

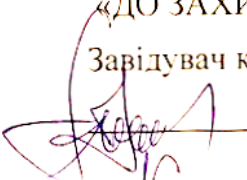
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Кафедра «Транспортні вузли»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

 / М. І. Березовий /

« 16 » 12 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **27 Транспорт**

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

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

Тема **Удосконалення конструкції та технології роботи з місцевими вагонами на станції**

Theme **Improving the design and work technology with local wagons at the station**

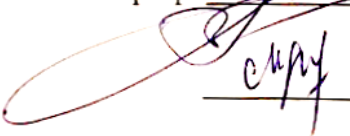
Керівник дипломної роботи

доц.  І. Я. Сковрон

Нормоконтролер

проф.  Р. В. Вернигора

Студент групи УЗ2021

 В. В. Мосійчук

Student

Vladyslav Mosiichuk

Дніпро – 2021

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

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

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

Освітня програма 275.02 «Транспортні технології на залізничному транспорті»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

_____ / М. І. Березовий /
(підпис)

2021 р. _____ «____»

ЗАВДАННЯ

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

отримав студент групи УЗ2021 Мосійчук Владислав Володимирович
(номер групи) (ПІБ)

1. Тема дипломного проекту (роботи): Удосконалення конструкції та технології роботи з місцевими вагонами на станції

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

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

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

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки):

(див. календарний план)

5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу)

1. План сортувальної станції О

2. План та профіль сортувальної гірки; графіки швидкості та часу

3. Добовий план-графік роботи сортувальної станції О

6 Перелік мультимедійного демонстраційного матеріалу (слайдів)

титульний слайд; мета, об'єкт, предмет дослідження; діаграма вагонопотоків; діаграма поїздопотоків; групи та перелік методів; характеристика вибраних методів; приклад формування; залежність $T_{\text{ф}}=f(G,n)$ для комбінаторного методу; залежність $T_{\text{ф}}=f(G,n)$ для розподільчого методу; вибір кращого методу; ефект від вибору кращого методу; визначення економічних показників; показники добового план-графіку роботи станції; висновки; кінцевий слайд

7 Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу дипломного проекту	Термін виконання	Кількість аркушів	Обсяг розділу, %
1. Огляд шляхів покращення роботи з місцевими вагонами на станції	строк 1		17
2. Техніко-експлуатаційна характеристика сортувальної станції та аналіз її недоліків	строк 1	1	16
3. Визначення розрахункових обсягів роботи станції	строк 1		10
4. Нормування операцій та визначення технічного оснащення станції	строк 2		15
5. Аналіз роботи існуючої сортувальної гірки	строк 2	1	10
6. Дослідження технології роботи з місцевими вагонами	строк 3		20
7. Побудова добового план-графіку роботи станції та визначення основних показників її роботи	строк 3	1	12
Всього		3	

Дата видачі завдання: « 12 » жовтня 2021 р.

Керівник дипломної роботи

(підпис)

Сковрон І. Я.

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Мосійчук В. В.

(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків та 5 додатків. Повний обсяг проекту – 118 сторінок; з них основний текст на 109 сторінках містить 16 ілюстрацій, 35 таблиць та 72 літературних джерела.

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

Метою даної дипломної роботи є удосконалення технології роботи сортувальної станції О в умовах роботи з місцевими вагонами.

В роботі визначені обсяги роботи сортувальної станції О, виконано аналіз недоліків її конструкції та технології, перевірено відповідність колійного розвитку визначеним обсягам роботи, проаналізовані варіанти технології багатогрупної підбірки місцевих вагонів на станції і запропоновано раціональний підхід до вибору методу формування, а також перевірено працездатність станції за допомогою добового плану-графіку.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: УДОСКОНАЛЕННЯ, СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ, ТЕХНІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ РОБОТИ, МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ, ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ШЛЯХІВ ПОКРАЩЕННЯ РОБОТИ З МІСЦЕВИМИ ВАГОНАМИ НА СТАНЦІЇ	8
1.1 Короткий опис проблеми формування місцевих вагонів.....	8
1.2 Етапи становлення спеціалізованих пристроїв для роботи з місцевими вагонами	8
1.3 Шляхи покращення технології формування багатогрупних составів.....	16
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ О ТА АНАЛІЗ ЇЇ НЕДОЛІКІВ	24
2.1 Характеристика технічного оснащення станції О	24
2.2 Характеристика експлуатаційної роботи станції О	25
2.3 Аналіз недоліків станції О та постановка задачі дипломної роботи	27
3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ.....	28
3.1 Розрахунок маси та кількості вагонів у составі вантажного поїзду	28
3.2 Розрахункові розміри вагонопотоків станції О	32
3.3 Розрахункові розміри поїздопотоків станції О.....	34
3.4 Визначення потрібної пропускної спроможності прилеглих ділянок	36
4 НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ СТАНЦІЇ.....	38
4.1 Розрахунок кількості колій в приймально-відправних парках	38
4.2 Розрахунок середньозваженого часу зайняття колії поїздом	40
4.3 Розрахунок інтервалів прибуття поїздів із прилеглих ліній	52
4.4 Розрахунок кількості колій у парках станції	57
4.5 Розрахунок кількості колій у сортувальному парку С станції О	58
4.6 Розрахунок кількості маневрових локомотивів.....	58

					0042.160275.ДР.2021.000		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Мосійчук				Удосконалення конструкції та технології роботи з місцевими вагонами на станції	Стадія	Аркуш
Керівник	Сковрон					Н	4
						ДНУЗТ	
Н. контр.	Вернигора						
						Аркушів	118

5 АНАЛІЗ РОБОТИ ІСНУЮЧОЇ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ.....	60
5.1 Визначення висоти сортувальної гірки.....	60
5.2 Перевірка поздовжнього профілю сортувальної гірки	66
5.3 Графіки втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів.....	68
5.4 Побудова графіків швидкості і часу руху розрахункових бігунів	70
5.5 Перевірка умов розділення відчепів на розділових елементах гірки.....	72
5.6 Визначення переробної здатності сортувальної гірки	75
6 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ З МІСЦЕВИМИ ВАГОНАМИ	77
6.1 Характеристика проблеми роботи з місцевими вагонами	77
6.2 Характеристика методів формування багатогрупних составів.....	78
6.3 Характеристика імітаційної моделі процесу формування	83
6.4 Аналіз процесу формування багатогрупних составів	84
6.5 Рекомендації щодо вибору кращої технології формування.....	88
6.6 Визначення ефекту від використання запропонованої технології	89
6.7 Визначення економічних показників для раціональної технології підбірки місцевих вагонів	91
7 ПОБУДОВА ДОБОВОГО ПЛАН-ГРАФІКУ РОБОТИ СТАНЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЇЇ РОБОТИ	95
7.1 Вихідні дані для розробки добового плану-графіка.....	95
7.2 Розробка добового плану-графіку роботи станції	96
7.3 Визначення показників добового плану-графіку роботи станції	96
ВИСНОВКИ	101
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	102
ДОДАТОК А. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	110
ДОДАТОК Б. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ.....	112
ДОДАТОК В. ДАНІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ДОБОВОГО ПЛАН-ГРАФІКА	114
ДОДАТОК Г. МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ПРЕЗЕНТАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ.....	117
ДОДАТОК Д. ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	118

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВГ – вершина гірки

ВК – витяжна колія

ГП – гальмівна позиція

ГСП – гірка середньої потужності

ДП – дуже поганий бігун

ДСЦ – маневровий диспетчер

КМ – комбінаторний метод формування багатогрупних составів

ПВП – приймально-відправний парк

ППП – паркова гальмівна позиція

ПКО – пункт комерційного огляду

ПТО – пункт технічного огляду

ПТЕ – правила технічної експлуатації

ПФП – план формування поїздів

РМ – розподільчий метод формування багатогрупних составів

РТ – розрахункова точка

СГ – сортувальна гірка

СП – сортувальний парк

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

СЦБ – сигналізація, централізація, блокування

Х – хороший бігун

ВСТУП

В умовах реформи транспортної системи України структура вагонопотоків на мережі Укрзалізниці може суттєво змінитися. Це особливо актуально у випадку приватизації залізниць України. Потенційна поява значної кількості операторів та власників рухомого складу, вантажовідправників і вантажоодержувачів призведе до збільшення кількості можливих призначень надходження вагонів. В результаті можливе зростання розмірів руху та обсягу роботи станцій, а також збільшення зайнятості інфраструктури перевізника і власників колій не загального користування, зростання простою рухомого складу та затримки доставки вантажів.

Як свідчить досвід приватизації залізниць інших країн пострадянського простору, можливе збільшення парку вагонів на мережі залізниць і зміна порядку їх обертання призведе до зростання обсягів повторного сортування як на сортувальних або вантажних станціях, так і на коліях не загального користування. Ситуація зі збільшенням кількості призначень, які формуються сортувальними станціями, може погіршитись у зв'язку з концентрацією переробки вагонопотоків (в тому числі, місцевих), на цих станціях в процесі вдосконалення їх технічного оснащення та автоматизації виробничих процесів. Однак такого роду модернізація рідко приводила до якісної зміни колійного розвитку станцій, конструкції сортувальних пристроїв, адаптації їх до змінної структури вагонопотоків, що переробляються, та технології роботи.

Таким чином, універсальне технічне оснащення залізничних станцій, як правило, в більшості випадків є мало пристосованим до виконання багатогрупної добірки вагонів. У зв'язку з цим проблема ефективного формування багатогрупних составів як на технічних так і на невеликих станціях не може вважатися повністю вирішеною, і саме тому вказане питання буде вирішуватись в даній дипломній роботі.

1 ОГЛЯД ШЛЯХІВ ПОКРАЩЕННЯ РОБОТИ З МІСЦЕВИМИ ВАГОНАМИ НА СТАНЦІЇ

1.1 Короткий опис проблеми формування місцевих вагонів

Одним із варіантів забезпечення конкурентоздатності залізничного транспорту є зниження собівартості процесу перевезень за рахунок покращення транспортного обслуговування вантажовласників, забезпечення раціонального проектування та ефективного функціонування залізничних станцій.

Основною задачею сортувальних станцій, до яких відноситься і станція О, є переробка частини транзитного вагонопотоку, що прибуває на станцію в поїздах у розформування, в число яких входять як одногрупні так і багатогрупні состави; як відомо до багатогрупних составів прийнято відносити збірні поїзди, технічні маршрути, подачі на під'їзні колії, вантажні фронти або причали.

З урахуванням специфіки розформування-формування багатогрупних составів на сортувальній станції, можна відзначити надзвичайну важливість удосконалення технічних засобів, які використовуються для формування таких составів, та підвищення ефективності технології роботи станцій з ними. Дослідження станційних процесів, що відбуваються при формуванні багатогрупних составів, будуть виконуватися шляхом імітаційного моделювання за допомогою засобів обчислювальної техніки та відповідного програмного забезпечення.

У зв'язку з вищевикладеним, в даному розділі виконаний аналіз робіт вітчизняних та зарубіжних вчених, присвячених проблемам організації та вдосконалення процесу формування багатогрупних составів, вибору спеціалізованих технічних засобів, застосування імітаційних моделей та ін..

1.2 Етапи становлення спеціалізованих пристроїв для роботи з місцевими вагонами

Формування багатогрупних составів є досить трудомістким процесом, особливо у порівнянні з формуванням одногрупних составів, внаслідок чого технічне оснащення станції, призначене в основному для останніх, не завжди доцільно використовувати для формування багатогрупних составів.

З метою удосконалення зазначеного процесу рядом вчених пропонувалися різні технічні рішення для формування багатогрупних составів, серед яких найбільш цікавими представляються секціонування групувальних колій, удосконалення конструкції основних сортувальних пристроїв, а також використання спеціалізованих сортувальних пристроїв для багатогрупної підбірки вагонів.

1.2.1 Секціонування групувальних колій для підбірки вагонів

Формування багатогрупних составів на витяжній колії є досить тривалим процесом, особливо при кількості груп, яка значно перевищує кількість наявних для формування колій.

Виходячи з цього М. Н. Норматовим та В. І. Аксьоновим було запропоноване виконання секціонування групувальних колій сортувальних парків для місцевого вагонопотоку та обґрунтована його ефективність. Зазначене конструкційне рішення дозволяло формувати багатогрупні состави практично без необхідності виконання витягування/збирання та повторного сортування вагонів [1].

Сортування вагонів здійснюється тільки їх осаджуванням з витяжної колії на відповідну секцію за допомогою маневрового локомотива. Використання профільованої витяжної колії дозволило б скоротити тривалість сортування вагонів по секціях, однак виникає проблема докочування вагонів, що мають призначення на дальні секції через як правило незначну висоту такого сортувального пристрою. Крім того, до недоліків запропонованого пристрою слід віднести необхідність точного врахування змінних параметрів груп вагонів при проектуванні даного технічного оснащення.

Подібне рішення для формування двогрупних та тригрупних составів було запропоновано Л. В. Абуладзе і А. Г. Біченевим [2]. Авторами вказувалося, що через недостатній колійний розвиток сортувальних парків для масового формування багатогрупних поїздів, секціонування колій сортувального парку і достатня їх довжина дозволить формувати як одnogрупні так і багатогрупні поїзди, що забезпечить скорочення як простоїв вагонів на станції так і обсягу маневрової роботи на витяжках формування. Авторами також були запропоновані вирази для ви-

значення довжини сортувальних колій, які призначені для накопичення багатогрупних поїздів.

Подальший розвиток питання спеціалізації сортувальних колій знайшов в наукових роботах Г. Ш. Телії. Ним були запропоновані різні конструкції підгіркового парку для формування багатогрупних поїздів і переробки місцевих вагонів [3-6].

Слід зазначити, що, незважаючи на ефективність та економічність, секціонування колій сортувальних або групувальних парків практично не використовується для скорочення тривалості формування багатогрупних поїздів при будівництві нових станцій.

1.2.2 Удосконалення основних сортувальних пристроїв станції з метою інтенсифікації формування багатогрупних составів

У 60-і роки XX сторіччя формування багатогрупних поїздів було незначним з огляду на непристосовані для цього схеми сортувальних станцій.

Н. П. Галатченко у своїх публікаціях відзначає низький рівень концентрації сортувальної роботи: понад 50% цієї роботи виконується на слаборозвинених безгірочних (переважно дільничних) станціях, через розпилення сортувальної роботи за час рейсу вагон переробляється в середньому 4 рази [7].

Розміщення сортувальних станцій та їх колійний розвиток того часу не відповідали умовам концентрації маневрової роботи і раціональної організації перевезень. Автором пропонується скоротити до мінімуму будівництво нових станцій малої потужності і закрити ряд безгіркових станцій. Замість цього на думку Н. П. Галатченко кошти слід направити на розвиток опорних та будівництво потужних односторонніх сортувальних станцій з максимальним розвитком сортувальних парків (до 80-100 колій) при одній гірці, їх новітнє технічне оснащення та автоматизацію. Розрахунковий термін окупності запропонованих заходів за його розрахунками склав 2,1 року. За результатами проведених досліджень автором була запропонована формула для визначення економічно доцільної кількості колій в сортувальному парку (до 63 колій для механізованої гірки та до 86 колій для автоматизованої гірки з паралельним розпуском з двох колій) [7].

Удосконаленням схем сортувальних станцій в той період займалися й інші вчені і фахівці-залізничники, серед яких необхідно відзначити роботи А. В. Абуладзе, Е. А. Вертухова, А. М. Карпова, Л. Б. Тишкова і ряду інших.

Н. К. Сологуб і А. Б. Фокеев займалися дослідженнями проблеми вибору технічного оснащення та розміщення сортувальних пристроїв для переробки місцевих вагонопотоків у найбільших вузлах. На відміну від Н. П. Галатченко, автори вважають в ряді випадків доцільним розвивати технічне оснащення вантажних станцій вузла, на яких і буде відбуватися детальна підбірка вагонів за вантажними фронтами. Серед інших варіантів розглянуто також і застосування основної сортувальної гірки сортувальної станції вузла для детальної підбірки вагонів, а також виконання часткової вибірки на сортувальній станції з наступною детальною підбіркою на вантажній станції [8-10].

1.2.3 Використання спеціалізованих сортувальних пристроїв.

З метою прискорення роботи з формування багатогрупних составів і звільнення потужностей основного сортувального пристрою для переробки масового потоку вагонів на великих сортувальних станціях використовуються допоміжні сортувальні пристрої, обладнані в більшості випадків гіркою малої потужності. Підбірка груп вагонів багатогрупних составів у такому випадку виконується, як правило, на коліях окремих групувальних або групувально-сортувальних парків. Таке рішення дозволяє формувати багатогрупні состави ізолювано від виконання іншої маневрової роботи на станції.

В середині 70-х років XX сторіччя А. А. Іванько запропонував для виконання допоміжної сортувальної роботи використовувати гірку малої потужності в хвості основного сортувального парку [11]. При цьому для підбірки груп вагонів використовувалися частини колій сортувального парку. Зважаючи на це цікавим є питання організації безпечної роботи цієї гірки і поділ маневрової роботи на коліях зазначеного парку.

Узагальнюючи досвід станції Любліно-Сортувальна Московської дороги, а також інших передових сортувальних станцій, інженер А. Н. Сухоп'яткін зазначив, що застосування додаткових сортувальних пристроїв прискорює формування по-

їздів з вагонів місцевого потоку, дозволяє механізувати і автоматизувати даний процес [12-14]. В одній зі своїх публікацій автором були представлені формули для визначення раціонального колійного розвитку зазначених парків у залежності від кількості багатогрупних составів, що формуються. Згідно з отриманими розрахунками, при формуванні 5-50 багатогрупних составів, в середньому з 6 груп, необхідно в сортувально-групувальні парку наявність від 6 до 24 колій [14].

Крім цього, А. Н. Сухопяткіним були досліджені питання розрахунку раціональної довжини колій групувальних парків, яка залежить від розподілу кількості вагонів у групі. З метою скорочення суттєвої різниці в довжині колій було запропоновано групу з найбільшим числом вагонів розташувати на двох коліях, але в такому випадку потрібне збільшення розрахункової кількості колій [15, 16].

Інженер Е. В. Бакумов запропонував метод визначення кількості та довжини колій допоміжних сортувальних парків [17], а також ним були розроблені методичні вказівки з проектування допоміжних сортувальних пристроїв [18].

