колії переукладається.

При розрахунку обсягу земляних робіт прийнято, що колії розташовані на насипу із середньою робочою відміткою 0,5 м, при цьому обсяг земляних робіт складає 4,5 тис  $m^3$  на 1 км колії.

У розрахунках прийнято, що 20 % від загальної довжини нових колій обладнуються залізобетонними водовідвідними лотками висотою 0,75 м.

Обсяги основних робіт визначені за масштабними кресленнями розглянутих варіантів і наведені в таблиці 5.10.

Таблиця 5.9 – Одинична вартість основних видів будівельних робіт та матеріалів

№ з/п	Вид робіт	Вимірник та позначення	Вартість, тис. грн. та позначення
1.	Демонтаж залізничної колії	км, $l_{\text{дем}}^{\text{р.шп}}$	28,56, $c_{\text{дем}}^{\text{р.шп}}$
2.	Демонтаж стрілочного переводу	компл., $n_{\text{дем}}^{\text{стр}}$	2,04 $c_{\text{дем}}^{\text{стр}}$
3.	Демонтаж світлофора	компл., $n_{\text{дем}}^{\text{св}}$	1,02, $c_{\text{дем}}^{\text{св}}$
4.	Укладка ланкової колії з рейок типу Р65 на залізобетонних шпалах	км, $l_{\text{ук}}^{\text{р.шп}}$	60,69, $c_{\text{ук}}^{\text{р.шп}}$
5.	Рейки староприсадибні типу Р65 1-ї групи для вкладання на приймально-відправних коліях	км, $l_{\text{куп}}^{\text{Р65}}$	466,48, $c_{\text{куп}}^{\text{Р65}}$
6.	Збирання ланок рейкошпальної решітки на залізобетонних шпалах	км, $l_{\text{зб}}^{\text{р.шп}}$	1820,53, $c_{\text{зб}}^{\text{р.шп}}$
7.	Баластування залізничної колії на залізобетонних шпалах щебеним баластом	1000 м3, $Q_{\text{бал}}$	9,86, $c_{\text{бал}}$
8.	Виправка колії на залізобетонних шпалах на щебеному баласті перед здачею в постійну експлуатацію	км, $l_{\text{ук}}^{\text{р.шп}}$	7,48, $c_{\text{вип}}^{\text{р.шп}}$
9.	Зведення земляного полотна із суглинків з урахуванням спорудження водовідвідних каналів	1000 м3, $Q_{\text{зп}}$	12,07, $c_{\text{зп}}$
10.	Ущільнення ґрунту причіпними катками на пневматично-гусеничному ході	1000 м3, $Q_{\text{зп}}$	10,54, $c_{\text{ущ}}$
11.	Улаштування залізобетонних водовідвідних лотків	км, $l_{\text{лот}}$	96,22, $c_{\text{лот}}$
12.	Обладнання приймально-відправних колій пристроями СЦБ та зв'язку (повна довжина колій)	км, $l_{\text{ук}}^{\text{р.шп}}$	212,67, $c_{\text{СЦБ}}$
13.	Збирання стрілочних переводів блоками з підготовкою їх до укладання	компл., $n_{\text{зб}}^{\text{сп}}$	27,71, $c_{\text{зб}}^{\text{сп}}$
14.	Стрілочний перевід марки 1/9 на залізобетонних брусах	компл., $n_{\text{куп}}^{1/9}$	449,48, $c_{\text{куп}}^{1/9}$
15.	Укладка стрілочних переводів блоками з урахуванням встановлення граничних стовпчиків	компл., $n_{\text{ук}}^{\text{стр}}$	4,42, $c_{\text{ук}}^{\text{стр}}$
16.	Включення стрілочних переводів у централізацію	компл., $n_{\text{СЦБ}}^{\text{стр}}$	2,02 $c_{\text{СЦБ}}^{\text{стр}}$
17.	Установка подвійного карликового вихідного світлофора та включення в централізацію	шт., $n_{\text{св}}^{\text{карл}}$	82,11, $c_{\text{св}}^{\text{карл}}$

Таблиця 5.10 – Обсяг робіт по варіантах реконструкції

Найменування роботи	Непарна горovina ПВ1		Парна горovina ПВ1	
	варіант 1	варіант 2	варіант 1	варіант 2
Демонтаж СП 1/9, <i>компл.</i>	0	0	0	2
Вкладання СП 1/9, <i>компл.</i>	3	3	3	3
Кількість нових СП 1/9, <i>компл.</i>	3	3	3	1
Демонтаж колії, <i>км</i>	0,568	0,194	0	0,21
Укладання колії, <i>км</i>	1,3295	0,9155	0,4075	0,4075
Довжина нових колій, <i>км</i>	0,7615	0,7215	0,4075	0,1975
Демонтаж світлофора, <i>шт</i>	3	3	3	3
Встановлення світлофора, <i>шт</i>	6	6	4	4
Кількість нових світлофорів, <i>шт</i>	3	3	1	1

Вартість основних робіт та матеріалів для реконструкції станції визначається за формулою [29]:

$$\begin{aligned}
K_i = & l_{\text{дем}}^{\text{р шп}} \cdot c_{\text{дем}}^{\text{р шп}} + n_{\text{дем}}^{\text{стр}} \cdot c_{\text{дем}}^{\text{стр}} + n_{\text{дем}}^{\text{св}} \cdot c_{\text{дем}}^{\text{св}} + (l_{\text{зб}}^{\text{р шп}} - 0,6l_{\text{дем}}^{\text{р шп}}) \cdot (2c_{\text{куп}}^{\text{р65}} + c_{\text{зб}}^{\text{р шп}}) + \\
& + l_{\text{укл}}^{\text{р шп}} (c_{\text{укл}}^{\text{р шп}} + c_{\text{вип}}^{\text{р шп}} + 0,2c_{\text{лот}} + c_{\text{СЦБ}}) + (2,8c_{\text{бал}} + 4,5(c_{\text{зп}} + c_{\text{ущ}})) \cdot (l_{\text{укл}}^{\text{р шп}} + 0,045n_{\text{укл}}^{\text{стр}}) + \quad (5.5) \\
& + n_{\text{куп}}^{1/9} \cdot c_{\text{куп}}^{1/9} + n_{\text{куп}}^{1/9} \cdot c_{\text{зб}}^{\text{стр}} + n_{\text{ук}}^{\text{стр}} (c_{\text{ук}}^{\text{стр}} + c_{\text{СЦБ}}^{\text{стр}}) + n_{\text{св}}^{\text{карл}} \cdot c_{\text{св}}^{\text{карл}}
\end{aligned}$$

де  $l_{\text{зб}}^{\text{р шп}} - 0,6l_{\text{дем}}^{\text{р шп}}$  – довжина нових колій, для яких необхідно придбати рейки та зібрати рейкошпальну решітку, оснастивши колії залізобетонними шпалами;

2 – кількість рейок однієї залізничної колії;

0,2 – коефіцієнт, що враховує довжину водовідвідних залізобетонних лотків від загальної довжини колій, що вкладаються;

2,8 – коефіцієнт, що враховує обсяг щебеневого баласту;

4,5 – коефіцієнт, що враховує обсяг ґрунтів для зведення земляного полотна;

0,045 – коефіцієнт, що враховує розгорнуту довжину стрілочного переводу при його баластуванні щебеним баластом.

Розрахунок капітальних витрат по варіантах реконструкції горловин парків діляничної станції О наведений в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Розрахунок капітальних витрат по варіантах реконструкції

Найменування роботи	Непарна горловина ПВ2		Парна горловина ПВ2	
	варіант 1	варіант 2	варіант 1	варіант 2
Демонтаж 1 км колії	16,22	5,54	0	6,00
Демонтаж СП 1/9	0	0	0	4,08
Демонтаж світлофора	3,06	3,06	3,06	3,06
Вартість нових рейок	2722,38	2200,31	1122,05	775,11
Вкладання колій з улаштуванням СЦБ та лотків	402,13	276,91	123,25	123,25
Зведення земляного полотна	149,01	106,88	55,20	55,20
Вартість нового СП 1/9	1348,44	1348,44	1348,44	449,48
Збирання СП 1/9	83,13	83,13	83,13	27,71
Вкладання СП 1/9	19,38	19,38	19,38	19,38
Встановлення світлофорів	246,33	246,33	82,11	82,11
Всього	4990,07	<b>4289,98</b>	2836,62	<b>1545,38</b>

Отже, менші капітальні вкладення маємо для другого варіанта непарної горловини та першого варіанту парної горловини приймально-відправного парку 1, а також для першого варіанту хвостової горловини сортувального парку.

### 5.3.3 Визначення експлуатаційних витрат по варіантах

Експлуатаційні витрати за варіантом включають в себе витрати, пов'язані з утриманням технічних засобів [29]:

$$E = E_{\text{СП}} + E_{\text{КОЛ}} + E_{\text{СВ}} + E_{\text{ЗП}} \quad (5.6)$$

де  $E_{\text{СП}}$  – витрати на утримання стрілочних переводів;

$E_{\text{КОЛ}}$  – витрати на утримання станційних колій;

$E_{\text{СВ}}$  – витрати на утримання світлофорів;



$E_{зп}$  – витрати на утримання земляного полотна.