З метою підвищення ефективності переробки місцевих вагонів в 80-х роках ХХ сторіччя групою вчених було запропоновано використання послідовно розташованих основного і допоміжного сортувальних пристроїв. Суть даної пропозиції полягає в тому, що у разі розформування составу з переважною часткою транзитних вагонів на окремих коліях основного сортувального парку накопичуються місцеві вагони з подальшим їх сортуванням на допоміжному сортувальному пристрої безпосередньо за призначеннями. У разі, коли в составі переважає частка місцевих вагонів, такий состав пропускається без переробки на допоміжний сортувальний пристрій, де розформують за призначеннями, причому транзитні вагони направляються на відсівні колії допоміжного сортувального парку, звідки згодом передаються на повторну переробку на основний сортувальний пристрій, з метою подальшого сортування їх на колії основного сортувального парку за призначеннями [19].

Альтернативний пристрій формування багатогрупних составів запропоновано в [20]. Цей пристрій складається з основної сортувальної гірки і розташованих послідовно до неї сортувально-групувального та збірно-відправного парків.

Сортувально-групувальний парк оснащений вагоноуповільнювачами і розташовується на двох елементах профілю, перший з яких має неперискорюючий ухил, а другий – прискорюючий ухил. Функціонування даного сортувального пристрою передбачає попереднє накопичення вагонів на коліях сортувально-групувального парку в процесі розформування составу з гірки і подальший регульований пропуск вагонів на збірно-відправні колії. У цьому випадку на таких коліях багатогрупний состав буде формуватися в автоматичному режимі.

Однак, реалізація даного пристрою пов'язана зі значними капітальними витратами, і, крім цього, не можна не відзначити обмеження максимальної кількості груп вагонів числом колій сортувально-групувального парку.

Аналіз роботи ряду сортувальних станцій, виконаний У. Т. Тулягановим і У. Т. Бахадіровим, дозволив розробити рекомендації щодо вибору раціональної спеціалізації основної та допоміжної гірок, а також доцільного розміщення пристроїв, призначених для формування багатогрупних составів [21]. У 1980 р У. Т. Туляганов і С. С. Мацкель також займалися питанням спеціалізації основної та допоміжної гірок для формування поїздів різних категорій [22].

Н. П. Берліном були виконані розрахунки і оптимізація різних параметрів сортувальних пристроїв станцій, зайнятих переробкою місцевих вагонів [23].

В. В. Григор'єв на початку 90-х років ХХ сторіччя публікує ряд робіт, присвячених використанню допоміжних сортувальних пристроїв стосовно формування багатогрупних составів [24-27]. Автор відзначає недосконалість існуючої в той час технології формування багатогрупних составів, яка обумовлювала значні витрати маневрових засобів, високе завантаження хвостових горловин сортувальних парків та витяжних колій.

В якості одного з можливих шляхів вдосконалення сортувальної роботи з багатогрупними составами автором запропоновано застосування допоміжних сортувальних пристроїв для багатогрупної підбірки вагонів. Ним були розроблені різні схеми односторонніх сортувальних станцій з допоміжними сортувальними пристроями; вибір тієї чи іншої схеми визначався рядом факторів [27].

Узагальнений досвід вчених і практиків залізничного транспорту того часу був сконцентрований в ряді методичних вказівок по удосконаленню конструкції та оптимізації роботи гіркових сортувальних пристроїв, призначених для роботи з багатогрупними складами [28-30].

А. А. Абрамов в [31, 32] аргументує необхідність концентрації сортувальної роботи з багатогрупної підбірки на великих сортувальних станціях, але для цієї мети повинен використовуватися не основний сортувальний пристрій, а додатковий, з місцевим сортувальним парком. Основним фактором, що впливає на параметри цих парків, на думку автора, є середня кількість призначень місцевих вагонів у складі і кількість вагонів у кожній групі. На основі вивченої статистичними методами структури передавальних поїздів, ним були отримані аналітичні вирази для визначення кількості і довжини колій місцевих сортувальних парків.

В [33, 34] також розглянуто використання допоміжних сортувальних пристроїв для інтенсифікації процесу підбірки груп вагонів. При цьому авторами запропоновані схеми ефективного розташування таких пристроїв як на односторонніх, так і на двосторонніх сортувальних станціях.

Помітний внесок у вирішення проблеми оптимізації конструкції сортувальних гірок, а також підвищення ефективності їх експлуатації зробив сучасний вчений Огар А. М. [35, 36].

Аналізуючи все сказане вище, дана проблема зацікавила велике коло вчених та спеціалістів, однак, не дивлячись на значну кількість публікацій про допоміжні сортувальні пристрої, питанням оптимізації технології формування багатогрупних складів на таких пристроях приділено надто мало уваги, тому доцільно його вирішувати.

1.2.4. Технічні заходи щодо збільшення продуктивності роботи з багатогрупними складами на зарубіжних залізницях.

Одним із заходів щодо вдосконалення маневрової роботи з багатогрупними складами за кордоном, реалізація яких вимагає істотних економічних ресурсів, є застосування допоміжних сортувальних пристроїв.

В середині 60-х років на станціях залізниць країн Бенілюксу, а також Португалії та Швейцарії з добової переробкою на гірці до 2500 вагонів формування багатогрупних составів рекомендувалося виконувати на вільних кінцях колій сортувального парку в горловині, що протилежна гірочній. Якщо ж добова переробка перевищує 2500 вагонів, було рекомендовано частину колій сортувального парку виділити окремо у групувальний парк для формування тільки багатогрупних составів. Даний групувальний парк повинен бути обладнаний допоміжною гіркою малої потужності, розташованою з боку хвостової горловини основного сортувального парку [37].

На ряді станцій французьких залізниць для інтенсифікації маневрової роботи з формування багатогрупних составів також застосовувалися допоміжні сортувальні пристрої. Як вважають фахівці Франції, групувальні парки з довгими коліями дозволяють забезпечити одночасне формування кількох составів за допомогою лише одного сортування вагонів, виключаючи всі рейси з їх збирання, що вимагають великих витрат часу [37].

На противагу французьким, на станціях залізницях Італії групувальні парки, як правило, складалися з групи коротких тупикових колій; при цьому кількість останніх була значно більшою, ніж на станціях залізниць Франції [37].

Приблизно в цей же час допоміжні сортувальні пристрої широко стали застосовувати для формування багатогрупних составів на великих сортувальних станціях Великобританії, а також США і Канади. Як правило сортування вагонів з цих допоміжних сортувальних пристроїв виконувалася на колії групувального парку, які мають невелику довжину. Число таких колій визначалося максимально можливою кількістю груп багатогрупного составу і ступенем деталізації призначень вагонів і могло досягати 10-ти, а в особливих випадках і понад 20-ти колій; довжина цих колій розраховувалася, виходячи з характеру роботи станції і кількості вагонів у групах, і могла бути рівною від 100 м до 300 м [37].

С. Рау в [38] зазначив достатню трудомісткість сортувального процесу без використання гірки. З огляду на це ним було запропоновано ряд схем сортувальних станцій для збільшення ефективності їх роботи по формуванню таких соста-

вів. Найбільш цікавим є запропонована автором схема сортувальної станції з гіркою і допоміжною напівгіркою, застосування якої дозволить значно скоротити обсяг маневрової роботи з місцевими вагонами.

Використання даної схеми передбачає попереднє накопичення місцевих вагонів на коліях допоміжного парку, після чого вони сортуються з напівгірки на колії допоміжного сортувального парку. При необхідності вагони повторно подаються на напівгірку до повного формування багатогрупного составу. При цьому практично не використовуються потужності основної сортувальної гірки та основного сортувального парку.

Також автор в [38] вказує на те, що на залізницях Японії в цей період знайшла застосування більш ефективна схема колій, що отримала назву «ялинка». Дана конструкція розташовувалася послідовно з сортувальною гіркою та дозволяла пропускати вагони певних груп на виділену їм секцію. Для того щоб вагони не могли проїхати з однієї секції колій на іншу, на кінці кожної секції встановлювалося пристрій для зупинки вагонів – стоппер. В той же час автор відмічає, що даний варіант досить дорогий.

1.3 Шляхи покращення технології формування багатогрупних составів

З метою інтенсифікації процесу формування багатогрупних составів, поряд з удосконаленням технічного оснащення станцій, на яких виконується підбірка вагонів, також доцільним представляється детальне вивчення технології формування багатогрупних составів з метою її оптимізації.

1.3.1. Удосконалення процесу формування багатогрупних составів

Удосконалення процесу формування багатогрупних составів на станціях вітчизняних залізниць проявляється у використанні різних спеціальних способів і методів формування багатогрупних составів.

Першим в транспортній науці над проблемою оптимізації технології формування багатогрупних составів працював Н. Н. Шабалін. У своїх публікаціях [39, 40] Н. Н. Шабаліна була запропонована методика вибору раціональної технології формування багатогрупних составів. При цьому для формування, на думку авто-

ра, доцільно використовувати кінці сортувальних колій. Критерієм оптимальності технології формування багатогрупних составів вважався мінімальний коефіцієнт повторної переробки вагонів.

Однак автором не був сформульований і не був обґрунтований принцип утворення множини різних технологій формування багатогрупних составів, з яких вибирається раціональна.

Подальший розвиток ідея Н. Н. Шабаліна знайшла в роботі В. І. Аксьонова та М. Н. Норматова [1]. Поряд із запропонованим секціонуванням колій сортувального парку (див. рис. 1.1) авторами були запропонована і технологія формування багатогрупних составів на зазначеному пристрої.

В [41] інженером В. Н. Зубковим була розглянута проблема зменшення часу формування збірних поїздів. Автором наводяться конкретні приклади скорочення часу формування багатогрупних составів за рахунок укрупнення призначень груп вагонів, можливість для якого з'явилася завдяки концентрації вантажної роботи на опорних станціях.

В. М. Николашин пропонує спосіб вибору оптимальної черговості операцій по розформуванню поїздів з місцевими вагонами на вантажних станціях, який дозволить скоротити простої зазначених вагонів на цих станціях [42].

Питаннями організації місцевих вагонопотоків також займався Т. Р. Нурмухамедов [43, 44]. Автором була запропонована методика розрахунку плану формування місцевих поїздів в районах місцевої роботи з урахуванням нерівномірності вагонопотоків.

В інструктивно-методичних вказівках були рекомендації щодо розробки та впровадженню нової технології формування багатогрупних составів [45], яка отримала назву комбінаторного методу. Подальший розвиток даний метод отримав в роботі В. М. Макарова [46], в якій, зокрема, вказується доцільність переходу від дійсних номерів груп початкового составу до умовних номерів, що дозволяє врахувати початкову впорядкованість составу, і, як наслідок, зменшити число

груп, що вимагають упорядкування. Також в [46] наводиться спосіб отримання умовних номерів груп.

В [45, 46] комбінаторний метод представлений у вигляді різних схем формування для різного числа груп в составі на обмеженій кількості колій (2-4 колії).

Для перевірки ефективності комбінаторного методу співробітниками ВПІЖТу під керівництвом професора Є. М. Тішкіна було виконано практичне впровадження розробленої технології на безпірочній сортувальній станції з паралельним розташуванням парків – станції Бескудниково. Примикання до станції декількох десятків під'їзних колій на яких розміщувалося близько 100 фронтів навантаження та вивантаження, а також недостатній колійний розвиток самої станції привели до формування значного обсягу місцевого вагонопотоку на 4-х коліях. У зв'язку з цим станція з труднощами виконувала об'ємні та якісні показники [47].

Комбінаторний метод дозволяв забезпечити:

- мінімальну кількість рейсів при формуванні составів на обмеженій кількості сортувальних колій (2-4 колій);
- ефективність застосування для складачів будь-якої кваліфікації;
- одночасне формування кількох составів;
- формування одного або декількох составів двома локомотивами з двох сторін одночасно;
- ефективність формування багатогрупних составів зі значним числом груп (5 груп і більше) на обмеженій кількості колій (не більше 4-х колій).

Як вказується в [47], застосування даного методу на станції Бескудниково дозволило скоротити простої місцевого вагона на 15-20%.

Успішне впровадження комбінаторного методу привернуло увагу до даної проблеми багатьох вчених і фахівців-залізничників. В цьому ж році з'явилися публікації присвячені вказаній проблемі [48, 49], в яких авторами вказується складність формування багатогрупних составів навіть досвідченими керівниками маневрів, зважаючи на наявність значної кількості можливих схем формування та необхідності оперативного вибору оптимального рішення.

Авторами [49] на базі зарубіжного досвіду, розроблений спосіб формування багатогрупних поїздів на значній кількості сортувальних колій (або їх кінців) з використанням макета єдиного сортувального листка. Даний макет може бути підготовлений заздалегідь, а перед формуванням складу необхідно виконати його коригування, після чого отримується готовий план маневрової роботи; при цьому з'являлася можливість визначення орієнтовної довжини колій або частин колій на кожному етапі формування.

У роботі [50] наводиться технологія виконання формування багатогрупних складів зі значним числом груп з двох сторін одночасно двома локомотивами; вказані відповідні схеми формування на обмеженому числі колій. Як зазначається авторами, основною проблемою при виконанні формування двома локомотивами одночасно є узгодженість виконуваних ними операцій з огляду на необхідність забезпечення безпеки маневрової роботи і зменшення невиробничих простоїв локомотивів.

В. В. Григор'єв в [27] також розглядає проблему формування багатогрупних складів. Автором було запропоновано використовувати два методи: комбінаторний метод повинен застосовуватися при обмеженій кількості колій, а метод послідовного виділення груп – при формуванні на кількості колій більш 4-х, що дозволить, на думку автора, досягти подальшого зменшення часу формування як це відбувається при збільшенні кількості колій з 2-х до 4-х.

У 1988 р в роботі О. А. Олійника [51] було відзначено, що інтенсифікація місцевої роботи є комплексним завданням, що включає в себе: вдосконалення диспетчерського керівництва обробкою місцевих вагонів, впровадження комбінаторного методу формування багатогрупних складів, застосування малих сортувальних пристроїв, обчислювальної техніки, а також концентрація сортувальної роботи на опорних станціях. Автором підкреслювалося, що використання одного лише комбінаторного методу без врахування інших складових не призведе до суттєвого зменшення простою місцевих вагонів, в той же час в [45] основна увага присвячена використанню лише комбінаторного методу. Також О. А. Олійником

відзначалася висока ефективність врахування фактичного розташування груп вагонів у складі перед початком його формування з метою зменшення числа повторних сортувань за рахунок заміни дійсних номерів груп умовними номерами шляхом об'єднання груп з послідовними номерами в одну групу.

З огляду на все викладене раніше, в [51] наголошується на необхідності додаткової оптимізації планів маневрової роботи, отриманих за вказаними в [45] рекомендаціями.

Ефективність застосування комбінаторного методу була відзначена і білоруськими залізничниками в 1989 р. Як було відзначено в [52] на станції Центроліт був впроваджений комбінаторний метод сортування для прискорення підбірки груп вагонів на вантажні фронти. Після цього маневровий диспетчер виконував тільки попередній аналіз багатогрупного складу, який полягав у присвоєнні номерів груп в порядку черговості подачі на вантажні фронти. Далі, в залежності від числа груп і кількості колій, диспетчер вибирав відповідну схему сортування вагонів і визначав, на які колії вагони складу будуть сортуватися при розформуванні. Таким чином, комплекс організаційних заходів, проведений на цій станції, дозволив на наявних виробничих потужностях без додаткових капітальних вкладень отримати значний ефект у використанні рухомого складу та підвищення продуктивності праці.

В [53] інженером Ю. Н. Гусевим була запропонована методика оцінки схеми формування багатогрупних складів на сортувальній гірці. Як критерії оптимальності автором пропонувалося використовувати мінімум маневрових переміщень та мінімум перероблених в їх процесі вагонів.

У 1990 р професор В. І. Бобровський в [54] показав, що формування багатогрупного складу за допомогою комбінаторного методу на конкретній кількості колій за відповідне число етапів можливо різними способами, які були названі схемою формування. Кількість таких схем визначається кількістю груп вагонів в конкретному складі та максимальною кількістю груп, яка може бути сформованою на конкретній кількості колій без зміни кількості етапів формування. Вибір раціональної схеми формування з отриманого множини дозволяє отримати план маневрової роботи з найкращими значеннями обраного критерію. Крім того В. І.

Бобровським був запропонований розподільний метод формування багатогрупних составів, який базується на принципі порозрядного сортування чисел [55], а також була виконана порівняльна оцінка ефективності при формуванні багатогрупного составу як на витяжній колії так і на гірці. Для нового методу також була розглянута множина схем формування та доведена доцільність пошуку оптимальної схеми.

В [55] в якості критерію оптимальності використано час формування багатогрупного составу, як єдиний комплексний показник, адже зміна часу формування безпосередньо залежить від зміни обсягу маневрової роботи, на який впливають такі показники, як число переміщених або перероблених вагонів, число рейсів або етапів формування, а також ряд пробіжних показників. Порівняння раціональних схем формування комбінаторного і розподільного методів дозволяє отримати план формування багатогрупних составів, що забезпечує мінімальний час його реалізації.

У 2002 р в [56] наведена нова технологія та схема розрахунку в АСУ сортувальної станції раціональної послідовності маневрових операцій по сортуванню та підбірці вагонів за станціями призначення та вантажними фронтами при формуванні багатогрупних поїздів.

Гренкевич О. О. в роботах [57, 58], присвячених даній проблемі, наводить порівняльну ефективність способів формування багатогрупних составів. В якості критерію оптимальності методу прийняті експлуатаційні витрати на маневрову роботу, які, на думку автора, найбільш повно охоплюють всі сторони процесу формування і є узагальненим показником.

У наукових публікаціях [59, 60] багато уваги приділено вдосконаленню різних технологічних процесів на залізничних станціях і дільницях; стосовно аналізованої в даній дипломній роботі проблеми особливий інтерес викликають роботи в яких запропоновано шляхи вдосконалення роботи з місцевими вагонами.

Значна кількість публікацій з проблеми формування багатогрупних составів свідчить про високий ступінь зацікавленості залізниць в пошуку ефективних шляхів її вирішення. Однак, не дивлячись на це, практичне впровадження запро-

понованих заходів по підвищенню інтенсивності роботи з багатогрупними складами було досить незначним.

З огляду на все сказане вище, слід зазначити високу практичну необхідність вироблення комплексного оптимізаційного рішення на базі найбільш відомих методів. При цьому необхідно використовувати раціональні способи зменшення числа груп початкового складу, раціональну технологію роботи з максимальною групою, вибір найкращої схеми з множини. Крім того, в оперативних умовах у диспетчерського персоналу повинна бути можливість варіювання критерієм оптимальності при виборі кращої схеми формування.

1.3.2. Технологічні заходи підвищення ефективності роботи з багатогрупними складами.

До технологічних заходів підвищення ефективності роботи з багатогрупними складами відноситься використання різних способів та методів їх формування. У 60-х роках ХХ сторіччя ефективну технологію формування багатогрупних складів за кордоном в [61] запропонував доктор Месарош Пал. У своїй роботі він наводить опис як методів формування, які успішно застосовувалися на угорських залізницях (статичний та одночасний методи), так і низки перспективних методів (пропорційний, ступінчастий основний, ступінчастий дублюючий і ступінчастий максимальний методи, а також метод здвоювання груп). Також автор виконав порівняльну оцінку ефективності представлених методів за критерієм мінімуму енергетичних витрат.

В цей же період на станціях швейцарських залізниць для формування багатогрупних складів застосовувався так званий метод підгрупувальних парків, який зараз широко використовується і у нас: спочатку всі вагони такого складу накопичувалися на одній колії, після чого сортувалися на кінцях колій, число яких відповідало числу груп у складі, а далі збиралися у потрібному порядку [62].

Складання плану маневрової роботи з багатогрупної підбірки вагонів на залізницях Франції з використанням графічного методу було відзначено в [63]. Реалізація даного методу дозволяла сформувати багатогрупний склад за мініма-

льну кількість етапів. Як вказують автори, складений план маневрової роботи забезпечує мінімальний час сортування і збирання частин сформованого составу.

Проведений французькими фахівцями аналіз роботи основних сортувальних станцій Франції показав, що значне скорочення маневрових пересувань, пов'язаних з перестановкою і з'єднанням окремих частин сформованих составів, може бути досягнуто при одночасному формуванні декількох багатогрупних поїздів, що дозволило не менше ніж на 25% зменшити час витрачений на маневри з одним составом. У розглянутій публікації [64] автором була вказана можливість реалізації даного методу як на основний гірці, так і на допоміжній.

У роботі групи співавторів під керівництвом Ф. Флодра [65] наведено ряд методів, за допомогою яких можна оптимізувати процес формування багатогрупних составів. Частина із зазначених методів призначена для використання при формуванні багатогрупного составу одним локомотивом. Серед них є методи, що забезпечують точну кількість етапів але вимагають для цього чітко визначеного кількості колій, або, методи, що дозволяють ефективно сформувати багатогрупний состав на мінімальній кількості колій, проте це вимагає багатократне виконання повторного сортування, а також методи за допомогою яких можна з мінімальним повторним сортуванням сформувати состав за умови наявності достатньої кількості колій або кінців колій. У той же час, авторами не було вироблено рекомендацій щодо використання того чи іншого методу для формування конкретного составу, що забезпечує оптимальне значення обраного критерію.

З врахуванням наведеного вище опису проблеми добірки місцевих вагонів в даній дипломній роботі для сортувальної станції О буде виконано дослідження вказаного питання та запропоновано методику виконання маневрової роботи з місцевими вагонами, яка забезпечить мінімізацію витрат на даний затратний процес як часових так і фінансових ресурсів.

2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ О ТА АНАЛІЗ ЇЇ НЕДОЛІКІВ

2.1 Характеристика технічного оснащення станції О

Станція О, яка розглядається в даній дипломній роботі, за своїм основним призначенням і характером роботи є сортувальною позакласною станцією. Схема даної станції наведена на рисунку 2.1.

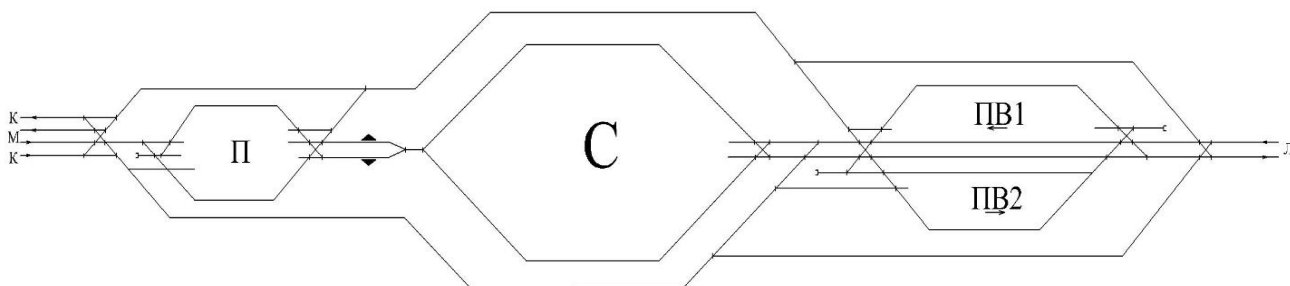


Рисунок 2.1 – Немасштабна схема сортувальної станції О

Основним призначенням даної станції є приймання, обробка, відправлення транзитних вантажних та пасажирських поїздів, розформування та формування наскрізних, дільничних та збірних поїздів, зміна локомотивів і локомотивних бригад, виконання операцій з технічного обслуговування рухомого складу, комерційного огляду составів поїздів і вагонів.

До даної сортувальної станції примикають три магістральні напрямки: О-Л, О-М та О-К. Усі вказані напрямки є двоколійними та обладнані двостороннім автоблокуванням.

У вантажному русі експлуатується локомотив ВЛ-60к. Пасажирські поїзди обслуговує локомотив ЧС-7. На станції знаходиться основне депо для ділянок О-Л та О-М, та оборотне депо ділянок О-К. Колії і стрілки станції обладнані електричною централізацією.

Посадка-висадка пасажирів проводиться на дві високі пасажирські платформи, розташовані біля першої та другої головних колій. Довжина платформ 500 м. Перехід між платформами здійснюється через пішохідний міст.

Колійний розвиток станції О згруповано у три парки для прийому та відправлення поїздів, а саме: парк прийому та два приймально-відправні парки.

Парк прийому П призначений для прийому поїздів в розформування з усіх напрямків. Колійний розвиток парку складається з 5 колій корисною довжиною 850-1047 м.

Між парком прийому П та сортувальним парком С є дві колії насуву, по яких відбувається насув составів на гірку середньої потужності висотою 3,15 м.

У сортувальному парку С знаходяться 24 колії, корисною довжиною 935-1165 м, що призначені для накопичення вагонів згідно з ПФП.

Приймально-відправний парк ПВ-1 призначений для прийому транзитних поїздів з напрямку Л, а також виставки поїздів свого формування і відправлення на напрямки К та М. В даному парку колійний розвиток представлений 4 коліями, а їх корисна довжина становить від 850 м до 983 м.

Приймально-відправний парк ПВ-2 призначений для прийому та відправлення транзитних поїздів з напрямку К та М, крім цього в парку відбувається виставка і відправлення поїздів свого формування на напрямок Л. Колійний розвиток даного парку представлений 5 коліями, корисна довжина яких знаходиться в межах 850-986 м.

На даній станції розташовані пости електричної централізації, де знаходяться робочі місця маневрового диспетчера, складача поїздів, оператора механізованої гірки, СТЦ станції, приміщення чергових по станції парків П та ПВ, приміщення помічників складачів поїздів, приміщення сигналістів, приміщення для обігріву працівників пункту комерційного огляду поїздів.

2.2 Характеристика експлуатаційної роботи станції О

2.2.1 Організація роботи з пасажирськими поїздами.

Станція О виконує пропуск дальніх пасажирських поїздів, прийом і відправлення пасажирських приміських поїздів до пасажирських платформ з метою посадки-висадки пасажирів. Пасажирський поїздопотік з М і К приймається та пропускається по II колії, а з Л – по I. На станції також виконується продаж квитків на ці категорії пасажирських поїздів. Білетні каси знаходяться на території вокзалу. Також на його території знаходяться будівля прийомоздавальника багажу. В середині вокзалу знаходиться зал очікування, довідкове бюро, камери схову.

Також здійснюється сервісне обслуговування пасажирів (продаж свіжої преси, продуктів харчування та ін.).

2.2.2 Організація роботи з вантажними поїздами.

Після прийому вантажного поїзда в розформування та закріплення їх составів на коліях парку прийому П, поїзний локомотив відчіпляється від составу та слідує в депо. Состав огорожується бригадою ПТО, яка і виконує огляд состава в технічному відношенні, а бригада ПКО – в комерційному відношенні. Після огляду состав насувається на горб гірки.

Розформування і формування составів поїздів є єдиним процесом і виконується на основі даних накопичення вагонів на коліях сортувального парку і даних натурних листів прибулих составів про кількість, розташування і масу вагонів за призначенням згідно з планом формування, характеристик вантажів, що перевозяться під керівництвом маневрового диспетчера здійснюється формування составів нових призначень. Під час розпуску составу складач поїздів уважно слідкує за процесом, керуючись сортувальним листком, а також слідкує за крейдяними відмітками, нанесеними на вагони працівниками ПТО і ПКО в парку приймання.

Після розформування трьох составів виконується осаджування вагонів на сортувальних коліях. Після завершення накопичення складів у сортувальному парку виконується закінчення формування.

Транзитні поїзди з Л приймаються на колії приймально-відправного парку ПВ-1, а з М та К – на колії парку ПВ-2. Колії цих парків обладнані мережею стиснутого повітря з колонками для наповнення ним гальмової системи составів і випробування автогальм, запасом деталей вагонів для їх безвідчіпного ремонту, системою електрозварювання, пристроями для механізації ремонтних робіт, двостороннім гучномовним зв'язком.

В обробку транзитного поїзда входять наступні операції:

- технічного обслуговування состава і випробування автогальм;
- комерційного огляду і усунення комерційних недоліків;
- заміна поїзного локомотива для поїздів (при необхідності).

Після відчеплення і від'їзду поїзного локомотива в депо состав централізованим порядком огороджується заборонними сигналами і тільки після цього дозволяється приступати до технічного обслуговування і комерційного огляду. Під час технічного огляду состава виявляються вагони, які вимагають ремонту з відчепленням, а також технічні несправності, які можуть бути усунені без відчеплення за час графікової стоянки поїзда.

Одночасно з технічним обслуговуванням проводиться комерційний огляд вагонів состава і усунення комерційних недоліків. Причеплення поїзного локомотива не повинно бути пізнішим 10 хвилин до його відправлення.

Состави свого формування призначенням на М та К після виконання операцій по завершенню формування переставляються в парк ПВ-1, а на Л – в парк ПВ-2 де оглядаються, і, після причеплення поїзного локомотива, відправляються.

2.2.3 Організація роботи з місцевими вагонами.

Сортувальна станція О обслуговує ряд під'їзні колії підприємств, середньодобовий вагонопотік яких становить 233 вагонів. Вагони, що прибули на станцію О на адресу підприємств накопичуються на станції. Після накопичення достатньої кількості місцевих вагонів, їх розвозить маневровий локомотив або власні локомотиви підприємств.

2.3 Аналіз недоліків станції О та постановка задачі дипломної роботи

Сортувальна станція О виконує значний обсяг роботи по переробці вантажного вагонопотоку, у зв'язку з чим коефіцієнт завантаження підсистеми розформування складає 0,85, що дорівнює верхній межі значень цього показника.

У розрахунковий період прогнозується зростання розмірів вагонопотоку у переробку, у тому числі місцевих вагонів. Це, зважаючи на максимально можливу завантаженість підсистеми розформування, може призвести до порушення ритмічної роботи станції.

Зважаючи на це, необхідно виконати визначення технічного оснащення та раціональну технологію формування місцевих подач вагонів на під'їзні колії.

З цією метою у дипломній роботі будуть запропоновані варіанти виконання багатогрупної добірки вагонів та вибрано економічно-обґрунтований з них.

3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ

3.1 Розрахунок маси та кількості вагонів у складі вантажного поїзду

3.1.1 Розрахунок маси складу транзитного поїзда

Масу складу визначають з умов повного використання потужності і тягових якостей локомотивів, а також кінетичної енергії поїзду відповідно до норм, приведених в [66]. Розрахунок маси складу виконують за наступними умовами безупинного руху:

- а) по розрахунковому підйому з рівномірною швидкістю;
- б) по важких підйомах з урахуванням використання кінетичної енергії поїзду.

Розрахунковий підйом приймають виходячи з аналізу важких елементів поздовжнього профілю, рівня допустимої швидкості руху поїздів за станом колії, розташування зупинних пунктів. Вважаючи, що запасу кінетичної енергії поїзду буде недостатньо для подолання такого підйому, визначаємо максимально можливу масу складу за формулою:

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

де $F_{\text{кр}}$ - розрахункова сила тяги локомотива;

ω_0' - основний питомий опір руху локомотива, Н/кН;

i_p - керівні ухили на ділянках;

P - розрахункова маса локомотива;

ω_0'' - основний питомий опір руху вантажних вагонів, Н/кН.

Значення розрахункової сили тяги локомотива і основних питомих опорів руху визначають для розрахункової швидкості локомотива.

Основний питомий опір руху електровозів в режимі тяги визначають за формулою:

$$\omega_0' = 1,9 + 0,01V + 0,0003V^2, \quad (3.2)$$

де V – розрахункова швидкість локомотива.

Згідно [66] розрахункова швидкість локомотива складає 43,5 км/год, розрахункова сила тяги локомотива складає 36800 Н, маса локомотива 138 т. Керівні ухили на ділянках складають 7,5‰, 5,9‰, 4,8‰ відповідно на ділянках О-М, О-К та О-Л згідно Додатку А.1.

Основний питомий опір руху електровозів в режимі тяги дорівнює:

$$\omega'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot 43,5 + 0,0003 \cdot 43,5^2 = 2,90 \text{ Н/кН}$$

Основний питомий опір руху вантажних чотирирівісних вагонів на роликових підшипниках на колії визначають за формулою:

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

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

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

де $q_{\text{ср}}$ – середня вага вагона;

$n_{\text{осей}}$ – кількість осей вагона.

Згідно Додатку А.1 середня вага вантажного вагона складає 78 т, а кількість осей вагона – 4.

Таким чином навантаження на вісь вагону дорівнює:

$$q_0 = \frac{78}{4} = 19,5 \text{ т/вісь}$$

Тоді, основний питомий опір руху вагонів становитиме:

$$\omega''_0 = \frac{0,7 + (3 + 0,1 \cdot 43,5 + 0,0025 \cdot 43,5^2)}{19,5} = 0,66 \text{ Н/кН}$$

Отже, максимальна маса поїзда, з умов використання тягових можливостей локомотива, на лініях рівна:

Лінія О-М

$$Q_{\text{бр}} = \frac{36800 - 138 \cdot (2,9 + 7,5)}{0,66 + 7,5} = 4341 \text{ т},$$

Приймається $Q_{\text{бр}} = 4300 \text{ т}$.

Лінія О-К

$$Q_{\text{бр}} = \frac{36800 - 138 \cdot (2,9 + 5,9)}{0,66 + 5,9} = 5508 \text{ т},$$

Приймається $Q_{\text{бр}} = 5500 \text{ т}$.

Лінія О-Л

$$Q_{\text{бр}} = \frac{36800 - 138 \cdot (2,9 + 4,8)}{0,66 + 4,8} = 6539 \text{ т},$$

Приймається $Q_{\text{бр}} = 6500 \text{ т}$.

Приведені вище розрахунки зводимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення максимальної маси вантажного поїзда на напрямку

Напрямок	Маса бруutto поїзда, т	Взято масу поїзда, т
О-М	4341	4300
О-К	5508	5500
О-Л	6539	6500

Маса складу транзитного поїзда визначається як:

$$Q_{\text{бр}}^{\text{тр}} = \min \{ Q_{\text{бр}}^{\text{О-М}}, Q_{\text{бр}}^{\text{О-К}}, Q_{\text{бр}}^{\text{О-Л}} \} \quad (3.5)$$

Тоді, маса складає:

$$Q_{\text{бр}}^{\text{тр}} = \min \{ 4300, 5500, 6500 \} = 4300 \text{ т}$$

Отже, прийнята маса складу транзитного поїзда рівна 4300 т.

3.1.2 Визначення кількості вагонів в поїздах та корисної довжини колій в приймально-відправних парках

Кількість вагонів в складі транзитного поїзда визначається за формулою:

$$m_c = \frac{Q_{\text{бр}}}{q_{\text{ср}}}. \quad (3.6)$$

Тоді, $m_c = \frac{4300}{78} = 55,13 \text{ ваг.}$, приймається $m_c = 55 \text{ ваг.}$

Корисна довжина приймально-відправних колій визначається за формулою:

$$L_{\text{кор}} = m_c l_{\text{в}} + l_{\text{лок}} + a, \quad (3.7)$$

де $l_{\text{в}}$ – довжина вагона по осях автозчепів;

$l_{\text{лок}}$ – довжина поїзного локомотива;

a – допуск на неточність установки поїзда.

Згідно Додатку А.1 довжина вагона по осях автозчепів – 14,4 м. Допуск на неточність установки поїзда складає 10 м [67].

Таким чином, корисна довжина приймально-відправних колій:

$$L_{\text{кор}} = 55 \cdot 14,4 + 21 + 10 = 823 \text{ м}$$

Для обслуговування складів вантажних поїздів в приймально-відправних парках необхідно мати корисну довжину колій $L_{\text{кор}} = 850 \text{ м}$, що відповідає існуючій корисній довжині колій цих парків.

3.1.3 Визначення складів вантажних поїздів, що прибувають в переробку

Склад вантажного поїзда, що прибуває в переробку, визначається за наступною формулою:

$$m_L = \frac{L_{\text{кор}} - L_{\text{лок}} - a}{L_{\text{в}}} \quad (3.8)$$

Отже, $m_L = \frac{850 - 21 - 10}{14,4} = 56,9 \text{ ваг.}$, приймається $m_L = 56 \text{ ваг.}$

Склад вантажного поїзда також може бути визначений виходячи максимальної маси поїзда на напрямку. Тому, згідно формули (3.6):

$$m_c^{\text{Н-М}} = \frac{4300}{78} = 55,13 \text{ ваг.}, \text{ приймається } m_c^{\text{Н-М}} = 55 \text{ ваг.}$$

$$m_c^{H-K} = \frac{5500}{78} = 70,51 \text{ ваг.}, \text{ приймається } m_c^{H-K} = 70 \text{ ваг.}$$

$$m_c^{H-L} = \frac{6500}{78} = 83,33 \text{ ваг.}, \text{ приймається } m_c^{H-L} = 83 \text{ ваг.}$$

Для остаточного визначення складу вантажного поїзда, приведені вище розрахунки зводяться до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Визначення складу вантажного поїзда

Напрямок	Склад поїзда m_L , ваг.	Склад поїзда m_c , ваг.	Прийнята довжи- на поїзда, ваг.
О-М	56	55	55
О-К	56	70	56
О-Л	56	83	56

3.2 Розрахункові розміри вагонопотоків станції О

Сортувальна система станції О призначена для обслуговування значних обсягів вагонопотоків різних категорій згідно Додатку А.2.