Витрати на утримання стрілочних переводів визначаються як

$$E_{лок} = n_{сп} \cdot e_{сп}, \quad (5.7)$$

де  $n_{сп}$  – кількість додаткових стрілочних переводів за варіантами;

$e_{сп}$  – вартість утримання 1-го стрілочного переводу.

Витрати на утримання станційних колій визначаються як

$$E_{кол} = l_{укл}^{р шп} \cdot e_{кол}, \quad (5.8)$$

де  $l_{укл}^{р шп}$  – довжина нової рейко-шпальної решітки за варіантами;

$e_{кол}$  – вартість утримання 1 км станційних колій.

Витрати на утримання світлофорів визначаються як

$$E_{св} = n_{св}^{карл} \cdot e_{св}^{карл}, \quad (5.9)$$

де  $n_{св}^{карл}$  – кількість додаткових карликових світлофорів за варіантами;

$e_{св}^{карл}$  – вартість утримання 1-го світлофору.

Витрати на утримання земляного полотна визначаються як

$$E_{зп} = Q_{зп} \cdot e_{зп} \quad (5.10)$$

де  $Q_{зп}$  – обсяг земляного полотна та водовідвідних пристроїв;

$e_{зп}$  - вартість утримання земляного полотна та водовідвідних пристроїв.

Вартість утримання споруд та пристроїв наведена в табл. 5.12.

Таблиця 5.12 – Витрати на утримання постійних пристроїв

№ з/п	Споруди та пристрої	Вимірник та позначення	Вартість, тис. грн. та позначення
1	Стрілочний перевід марки 1/9 на залізобетонних брусах централізований	компл., $n_{сп}$	22,01, $e_{сп}$
2	Ланкова колія з рейок типу Р65 на залізобетонних шпалах обладнана пристроями ЕЦ	км, $l_{ук}^{р.шп}$	193,54, $e_{кол}$
3	Подвійний карликовий світлофор	шт., $n_{св}^{карл}$	8,06, $e_{св}^{карл}$
4	Земляне полотно і водовідвідні пристрої	1000 м3, $Q_{зп}$	0,86, $e_{зп}$

Таким чином, узагальнююча формула для розрахунку експлуатаційних витрат має такий вигляд

$$E = n_{сп} \cdot e_{сп} + l_{ук}^{р.шп} \cdot e_{кол} + n_{св}^{карл} \cdot e_{св}^{карл} + e_{сп} \cdot (l_{ук}^{р.шп} + 0,045n_{ук}^{стр}) \quad (5.11)$$

Розрахунок експлуатаційних витрат по варіантах реконструкції горловин парків наведені в табл. 5.13.

Таблиця 5.13 – Розрахунок експлуатаційних витрат за варіантами

Найменування витрат	Непарна горловина ПВ2		Парна горловина ПВ2	
	варіант 1	варіант 2	варіант 1	варіант 2
Утримання стрілочних переводів	66,02	66,02	66,02	22,01
Утримання станційних колії	147,38	139,64	78,87	38,22
Утримання світлофорів	24,19	24,19	8,06	8,06
Утримання земляного полотна та водовідвідних пристроїв	0,66	0,62	0,35	0,17
Всього	238,25	<b>230,47</b>	153,30	<b>68,47</b>

#### 5.3.4 Розрахунок модифікованих приведених витрат

Амортизаційні відрахування визначаються прямолінійним методом за формулою

$$A = \frac{K}{T}. \quad (5.12)$$

На основі виконаних вище розрахунків капітальних вкладень та експлуатаційних витрат, за формулою (5.3) виконується розрахунок модифікованих приведених витрат за варіантами реконструкції горловин парків ПВ2 та СП, що наведений в табл. 5.14.

Таблиця 5.14 – Розрахунок модифікованих приведених витрат за варіантами

Показник	Непарна горловина ПВ2		Парна горловина ПВ2	
	варіант 1	варіант 2	варіант 1	варіант 2
<i>К, тис. грн</i>	4990,07	4289,98	2836,62	1545,38
<i>Е, тис. грн</i>	238,25	230,47	153,30	68,47
<i>А, тис. грн</i>	499,01	429,00	283,66	154,54
<i>МПВ, тис. грн</i>	5519,77	<b>5035,11</b>	3334,29	<b>1734,21</b>

За результатами виконаних розрахунків можна зробити висновок: для непарної горловини МПВ для другого варіанта реконструкції складають 5035,11 тис. грн, що на 9% (484,66 тис. грн) менше, порівняно з першим варіантом; для парної горловини МПВ для другого варіанта складають 1734,21 тис. грн, що на 48% (1600,08 тис. грн) менше, в порівнянні з першим.

Отже остаточно приймається варіант №2 для обох горловин парку ПВ2.

## **6 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ О ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЇЇ РОБОТИ**

### **6.1 Розроблення технології роботи дільничної станції О**

#### **6.1.1 Вдосконалення обслуговування составів бригадами ПТО**

Збільшення обсягу транзитного вагонопотоку по дільничній станції О призвело до збільшення кількості колій в парному приймально-відправному парку (див. п.4.4). Тому в розділі 5 було запропоновано варіанти реконструкції колійного розвитку парку ПВ2, виконано порівняння цих варіантів та за розрахунком модифікованих приведених витрат остаточно обрані варіанти зміни колійного розвитку.

Слід зазначити, що окрім змін в технічному оснащенні дільничної станції О, змінюється також технологія обслуговування транзитних поїздів у парку ПВ2. Так, при 6 приймально-відправних коліях технічний огляд составів всіх категорій поїздів виконувався однією бригадою ПТО, що складалась з трьох груп оглядачів. Після збільшення транзитного вагонопотоку та за розрахунками п. 4.1.3, бригаду ПТО слід збільшити на одну групу оглядачів. Таким чином, технологія обслуговування вагонів на дільничній станції О зводиться до наступного.

Обслуговування вагонів на станції починають з перевірки технічного стану вагонів в парку і виявлення несправностей, які можуть бути усунені тільки при відчіпному ремонті, з подачею вагонів на спеціально виділену колію в сортувальному парку. У сортувальному парку також перевіряють технічний стан вагонів для виявлення пошкоджень, що виникли в процесі виконання маневрової роботи і недопущення пропуску в приймально-відправний парк вагонів, що вимагають поточного ремонту. У приймально-відправному парку виконують контрольний технічний огляд і роботи по ремонту і заміні несправних вузлів і деталей вагонів без відчеплення від составів по розмітками, зробленим оглядачами.

Контролюють технічний стан вагонів в такій послідовності:

Черговий по парку або по станції по гучномовному зв'язку або телефону завчасно сповіщає оглядачів вагонів і оператора ПТО про підхід або черговості обслуговування поїздів із зазначенням часу прибуття або початку роботи. Оглядачі вагонів, отримавши інформацію про підхід поїзда, виходять на колію його прийому.

При чотирьохгруповому методі обслуговування поїздів (рис. 6.1) проміжні групи виходять до місць початку огляду складу згідно з технологічним процесом.

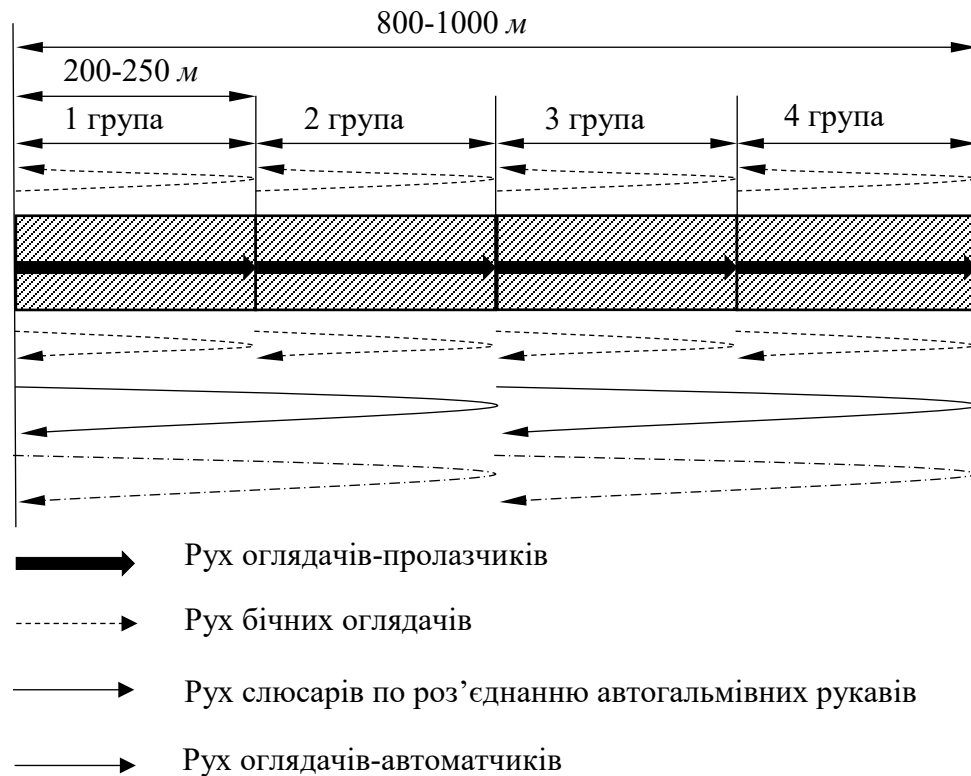


Рисунок 6.1 – Обслуговування складів поїздів чотирьма групами оглядачів

При огляді складу, що прибуває в парк, виявляють дефекти на поверхні кочення коліс, деталі підвагонного обладнання що волочуться, перевіряють стан буксового вузла, ресорного підвішування візків, автозчіпного пристрою, кузова, гальмівної важільної передачі.