Розміри транзитних вагонопотоків без переробки приведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розміри транзитних без переробки вагонопотоків станції О

Із	На			Всього
	М	Л	К	
М	-	660	275	935
Л	605	-	165	770
К	330	110	-	440
Всього	935	770	440	2145

Розміри вагонопотоку, що переробляється на даній сортувальній станції вказані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Розміри вагонопотоку, що переробляється на станції О

Із	На				Всього
	М	Л	К	О	
М	-	621	116	87	824
Л	586	-	371	98	1055
К	151	290	-	48	489
О	111	77	77	-	265
Всього	848	988	564	233	2633

Розподіл вагонів по призначеннях ПФП представлено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Розподіл вагонів по призначеннях ПФП станції О

Із	Ha																				
	М							Л							К					О	Σ
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M3б	Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л3б	К1	К2	К3	К4	К3б			
М	-	-	-	-	-	-	-	160	110	99	97	115	40	47	0	36	28	5	87	824	
Л	195	112	31	94	41	73	40	-	-	-	-	-	-	81	86	97	83	24	98	1055	
К	51	32	19	0	23	26	0	75	58	63	61	33	0	-	-	-	-	-	48	489	
О	36	7	14	23	22	9	0	14	23	21	0	19	0	27	29	0	21	0	-	265	
Σ	282	151	64	117	86	108	40	249	191	183	158	167	40	155	115	133	132	29	233	2633	

Загальні розрахункові вагонопотоки станції О наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахункові загальні вагонопотоки сортувальної станції О

Із	На				Всього
	М	Л	К	О	
М	-	1281	391	87	1759
Л	1191	-	536	98	1825
К	441	400	-	48	929
О	111	77	77	-	265
Всього	1783	1758	1004	233	4778

3.3 Розрахункові розміри поїздопотоків станції О

Розміри пасажирських поїздопотоків дані в табл. 3.7 згідно Додатку А.2.

Таблиця 3.7 – Розміри пасажирських поїздопотоків станції О

Із	На			Всього
	М	Л	К	
М	-	4/6 ¹⁾	0/5	4/11
Л	4/5	-	2/0	6/5
К	0/4	2/0	-	2/4
Всього	4/9	6/6	2/5	12/20

Примітка: 1) в чисельнику вказані дальні пасажирські поїзди, а в знаменнику – приміські.

Маючи обсяги вагонопотоків станції та кількість вагонів у складі вантажного поїзда, визначимо розміри поїздопотоків станції О.

$$N_i = \frac{n_i}{m}, \quad (3.9)$$

де n_i – кількість вагонів на i -й напрямку;

m – кількість вагонів у складі вантажного поїзда.

Розміри вантажних транзитних поїздопотоків визначаються з використанням даних табл. 3.2 та 3.3 та наведені в таблиці 3.8. Для прикладу розглянемо розрахунок транзитного поїздопотoku із М на Л при кількості вагонів без переробки 660 ваг та нормі складу транзитного поїзда, що рівна 55 ваг.

$$N_{M-L} = \frac{660}{55} = 12 \text{ поїздів}$$

Таблиця 3.8 – Розміри транзитних поїздопотоків станції О

Із	На			Всього
	М	Л	К	
М	-	12	5	17
Л	11	-	3	14
К	6	2	-	8
Всього	17	14	8	39

Поїздопотоки в переробку визначаються за формулою (3.9) з використанням даних табл. 3.2 та 3.4 та наводяться у таблиці 3.9. Для прикладу визначимо поїздопотік у розформування з М. Вагонопотік у переробку із М становить 824 ваг, а норма складу поїзду 55 ваг. Тоді отримаємо

$$N_{M-L} = \frac{824}{55} = 14,98 \text{ поїздів}$$

Приймаємо 15 поїздів у розформування із М.

Таблиця 3.9 – Вантажний поїздопотік в переробку на станції О

Підхід із	Кількість вагонів у складі поїзда, ваг.	Вагонопотік	Кількість поїздів
М	55	824	15
Л	56	1055	19
К	56	489	9
О	56	265	5
Всього	-	2633	48

Вантажний поїздопотік свого формування представлено у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Вантажний поїздопотік свого формування станції О

Станція призначення	М							Л						К					О (місцеві)	Всього
	П1	П2	П3	П4	П5	П6	Пзб	Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Лзб	С1	С2	С3	С4	Сзб		
Вагони	282	151	64	117	86	108	40	249	191	183	158	167	40	155	115	133	132	29	233	2633
Поїзди	6	3	2	3	5	2	1	5	4	4	3	3	1	3	3	3	3	1	5	60
	22							20						13						

Розраховані вище транзитні поїздопотоки (таблиця 3.8) разом з поїздопотоками в переробку (таблиця 3.9), дозволяють визначити загальні вантажні поїздопотоки станції О (таблиця 3.11).

Таблиця 3.11 – Загальні розміри вантажних поїздопотоків станції О

На Із		М	Л	К	О		Всього
					в розф.	в т. ч. зб.	
М		-	12	5	15	1	32
Л		11	-	3	19	1	33
К		6	2	-	9	1	17
О	св. форм.	22	20	13	55	43	-
	в т. ч. збірні	1	1	1	-	-	3
Всього		39	34	21	-	3	94

3.4 Визначення потрібної пропускної спроможності прилеглих ділянок

Потрібна пропускна спроможність прилеглих до станції О ліній визначається за формулою [67]:

$$N = \alpha(N_{\text{ван}} + N_{\text{пас}} \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}} (\varepsilon_{\text{зб}} - 1)) \quad (3.10)$$

де α – коефіцієнт резерву пропускної спроможності;

$N_{\text{ван}}$ – кількість вантажних поїздів на даній лінії (разом із збірними);

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

$\varepsilon_{\text{пас}}, \varepsilon_{\text{зб}}$ – коефіцієнти зйому вантажних поїздів відповідно пасажирськими і збірними поїздами.

Згідно [67] коефіцієнти зйому вантажних поїздів пасажирськими та збірними складають відповідно 1,5 і 2,0, а коефіцієнт резерву пропускної спроможності – 1,20.

За даними табл. 3.7 та табл. 3.11, потрібна пропускна спроможність прилеглих до станції О ліній складе:

ділянка О-М: $N = 1,2 \cdot (39 + 13 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2 - 1)) = 72$ пар поїздів

ділянка О-Л: $N = 1,2 \cdot (34 + 12 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2 - 1)) = 64$ пар поїздів

ділянка О-К: $N = 1,2 \cdot (21 + 7 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2 - 1)) = 39$ пар поїздів

Залежно від розрахованої потрібної пропускної спроможності прилеглих до станції О ліній, вибирається кількість головних колій і технічні засоби регулювання інтервалів між поїздами для цих ліній (дивись таблицю 3.12).

Таблиця 3.12 – Кількість головних колій на лініях примикання і їх технічне оснащення

Лінія	Наявна кількість головних колій	Існуючі пристрої СЦБ та зв'язку	Потрібна кількість головних колій	Необхідні пристрої СЦБ та зв'язку
О-М	2	АБ	2	АБ
О-Л	2	АБ	2	АБ
О-К	2	АБ	1	ДЦ

Отже, в результаті порівняння існуючої та потрібної кількості головних колій сортувальної станції О можна зробити висновок, що існуюче технічне оснащення не гірше від потрібного.

4 НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ СТАНЦІЇ

Сортувальна станція О має одну сортувальну систему, яка складається з парків П, ПВ-1 та ПВ-2. В таблиці 4.1 представлено поїздооборот станції О із вказівкою на парк призначення поїздів кожної з примикаючих до станції ліній. Крім кількості поїздів та парку, в який прибуває поїзд, вказуються також наявність зміни поїзного локомотива (позначається символом «*»).

Таблиця 4.1 – Поїздооборот сортувальної системи станції О

З		На			Всього	У розформ.		Разом
		М	Л	К		Поїзди	В т. ч. збірні	
М		-	12 ^(ПВ-2)	5 ^{*(ПВ-2)}	17	15 ^(П)	1 ^(П)	32
Л		11 ^(ПВ-1)	-	3 ^(ПВ-1)	14	19 ^(П)	1 ^(П)	33
К		6 ^{*(ПВ-2)}	2 ^(ПВ-2)	-	8	9 ^(П)	1 ^(П)	17
Всього		17	14	8	34	-	-	-
СФ	Поїзди	22 ^(ПВ-1)	20 ^(ПВ-2)	13 ^(ПВ-1)	-	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 0 10px;">43</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 0 10px;">55</div> </div>	-	-
	В т. ч. збірні	1 ^(ПВ-1)	1 ^(ПВ-2)	1 ^(ПВ-1)	-	-	3	-
Разом		39	34	21	-	-	-	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 0 10px;">82</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 0 10px;">94</div> </div>

Примітка: * - позначаються поїзди, які потребують зміни локомотива

4.1 Розрахунок кількості колій в приймально-відправних парках

4.1.1 Методика визначення кількості колій в приймально-відправних парках сортувальної станції О

Кількість колій у парку визначається згідно [67] за формулою:

$$m = \sum \frac{\bar{t}_{зан}}{I_i} \gamma_i, \quad (4.1)$$

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

I_i – розрахунковий інтервал прибуття поїздів у даний парк із i -ї лінії;

γ_i – частка поїздів, що надходять у даний парк із i -ї лінії.

Середньозважений час заняття колії поїздом визначається за формулою:

$$\bar{t}_{\text{зан}} = \frac{\sum t_{\text{зан}i} N_i}{\sum N_i}, \quad (4.2)$$

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

N_i – середньодобова кількість поїздів i -ї групи, що обробляються в парку.

Час заняття колії парків поїздом кожної групи складається з 2-х елементів:

$$t_{\text{зан}} = t_{\text{т}} + t_{\text{ов}}, \quad (4.3)$$

де $t_{\text{т}}$ – час виконання всіх технологічних операцій з поїздом у парку, з врахуванням міжопераційних простоїв;

$t_{\text{ов}}$ – час очікування відправлення або забирання поїзда з парку.

Час обслуговування для поїздів, що поступають в розформування та транзитного поїзда без зміни локомотива, визначається за формулою:

$$t_{\text{оп}}^{\text{р}} = \frac{\tau \cdot m}{K_{\text{гр}}} + a, \quad (4.4)$$

де τ – час обслуговування 1 вагона, год;

$K_{\text{гр}}$ – кількість груп в бригаді ПТО;

a – час на початково-заклучні операції.

Згідно [67] прийнято наступні значення: $\tau = 0,015$ год, $a = 0,04$ год.

Час технічного обслуговування для поїздів свого формування та транзитних поїздів зі зміною локомотива визначається за формулою:

$$t_{\text{об}}^{\text{т,сф}} = \frac{\tau \cdot m}{K_{\text{гр}}} + \alpha \cdot t_{\text{рем}} + a, \quad (4.5)$$

де α – частка вагонів, що потребують безвідчіпного ремонту;

$t_{\text{рем}}$ – середня тривалість безвідчіпного ремонту вагонів одного составу.

Згідно [67] прийнято наступні значення: $\alpha = 0,15$, $t_{\text{рем}} = 0,2 \text{ год}$.

Завантаження бригади ПТО визначається згідно [67] за формулою:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{\sum N_i \cdot t_i}{1440}, \quad (4.6)$$

де N_i – число поїздів у парку i -ї категорії

t_i – час обробки поїздів i -ї категорії у парку, год.

Кількість бригад в парках станції визначається за формулою:

$$B = \frac{N_i \cdot t_{\text{то}}}{24}, \quad (4.7)$$

де $t_{\text{то}}$ – час обробки поїзда у парках прийому та приймальновідправних.

4.2 Розрахунок середньозваженого часу зайняття колії поїздом

4.2.1 Визначення параметрів обслуговування составів у парках станцій.

Для визначення завантаження та кількості груп в бригаді ПТО в парках П та ПВ-1, ПВ-2 підставимо формули (4.4) та (4.5) у формулу (4.6). Після проведення перетворень отримаємо:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{N_i}{24} \cdot \left(\frac{\tau \cdot m}{K_{\text{гр}}} + a \right)$$

В П обслуговуються 24 вантажних поїздів, з них 15 поїздів з М, а 9 - з К.

$$\text{При } K_{\text{гр}} = 1: \quad \Psi_{\text{бр}} = \frac{15}{24} \cdot \left(\frac{0,015 \cdot 55}{1} + 0,04 \right) + \frac{9}{24} \cdot \left(\frac{0,015 \cdot 56}{1} + 0,04 \right) = 0,87$$

В ПВ-1 обслуговуються 14 транзитних з Л та 35 вантажних поїздів свого формування на М і К, з яких 22 поїзди на напрямок М зі складом поїзда в 55 вагонів, а 13 – на напрямок К зі складом поїзда в 56 вагонів. При $K_{\text{гр}} = 1$:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{22}{24} \cdot \left(\frac{0,015 \cdot 55}{1} + 0,15 \cdot 0,2 + 0,04 \right) + \frac{13}{24} \cdot \left(\frac{0,015 \cdot 56}{1} + 0,15 \cdot 0,2 + 0,04 \right) + \frac{14}{24} \cdot \left(\frac{0,015 \cdot 56}{1} + 0,04 \right) = 1,82$$

В ПВ-2 обслуговуються 25 транзитних поїздів з М та К, з яких 14 поїздів без зміни локомотива, а 11 поїздів – зі зміною локомотива, та 20 вантажних поїздів свого формування на Л. При $K_{гр} = 1$:

$$\Psi_{бр} = \frac{20}{24} \cdot \left(\frac{0,015 \cdot 56}{1} + 0,15 \cdot 0,02 + 0,04 \right) + \frac{14}{24} \cdot \left(\frac{0,015 \cdot 55}{1} + 0,04 \right) + \frac{11}{24} \cdot \left(\frac{0,015 \cdot 56}{1} + 0,15 \cdot 0,02 + 0,04 \right) = 1,68$$

Усі подальші розрахунки тривалості огляду складу а також визначення кількості груп в бригаді ПТО для парків П, ПВ-1 та ПВ-2 зведено до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок кількості груп в бригадах ПТО парків станції.

Кількість груп в бригаді ПТО	Час огляду складу, год		Завантаження бригади		
	Транзитних без зміни та в розформ.	Транзитних зі зміною та свого формування	П	ПВ-1	ПВ-2
1	0,88	0,91	0,70	1,82	1,68
2	0,46	0,49	0,36	0,97	0,89
3	0,32	0,35	0,25	0,69	0,63
4	0,25	0,28	0,20	0,55	0,50

Розглянувши отримані значення тривалості обслуговування поїздів та завантаження бригад, приймається кількість груп в бригадах ПТО в парку П рівною 2, а в ПВ-1, ПВ-2 приймаємо рівною 3, для забезпечення прийняттого часу обслуговування.

Кількість бригад в парках станції визначається згідно [68] за формулою (4.7):

$$B_{П} = \frac{33 \cdot 0,46}{24} = 0,64$$

$$B_{ПВ-1} = \frac{35 \cdot 0,35 + 14 \cdot 0,32}{24} = 0,70$$

$$B_{ПВ-2} = \frac{20 \cdot 0,35 + 14 \cdot 0,32 + 11 \cdot 0,35}{24} = 0,64$$

Приймаємо в парках станції по одній бригаді ПТО .

Час знаходження поїзду в стані очікування знаходиться за формулою:

$$t_{\text{ТО}}^{\text{оч}} = \frac{n_{\text{ТО}}^{\text{оч}}}{\lambda}, \quad (4.15)$$

де λ – інтенсивність прибуття поїздів, яку визначимо наступним чином:

$$\lambda = \frac{N_{\text{П}}}{1440} \quad (4.16)$$

$n_{\text{ТО}}^{\text{оч}}$ – середня довжина черги в очікуванні обробки составу, яка визначається згідно [68] при $\Psi_{\text{бр}} \leq 0,7$ за формулою:

$$n_{\text{ТО}}^{\text{оч}} = \frac{\Psi_{\text{бр}} \cdot (1 + \nu_{\text{обс}}^2) + \nu_{\text{вх}}^2 - 1}{2 \cdot \left(\frac{1}{\Psi_{\text{бр}}} - 1 \right)} + \varepsilon, \quad (4.17)$$

де $\nu_{\text{обс}}$ – коефіцієнт варіації тривалості обслуговування;

$\nu_{\text{вх}}$ – коефіцієнт варіації вхідного потоку поїздів в парк;

ε – додаткова величина, яка залежить від $\nu_{\text{вх}}$:

$$\varepsilon = \begin{cases} 0,00, & \text{при } \nu_{\text{вх}} = 1,0 \\ 0,03, & \text{при } \nu_{\text{вх}} = 0,9 \\ 0,06, & \text{при } \nu_{\text{вх}} = 0,8 \\ 0,08, & \text{при } \nu_{\text{вх}} = 0,7 \\ 0,10, & \text{при } \nu_{\text{вх}} = 0,6. \end{cases}$$

Згідно [68] коефіцієнт варіації тривалості обслуговування та варіації вхідного потоку в парк приймаються 0,3 і 0,7 відповідно.