Після зупинки поїзда головна група оглядачів, отримавши інформацію від машиніста про роботу гальм і помічених в дорозі несправностей вагонів, повідомляє іншим групам номери несправних вагонів в поїзді, що прибуває. Потім після роз'єднання з'єд-

нувальних рукавів між локомотивом і першим вагоном і відходу локомотива відкривають кінцевий кран для випуску повітря з гальмівної магістралі складу. Перед початком роботи состав захищають з голови і хвоста сигналами зупинки, про що оператор ПТО сповіщає групи по гучномовному зв'язку. При відсутності централізованої системи огороження составів сигнали огороження встановлюють спеціально виділені працівники ПТО.

Після огороження составу ремонтна бригада приступає до перевірки технічного стану вагонів одночасно з двох сторін по схемі, наведеній на рис. 6.1, причому кожен оглядач відповідає за якість перевірки стану всіх частин вагонів, розташованих з одного боку составу, а також за один візок і раму половини вагона. Про виявлені несправності на бічних стінах кузовів, на бортах платформ і котлах цистерн наносять умовні крейдянні позначки. На вагонах, які направляються в відчіпний ремонт, наносять крейдові позначки із зазначенням головної несправності, через яку вагон підлягає відчепленню, при цьому на вагони, що підлягають ремонту з відчепленням, оглядачі-ремонтники або оглядачі вагонів виписують повідомлення форми ВУ-23 в двох примірників: один для вручення в технічну контору, інший - для передачі в депо.

Оглядачі кожної групи записують до книги форми ВУ-15 номери першого і останнього оглянутих вагонів, наносять на ці вагони свої умовні крейдянні позначки. Потім старший по групі повідомляє оператору ПТО номери вагонів, що вимагають відчеплення, характер їх несправностей і інформує його про можливість зняття сигналів огороження. Оператор ПТО, отримавши ці повідомлення від усіх груп, знімає сам (при централізованій системі) або дає вказівку зняти сигнали огороження і оповіщає про це бригаду по гучномовному зв'язку. Про готовність составу до розпуску з гірки оператор доповідає черговому по станції або маневровому диспетчеру і повідомляє про наявність вагонів, що вимагають відчеплення.

У парках станції є службове приміщення для працівників бригади; пристрої для централізованого огороження составів; гучномовний зв'язок; прямий телефонний зв'я-

зок з черговим по станції, парку і гірці; загальний внутрішньостанційний зв'язок; прожекторне освітлення в горловинах парку для огляду поїздів в нічний час.

Окрім того, поїзда, що прибувають на станцію, оглядають з ходу. Це дозволяє виявити нагрів букси, вибоїни, вищербини на колесах, заклинювання колісних пар. Після зупинки поїзда такі несправності можуть бути не помічені.

Зустрічаючи поїзд з ходу, оглядачі особливу увагу звертають на стан колісних пар, букс, автогальм, запобіжних пристроїв і надійність кріплення деталей вагонів.

Ознакою руху колеса юзом є сніп іскор з-під колеса. Щоб не помилитися, необхідно пам'ятати, що при гальмуванні составу під час руху поїзда між металевими колодками і колесами теж виникають іскри. Однак в цьому випадку їх напрямок інший - у гальмівних колодок, а не у головок рейок.

Повзун легко виявити, зустрічаючи поїзд з ходу, по ритмічним ударах дефектного колеса об рейки.

При перекосі рами вагона або візка, неправильного функціонування буксового вузла, наявності на шляху прямуювання поїзда великої кількості кривих ділянок одного напрямку і інших причин, в силу яких колісна пара постійно зміщена в одну сторону щодо поздовжньої осі рейкової колії, під час руху з'являється вертикальний підріз гребеня на колесі.

Основною несправністю буксового вузла є підвищене нагрівання. При виникненні несправностей в підшипниках кочення робота буксових вузлів характеризується двома стадіями. На першій стадії температура букс з дефектними підшипниками протягом якогось часу не перевищує температуру букс з справними підшипниками. На другій стадії температура цієї букси різко підвищується і з'являється загроза безпеці руху. Виявити такий буксових вузол можна за деякими ознаками: на корпусі з'явилася окалина, взимку на буксі немає снігу, від букси йде дим світло-блакитного кольору, а в дощову погоду - пар, специфічний запах згорілого мастила або поліамідного сепаратора.

Після зупинки поїзда головна група оглядачів-ремонтників, отримавши інформацію від машиніста про роботу гальм і про помічені в дорозі несправності вагонів, повідомляє іншим групам номери вагонів, у яких на ходу були помічені несправності.

#### 6.1.2 Технологія роботи з транзитними поїздами без зміни локомотива

Транзитні поїзди з напрямку В-О по I головній колії приймаються на колії приймально-відправного парку 1: транзитні поїзда на напрямок Б – на колії № 6-8, на напрямок Д – на колії 10-12, транзитні кутові поїзда – на колії №10-12.

Транзитні поїзди з напрямків Б-О та Д-О по II та III головній колії, відповідно, приймаються на колії приймально-відправного парку 2: кутові транзитні поїзда – на колії 16, 18, транзитні поїзда на напрямок В – на колії № 20-26.

Транзитні поїзда з та на напрямок Б-О прослідують дільничну станцію О зі зміною локомотива, оскільки на даній станції для цього напрямку знаходиться оборотне депо. Окрім того, зміна локомотива виконується для кутових транзитних поїздів.

При відправленні поїзда з сусідньої станції ДСП, попередньо узгодивши із ДНЦ колію приймання, сповіщає про номер поїзда, колію прибуття та час його прибуття старшому прийомоздавальнику вантажу та багажу, оглядачу вагонів, за 10-15 хвилин до прибуття поїзду на станцію. При одночасному прибутті кількох поїздів ДСП повинен повідомити старшого прийомоздавальника вантажу та багажу, оглядача вагонів про черговість їх обробки.

ДСП надає вказівку сигналісту про закріплення составів на колії прибуття, відповідно до порядку, встановленого технічно-розпорядчим актом станції.

Після прибуття поїзда на станцію з ним виконують наступні технологічні операції:

- укладання гальмівних башмаків;
- огороження состава;
- технічне обслуговування вагонів;
- комерційний огляд вагонів і вантажів.



Технічне обслуговування состава розпочинається після зупинки й закріплення поїзда та огороження состава сигналами зупинки оглядачем вагонів в ПВ1 на коліях №6-12, в ПВ2 - на коліях №16-26.

Про всі несправності, що підлягають усуненню при технічному обслуговуванні з відчепленням, оглядач вагонів наносять на вагони позначки. Окрім вищезазначеного можуть виконуватися роботи з ремонту й заміни ланцюгів розчіпного привода та несправних розчіпних важелів.

Паралельно з технічним обслуговуванням старший прийомоздавальник вантажу та багажу оглядає вагони в комерційному відношенні, крім огляду верхньої частини вагону, для виявлення комерційних несправностей та подальшого їх усунення (без відчеплення або з відчепленням вагонів від поїзда).

При комерційному огляді вагонів і вантажів здійснюється:

- звірка номерів вагонів з перевізними документами;
- зовнішнім оглядом виявляються комерційні несправності, що загрожують безпеці руху і збереженню вагонів та вантажів, також перевіряється стан кузовів, дверей, люків вагонів, їх справність, відсутність слідів втрати чи несхоронності вантажів;
- безвідчіпне усунення комерційних несправностей під час обробки состава;
- усунення комерційних несправностей, які не потребують подавання вагонів на спеціальні пункти усунення комерційних несправностей (перевірка стану вантажу, перевантаження, виправлення кріплення тощо);
- перевірка наявності на вагонах пломб (ЗПП) і їх відтисків (номерів) з даними відомостей про пломби (ЗПП), вказаних в перевізних документах і натурному листі.

Після закінчення технічного обслуговування і комерційного огляду состава оглядач вагонів та старший прийомоздавальник вантажу та багажу по маневровому радіозв'язку повідомляють ДСП про закінчення огляду. Після чого ДСП дає наказ оглядачу вагонів на прибирання сигналів зупинки з подальшим відправленням поїзда.

Графік виконання технологічних операцій з обробки транзитного поїзда без зміни

локомотива на прикладі поїзда з напрямку В (ПВ1), за наявності ТГНЛ наведено на рисунку 6.2. Дані для побудови графіку розраховані в розділі 4.1. Комерційний огляд состава проводиться паралельно технічному обслуговуванню та тривалості їх виконання однакові.