В парку П при $\Psi_{\text{бр}} = 0,46 \leq 0,7$:

$$n_{\text{ТО}}^{\text{оч}} = \frac{0,46 \cdot (1 + 0,3^2) + 0,7^2 - 1}{2 \cdot \left(\frac{1}{0,46} - 1 \right)} + 0,08 = 0,076 \text{ сост.}$$

$$\lambda = \frac{24}{1440} = 0,017 \text{ н / хв.}, \text{ тоді } t_{\text{то}}^{\text{оч}} = \frac{0,076}{0,017} = 4,47 \text{ хв.}$$

В парку ПВ-1 при $\Psi_{\text{бр}} = 0,69 \leq 0,7$:

$$n_{\text{то}}^{\text{оч}} = \frac{0,69 \cdot (1 + 0,3^2) + 0,7^2 - 1}{2 \cdot \left(\frac{1}{0,69} - 1\right)} + 0,08 = 0,349 \text{ сост.}$$

$$\lambda = \frac{49}{1440} = 0,034 \text{ н / хв.}, \text{ тоді } t_{\text{то}}^{\text{оч}} = \frac{0,349}{0,034} = 10,3 \text{ хв.}$$

В парку ПВ-2 при $\Psi_{\text{бр}} = 0,63 \leq 0,7$:

$$n_{\text{то}}^{\text{оч}} = \frac{0,63 \cdot (1 + 0,3^2) + 0,7^2 - 1}{2 \cdot \left(\frac{1}{0,63} - 1\right)} + 0,08 = 0,203 \text{ сост.}$$

$$\lambda = \frac{45}{1440} = 0,031 \text{ н / хв.}, \text{ тоді } t_{\text{то}}^{\text{оч}} = \frac{0,203}{0,031} = 6,6 \text{ хв.}$$

4.2.2 Визначення норм тривалості технологічних операцій.

Тривалість повного випробування автогальм визначається за формулою:

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

де m – кількість вагонів у складі поїзда

Скорочена проба гальм приймається рівною 4 хв.

Тривалість повного випробування автогальм для поїздів, які відправляються на напрямки К та Л буде рівною:

$$t_{\text{шт}} = 3 + 0,14 \cdot 56 = 10,84 \text{ хв.}$$

Для поїздів на М, у яких состав поїзда становить 55 вагонів, тривалість складає:

$$t_{\text{шт}} = 3 + 0,14 \cdot 55 = 10,70 \text{ хв.}$$

У відповідності до [68] приймаємо наступні тривалості операцій:

- повідомлення працівників бригади ПКО, ПТО про час і колію прийому поїзду – 1 хв.;

- вихід працівників ПТО, ПКО, станції на колію прийому поїзду – 3 хв.;
- перевірка перевізних документів – 5 хв.;
- відчепка чи причепка локомотива – 2 хв.;
- доповідь про закінчення технічного обслуговування та комерційного огляду, зняття загородження – 2 хв.;
- доставка перевізних документів в СТЦ – 5 хв.;
- контрольна перевірка складу – 10 хв.;
- видача натурного листа поїзда – 4 хв.;
- конвертування документів – 2 хв.

Згідно формули (4.9) визначається час закріплення складу чи зняття закріплення складу для довжини проходу сигналіста 250 м:

$$t_{\text{закр}} = t_{\text{зн}} = 0,08 + 0,01l_{\text{пр}} \quad (4.9)$$

Отже, час на закріплення складу складає:

$$t_{\text{закр}} = 0,08 + 0,01 \cdot 250 = 2,60 \text{ хв.}$$

Використовуючи формули (4.10) – (4.12) визначається час прийому та відправлення поїздів з парків П, П та ПВ-1, ПВ-2.

Час прийому поїзду визначається за формулою:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot l_{\text{бл}}''}{V} + \frac{0,06 \cdot (l_{\text{бл}}' + L_{\text{вх}})}{V_{\text{вх}}}, \quad (4.10)$$

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

V – встановлена швидкість прямування поїзда по перегону;

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

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

$L_{\text{вх}}$ – відстань, яку проходить поїзд від вхідного сигналу до парку;

$$L_{\text{вх}} = l_{\text{с}} + l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (4.11)$$

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

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

$l_{\text{п}}$ – довжина поїзда.

Довжини блок-ділянок складають відповідно $l_{\text{бл}} = 1200 \text{ м}$, $l_{\text{бл}}'' = 1000 \text{ м}$, встановлена швидкість прямування поїзда по перегону згідно Додатку А – 72 км/год , а середня швидкість входу поїзда на станцію – 40 км/год . Час на приготування маршруту і відкриття сигналу згідно [68] складає $0,1 \text{ хв}$. Відстань від вхідного сигналу до першої стрілки горловини при електровозній тязі приймається 300 м .

Відстань прямування при прийомі поїзда в парк прийому:

$$L_{\text{вх}} = 300 + 300 + 828 = 1428 \text{ м},$$

Тривалість прийому поїзда в парк прийому:

$$t_{\text{пр}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1000}{72} + \frac{0,06 \cdot (1200 + 1428)}{40} = 4,90 \text{ хв}.$$

Відстань прямування при прийомі поїзда в ПВ:

$$L_{\text{вх}} = 300 + 250 + 828 = 1378 \text{ м},$$

Тривалість прийому поїзда в ПВ:

$$t_{\text{пр}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1000}{72} + \frac{0,06 \cdot (1200 + 1378)}{40} = 4,80 \text{ хв}.$$

Тривалість звільнення колії парку прийому визначається з умови насуву составів на колію насуву для подальшого розформування даних составів через гірку. Її можна визначити із виразу:

$$t_{\text{звіль}} = t_{\text{нас}} + t_{\text{розп}}, \quad (4.12)$$

де $t_{\text{нас}}$ – тривалість насуву составу на гірку;

$t_{\text{розп}}$ – тривалість розпуску составів з гірки.

Тривалість насуву составу на гірку визначимо наступним чином:

$$t_{\text{нас}} = 1,147 + 0,67 \cdot \frac{l_{\text{нас}} - 60}{10},$$

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

Довжина колії насуву складає 350 м.

Тоді тривалість насуву составу на гірку:

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,067 \cdot \frac{350 - 60}{10} = 3,4 \text{ хв.}$$

Тривалість розпуску составу з гірки визначимо за формулою:

$$t_{\text{роз}} = \frac{0,06 \cdot m \cdot l_{\text{в}}}{V_{\text{роз}}},$$

де $V_{\text{роз}}$ – швидкість розпуску, км/год;

m – кількість вагонів у составі поїзда.

Згідно [69] швидкість розпуску для ГСП приймається 5 км/год. Кількість вагонів у складі поїзда приймається згідно розрахунків, приведених у розділі 2 (п.2.2) і складає 56 вагонів для дільничних поїздів з напрямків К та Л, 55 вагонів для дільничних поїздів з М, та 40 вагонів у составах збірних поїздів.

Таким чином, тривалість розпуску составу з гірки буде рівна:

- для дільничних поїздів з К та Л:

$$t_{\text{роз}} = \frac{0,06 \cdot 56 \cdot 14,4}{5} = 9,7 \text{ хв.};$$

- для дільничних поїздів з М:

$$t_{\text{роз}} = \frac{0,06 \cdot 55 \cdot 14,4}{5} = 9,50 \text{ хв.};$$

- для збірних:

$$t_{\text{роз}} = \frac{0,06 \cdot 40 \cdot 14,4}{5} = 6,9 \text{ хв.}$$

Тривалість звільнення колій парків прийому буде рівна:

– для дільничних поїздів з К та Л:

$$t_{\text{звіль}}^{\text{ДН}} = 3,4 + 9,68 = 13,10 \text{ хв.}$$

– для дільничних поїздів з М:

$$t_{\text{збіл}}^{\text{дн}} = 3,4 + 9,50 = 12,90 \text{ хв.}$$

– для збірних:

$$t_{\text{збіл}}^{\text{зб}} = 3,4 + 6,9 = 10,30 \text{ хв.}$$

Тривалість подачі состава поїзда свого формування з сортувального парку С в парк ПВ залежить від відстані та швидкості його переміщення і може бути визначеною за формулою:

$$t_{\text{под}} = \frac{(2,44 + 0,1 \cdot m) \cdot V_{\text{под}}}{2 \cdot 60} + \frac{3,6 \cdot l_{\text{пер}}}{V_{\text{под}} \cdot 60}, \quad (4.13)$$

де $V_{\text{под}}$ – швидкість переміщення вагонів, км/год;

m – кількість вагонів у составі поїзда.

Швидкість переміщення вагонів згідно Додатку А складає 25 км/год. Відстань $l_{\text{пер}}$ включає відстань подачі від сортувального парку до парку ПВ (що, в середньому, згідно масштабного плану станції, становить $l_{\text{под}} = 800 \text{ м}$), довжини составів дільничного ($l_{\text{сост}}^{\text{дн}} = 807 \text{ м}$) та збірних ($l_{\text{сост}}^{\text{зб}} = 576 \text{ м}$) поїздів і маневрового локомотиву ЧМЭ-3 згідно [68], $l_{\text{лок}} = 21 \text{ м}$.

Таким чином, відстань переміщення $l_{\text{пер}}$ становить:

– для дільничних поїздів на К та Л:

$$l_{\text{пер}}^{\text{дн}} = l_{\text{под}} + l_{\text{сост}}^{\text{дн}} + l_{\text{лок}} = 800 + 807 + 21 = 1628 \text{ м,}$$

– для дільничних поїздів на М:

$$l_{\text{пер}}^{\text{дн}} = l_{\text{под}} + l_{\text{сост}}^{\text{дн}} + l_{\text{лок}} = 800 + 792 + 21 = 1613 \text{ м,}$$

– для збірних:

$$l_{\text{пер}}^{\text{дн}} = l_{\text{под}} + l_{\text{сост}}^{\text{зб}} + l_{\text{лок}} = 800 + 576 + 21 = 1397 \text{ м.}$$

Тоді тривалість подачі становитиме:

– для дільничних поїздів на К та Л:

$$t_{\text{под}}^{\text{в}} = \frac{(2,44 + 0,1 \cdot 56) \cdot 25}{2 \cdot 60} + \frac{3,6 \cdot 1628}{25 \cdot 60} = 5,6 \text{ хв.}$$

– для дільничних поїздів на М:

$$t_{\text{под}}^{\text{в}} = \frac{(2,44 + 0,1 \cdot 55) \cdot 25}{2 \cdot 60} + \frac{3,6 \cdot 1613}{25 \cdot 60} = 5,5 \text{ хв.}$$

– для збірних:

$$t_{\text{под}}^{\text{в}} = \frac{(2,44 + 0,1 \cdot 40) \cdot 25}{2 \cdot 60} + \frac{3,6 \cdot 1397}{25 \cdot 60} = 4,7 \text{ хв.}$$

Час зайняття маршруту при відправленні поїзду визначається так:

$$t_{\text{від}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot L_{\text{вих}}}{V_{\text{вих}}}, \quad (4.14)$$

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

$V_{\text{вих}}$ – швидкість виходу поїзда з розгоном.

Швидкість виходу поїзда з розгоном згідно Додатку А – 30 км/год.

Парк П: $L_{\text{вих}} = 300 + 828 = 1128 \text{ м,}$

$$t_{\text{від}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1128}{30} = 2,40 \text{ хв.}$$

Парк ПВ: $L_{\text{вих}} = 250 + 828 = 1078 \text{ м,}$

$$t_{\text{від}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1078}{30} = 2,30 \text{ хв.}$$

Час знаходження транзитного поїзду визначається за формулою:

$$T_{\text{тр}}^{\text{без/зм}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{закр}}^{\text{зн}} + t_{\text{пг}} + t_{\text{від}},$$

$$T_{\text{тр}}^{\text{зі/зм}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{відч}} + t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{прич}} + t_{\text{закр}}^{\text{зн}} + t_{\text{пг}} + t_{\text{від}}.$$

Час знаходження поїзду свого формування визначається за формулою:

$$T_{\text{сф}} = t_{\text{под}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{прич}} + t_{\text{закр}}^{\text{зн}} + t_{\text{пг}} + t_{\text{від}}$$

Час знаходження поїзду в розформування визначається за формулою:

$$T_{\text{рф}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{закр}}^{\text{зн}} + t_{\text{прич}} + t_{\text{приб}}$$

Визначимо тривалості знаходження поїздів в парках:

Наприклад для парку П вони складають:

$$T_{\text{рф}}^{\text{дн}} = 4,90 + 2,60 + 3,6 + 27,6 + 2,60 + 13,10 = 54,4 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{рф}}^{\text{зб}} = 4,50 + 2,60 + 3,6 + 27,6 + 2,60 + 10,30 = 51,2 \text{ хв.}$$

Для парку ПВ-1:

$$T_{\text{тр}}^{6/3\text{м}} = 4,80 + 2,60 + 10,3 + 19,2 + 2,60 + 4 + 2,30 = 45,8 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{сф}}^{\text{зб}} = 4,7 + 2,60 + 10,3 + 16,2 + 2 + 2,60 + 8,6 + 2,30 = 49,3 \text{ хв.}$$

Для парку ПВ-2:

$$T_{\text{тр}}^{3/3\text{м}} = 4,8 + 2,60 + 2 + 6,6 + 21 + 2 + 2,60 + 10,8 + 2,30 = 54,7 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{сф}}^{\text{дн}} = 5,6 + 2,60 + 6,6 + 21 + 2 + 2,60 + 10,8 + 2,30 = 53,5 \text{ хв.}$$

Розрахунки тривалостей знаходження інших поїздів в парках станції приведено в таблиці 4.3.

Час очікування виводу вантажних поїздів (транзитних і свого формування) визначається, згідно [67], окремо для кожної лінії, що примикає:

$$t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot N_{\text{ван}} \cdot (1 + \nu_{\text{від}}^2)}{N_{\text{ван}}^{\text{max}} \cdot (N_{\text{ван}}^{\text{max}} - N_{\text{ван}})}, \quad (4.18)$$

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

$\nu_{\text{від}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів відправлення поїздів на лінію $\nu_{\text{від}} = 0,7$;

$N_{\text{ван}}^{\text{max}}$ – максимальна кількість вантажних поїздів;

$$N_{\text{ван}}^{\text{max}} = N - N_{\text{пас}} \cdot \varepsilon_{\text{пас}} - N_{\text{зб}} \cdot (\varepsilon_{\text{зб}} - 1), \quad (4.19)$$

де N – наявна пропускна здатність

Величина наявної пропускної здатності визначається в залежності від величини потрібної пропускної здатності даної лінії [67].

Лінія О-М:

$$N = 100 \text{ пар поїздів}, N_{\text{ван}}^{\text{max}} = 100 - 13 \cdot 1,5 - 1 \cdot (2 - 1) = 79 \text{ поїздів}$$

$$t_{\text{об}} = \frac{720 \cdot 39 \cdot (1 + 0,7^2)}{79 \cdot (79 - 39)} = 13,2 \text{ хв.},$$

Лінія О-К:

$$N = 54 \text{ пар поїздів}, N_{\text{ван}}^{\text{max}} = 54 - 7 \cdot 1,5 - 1 \cdot (2 - 1) = 42 \text{ поїздів},$$

$$t_{\text{об}} = \frac{720 \cdot 21 \cdot (1 + 0,7^2)}{42 \cdot (42 - 21)} = 25,5 \text{ хв.},$$

Лінія О-Л:

$$N = 100 \text{ пар поїздів}, N_{\text{ван}}^{\text{max}} = 100 - 12 \cdot 1,5 - 1 \cdot (2 - 1) = 81 \text{ поїздів},$$

$$t_{\text{об}} = \frac{720 \cdot 34 \cdot (1 + 0,7^2)}{81 \cdot (81 - 34)} = 9,6 \text{ хв.},$$

Час в очікуванні розформування поїздів до сортувального парку С:

$$t_{\text{об}}^{\text{сп}} = \frac{N_{\text{п}} \cdot t_{\text{г}}^2 \cdot (1 + g_{\text{г}}^2)}{2 \cdot (1440 - N_{\text{п}} \cdot t_{\text{г}})} \quad (4.20)$$

де $g_{\text{г}}$ – коефіцієнт варіації гірочного технологічного інтервалу, приймаємо згідно з [67] рівним $g_{\text{г}} = 0,4$;

$t_{\text{г}}$ – гірочний технологічний інтервал, визначається за формулою:

$$t_{\text{г}} = t_{\text{з}} + t_{\text{нас}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{ос}}, \quad (4.21)$$

де $t_{\text{з}}$ – тривалість заїзду гірочного локомотива з сортувального парку в приймальний парк, визначаємо за формулою:

$$t_{\text{з}} = t'_{\text{з}} + t''_{\text{з}}, \quad (4.22)$$

де $t'_{\text{з}}, t''_{\text{з}}$ – тривалість першого та другого напіврейсу заїзду. При довжині 1450 м тривалість заїзду складе $t' = 4,76 \text{ хв}$, а при довжині 280 м його тривалість становитиме $t'' = 0,84 \text{ хв}$.

Таблиця 4.3 – Розрахунок середнього часу зайняття колії парку поїздом

Категорія поїзду		Напр.	тт, хв			тов, хв	тзан, хв			П		ПВ-1		ПВ-2	
			П	ПВ-1	ПВ-2		П	ПВ-1	ПВ-2	N	N тзан	N	N тзан	N	N тзан
Транзитні без зміни		М			42,1	13,2			55,3					12	658,8
		К			42,1	25,5			67,6					2	135,2
		Л		45,8		9,6		55,4				14	775,6		
Транзитні зі зміною		М			54,7	13,2			67,9					5	339,5
		К			54,7	25,5			96,4					6	578,4
В розформування	Дільн. та наскр.	М	54,2			23,4	77,6			14	1086,4				
		К	54,4			23,4	77,8			8	622,4				
		Л				23,4									
	збірні		51,2			23,4	74,6			2	149,2				
Свого формування	Дільн. та наскр.	М		57		13,2		70,2			21	1474,2			
		К		57,2		25,5		82,7			12	992,4			
		Л			53,5	9,6			63,1				19	1198,9	
	Збірні	М		49,3		13,2		62,5			1	62,5			
		К		49,3		25,5		74,8			1	74,8			
		Л			45,6	9,6			55,2					1	55,2
Разом										24	1858	49	3379,5	45	2966

Тривалість заїзду локомотиву становить:

$$t_3 = 4,76 + 0,84 = 5,6 \text{ хв.}$$

t_{oc} – тривалість осаджування, визначимо за формулою:

$$t_{oc} = 0,06 \cdot m = 0,06 \cdot 56 = 3,4 \text{ хв.}$$

Гірочний технологічний інтервал становить:

– для дільничних поїздів з К та Л:

$$t_{\Gamma} = 5,6 + 3,4 + 9,7 + 3,4 = 22,1 \text{ хв,}$$

– для дільничних поїздів з М:

$$t_{\Gamma} = 5,6 + 3,4 + 9,5 + 3,3 = 21,8 \text{ хв,}$$

– для збірних

$$t_{\Gamma} = 5,6 + 3,4 + 6,9 + 2,4 = 18,3 \text{ хв. Отже,}$$

$$t_{об}^{СП} = \frac{(14 \cdot 21,8^2 + 26 \cdot 22,1^2 + 3 \cdot 18,3^2) \cdot (1 + 0,4^2)}{2 \cdot (1440 - (14 \cdot 21,8 + 26 \cdot 22,1 + 3 \cdot 18,3))} = 23,4 \text{ хв.}$$

Розрахунок середнього часу заняття колії поїздом виконаний у табл. 4.3.