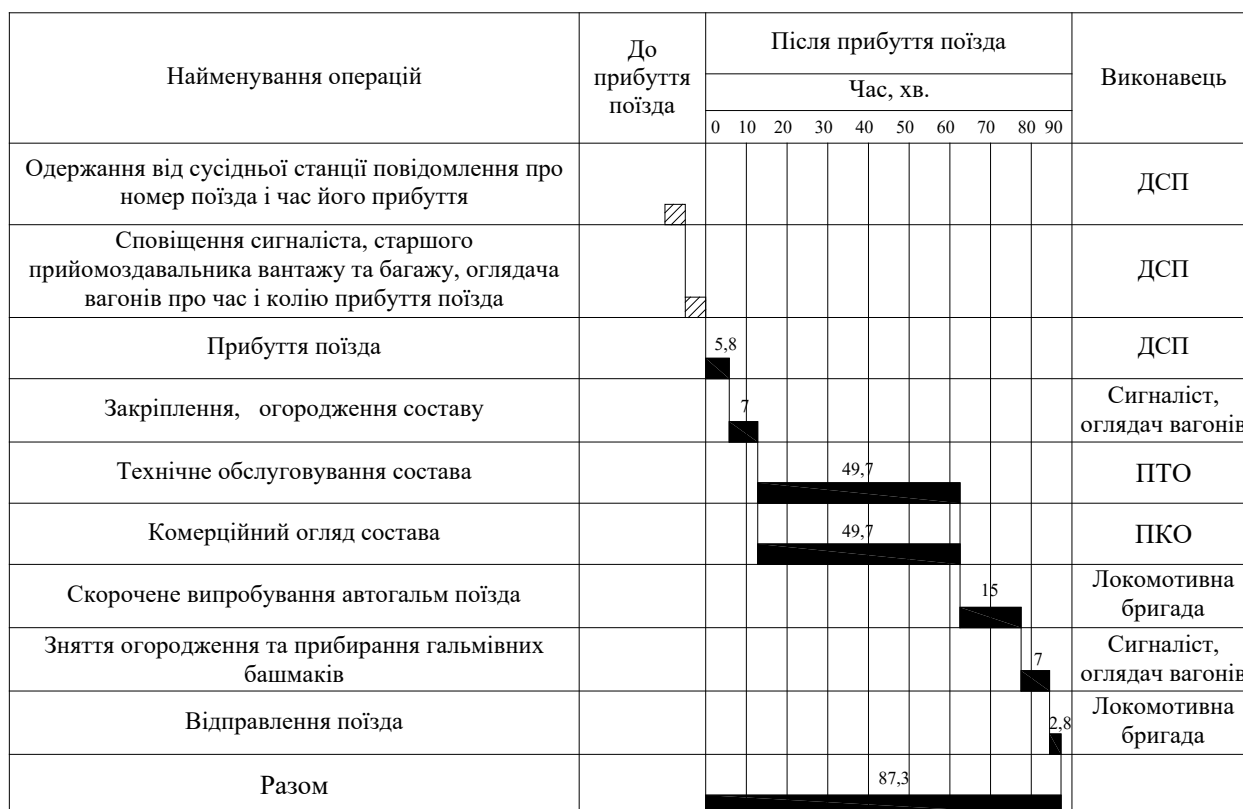


Рисунок 6.2 - Графік виконання технологічних операцій з обробки транзитного поїзда без зміни локомотива в ПВ1

На станції О комерційний огляд проводить старший прийомоздавальник вантажу та багажу. Комерційному огляду підлягають всі вагони, що прибувають в розформування, сформовані на станції, а також групи та окремі вагони, що відчіпляються від поїзда. Залишені поїзди, групи вагонів і поодинокі вагони підлягають комерційному огляду після прибуття і перед відправленням зі станції, якщо вони були залишені на станції, та термін їх перебування перевищує 2 години.

Про проведення комерційного огляду старший прийомоздавальник вантажу робить відмітку на першому екземплярі натурального листа. Огляд вагонів і контейнерів, що підлягають супроводу воєнізованої охорони, здійснюється разом з цією охороною.

В усіх випадках виявлення комерційних несправностей складається акт загальної форми ГУ-23, що підписується працівниками, які здійснюють комерційний огляд, але не менше двох осіб. Працівники воєнізованої охорони, які брали участь в огляді, також підписують акт загальної форми.

Через наявність контактної мережі на станційних коліях технічний та комерційний огляд вагонів в складі поїзда виконується з обов'язковим виконанням Правил безпеки для працівників залізничного транспорту на електрифікованих лініях.

#### 6.1.3 Технологія роботи з транзитним поїздом зі зміною локомотива

Зміна локомотива відбувається для транзитних поїздів, що прибувають з та на напрямок Б в парк ПВ2, а також поїздів з В на Б у парку ПВ1.

Після прибуття поїзда на станцію з такими поїздами виконують наступні технологічні операції:

- укладання гальмівних башмаків;
- огороження состава;
- технічне обслуговування вагонів;
- комерційний огляд вагонів і вантажів;
- зміна локомотиву та/або локомотивної бригади;
- опробування автогальм.

Технічне обслуговування состава розпочинається після зупинки й закріплення поїзда та огороження состава сигналами зупинки оглядачем вагонів в ПВ1 на коліях №6-8, в ПВ2 на коліях №16-26.

Паралельно з технічним обслуговуванням старший прийомоздавальник вантажу та багажу оглядає вагони в комерційному відношенні, крім огляду верхньої частини вагону, для виявлення комерційних несправностей та подальшого їх усунення (без відчеплення або з відчепленням вагонів від поїзда).

Після прибуття поїздів у парк ПВ1 поїзні локомотиви з колій № 6-8 по ходовій колії №14 слідує у локомотивне господарство. Поїзні локомотиви на зміну слідує тією ж колією в парну горловину парку ПВ1 та подаються під состави. Після прибуття поїздів у парк ПВ2 поїзні локомотиви з-під кутових поїздів слідує у локомотивне гос-

подарство. Поїзні локомотиви на зміну через ходову колію №14 слідує у парну горловину парку ПВ2. Після прибуття транзитних поїздів з Б у парк ПВ2 на колії 20-26 поїзні локомотиви слідує у локомотивне господарство. Поїзні локомотиви на зміну через не-парну горловину парку ПВ2 подаються під поїзда.

Після закінчення технічного обслуговування і комерційного огляду состава оглядач вагонів та старший прийомоздавальник вантажу та багажу по маневровому радіозв'язку повідомляють ДСП про закінчення огляду. Після чого ДСП дає наказ оглядачу вагонів на прибирання сигналів зупинки.

Графік виконання технологічних операцій з обробки транзитного поїзда зі зміною локомотива на прикладі поїзда з напрямку Б (ПВ2), за наявності ТГНЛ наведено на рисунку 6.3. Дані для побудови графіку розраховані в розділі 4.1. Комерційний огляд состава проводиться паралельно технічному обслуговуванню та тривалості їх виконання однакові.

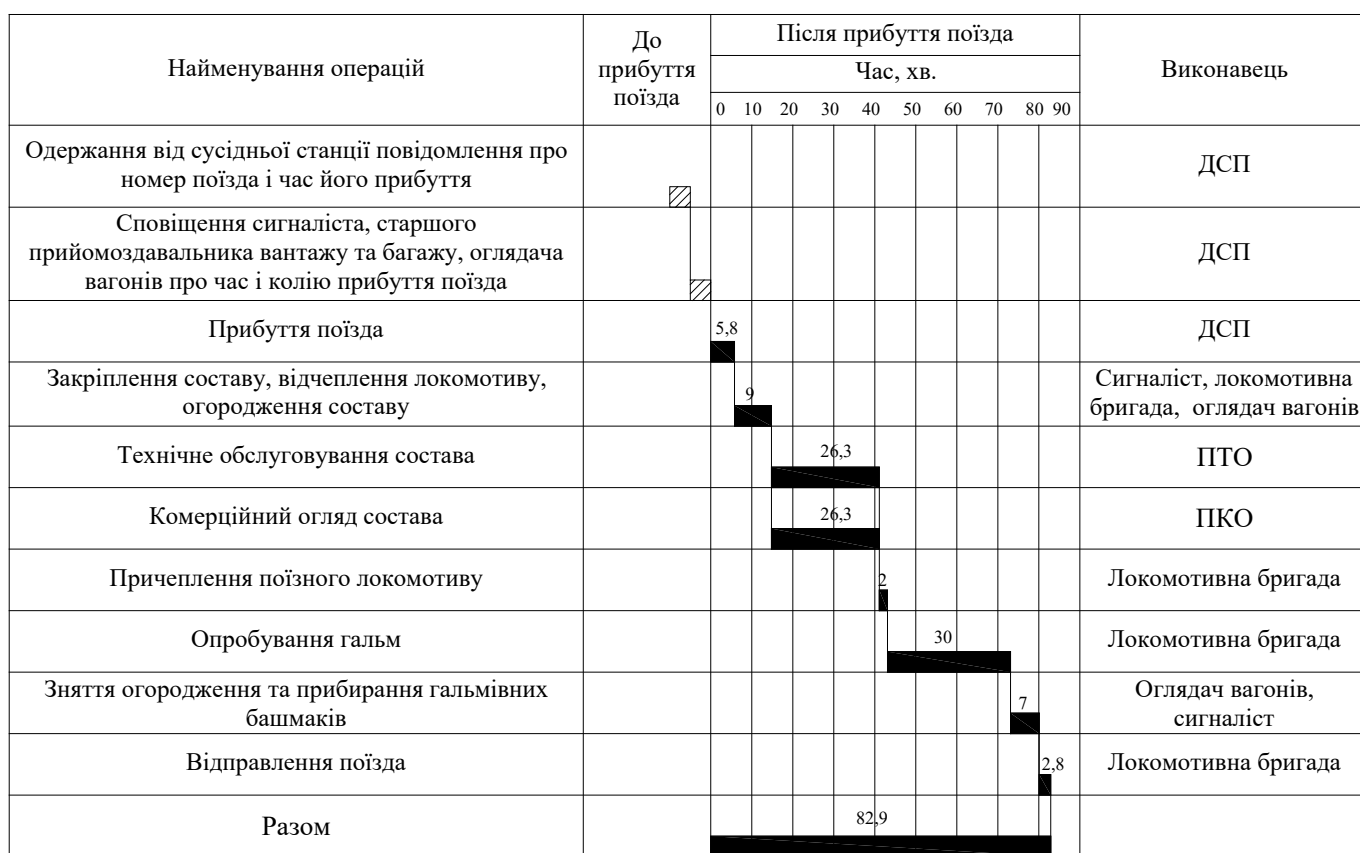


Рисунок 6.3 - Графік виконання технологічних операцій з обробки транзитного поїзда зі зміною локомотива

#### 6.1.4 Технологія роботи з поїздами у розформування

Поїзда, що надходять на станцію в переробку (дільничні та збірні) з усіх напрямків, приймаються на колії приймально-відправного парку 2 № 28-32. Розформування составів виконуються на сортувальній гірці малої потужності. Формування составів поїздів відбувається через витяжну колію формування №9.

По відправленні поїзда із сусідньої станції, черговий по станції (ДСП), парку (ДСПП) сповіщає працівників технічної контори, пункту технічного огляду (ПТО) і пункту комерційного огляду (ПКО) про номер, індекс поїзда, колію прийому і час його прибуття для підготовки до зустрічі поїзда, що прибуває.

Працівники, що беруть участь в обробці поїзда, завчасно виходять до колії прийому, щоб зробити огляд і знайти несправності, що виявляються на ходу.

Списування інвентарних номерів вагонів виконується працівниками пункту списування на ходу в горловинах парку ПВ2. Дані про інвентарні номери вагонів передаються у технічну контору по телетайпному зв'язку.

При одночасному прибутті декількох поїздів ДСП повідомляє працівникам ПТО черговість їхньої обробки.

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

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

Поїзди, що прибули у парк закріплюють гальмівними башмаками з метою попередження їхнього уходу з колій парку. Закріплювання поїздів виконує сигналіст, який по закінченні даної операції безпосередньо повідомляє ДСП приймального парку. ДСП дає дозвіл локомотивній бригаді, зробити відчеплення локомотива від составу Після фактичного відчеплення поїзного локомотива за вказівкою ДСП оператор ПТО виконує огороження составу.

Здійснивши огороження, оператор ПТО повідомляє про це по двосторонньому парковому зв'язку всіх працівників, що причетні до технічного і комерційного огляду.

Під час технічного огляду бригада ПТО виконує огляд составу з метою виявлення пошкоджених вагонів і при необхідності може здійснювати безвідчіпний ремонт. Комерційний огляд составу виконують приймальники поїздів ПКО станції, які перевіряє вагони на наявність порушень у правильності навантаження і фактів розкрадання чи доступу до вантажу. По закінченні технічного і комерційного огляду працівники ПТО і ПКО доповідають по двосторонньому парковому зв'язку оператору ПТО про закінчення робіт, після чого старший оглядач дає вказівку оператору ПТО про зняття огороження на даній колії і повідомлення про цю подію ДСП.

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

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

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

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

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

- черговий по гірці (ДСПГ);

- оператори паркової гальмівної позиції;
- складачі поїздів гірки;
- складачі маневрового району вихідної горловини сортувального парку.

ДСП готує маршрут заїзду гіркового локомотива під состав і маршрут насуву його на гірку за вказівкою ДСЦ. Заїзд гіркового локомотива під состав виконується через витяжну колію №7 у парній горловині парку. ДСПГ, у свою чергу, попереджає працівників парку про насув поїзда і дає команду машиністу гіркового локомотива. Перед безпосереднім початком розформування составу ДСПГ повинний переконатися в готовності всіх причетних до розпуску працівників.

Графік обробки дільничного поїзда наведено на рисунку 6.4. Дані для побудови графіку розраховані в розділі 4.1. Комерційний огляд состава проводиться паралельно технічному обслуговуванню та тривалості їх виконання однакові.

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

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

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

Найменування операцій	До прибуття поїзда	Після прибуття поїзда						Виконавець
		Час, хв.						
		0	10	20	30	40	50	
Запит, одержання та розмітка ТГНЛ оператором при ДСП та старшим прийомоздавальником вантажу та багажу								Оператор при ДСП
Одержання від сусідньої станції повідомлення про номер поїзда і час його прибуття								ДСП
Сповіднення сигналіста, старшого прийомоздавальника вантажу та багажу, оглядача вагонів про час і колію прибуття поїзда								ДСП
Прибуття поїзда		5,8						ДСП
Закріплення составу, відчеплення локомотиву, огороження составу		9						Сигналіст, локомотивна бригада, оглядач вагонів
Технічне обслуговування составу			13,9					ПТО
Комерційний огляд составу			13,9					ПКО
Заїзд маневрового локомотива				2,5				Локомотивна бригада
Причеплення маневрового локомотиву, зняття закріплення та огороження					9,5			Сигналіст, локомотивна бригада, оглядач вагонів
Прибирання составу на витяжну колію						7,7		Локомотивна бригада
Разом			47,1					

Рисунок 6.4 - Графік обробки дільничного поїзда у розформування

ДСЦ зобов'язаний готувати колії сортувального парку, щоб забезпечити мінімальний час розпуску составів з гірки. Для цього періодично виконується осаджування і підтягування вагонів.

Осаджування чи підтягування робить маневровий локомотив за вказівкою ДСЦ після закінчення розпуску составу.

#### 6.1.5 Технологія роботи з поїздами свого формування при їх відправленні

З составом свого формування проводяться наступні операції:

- закріплення составів гальмовими башмаками;
- технічне обслуговування, поточний і безвідчипний ремонт вагонів;
- комерційний огляд вагонів і вантажів, усунення комерційних несправностей;



- зняття огороження составу;
- вручення перевізних документів локомотивній бригаді;
- причеплення поїзного локомотива і випробування автогальм;
- вилучення гальмових башмаків;
- відправлення поїзда.

Відправлений із станції О поїзд повинен бути сформований відповідно до плану формування поїздів, і мати встановлені сигнали.

При технічному обслуговуванні составів перед відправленням виявляються технічні несправності, отримані в процесі розпуску і накопичення составу. Несправності, отримані в процесі навантаження або розвантаження вагонів, виявляються і усуваються відповідними працівниками на під'їзних коліях і місцях загального користування. Інформація про необхідність ремонту інших вагонів (призначенням на під'їзні колії), передається ДСПГ оператором ПТО, проводиться закріплення вагонів, колія огорожується, і працівники ПТО приступають до ремонту.

Після закінчення технічного обслуговування составу про це сповіщається оператор ПТО, який доповідає ДСП про готовність составу. Оператор ПТО знімає огороження і на колію подається поїзний локомотив. Після цього проводиться повне опробування автогальм.

Паралельно з технічним обслуговуванням проводиться комерційний огляд шляхом одночасного проходу уздовж составу. Знайдені комерційні несправності повинні бути усунені до відправлення поїзда. По закінченню комерційного огляду і усунення несправностей старший прийомоздавальник повідомляє ДСП про готовність составу в комерційному відношенні.

ДСП може відправити поїзд після отримання підтвердження готовності в технічному і комерційному відношенні, а також за наявності документів на поїзд у локомотивної бригади, наявності хвостових сигналів. Можливість відправлення поїзда ДСП повинен погоджувати з поїзним диспетчером.

Графік обробки поїзда свого формування наведено на рисунку 6.5, дані для побудови якого розраховані в розділі 4.1.