Середній час зайняття колій в парках станції розраховується нижче:

$$t_{зан}^{\Pi 1} = \frac{1475}{19} = 77,6 \text{ хв;}$$

$$t_{зан}^{\Pi 2} = \frac{1858}{24} = 77,4 \text{ хв;}$$

$$t_{зан}^{\Pi B 1} = \frac{3379,5}{49} = 69 \text{ хв;}$$

$$t_{зан}^{\Pi B 2} = \frac{2966}{45} = 65,9 \text{ хв.}$$

4.3 Розрахунок інтервалів прибуття поїздів із прилеглих ліній

Розрахунковий інтервал визначається для кожної лінії, у тому числі і для сортувального парку, звідки надходять поїзди свого формування:

$$I_{роз} = \frac{I + I_{min}}{2}, \quad (4.23)$$

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

Мінімальний інтервал прибуття поїздів з лінії, згідно [67]:

Лінія О-Л: $I_{\min} = 10 \text{ хв}$;

Лінія О-К: $I_{\min} = 15 \text{ хв}$;

Лінія О-М: $I_{\min} = 10 \text{ хв}$.

Мінімальний інтервал надходження поїздів свого формування з С визначається, згідно з [67], за формулою:

$$I_{\min}^{\text{СФ}} = \frac{\bar{t}_{\text{лф}}}{m_{\text{в}}}, \quad (4.24)$$

де $\bar{t}_{\text{лф}}$ – середньозважений час зайнятості маневрового локомотива формуванням і виставкою поїздів у парки ПВ;

m – кількість витяжних колій, на яких може одночасно виконуватися формування і перестановка поїздів у ПВ, $m_{\text{в}}=2$;

Значення $\bar{t}_{\text{лф}}$ визначається, згідно з [67], як середньозважене для дільничних і збірних поїздів:

$$\bar{t}_{\text{лф}} = \frac{N_{\text{д}} \cdot t_{\text{лф}}^{\text{д}} + N_{\text{зб}} \cdot t_{\text{лф}}^{\text{зб}}}{N_{\text{д}} + N_{\text{зб}}}, \quad (4.25)$$

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

$N_{\text{д}}, N_{\text{зб}}$ – відповідно, кількість дільничних і збірних поїздів, сформованих на станції.

$$t_{\text{лф}}^{\text{д}} = t_{\text{з}} + t_{\text{зф}}^{\text{д}} + t_{\text{под}} \quad (4.26)$$

$$t_{\text{лф}}^{\text{зб}} = t_3 + t_{\text{зф}}^{\text{зб}} + t_{\text{под}}, \quad (4.27)$$

де t_3 – час заїзду маневрового локомотива в сортувальний парк;

$t_{\text{зф}}^{\text{д}}, t_{\text{зф}}^{\text{зб}}$ – час закінчення формування відповідно дільничного і збірного поїзда;

$t_{\text{под}}$ – час подачі поїзда в парк ПВ.

Розрахунок $t_{\text{зф}}^{\text{д}}, t_{\text{зф}}^{\text{зб}}$ виконується наступним чином:

$$t_{\text{зф}}^{\text{д}} = B + E \cdot m_{\text{ф}}, \quad (4.28)$$

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

Час на постановку вагонів у склади поїздів свого формування на напрямок М згідно норм ПТЕ:

$$t_{\text{зф}}^{\text{д}} = 1,6 + 0,1 \cdot 55 = 7,1 \text{ хв.}$$

Час на постановку вагонів у склади поїздів свого формування на напрямки К та Л згідно норм ПТЕ:

$$t_{\text{зф}}^{\text{д}} = 1,6 + 0,1 \cdot 56 = 7,2 \text{ хв.}$$

Час на закінчення формування збірного поїзда складає:

$$t_{\text{зф}}^{\text{зб}} = T_{\text{с}} + T_{\text{зб}}, \quad (4.29)$$

де $T_{\text{с}}$ – час на сортування поїзда;

$T_{\text{зб}}$ – час на збирання вагонів.

$$T_{\text{с}} = Ag + Bm_{\text{с}}, \quad (4.30)$$

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

g – кількість відчепів у поїзді, що сортується; визначається по натурному листку і становить $g = 13$. Тоді, $A = 0,81$, $B = 0,4$

$$T_c = 0,81 \cdot 13 + 0,4 \cdot 40 = 26,5 \text{ хв.}$$

$$T_{зб} = 1,8 \cdot p + 0,3 \cdot m_{зб}, \quad (4.31)$$

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

$m_{зб}$ – кількість вагонів, що переставляються на колію збірки, $m_{зб} = 40$.

$$p = k_{ст} - 1, \quad (4.32)$$

де $k_{ст}$ – кількість проміжних станцій, що обслуговуються поїздом, $k_{ст} = 7$;

$$p = 7 - 1 = 6 \text{ станцій.}$$

Отже,

$$T_{зб} = 1,8 \cdot 6 + 0,3 \cdot 40 = 22,8 \text{ хв.}$$

Тоді,

$$t_{зф}^{зб} = 26,5 + 22,8 = 49,3 \text{ хв.}$$

Час заїзду маневрового локомотива в парк С при довжині заїзду 350 м складе $t_3 = 1,7$ хв. Тоді, час зайнятості маневрового локомотива виставкою поїздів свого формування у парки ПВ:

для поїздів на напрямок М

$$t_{лф}^д = 1,7 + 7,1 + 5,5 = 14,3 \text{ хв.}$$

для поїздів на напрямки К та Л

$$t_{лф}^д = 1,7 + 7,2 + 5,6 = 14,5 \text{ хв.}$$

для збірних поїздів

$$t_{лф}^{зб} = 1,7 + 49,3 + 4,7 = 55,7 \text{ хв.}$$

Тоді,

$$t_{лф} = \frac{21 \cdot 14,3 + 31 \cdot 14,5 + 3 \cdot 55,7}{21 + 31 + 3} = 16,7 \text{ хв.};$$

$$I_{\min}^{сф} = \frac{16,7}{2} = 8,4 \text{ хв.}$$

Середній інтервал прибуття поїздів на станцію з кожної лінії визначається, згідно з [67], за формулою:

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{N} \cdot (\beta \cdot (N_{\text{пас}} \cdot \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}} \cdot (\varepsilon_{\text{зб}} - 1)) + (\beta - 1) \cdot N_{\text{ван}}}{N_{\text{ван}}}, \quad (4.33)$$

де β – коефіцієнт збільшення розрахункових розмірів вантажного руху в окрему добу внаслідок нерівномірності, яка виникає всередині місяця, $\beta=1,10$;

$N_{\text{ван}}$ – кількість вантажних поїздів, що прибувають на станцію з даної лінії (з врахуванням збірних);

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

Лінія О-Л:

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{100} \cdot (1,10 \cdot (12 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) + (1,10 - 1) \cdot 34)}{34} = 32,1 \text{ хв};$$

Лінія О-К:

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{54} \cdot (1,10 \cdot (7 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2 - 1)) + (1,10 - 1) \cdot 21)}{21} = 49,8 \text{ хв};$$

Лінія О-М:

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{100} \cdot (1,10 \cdot (13 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2 - 1)) + (1,10 - 1) \cdot 39)}{39} = 27,2 \text{ хв}.$$

Середній інтервал виставки поїздів свого формування з парку С у парки ПВ визначається за формулою:

$$\bar{I}_{\text{сф}} = \frac{1440}{N_{\text{сф}}}, \quad (4.34)$$

де $N_{\text{сф}}$ – кількість поїздів свого формування, що виставляються в ПВ.

$$\bar{I}_{\text{сф}} = \frac{1440}{55} = 26,2 \text{ хв.}$$

Розрахунковий інтервал прибуття поїздів на станцію з кожної лінії складе:

$$\text{Лінія О-Л: } I_{\min}^{\text{сф}} = \frac{32,1+10}{2} = 21,1 \text{ хв;}$$

$$\text{Лінія О-К: } I_{\min}^{\text{сф}} = \frac{49,8+15}{2} = 32,4 \text{ хв;}$$

$$\text{Лінія О-М: } I_{\min}^{\text{сф}} = \frac{27,2+10}{2} = 18,6 \text{ хв;}$$

$$\text{Із парку С: } I_{\min}^{\text{сф}} = \frac{26,2+8,4}{2} = 17,3 \text{ хв.}$$

4.4 Розрахунок кількості колій у парках станції

Для розрахунку кількості колій в парках станції необхідно визначити частку поїздів, що надходять у конкретний парк із конкретної лінії:

$$\text{Парк П: } \gamma^{\text{О-Л}} = 0, \gamma^{\text{О-К}} = \frac{9}{17} = 0,53, \gamma^{\text{О-М}} = \frac{15}{32} = 0,47;$$

$$\text{Парк ПВ-1: } \gamma^{\text{О-Л}} = \frac{14}{33} = 0,42, \gamma^{\text{О-К}} = 0, \gamma^{\text{О-М}} = 0, \gamma^{\text{сф}} = \frac{35}{55} = 0,64$$

$$\text{Парк ПВ-2: } \gamma^{\text{О-Л}} = 0, \gamma^{\text{О-К}} = \frac{8}{17} = 0,47, \gamma^{\text{О-М}} = \frac{17}{32} = 0,53, \gamma^{\text{сф}} = \frac{20}{55} = 0,36$$

Отже, кількість колій в парках станції складе:

$$\text{Парк П: } m = \frac{89,4}{32,4} \cdot 0,73 + \frac{77,4}{32,4} \cdot 0,53 + \frac{77,4}{18,6} \cdot 0,47 = 4,2 \text{ колії}$$

Прийнято по розрахунку 5 колій. Існуючий колійний розвиток парку складає 5 колій, що відповідає розрахунковій кількості. Однак в розділі деталі проекту буде виконано більш детальний пошук раціонального оснащення парку прийому П.

$$\text{Парк ПВ-1: } m = \frac{69}{21,1} \cdot 0,42 + \frac{69}{17,3} \cdot 0,64 = 3,92 \text{ колії}$$

Прийнято по розрахунку 4 колії. Існуючий колійний розвиток парку складає 4 колій, що відповідає розрахованій кількості.

$$\text{Парк ПВ-2 } m = \frac{65,9}{32,4} \cdot 0,47 + \frac{65,9}{18,6} \cdot 0,53 + \frac{65,9}{17,3} \cdot 0,36 = 4,21 \text{ колії}$$

Прийнято 5 колій. Існуючий колійний розвиток парку складає 5 колій, що відповідає розрахованій кількості.

4.5 Розрахунок кількості колій у сортувальному парку С станції О

Кількість колій у парку С визначена за призначеннями плану формування поїздів станції О (дивись таблицю 4.4).

Таблиця 4.4 – Спеціалізація колій сортувального парку непарної сортувальної системи станції О

На	Призначення плану формування поїздів																		Всього	
	М							Л						К						О (місцеві)
	М1	М2	М3	М4	М5	М6	Мзб	Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Лзб	К1	К2	К3	К4	Кзб		
Вагони	282	151	64	117	86	108	40	249	191	183	158	167	40	155	115	133	132	29	233	2633
Колії СП	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	21

Крім цих колій необхідні колії для:

- резервна колія (1 колія);
- відсівна колія (1).

Зважаючи на все вищезазначене, потрібна кількість колій парку С становить 23 колії, а фактична – 24 колії, тобто існуючий колійний розвиток сортувального парку достатній.

4.6 Розрахунок кількості маневрових локомотивів

Кількість маневрових локомотивів на станції О визначається за [68].

Кількість гіркових локомотивів визначається за формулою:

$$M_r = \frac{N_p t_r}{1440}, \quad (4.35)$$

де N_p – кількість поїздів, прийнятих у розформування, згідно табл. 2.11 приймаємо $N_p = 43$ поїзди.

t_r – гірковий технологічний інтервал; згідно вище приведених розрахунків $t_r^{дн М} = 21,8$ хв, $t_r^{дн К,Л} = 22,1$ хв, $t_2^{зб} = 18,3$ хв.

$$M_r = \frac{14 \cdot 21,8 + 26 \cdot 22,1 + 3 \cdot 18,3}{1440} = 0,65 \text{ лок.}$$

Прийнято $M_r = 1$ гірочний локомотив, що відповідає їх кількості на гірці.

Кількість маневрових локомотивів, зайнятих формуванням поїздів визначається за формулою:

$$M_{\text{форм}} = \frac{N_{\text{сф}} \bar{t}_{\text{лф}}}{1440}, \quad (4.36)$$

де $\bar{t}_{\text{лф}}$ – середньозважений час зайнятості маневрового локомотива формуванням і виставкою в парк поїздів свого формування;

$N_{\text{сф}}$ – кількість поїздів, сформованих на станції.

$$\bar{t}_{\text{лф}} = \frac{N_{\text{од}}^{\text{ПВ}} t_{\text{лф}}^{\text{од ПВ}} + N_{\text{зб}}^{\text{ПВ}} t_{\text{лф}}^{\text{зб ПВ}}}{N_{\text{сф}}}, \quad (4.37)$$

де $t_{\text{лф}}$ – час зайнятості маневрового локомотива формуванням і виставкою у парк ПВ сформованих одноступінних або збірних поїздів;

N – кількість сформованих одноступінних або збірних поїздів.

$$\bar{t}_{\text{лф}} = \frac{21 \cdot 14,3 + 31 \cdot 14,5 + 3 \cdot 55,7}{55} = 16,7 \text{ хв,}$$

$$M_{\text{форм}} = \frac{55 \cdot 16,7}{1440} = 0,64 \text{ лок.}$$

Прийнято $M_{\text{форм}} = 1$ локомотив, оскільки при роботі одного локомотива його завантаження не перевищує рекомендованого для нормальної роботи станції. На станції О в горловині формування працює 2 маневрові локомотиви, що більше ніж необхідна їх кількість.

5 АНАЛІЗ РОБОТИ ІСНУЮЧОЇ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

Сортувальна гірка є "вузьким" місцем технологічного процесу. Від якості її роботи в значній мірі залежить ефективність функціонування всієї сортувальної системи і станції в цілому. В зв'язку з цим в дипломному проекті виконаємо перевірку техніко-експлуатаційних параметрів сортувальної гірки на відповідність її нормам проектування і розрахунковим об'ємам роботи.

5.1 Визначення висоти сортувальної гірки

Висота гірки згідно [69] повинна відповідати умові:

$$H_{\Gamma} \geq \sum_{\text{ВГ}}^{\text{РТ}} h_w, \quad (5.1)$$

де $\sum_{\text{ВГ}}^{\text{РТ}} h_w$ – сумарна питома робота усіх сил опору руху при скочуванні вагона від вершини гірки (ВГ) до розрахункової точки (РТ).

5.1.1 Визначення розрахункової колії

Розрахунок висоти сортувальної гірки і подальша перевірка її подовжнього профілю здійснюється для розрахункової «важкої» колії, у якості якої приймається сортувальна колія, для якої по маршруту прямування сумарна питома робота всіх сил опору руху відчепів буде максимальна. Це колія, найбільш віддалена від вершини гірки (ВГ), на яку веде найбільше число стрілочних переводів і кривих.

Для даної схеми гірочної горловини такою колією є колія №38: від вершини гірки на цю колію ведуть п'ять стрілочних переводів і сума кутів повороту всіх кривих є найбільшою. Суміжною із «важкою» колією є колія №37.

Для розрахунку втрат енергетичних висот розрахункового відчепу побудовано розгорнутий план «важкої» колії №38, на якому вказано всі відстані, стрілочні переводи, криві і кути повороту.

При розрахунку висоти гірки маршрут прямування відчепу з гірки розбиваємо на чотири розрахункові ділянки, кожна з яких характеризується розрахунковою швидкістю скочування [69]:

I – від вершини гірки до початку I ГП	$V_1 = 4,0 \text{ м/с};$
II – від початку I ГП до початку II ГП	$V_2 = 5,0 \text{ м/с};$
III – від початку II ГП до початку ПГП	$V_3 = 4,0 \text{ м/с};$
IV – початку ПГП до РТ	$V_4 = 2,0 \text{ м/с}.$

Висота є одним з головних параметрів сортувальної гірки і визначається згідно [69] за формулою:

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

де k_p – міра відхилення розрахункового значення h_w від його середньої величини (для ГСП $k_p = 1,75$);

$\bar{h}_{\text{осн}}, \bar{h}_{\text{ск}}, \bar{h}_{\text{св}}$ – середні величини питомої роботи відповідних сил опору руху: основного, стрілочних переводів і кривих ділянок, середовища і вітру, Дж/кДж;

$h_{\text{сн}}$ – питома робота опору руху від снігу та інію, Дж/кДж;

h_0 – енергетична висота, яка відповідає швидкості розпуску, Дж/кДж.

На кожній з розрахункових ділянок визначається величини сил опору.

5.1.2 Визначення сил опору руху розрахункового відчепа

Розрахунок втрат енергетичних висот при визначенні H_T виконується для розрахункового бігуна, який характеризується наступними параметрами згідно [69]:

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

Таким чином, H_T визначається по умові докочування розрахункового поганого бігуна від ВГ до РТ.

Втрата енергетичної висоти від основного опору розраховується згідно [69] за формулою:

$$\bar{h}_{\text{осн}} = \bar{w}_0 L 10^{-3}, \quad (5.3)$$

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

w_0 – основний питомий опір розрахункового бігуна, $H/кН$.

Розрахункова довжина маршруту від ВГ до РТ складає 388,13 м.

Отже,

$$h_{\text{оч}} = 1,75 \cdot 388,13 \cdot 10^{-3} = 0,679 \text{ Дж/кДж}.$$

Втрата енергетичної висоти від опору стрілок і кривих розраховується згідно [69] за формулою:

$$\bar{h}_{\text{ск}} = (0,56 \cdot n + 0,23 \sum \phi) \cdot \bar{V}^2 10^{-3}, \quad (5.4)$$

де n , $\sum \phi$ – кількість стрілочних переводів і сума кутів повороту на маршруті скочування;

\bar{V} – середня швидкість вагону на маршруті скочування, м/с.