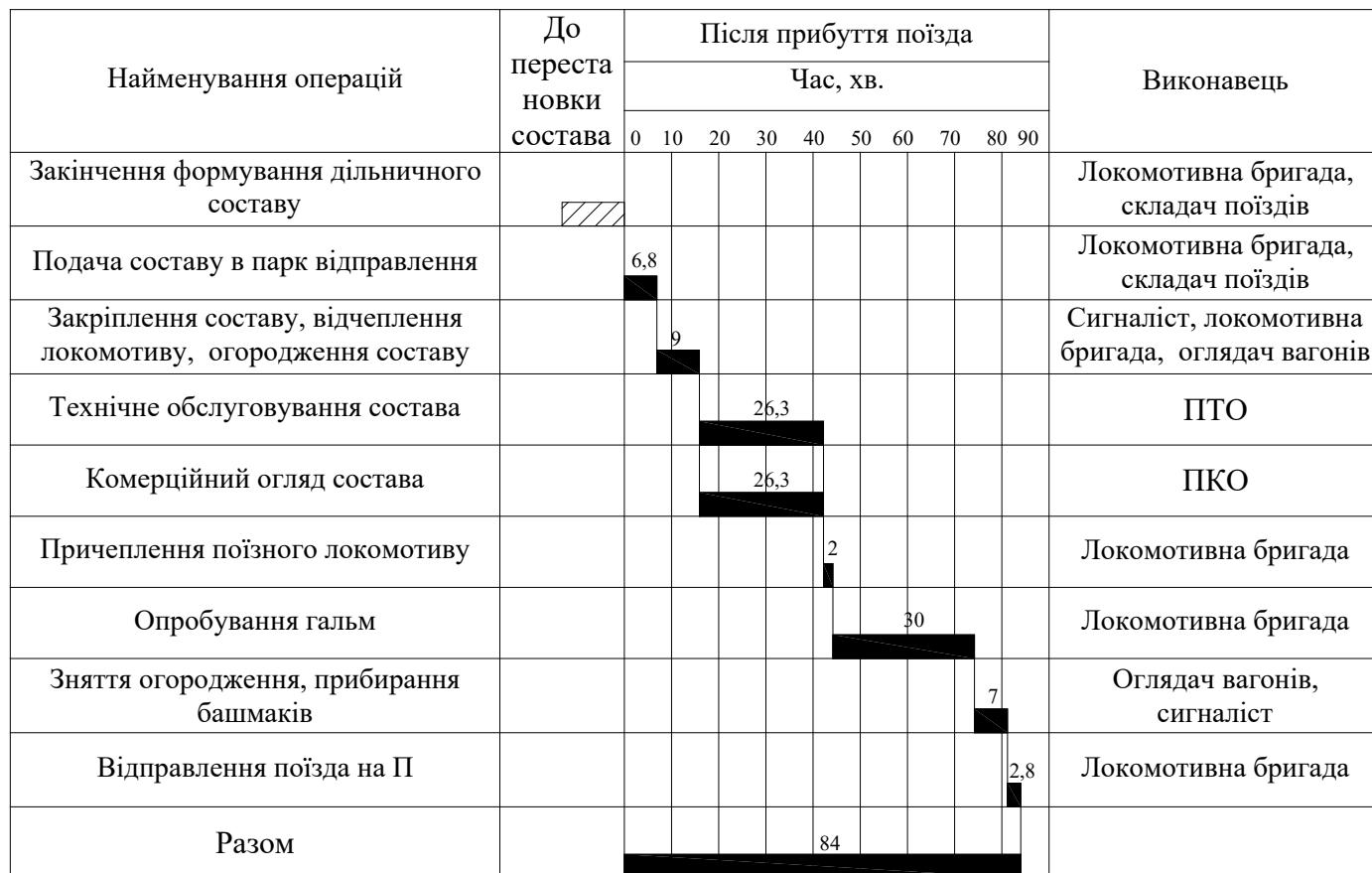


Рисунок 6.5 - Графік обробки поїзда свого формування

## 6.2 Побудова добового плану-графіку і розрахунок основних показників роботи дільничної станції О

Добовий план-графік роботи дільничної станції О є графічною імітаційною моделлю, яка призначена для виявлення найбільш доцільних умов взаємодії всіх складових підрозділів станції.

Добовий план-графік побудований на основі даних та розрахунків у попередніх розділах, а також розкладу руху поїздів, який наведено у Додатку Б.1, а також даних про состав поїздів, що прибувають у розформування (Додаток Б.2).

Після закінчення складання плану-графіку визначаються показники функціонування станції, а саме:

- простій транзитного вагону без переробки;
- простій транзитного вагону з переробкою;
- середньозважена величина простою транзитного вагону;
- робочий парк вагонів;
- коефіцієнти використання маневрових локомотивів;
- коефіцієнти завантаження бригад ПТО.

Простій транзитного вагону без переробки визначаємо за формулою [25]:

$$t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{бп}}}{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}}}, \text{ год} \quad (6.1)$$

де  $\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}}$  – сумарні вагоно-години простою транзитних поїздів без переробки у парках;

$n_{\text{тр}}^{\text{бп}}$  – загальне число вагонів у транзитних поїздах, що прибувають на станцію без переробки.

Простій транзитного вагону без переробки складає:

- для парку ПВ1:

$$\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 2222 \text{ ваг-год}, n_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 1007 \text{ ваг}, \text{ тоді}$$

$$t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{2222}{1007} = 2,2 \text{ год}$$

- для парку ПВ2:

$$\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 4131 \text{ ваг-год}, n_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 2067 \text{ ваг}, \text{ тоді}$$

$$t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{4131}{2067} = 2 \text{ год}.$$

Простій транзитного вагону з переробкою визначаємо за формулою:

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{відпр}}, \text{ год.} \quad (6.2)$$

де  $t_{\text{пр}}$  – середній час простою транзитних вагонів з переробкою під обробкою по прибутті;

$t_{\text{нак}}$  – середній час простою вагонів під накопиченням у сортувальному парку;

$t_{\text{відпр}}$  – середній час знаходження составів свого формування під обробкою по відправленню у ПВ2.

Вищевказані величини обчислюються за наступним виразом [25]:

$$t_i = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i} \quad (6.3)$$

Простій транзитного вагону з переробкою складає:

$$t_{\text{пр}} = \frac{850}{521} = 1,63 \text{ год};$$

$$t_{\text{нак}} = \frac{2570}{521} = 4,93 \text{ год};$$

$$t_{\text{відпр}} = \frac{1020}{521} = 1,96 \text{ год};$$

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = 1,63 + 4,93 + 1,96 = 8,52 \text{ год}.$$

Середньозважену величину простою транзитного вагону визначаємо за формулою [32]:

$$t_{\text{пр}} = \frac{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{бп}} + \sum n_{\text{тр}}^{\text{зп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{зп}}}{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} + \sum n_{\text{тр}}^{\text{зп}}} \quad (6.4)$$

$$t_{\text{пр}} = \frac{2222+4131+4440}{1007+2067+521} = 3 \text{ год}.$$

Робочий парк вагонів розраховується за формулою:

$$n_p = \frac{n_{\text{тр}}^{\text{сп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{сп}} + n_{\text{тр}}^{\text{бп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{бп}}}{24}; \quad (6.5)$$

$$n_p = \frac{2222+4131+4440}{24} = 450 \text{ ваг.}$$

Коефіцієнт завантаження кожного маневрового локомотиву визначаємо за формулою:

$$K_{\text{л}} = \frac{\sum t_{\text{ман}}}{24 - T_{\text{тп}}}, \quad (6.6)$$

де  $\sum t_{\text{ман}}$  – сумарні локомотиво-години роботи маневрового локомотива, згідно добового плану-графіку;

$T_{\text{тп}}$  – тривалість технологічних перерв.

Згідно Додатку А.3 тоді коефіцієнт завантаження гірочного локомотива складає:

$$K_{\text{л}}^1 = \frac{3,9}{24-2} = 0,18.$$

Коефіцієнт завантаження хвостового локомотива:

$$K_{\text{л}}^2 = \frac{9,1}{24-2} = 0,41.$$

Завантаження бригад ПТО парків станції визначається як:

$$\varphi = \frac{\sum t_{\text{то}}}{S(24-1)}, \quad (6.7)$$

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

$S$  – кількість бригад в парках станції.

Згідно з добовим планом-графіком маємо:

– для парку ПВ1:

$$\varphi = \frac{17}{1(24-1)} = 0,74;$$

– для парку ПВ2:

$$\varphi = \frac{21,9}{1(24-1)} = 0,95.$$

Розрахувавши показники добового план-графіку станції можна зробити висновок, що завантаження бригади ПТО парку ПВ2 значно перевищує раціональне значення ( $0,95 > 0,85$ ), тому необхідно збільшити кількість бригад в ПВ2, що зменшить їх завантаження, а також простій поїздів в приймально-відправному парку.

## **7 БЕЗПЕКА РУХУ ПОЇЗДІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ МАНЕВРОВОЇ РОБОТИ, ФОРМУВАННЯ ТА ПРОПУСКУ ПОЇЗДІВ З ВАГОНАМИ, ЗАВАНТАЖЕНИМИ НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВАНТАЖАМИ КЛАСУ 1 (ВИБУХОВИМИ МАТЕРІАЛАМИ)**

Для організації поїзної і маневрової роботи з вагонами, завантаженими вибуховими матеріалами (далі ВМ), використовується інформація, що є в перевізних документах [30]. У перевізних документах на вагони з вибуховими матеріалами у графі "Найменування вантажу" вказується найменування цього вантажу або його умовний номер згідно з "Правилами перевозок опасных грузов по железным дорогам".

Крім того, у перевізних документах можуть проставлятися додаткові штампелі: "Виключити гальмо"; "Секція. Не розчіпляти"; "У супроводі спеціаліста"; "Охорона МО", "Охорона вантажовідправника", "Охорона МВС", "Охорона залізниці", "З пічним опаленням" та інші. Відомості, що містяться у цих штампелях, служать підставою для організації безпечної маневрової роботи, формування поїздів і сповіщення причетних працівників про майбутню роботу з вагонами, завантаженими вибуховими матеріалами.

Забороняється передавати відомості про поїзди та вагони з вибуховими матеріалами або про їх стоянку особам, які не приймають участі в обслуговуванні поїздів і вагонів.

Порядок використання паркового зв'язку залізничних станцій для сповіщення про роботи, що проводяться з вагонами, завантаженими вибуховими матеріалами, встановлюється місцевою Інструкцією.

Під час пред'явлення до перевезення вибухового матеріалу вантажовідправник повинен додавати до накладної аварійну картку або вказати в ній номер аварійної картки на даний вибуховий матеріал. На зворотному боці дорожньої відомості форми ГУ-29-а робляться позначки - "Аварійна картка додається" або "Аварійна картка номер \_\_\_\_\_".

Маневровий локомотив, що виконує на станції маневрову роботу, обов'язково має бути обладнаний радіозв'язком, а складач поїздів - мати справну переносну

радіостанцію. В разі несправності радіозв'язку маневри мають проводитися складською бригадою з двох осіб.

Складач поїздів або інші працівники станції перед початком проведення маневрів з вагонами, завантаженими вибуховими матеріалами, чи розпуску таких вагонів з гірки зобов'язані попередити про наступні маневри осіб, які супроводжують ці вантажі або здійснюють їх охорону згідно з вимогами місцевої інструкції про порядок роботи з вагонами, завантаженими вибуховими матеріалами.

Не допускається передача машиністом управління локомотивом помічнику при проведенні маневрів з вибуховими матеріалами.

Вагони з вибуховими матеріалами і цистерни із зрідженими газами на дільничній станції О накопичуються на спеціально відведеній колії сортувального парку – колії № 27. Такі вагони мають бути зчеплені, надійно закріплені гальмовими башмаками й огорожені переносними сигналами зупинки відповідно до вимог Інструкції з сигналізації на залізницях України. Стрілки, що ведуть на колії стоянки таких вагонів СП №324, №319, устанавлюються у положення, що виключає можливість заїзду на ці колії, і замикаються. Порядок замикання і зберігання ключів від цих стрілок указується в технічно-розпорядчому акті станції.

Перед подаванням вагонів під навантаження вибухових матеріалів маневровий диспетчер (черговий по станції) у порядку, встановленому в технічно-розпорядчому акті станції та місцевою інструкцією про порядок роботи з вагонами, завантаженими вибуховими матеріалами, зобов'язаний за окремим журналом ф. ВУ-14 переконатися у тому, що вагони оглянуті і визнані придатними в технічному відношенні для перевезення вибухових матеріалів відповідно до вимог "Правил перевозок опасных грузов по железным дорогам".

Забороняється подавати під навантаження небезпечних вантажів вагони і контейнери без технічного огляду і визначення їх придатними для перевезення цих вантажів. Огляд вагонів і контейнерів проводиться у порожньому стані у день навантаження фахівцями вагонного господарства..



Закріплення вагонів, завантажених вибуховими матеріалами, на вантажно - розвантажувальних та інших станційних коліях проводиться в порядку, встановленому у технічно-розпорядчому акті станції.

Вагони з вибуховими матеріалами під час подавання (забирання) їх на під'їзні колії підприємств і організацій повинні мати прикриття відповідно до норм, передбачених у додатку 6 [30]. Швидкість переміщення маневрового состава по під'їзних коліях не повинна перевищувати 15 км/год.

Порядок подавання та забирання вагонів на під'їзних коліях встановлюється договором на експлуатацію залізничної колії, а при обслуговуванні під'їзної колії локомотивом залізниці - договором на подачу забирання вагонів.

Небезпечні вантажі класу 1 (вибухові матеріали) можуть ставитися у вантажні поїзди окремими вагонами, групами вагонів з необхідним прикриттям, сформованими у межах норм ваги й довжини, передбачених графіком руху поїздів, а також відправлятися маршрутами, що не перевищують місткість приймально-відправних колій на ділянках їх прямування.

Вагони з вибуховими матеріалами, що підлягають перевезенню тільки з виключеними автогальмами, ставляться в поїзд групами не більше восьми осей в одній групі, а в хвості поїзда перед останніми двома гальмівними вагонами - не більше чотирьох осей. Останні два вагони мусять мати справно діючі ввімкнені автогальма.

Між сортувальними і дільничними станціями вагони з вибуховими матеріалами можуть прямувати зі всіма вантажними поїздами відповідно до плану формування. Такі вагони з проміжних станцій на найближчі дільничні чи сортувальні станції та у зворотному напрямку передаються зі збірними, вивізними поїздами або диспетчерськими локомотивами, а між станціями вузла і передвузловими станціями - з передавальними та вивізними поїздами.

При наявності у перевізних документах штампеля "Прикриття" і постановці у поїзд вагонів з вибуховими матеріалами, а також при виконанні маневрової роботи,

маневровий состав повинний мати прикриття не менше мінімальних норм, передбачених у Додатку 6 [30].

Як прикриття в поїздах, в яких прямують вагони з вибуховими матеріалами, мають ставитися вагони, завантажені безпечними і не легкогорючими вантажами або порожні вагони, в тому числі й порожні цистерни.

Порожні вагони мають бути очищені від залишків легкогорючих вантажів і сміття, двері та люки закриті. Порожні цистерни мають бути очищені від залишків вантажу, кришки люків закриті. Не допускається використовувати, як прикриття, спеціальні цистерни, а також цистерни, спеціалізовані для перевезення небезпечних вантажів.

Поїзди, до складу яких включені вагони з вибуховими матеріалами, під час прямування по ділянках мають знаходитися під постійним контролем поїзного диспетчера, чергових по станціях, які зобов'язані вживати заходів, що забезпечують своєчасне і безпечне прямування цих поїздів.

Про наступне відправлення поїзда, в складі якого є вагони з вибуховими матеріалами, черговий по станції формування поїзда завчасно повідомляє поїзного диспетчера.

Машиніст поїзного локомотива після одержання перевізних документів до відправлення поїзда зі станції повинен переконатися за натурним листом про наявність і розміщення вагонів з вибуховими матеріалами у складі поїзда.

Перед відправленням з дільничних станцій поїзда, у складі якого є вагони з вибуховими матеріалами, поїзний диспетчер зобов'язаний повідомити про це станції прямування і диспетчерів сусідніх диспетчерських ділянок реєстрованим диспетчерським наказом.

Про очікуване прибуття поїзда з вибуховим матеріалом черговий по станції зобов'язаний повідомити працівників пункту технічного обслуговування, комерційного огляду, воєнізованої охорони залізниці та інших працівників, що здійснюють обробку поїзда і вагонів з вибуховими матеріалами під час стоянки.

Поїзди, до складу яких входять вагони з вибуховими матеріалами, мають прийматися на колії, вказані в технічно-розпорядчому акті станції. На дільничній станції О для зупинки таких поїздів виділена приймально-відправна колія № 32 парку ПВ2.

У разі необхідності відчіпного ремонту вагонів, що входять до складу секцій спеціального рухомого складу для перевезення вибухових матеріалів, а також спеціально сформованих схем, такі вагони можуть бути відчеплені від секції (схеми) і подані на ремонтні колії тільки за згодою і під наглядом спеціаліста, який супроводжує вантаж, начальника караулу. У цьому випадку весь склад секції (схеми), в якій виявлений вагон, що вимагає відчіпного ремонту, затримується. Відремонтовані вагони мають бути включені у відповідне місце секції (схеми). Якщо порожній вагон секції (схеми) через технічну несправність не може прямувати до станції призначення, за заявкою спеціалістів, які супроводжують вантаж, або начальника караулу, він може бути відчеплений від секції (схеми) і відправлений за новим призначенням з відповідним оформленням перевізних документів.

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

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

Прямування поїзда з вагонами, що мають несправності, виявлені засобами автоматичного контролю технічного стану рухомого складу і його ходових частин, забороняється.

При виникненні аварійної ситуації з вибуховими матеріалами в межах станції черговий по станції зобов'язаний повідомити про те, що сталося, поїзному диспетчеру

та начальнику станції і встановити можливість та умови подальшого пропускання поїздів, проведення маневрової роботи, і в разі необхідності вжити заходи до припинення руху поїздів і маневрів.

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

Про всі випадки з такими поїздами та вагонами поїзний диспетчер зобов'язаний повідомити чергового дирекції залізничних перевезень і разом з ним негайно вживати заходи до якнайшвидшої ліквідації наслідків аварійної ситуації.

Черговий дирекції залізничних перевезень зобов'язаний повідомити про те, що трапилося, начальника дирекції та старшого дорожнього диспетчера служби перевезень, який в свою чергу повідомляє заступника начальника залізниці.

## ВИСНОВКИ

Процес автоматизації проектування залізничних станцій та вузлів є складною комплексною проблемою, що включає не тільки формальний опис структури колійного розвитку, а й тісно пов'язані завдання топографічного, економічного, кліматичного і екологічного характеру.

Проектування розділяють на неавтоматизоване (ручний режим), автоматизоване і автоматичне. Проектування, при якому всі проектні рішення або їхня частина одержують шляхом взаємодії людини й ЕОМ, називають автоматизованим, на відміну від ручного (без використання ЕОМ) або автоматичного (без участі людини на проміжних етапах).

Існуючі методи проектування роздільних пунктів і автоматизоване проектування мають концептуальні відмінності. Механічне конструювання схеми станції не дозволяє формувати і відслідковувати її складну структуру. Автоматизоване проектування дозволяє вирішувати проблему з позицій всебічного врахування всього спектру безперервних і дискретних станційних процесів. Схема роздільного пункту розглядається як динамічна структура, що має передісторію і перспективу розвитку. Зміни відбуваються як на мікрорівні (подовження колій перебудову горловин), так і на макрорівні (зміна характеру роботи станції і її ролі в роботі залізничного вузла).

Досвід дослідження транспортних систем дозволив виробити такі основні підходи до їх моделювання: аналітичний детермінований; графічний метод; імітаційне моделювання.