Розрахунок опору від стрілок і кривих для розрахункових ділянок по маршруту скочування на колії 38 і 37 виконаний в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 Розрахунок опору від стрілок і кривих.

Ділянка	L , м	Кути повороту		n , шт	V_i , м/с	$h_{\text{ск}}, \text{Дж/кДж}$	
		37	38			37	38
1	47,6	5,805		1	4,0	0,030	
2	85,14	13,731		1	5,0	0,093	
3	197,47	40,223	43,685	4	4,0	0,184	0,197
4	57,92	0,00	0,00	0	2,0	0,000	0,000
Всього	388,13			6		0,307	0,320

Втрата енергетичної висоти від опору снігу і інію розраховується згідно [69] за формулою:

$$h_{\text{сн}} = w_{\text{сн}} \cdot L \cdot 10^{-3}, \quad (5.5)$$

де $w_{\text{сн}}$ – питомий опір від снігу та інію на i -ї ділянці, $H/кН$.

Згідно Додатку А.3 для температури повітря -24°C питомий опір від снігу та інію складає $0,38 \text{ Н/кН}$ [69].

Опір від снігу та інію розраховується для зимових умов в межах стрілочної зони і сортувальних колій, тобто на ділянці від кінця ГП2 до РТ.

$$\begin{aligned} L_{\text{CH}} &= L_3 + L_4 - l_{\text{ГП2}} \\ L_{\text{CH}} &= 197,47 + 57,92 - 25,95 = 229,44 \text{ м} \\ h_{\text{CH}} &= 0,38 \cdot 229,44 \cdot 10^{-3} = 0,087 \text{ Дж/кДж}. \end{aligned}$$

Втрата енергетичної висоти від опору середовища і вітру розраховується згідно [69] за формулою:

$$\bar{h}_{\text{CB}} = \sum_{i=1}^k \bar{h}_{\text{CB}i} = \sum_{i=1}^k \bar{w}_{\text{CB}i} L_i 10^{-3}, \quad (5.6)$$

де $\bar{w}_{\text{CB}i}$ – питомий опір від середовища і вітру на i -ї розрахунковій ділянці, Н/кН .

Питомий опір від середовища і вітру залежить від типу вагона, швидкості його руху, швидкості і напрямку вітру і визначається згідно [69] за формулою:

$$\pm w_{\text{CB}} = K_{\text{BC}} C_x V_p^2, \quad (5.7)$$

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

C_x – коефіцієнт повітряного опору вагону;

V_p – результуюча (відносна) швидкість вагону і вітру, м/с .

Коефіцієнт K_{BC} для окремих вагонів визначається згідно [69] за формулою:

$$K_{\text{BC}} = \frac{17,8 \cdot S}{(273 + t^0) \cdot Q}, \quad (5.8)$$

де S – площа поперечного перетину вагону, м^2 ;

t_0 – температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

Q – вага вагона, т .

Для визначення результуючої швидкості V_p необхідно розрахувати середню швидкість вітру $V_{\text{вітру}}$. Швидкість вітру в даному випадку визначається по «рози вітрів» (рисунок 5.1), яка складається за даними метеорологічних спостережень (таблиця А.4) на станції і азимуту напрямку розпуску 300° . При цьому беруться до уваги тільки ті напрямки вітру, які є зустрічними до напрямку розпуску.

Згідно «рози вітрів», побудованої за даними таблиці А.5 Додатку А.3 (рисунок 5.1), видно, що зустрічними вітрами є вітри з Пн, Пн-Зх, Зх, Пд-Зх.

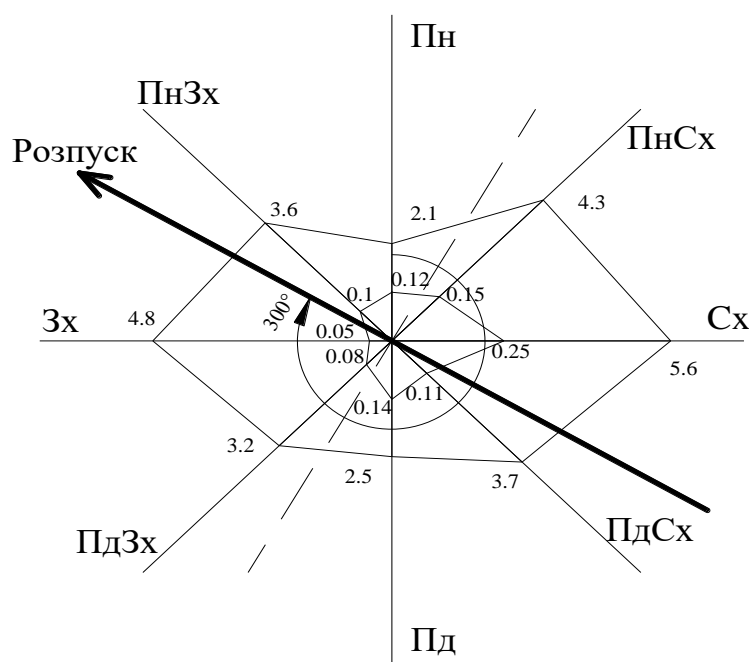


Рисунок 5.1 «Роза» вітрів

Середня швидкість вітру розраховується за формулою:

$$V_{\text{вітру}} = \frac{\sum V_i P_i}{\sum P_i}, \quad (5.9)$$

де V_i – швидкість вітру i -го напрямку, м/с;

P_i – вірогідність того, що вітер буде i -го напрямку.

$$V_{\text{вітру}} = \frac{3,2 \cdot 0,08 + 4,8 \cdot 0,05 + 3,6 \cdot 0,1 + 2,1 \cdot 0,12}{0,08 + 0,05 + 0,1 + 0,12} = 3,20 \text{ м / с.}$$

Кут напрямку вектора $V_{\text{вітру}}$ вважаємо рівним $\beta = 0$ (вітер зустрічний – лобовий). При кутах $\beta < 30^\circ$ результуюча швидкість розраховується за формулою:

$$V_p = V_{\text{ваг}} + V_{\text{вітру}}, \quad (5.10)$$

де $V_{\text{ваг}}$ – швидкість вагону на i -й ділянці.

Кут α між напрямком руху вагону і напрямком результуючої вітру становить: $\alpha = \beta/2$ $\alpha = 0$ (так як $\beta = 0$).

Згідно [69] коефіцієнт повітряного опору вагона складає 1.12, площа поперечного перетину вагона $9,7 \text{ м}^2$.

$$K_{\text{вс}} = \frac{17,8 \cdot 9,7}{(273 - 24) \cdot 25} = 0,0277$$

Розрахунок втрат енергетичних висот від опору середовища і вітру виконаємо в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 Розрахунок втрат енергетичних висот від опору середовища і вітру

Ділянка	$L, \text{ м}$	$V, \text{ м/с}$	$V_p, \text{ м/с}$	$w_{\text{св}}, \text{ Н/кН}$	$h_{\text{св}}, \text{ Дж/кДж}$
1	47,6	4	7,2	1,61	0,077
2	85,14	5	8,2	2,09	0,178
3	197,47	4	7,2	1,61	0,318
4	57,92	2	5,2	0,84	0,049
Разом					0,622

Енергетична висота відчепу, що відповідає початковій швидкості розпуску розраховується згідно [69] за формулою:

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g'}, \quad (5.11)$$

де V_0 – швидкість розпуску (для ГСП $V_0 = 1,40 \text{ м/с}$);

g' – прискорення вільного падіння з урахуванням інерції частин, що обертаються, м/с^2 , і розраховується згідно [69] за формулою:

$$g' = \frac{g}{1 + \frac{0,42 \cdot n_{oc}}{Q}}, \quad (5.12)$$

де g – нормальне прискорення вільного падіння, $м/с^2$;

n_{oc} – число осей в розрахунковому відчепі;

Q – вага розрахункового відчепа, $т$.

Згідно [69] для ГСП швидкість розпуску складає $1,4 м/с$.

Отже,

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

$$h_o = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,19} = 0,107 \text{ Дж / кДж.}$$

Визначив сумарні втрати $h_{\Sigma\omega}$ від кожного виду опору, а також енергетичну висоту розрахункового бігуна на вершині гірки, за формулою (5.2) визначимо розрахункову висоту сортувальної гірки:

$$H_r = 1,75 (0,679 + 0,320 + 0,622) + 0,087 - 0,107 = 2,817 м.$$

Таким чином, розрахункова профільна висота гірки складає $2,817 м$, а висота існуючої гірки – $3,15 м$. Так як висота існуючої сортувальної гірки більша за необхідну, то вона забезпечить докочування розрахункового бігуна до розрахункової точки.

5.2 Перевірка поздовжнього профілю сортувальної гірки

У поздовжньому профілі виділяються: насувна, перевальна, спускна частини і сортувальні колії.

Сума профільних висот усіх елементів повинна відповідати висоті гірки, тобто:

$$\sum_{PT}^{BG} il = H_r \cdot 10^3, \quad (5.13)$$

Повздовжній профіль існуючої сортувальної гірки наведено в таблиці 5.3 згідно таблиці А.6 Додатку А.3.

Таблиця 5.3 Параметри повздовжнього профілю сортувальної гірки

Параметри	№ елементів профілю						
	1	2	3	4	5	6	7
Ухил, %	43,2	18,2	7	7	2	1	0.6
Довжина, м	31,89	44,6	53,19	31,95	166,52	11,92	48

У зв'язку з тим, що параметри елементів повздовжнього профілю існуючої сортувальної гірки не перевищують нормативних значень, можна стверджувати, що повздовжній профіль гірки відповідає висунутим нормативам проектування сортувальних пристроїв.

Профільна висота головної ділянки визначається з урахуванням найбільш повного використання допустимої швидкості входу розрахункового бігуна Х на уповільнювачах першої гальмівної позиції при сприятливих умовах скочування та максимальної початкової швидкості розпуску. За бігун Х приймається чотирьох-вісний піввагон на роликових підшипниках вагою 70 т та основним питомим опором руху $w_{0X}=0,8$ Н/кН.

Профільна висота головної ділянки визначається за формулою:

$$h_{\text{гол}}^{\text{max}} = \frac{V_{\text{вх}}^2 - V_{\text{о max}}^2}{2g'_x} + h_{\text{ск}}^1 + h_{\text{осн}}^1, \quad (5.14)$$

де $V_{\text{вх}}$ – допустима швидкість входу відчепа на уповільнювач;

$V_{\text{о max}}$ – максимальна швидкість розпуску;

g'_x – прискорення вільного падіння з урахуванням інерції частин, що обертаються, для хорошого бігуна.

Розраховується за формулою (5.12) при $Q = 70$ т;

$$g'_x = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{70}} = 9,58 \text{ м/с}^2$$

Втрата енергії від основного опору руху $h_{осн}$ визначимо за формулою:

$$h_{осн} = w_0^x l_{гол} 10^{-3}, \quad (5.15)$$

де w_0^x – основний питомий опір руху;

$l_{гол}$ – довжина головної ділянки.

Згідно [69] допустима швидкість входу відчепа на уповільнювач складає 8,0 м/с, максимальна швидкість розпуску – 2,5 м/с, основний питомий опір руху – 0,5 Н/кН. Довжина головної ділянки дорівнює довжині першої ділянки і складає 47,6 м.

$$h_{осн} = 0,5 \cdot 47,6 \cdot 10^{-3} = 0,024 \text{ Дж/кДж}.$$

Питомий опір руху від стрілок і кривих згідно табл. 5.1 $h_{ск} = 0,030$ Дж/кДж.

$$h_{гол}^{max} = \frac{8^2 - 2,5^2}{2 \cdot 9,62} + 0,024 + 0,030 = 3,056 \text{ Дж / кДж}$$

Згідно аркушу 2, існуюча профільна висота $h_{гол}$ не перевищує $h_{гол}^{max}$, отже розрахунковий бігун увійде на першу гальмівну позицію із швидкістю, що не перевищує 8 м/с.

5.3 Графіки втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів

Для того, щоб перевірити працездатність сортувальної гірки, необхідно промодельовувати процес розпуску відчепів з гірки.

Розрахунковою групою відчепів для гірки середньої потужності приймається: ДП – Х – ДП, згідно [69], де ДП – дуже поганий бігун, Х – хороший бігун. При цьому ДП скочується на «важку колію» № 37, а Х – на суміжну з важкою (№ 38).

Характеристика розрахункових бігунів наведена в таблиці 5.4 з [69].

Таблиця 5.4 Характеристики розрахункових бігунів

Тип	Рід	Вісь	Q, m	$w_0, H/кН$	$l_{в}, m$	$b_{к}, m$	1) S, m^2	$g', m/c^2$	$K_{вс}$
ДП	ПВ	4	22	4,5	13,92	10,5	8,5	9,11	0,0276
Х	ПВ	4	70	0,8	13,92	10,5	8,5	9,58	0,0087

Визначимо енергетичну висоту розрахункових бігунів на вершині гірки згідно формул (3.11) та (3.12):

$$g'_x = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{22}} = 9,11 \text{ м/с}^2, \quad h_0^{\text{ДП}} = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,11} = 0,108 \text{ Дж/кДж}$$

$$g'_x = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{70}} = 9,58 \text{ м/с}^2, \quad h_0^x = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,58} = 0,102 \text{ Дж/кДж}$$

Визначимо приведений коефіцієнт середовища та вітру за формулою (3.8). Згідно [69] для чотирьохвісного піввагона $S = 8,5 \text{ м}^2$, $C_x = 1,75$.

$$K_{\text{вс}}^{\text{ДП}} = \frac{17,8 \cdot 8,5}{(273 - 24) \cdot 22} = 0,0276$$

$$K_{\text{вс}}^x = \frac{17,8 \cdot 8,5}{(273 - 24) \cdot 70} = 0,0087$$

Розрахунок втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів зведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 Розрахунок графіків втрат енергетичної висоти для бігунів ДП і Х

Діл.	Параметри		Параметри розрахункових бігунів									
	L , $м$	V , $м/с$	$V_{\text{в}}$, $м/с$	w_0 , $H/кН$	$V_{\text{р}}$, $м/с$	$w_{\text{св}}$, $H/кН$	Втрати енергетичної висоти					Y , $мм$
							$h_{\text{осн}}$	$h_{\text{ск}}$	$h_{\text{св}}$	h_w	H_w	
ДП $K_{\text{вс}}=0,0276$ $C_x=1,75$												
1	47,60	4,0	3,2	4,5	7,2	2,50	0,214	0,030	0,119	0,363	0,363	18,2
2	85,14	5,0	3,2	4,5	8,2	3,25	0,383	0,093	0,277	0,753	1,116	55,8
3	197,47	4,0	3,2	4,5	7,2	2,50	0,889	0,197	0,494	1,580	2,696	134,8
4	57,92	2,0	3,2	4,5	5,2	1,31	0,261	0,000	0,076	0,336	3,032	151,6
Х $K_{\text{вс}}=0,0087$ $C_x=1,75$												
1	47,60	4,0	3,2	0,8	7,2	0,79	0,038	0,03	0,038	0,106	0,106	5,3
2	85,14	5,0	3,2	0,8	8,2	1,02	0,068	0,093	0,087	0,248	0,354	17,7
3	197,47	4,0	3,2	0,8	7,2	0,79	0,158	0,184	0,156	0,498	0,852	42,6
4	57,92	2,0	2,70	0,8	5,2	0,41	0,046	0,000	0,024	0,070	0,922	46,1

5.4 Побудова графіків швидкості і часу руху розрахункових бігунів

Графіки швидкості і часу руху $V = f(S)$ і $T = f(S)$ будуються для кожного з розрахункових бігунів, що беруть участь в моделюванні процесу скочування (ДП – Х – ДП).

5.4.1 Побудова графіків швидкості руху відчепів

Для визначення швидкості в будь-якій точці використовується формула:

$$V_i = \sqrt{2g'h_i}, \quad (5.16)$$

де h_i – залишкова енергетична висота в i -й точці, Дж/кгДж.

Розрахунки швидкості відчепів в кожній розрахунковій точці зведені в таблиці 5.6.

5.4.2 Побудова графіків часу руху відчепів

Побудова кривих часу $T = f(S)$ виконується на тому ж кресленні, що і $V = f(S)$. Знаючи швидкість відчепа в кожній точці (V_i і V_{i+1}), а також відстань між цими точками ($S_{i,i+1}$), визначається час ходу відчепа між i -ю і $i+1$ -ю точками:

$$t_{i,i+1} = \frac{2 \cdot \Delta S_{i,i+1}}{V_i + V_{i+1}} \quad (5.17)$$

де $\Delta S_{i,i+1}$ – відстань між точками i та $i+1$, м.

Визначивши $t_{i,i+1}$ на всіх ділянках можна визначити загальний час ходу відчепа від ВГ до j -й точки:

$$T_j = \sum_{i=1}^j t_i \quad (5.18)$$

Розрахунок $t_{i,i+1}$ та T_j наведений для ДП і Х в табл. 5.6. На базі розрахованих T_j побудована крива $T_{ДП} = f(S)$ в масштабі $1 \text{ с} = 2 \text{ мм}$.

Інтервал між відчепами на вершині гірки можна визначити як:

$$I_0 = \frac{S}{V_0} = \frac{l_1^1 + l_2^2}{2 \cdot V_0}, \quad (5.19)$$

де $l_{в1}, l_{в2}$ – довжина відповідно першого і другого відчепів.

$$I_0 = \frac{13,92 + 13,92}{2 \cdot 1,4} = 9,94 \text{ с.}$$

Тобто Х з'явиться на ВГ через 9,94с після ДП, а наступний за Х ДП з'явиться на ВГ через 9,94с після Х і через 19,88с після першого ДП.