Автоматизація проектування – невід'ємна складова сучасного науково-технічного прогресу. Проектування технічних об'єктів без автоматизації вимагає занадто великих часових і людських ресурсів.

Залізничні станції – складна динамічна система, для опису та проектування якої слід застосовувати сучасні програмні засоби та методики, питання розробки яких наразі є актуальним.

В дипломній роботі виконано реконструкцію дільничної станції О у зв'язку зі

збільшенням обсягу транзитного вагонопотоку. Так, за розрахунками визначено, що колійний розвиток парного приймально-відправного парку не відповідає поточним розмірам руху поїздів. У зв'язку з цим запропоновано по два варіанта реконструкції плану парку ПВ2, а також варіант реконструкції колійного розвитку сортувального парку.

Порівняння запропонованих варіантів реконструкції горловин парку ПВ2 виконане за допомогою найбільш завантаженого елемента: найбільш завантаженим елементом непарної горловини в обох варіантах є елемент №4 ( $K_1=0,133$ ;  $K_2=0,180$ ); 2-ий елемент - найбільш завантажений в парній горловині ( $K_1=0,265$ ;  $K_2=0,230$ ). Оскільки коефіцієнти завантаження елементів горловин є незначними і не перевищують їх раціональне значення, то остаточно вибір варіантів реконструкції горловин парного приймально-відправного парку виконано після розрахунку модифікованих приведених витрат.

За результатами виконаних розрахунків можна зробити висновок: для непарної горловини МПВ для другого варіанта реконструкції складають 5035,11 тис. грн, що на 9% (484,66 тис. грн) менше, порівняно з першим варіантом; для парної горловини МПВ для другого варіанта складають 1734,21 тис. грн, що на 48% (1600,08 тис. грн) менше, в порівнянні з першим. Отже остаточно прийнято варіант №2 для обох горловин парку ПВ2.

Для обраних варіантів реконструкції побудовано остаточний план колійного розвитку дільничної станції О, а також розроблено технологію обслуговування поїздів з урахуванням збільшення кількості поїздів, що прибувають на станцію. Так, після збільшення транзитного вагонопотоку та за розрахунками, бригаду ПТО збільшено на одну групу оглядачів. Це, в свою чергу, дало можливість зменшити тривалість обслуговування составів поїздів в парках станції.

Після проведених розрахунків та удосконалення технології роботи станції, побудовано добовий план-графік роботи дільничної станції О, а також визначено його показники. Так, визначено, що «вузьким» місцем в роботі станції є недостатня кількість бригад ПТО в парному приймально-відправному парку станції ( $\varphi = 0,95$ ). Тому необхідно збільшити кількість бригад в ПВ2, що зменшить їх завантаження, а також простій поїздів в приймально-відправному парку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кулешов, В.В. Удосконалення конструкції сортувальної станції при швидкісних перевезеннях в умовах змінення обсягів роботи [Текст] / В.В. Кулешов, Є.Л. Гронський // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2015. - №154. - С-80-87].
2. Транспортна стратегія України на період до 2020 року [Електронний ресурс]: схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1555-р. – Режим доступу: [www/URL: http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html](http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html)/ 10.12.2009.
3. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки [Електронний ресурс]: в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 р. № 1106. – Режим доступу: [www/URL: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1106-2011](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1106-2011)
4. Данько, М.І. Визначення парку вагонів операторських компаній для забезпечення перевезень вантажів залізничним транспортом [Текст] / М.І. Данько, В.В. Кулешов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. - Вип. 57. – С. 121-128.
5. Данько, Н.И. Разработка организационно-технологической модели управления парком грузовых вагонов разной формы собственности [Текст] / Н.И. Данько, Д.В. Ломотько, В.В. Кулешов // Инновационный транспорт. Научно-публицистическое издание. – 2012. – №4(5). – С. 8-13.
6. Кулешов, В.В. Удосконалення технології перевезень парком вагонів операторських компаній на станціях вузла [Текст] / В.В. Кулешов, О.Ю. Толбатов, Т.Р. Чурилик // Зб. наук. праць ІППК УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 135. – С. 107-113.
7. Кулешов, В.В. Удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускнуєї спроможності залізничних транспортних систем [Текст] / В.В. Кулешов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124. – С. 83-90.

8. Железнодорожные станции и узлы: учебник [Текст] / под ред. В. М. Акулиничева. - Москва : Транспорт, 1992. - 479 с.
9. Железнодорожные станции и узл: учебник / под ред. В.И. Апатцева и Ю.И. Ефименко. – М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. – 2014. – 838 с.
10. Матвійків, О. Інженерне проектування складних об'єктів і систем [Електронний ресурс] / О. Матвійків, С. Ткаченко, В. Хаханов - Режим доступа: <http://cad.lp.edu.ua/project/b2.pdf>
11. Козлов, П. Оценка инфраструктурных транспортных проектов методом моделирования [Текст] / П. Козлов, А. Александров // Транспорт Российской Федерации. – 2006. - №5. - С.43-44
12. Персианов, В. А. Сущность системного подхода и его применение на транспорте[Текст] / В. А. Персианов Т.Н. Сакульева // Вестник Университета. – 2014. - № 12. – С. 64-66.
13. Алаев, М. М. Формализация элементов схем станций для расчетов на ЭВМ [Текст] / М. М. Алаев // Проблемы наращивания мощности станций и узлов: межвуз. сб. науч. тр. – Вып. 765. – М.: МИИТ, 1985. – С. 58-59.
14. Корешков, В. Н. Способ представления схемы сортировочной станции в ЭВМ [Текст] / В. Н. Корешков // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: межвуз. сб. науч. тр. – Гомель: БелИИЖТ, 1985. – С. 91-96.
15. Чернов, В. Н. Формализация схем железнодорожных станций для графического отображения на ЭВМ [Текст] / В. Н. Чернов, В. С. Пивоваров // Вопросы совершенствования системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов: межвуз. сб. науч. тр. – Вып. 214/54. – Ташкент: ТашИИТ, 1989. – С. 8-13.
16. Головнич, А. К. Автоматизированное проектирование железнодорожных станций [Текст] / А. К. Головнич. – Гомель: БелГУТ, 2001. – 202 с.
17. Бобровский, В. И. Структурные модели путевого развития железнодорожных станций для автоматизированного проектирования [Текст] / В. И. Бобровский // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1997. – № 3. – С. 58-63.



18. Бобровский, В. И. Теоретические основы совершенствования конструкции и технологии работы железнодорожных станций [Текст] : автореф. дисс. докт. техн. наук / Бобровский Владимир Ильич; Днепрпетр. нац. ун-т железнодорожного трансп. – Д., 2002. – 36 с.
19. Бобровский, В. И. Формализованное представление и расчет планов путевого развития крупных железнодорожных станций [Текст] / В. И. Бобровский, В. В. Малашкин // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 31. – С. 226–231. УДК 656.212.]
20. Бобровский, В. И. Модели, методы и алгоритмы автоматизированного проектирования железнодорожных станций: монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин. – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2010. – 156 с.
21. Малашкін, В. В. Підвищення ефективності функціонування залізничних станцій на основі реалізації раціональної черговості заходів по удосконаленню їх техніко-технологічних параметрів / В. В. Малашкін // Зб. наук. праць ДНУЗТ: Серія «Транспортні системи і технології перевезень», Вип. 8. – Д.: ДНУЗТ, 2014. – С. 100-109.
22. Вернигора, Р. В. Комплексна оцінка конструкції колійного розвитку залізничних станцій на основі методів теорії прийняття рішень / Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін // Зб. наук. праць ДНУЗТ: Серія «Транспортні системи і технології перевезень», Вип. 3. – Д.: ДНУЗТ, 2012. – С. 25-30.
23. Малашкін, В.В. Система автоматизованого синтезу колійного розвитку залізничних станцій [Текст]/ В. В. Малашкін // Вісник НТУ «ХП». – 2015. - №14 (1123). – С.107-113
24. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст]: / Гребенюк П.Т Долганов А.Н. Некрасов О.А. Лисицын А.Л. и др.—М.: Транспорт, 1985. 287 с
25. Сотников И. Б. Эксплуатация железных дорог: в примерах и задачах. – М.: Транспорт, 1990
26. Проектування дільничної станції, [Текст]: методичні вказівки до практичних занять і курсової роботи з дисципліни «Залізничні станції та вузли»: уклад.: М. П. Божко, В. В. Малашкін, М. І. Березовий; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад.

В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2012. – 27 с.

27. Правила технічної експлуатації залізниць України - К.: Транспорт України, 1995. - 256 с.

28. Апатцев В.И., Болотный В.Я. Проектирование участковых станций: Уч. пос. [Електронний ресурс] — М.: РГОТУПС, 2003. — 382 с. — Режим доступа: [http://static.scbist.com/scb/uploaded/1\\_1338268329.pdf](http://static.scbist.com/scb/uploaded/1_1338268329.pdf)

29. Методы экономической оценки инвестиционных проектов на транспорте. Учеб.-метод. пособие / Сост. Ю. Ф. Кулаев. – К.: Транспорт України, 2001. – 182 с.

30. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України. Затверджено наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 31 серпня 2005 р. № 507 - К.:Імпрес. - 2005. – 148 с.

31.