Розрахунок даних для побудови графіків наведено у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок тривалості скочування відчепів з гірки

№ точок	Відстань від ВГ, м	$\Delta S, \text{ м}$	$h_i, \text{ мм}$		$h_i, \text{ Дж/кгДж}$		$V_i, \text{ м/с}$		$t_{x,c}$		$T_{x,c}$		$\Delta t, \text{ с}$
			ДП	Х	ДП	Х	ДП	Х	ДП	Х	ДП	Х	
1	0		-	-	-	-	1,4	1,4			0	0	0,00
2	15	15	32	37	0,064	0,074	3,41	3,77	6,23	5,80	6,23	5,80	0,43
3	30	11,85	60	68	0,12	0,136	4,68	5,12	3,71	3,38	9,94	9,17	0,76
4	41,85	12	68	80	0,136	0,16	4,98	5,55	2,46	2,22	12,39	11,40	1,00
5	53,35	12,48	73	79	0,146	0,158	5,16	5,51	2,37	2,17	14,76	13,57	1,20
6	65,83	2,97	78	78	0,156	0,156	5,33	5,48	2,38	2,27	17,14	15,84	1,30
7	68,8	10	80	78	0,16	0,156	5,40	5,48	0,55	0,54	17,69	16,38	1,32
8	78,8	11,88	83	76	0,166	0,152	5,50	5,41	1,84	1,84	19,53	18,22	1,31
9	90,68	20	82	78	0,164	0,156	5,47	5,48	2,17	2,18	21,70	20,40	1,30
10	110,68	16,31	81	83	0,162	0,166	5,43	5,65	3,67	3,59	25,37	23,99	1,37
11	126,99	12	80	86	0,16	0,172	5,39	5,75	3,01	2,86	28,38	26,85	1,53
12	138,99	11,98	79	77	0,158	0,154	5,37	5,44	2,23	2,14	30,61	29,00	1,62
13	150,97	2,97	78	66	0,156	0,132	5,33	5,04	2,24	2,29	32,85	31,28	1,57
14	153,94	10	78	63	0,156	0,126	5,33	4,92	0,56	0,60	33,41	31,88	1,53
15	163,94	11,88	76	55	0,152	0,11	5,26	4,60	1,89	2,10	35,30	33,98	1,32
16	175,82	15	73	54	0,146	0,108	5,16	4,56	2,28	2,59	37,58	36,57	1,00
17	190,82	11,55	68	53	0,136	0,106	4,98	4,52	2,96	3,31	40,54	39,88	0,66
18	202,37	21,88	64	53	0,128	0,106	4,83	4,52	2,36	2,56	42,89	42,44	0,46
19	224,25	2,09	58	52	0,116	0,104	4,60	4,47	4,64	4,87	47,53	47,30	0,23
20	226,34	21,88	57	52	0,114	0,104	4,56	4,47	0,46	0,47	47,99	47,77	0,22
21	248,22	18,62	50	52	0,1	0,104	4,27	4,47	4,96	4,89	52,95	52,66	0,29
22	266,84	13,92	45	51	0,09	0,102	4,05	4,43	4,48	4,18	57,43	56,85	0,58
23	280,76	20	41	51	0,082	0,102	3,87	4,43	3,52	3,14	60,94	59,99	0,96
24	300,76	24,2	35	50	0,07	0,1	3,57	4,39	5,38	4,54	66,32	64,52	1,80
25	324,96	18,42	27	50	0,054	0,1	3,14	4,39	7,22	5,52	73,54	70,04	3,50
26	343,38	20	17	8	0,034	0,016	2,49	1,75	6,55	6,00	80,09	76,04	4,05
27	363,38	24,75	12	7	0,024	0,014	2,09	1,64	8,73	11,78	88,82	87,82	1,00
28	388,13		5	5	0,01	0,01	1,35	1,39	14,39	16,35	103,21	104,17	-0,96

5.5 Перевірка умов розділення відчепів на розділових елементах гірки

Для аналізу працездатності існуючої сортувальної гірки необхідно перевірити забезпечення умов розділення розрахункової групи відчепів на розділових елементах, а саме: на стрілочних переводах, на уповільнювачах та на граничному стовпчику.

5.5.1 Умова розділення відчепів на стрілочних переводах

При проходженні відчепів на різні колії сортувального парку необхідно здійснювати переведення стрілок, що займає певний час ($1c$). Для цього між слідуючими один за одним відчепами необхідно витримувати деяку відстань (дивись рисунок 5.2).

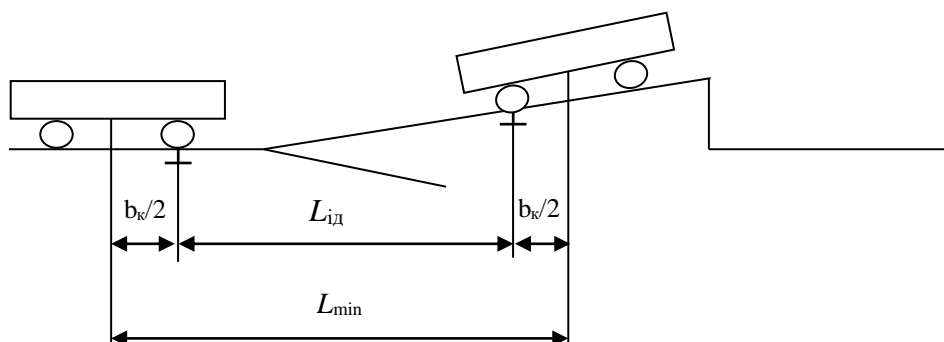


Рисунок 5.2 Умова розділення відчепів на СП

Ця відстань визначається за формулою:

$$L_{\min} = b_k / 2 + l_{13} + b_k / 2, \quad (5.20)$$

де l_{13} – довжина ізолюваної стрілочної ділянки, м;

b_k – колісна база вагона, м.

Довжина ізолюваної ділянки складає 11,38 м, а колісна база ПВ – 10,50 м.

$$L_{\min} = 10,50/2 + 11,38 + 10,50/2 = 21,88 \text{ м.}$$

5.5.2 Умова розділення відчепів на уповільнювачах

Гальмування відчепів (Х) відбувається на уповільнювачах. Наступний за ДП Х бігун необхідно загальмувати, тобто підняти шини уповільнювача. ДП бігун, яких слідує за Х гальмувати не потрібно, тобто він повинен пройти по упові-

льнювачу при опущених шинах. На загальмування і розгальмування уповільнювача необхідно певний час. Для ВЗПГ-5 згідно [69]: час на загальмування $t_3 = 0,7 \text{ с}$, на розгальмування $t_{\text{розг}} = 0,6 \text{ с}$.

Для того, щоб встигнути загальмувати (розгальмувати) між відчепами повинна витримуватися відстань між відчепами, яка наведена на рисунку 5.3.

Ця відстань визначається згідно формули:

$$L_{\min} = b_k / 2 + V_{i+1} \cdot t_{i+1} + l_{\text{із}} + b_k / 2, \quad (5.21)$$

де V_{i+1} – швидкість наступного відчепа, м/с ;

$l_{\text{із}}$ – довжина ізолюючої ділянки уповільнювача, м .

Довжина ізолюючої ділянки уповільнювача згідно [69] складає 13,48 м (дивись рисунок 5.3).

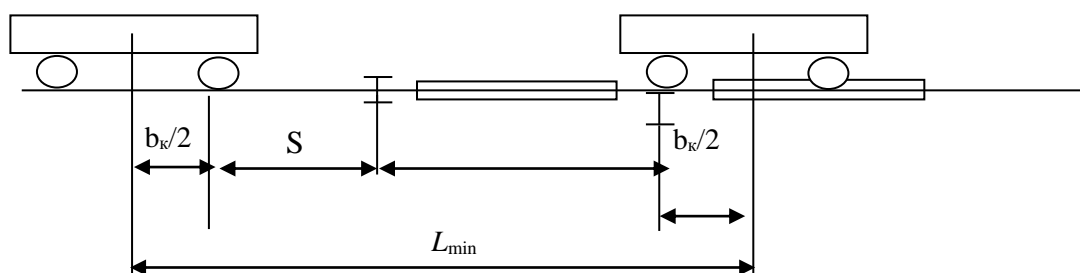


Рисунок 5.3 Умова розділення відчепів на уповільнювачах

5.5.3 Умова розділення відчепів на граничному стовпчику

При проходженні відчепів на суміжні колії повинне відбутися розділення їх на граничному стовпчику (повинен витримуватися габарит). Мінімальна необхідна для цього відстань наведена на рисунку 5.4.

Ця відстань визначається згідно формули:

$$L_{\min} = l_g^1 / 2 + l_g^2 / 2 \quad (5.22)$$

Отже, $L_{\min} = 13,92/2 + 13,92/2 = 13,92 \text{ м}$.

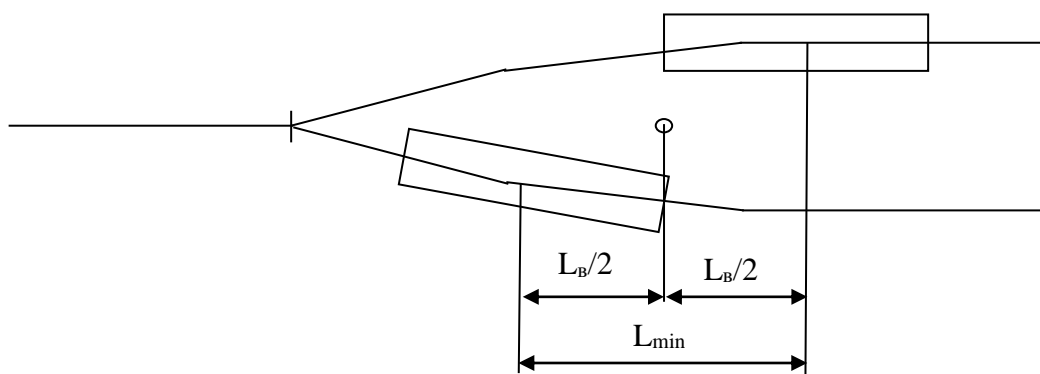


Рисунок 5.4 Умова розділення відцепів на граничному стовпчику

5.5.4 Перевірка умов розділення відцепів

Перевірка умов розділення відцепів виконується на базі графіків часу руху ДП і Х ($T = f(S)$). Перевірка виконується графічним і аналітичним способом. На кожному розділовому елементі розглядаються дві пари бігунів: ДП-Х та Х-ДП.

При перевірці графічним методом на кожному розділовому елементі виконується порівняння фактичної відстані між бігунами $L_{\text{факт}}$ з $L_{\text{мін}}$.

Якщо $L_{\text{факт}} > L_{\text{мін}}$, то розділення відбудеться.

Графічна перевірка показала, що на всіх розділових елементах виконується умова $L_{\text{факт}} > L_{\text{мін}}$, тобто при скочуванні розрахункової групи відцепів з сортувальної гірки відбудеться розділення відцепів на всіх розділових елементах (стрілочних переводах, уповільнювачах, граничному стовпчику).

Аналітичний спосіб перевірки розділення відцепів полягає у тому, що повинна виконуватися наступна умова:

$$\delta t \geq \delta t_{\text{мін}} \quad (5.23)$$

де δt – фактична величина інтервалу між моментом входу наступного відцепу і моментом виходу попереднього відцепу з розділового елемента, с;

$\delta t_{\text{мін}}$ – мінімальний інтервал, необхідний для перевodu розділового елемента у відповідне положення (уповільнювача, стрілочного перевodu), для стрілочного перевodu $\Delta t_{\text{мін}} = 1\text{с}$, а для граничного стовпчика $\Delta t_{\text{мін}} = 0$.

При перевірці розділення відцепів на уповільнювачах слід враховувати окрім часу на загальмування та розгальмування ще і час на виконання команди, який вважають рівним 1с. Разом отримаємо:

– для загальмованого стану $\delta t_{\min} = 1 + 0,7 = 1,7$ с.

– для розгальмованого стану $\delta t_{\min} = 1 + 0,6 = 1,6$ с.

Розрахунок інтервалів δt на розділових елементах наведений в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Розрахунок резервів інтервалів часу

Найменування елементів	SE, <i>м</i>	SG, <i>м</i>	Сполучення П1–Х2				Сполучення Х1–П2			
			TE2	TG1	δt	δt_{\min}	TE2	TG1	δt	δt_{\min}
ІД ГП1	41,85	65,83	11,40	17,14	4,20	1,70	12,39	15,84	6,49	1,60
ІД СП2	68,80	90,68	16,38	21,70	4,62	1,00	17,69	20,40	7,29	1,00
ІД ГП2	126,99	150,97	26,85	32,95	3,84	1,70	28,38	31,28	7,04	1,60
ІД СП3	153,94	175,82	31,88	37,57	4,25	1,00	33,40	36,57	6,77	1,00
ІД СП5	202,37	224,25	42,44	47,53	4,85	1,00	42,89	47,30	5,53	1,00
ІД СП6	226,34	248,22	47,77	52,94	4,77	1,00	47,99	52,66	5,27	1,00
ГС	266,84	280,76	56,85	60,94	5,85	0,00	57,42	59,99	7,37	0,00

Згідно з даними табл. 5.7 робимо висновок, що умова (5.23) виконується для всіх розділових елементах, отже відцепи розділяються на всіх елементах спускної частини гірки.

5.6. Визначення переробної здатності сортувальної гірки

Добова переробна здатність сортувальної гірки по розформуванню вагонів, що прибувають на станцію, може бути визначена згідно [69] за формулою:

$$N_{\Gamma} = \frac{(1440 \cdot \alpha_n - \sum T_{\text{пост}})}{\rho_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma}} \cdot m_B, \quad (5.24)$$

де $T_{\text{пост}}$ – тривалість операцій не пов'язаних з розпуском составів;

α_n – коефіцієнт, що враховує можливість перерви в роботі гірки у зв'язку з наявністю маршрутів, що перетинаються;

t_{Γ} – середня тривалість гіркового технологічного інтервалу;

m_B – середня кількість вагонів у складі поїзда.

Тривалість операцій не пов'язаних з розпуском составів складають 60 хв, коефіцієнт, який враховує можливість перерви в роботі гірки у зв'язку з ворожістю маршрутів – 0,95. З розділу 3 тривалість гіркового технологічного інтервалу для поїздів з К та Л – 22,1 хв, з М – 21,8 хв, а для збірних поїздів – 18,3 хв. Середня кількість вагонів у складі поїзда – 56 ваг.

Отже, середня тривалість гіркового технологічного інтервалу складає:

$$t_{\Gamma} = \frac{22,1 + 21,8 + 18,3}{3} = 20,7 \text{ хв.}$$

Переробна здатність гірки складе:

$$N_{\Gamma} = \frac{(1440 \cdot 0,95 - 60)}{1,06 \cdot 20,7} \cdot 56 = 3339 \text{ ваг.}$$

Для аналізу працездатності запроектованої сортувальної гірки необхідно визначити коефіцієнт завантаження гірки за формулою:

$$\psi = \frac{N_{\text{факт}}}{N_{\Gamma}}, \quad (5.25)$$

де $N_{\text{факт}}$ – добова переробка гірки, ваг.

Добова переробка гірки згідно розділу 2 (табл. 2.2) складає 2633 ваг.

Отже

$$\psi = \frac{2633}{3339} = 0,79$$

Оскільки $\Psi < 0,80$, то сортувальна гірка здатна забезпечувати нормальний режим роботи при існуючому обсязі переробки вагонів.

6 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ З МІСЦЕВИМИ ВАГОНАМИ

6.1 Характеристика проблеми роботи з місцевими вагонами

В оперативних умовах тривалість формування составів залежить від порядку виконання маневрових операцій. Існують різні математичні методи, які дозволяють за конкретних умов встановити оптимальний порядок виконання необхідних для підбірки місцевих вагонів операцій [39–57].

В даній дипломній роботі будемо виконувати аналіз двох методів формування багатогрупних составів – комбінаторного та розподільчого. Оскільки, при виборі різних методів тривалість формування багатогрупного составу може змінюватись в значному інтервалі, то виникає можливість пошуку такого методу, з використанням якого конкретний состав зможе бути сформованим за мінімальний час [52, 55, 57, 58, 61, 65]. Таким чином в даному розділі вирішуватиметься задача пошуку методу формування, який забезпечить мінімальну його тривалість.

Серед основних понять, які притаманні даному процесу, розглянемо основні визначення та терміни.

Методом формування називається сукупність правил збірки і сортування груп вагонів по коліях у процесі формування, що можна вважати не чим іншим як планом маневрової роботи по формуванню багатогрупного составу. Групою прийнято називати вагони состава, які мають одне призначення. Формування такого составу виконується за декілька етапів (ітерацій, циклів) формування.

Прийнято вважати, що вихідне положення багатогрупного составу знаходиться на деякій колії сортувального парку. Вагони в даному составі розташовані у порядку надходження їх на цю колію із составів у розформування, а після добірки вагонів вони повинні розташовуватись за зростанням номера групи.

З метою зменшення обсягів маневрової роботи рекомендується виконання заміни дійсних номерів груп вагонів на логічні номери груп [54, 55]. При цьому початкова кількість груп в составах може скоротитися до двох разів, а це суттєво впливає на тривалість формування в контексті її зменшення.

Для формування составів може використовуватись один із сортувальних пристроїв: допоміжна сортувальна гірка чи витяжна колія

6.2 Характеристика методів формування багатогрупних составів

При дослідженні використовувались два, відмінних один від одного, методів формування багатогрупних поїздів.

6.2.1 Комбінаторний метод формування багатогрупних составів

Комбінаторний метод (КМ) [45–54] передбачає представлення ЛНГ γ_i у системі чисел Фібоначчі Φ_m порядку m . Для його використання слід попередньо виконати заміну дійсних номерів колій на логічні номери колій. Даний метод характеризується наявністю лише сортування та відсутністю збірки вагонів та дозволяє виконати формування багатогрупних составів за менше етапів ніж інші розглянуті методи.

Номери груп $g = 0, \dots, 16$ у Фібоначчієвому записі наведено в таблиці 6.1. У цій же таблиці вказано кількість етапів формування N , яка необхідна, якщо максимальний номер групи в составі дорівнює g .

Таблиця 6.1 – Фібоначчієвий запис номерів груп

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

Числа $\Phi_m(\gamma)$ використовуються для визначення логічного номера колії (ЛНК) μ_i , на яку потрібно направити i -й відцеп з логічним номером групи (ЛНГ) g_i при сортуванні на кожному етапі формування [47, 54].

При використанні комбінаторного методу після сортування вагонів на j -му етапі на наступному $(j+1)$ -му етапі сортують вагони, що знаходяться на колії, яка на j -му етапі мала ЛНК $\mu=0$. Відсутність операцій збирання вагонів після кожного сортування є істотною перевагою комбінаторного методу. При цьому після кожного етапу формування логічні номери усіх колій, які використовуються, циклічно змінюються.

Логічні номери колій сортувального парку присвоюють наступні:

- 0, 01 – у разі сортування на двох коліях;
- 0, 01, 011 – у разі сортування на трьох коліях;
- 0, 01, 011, 0111 – у разі сортування на чотирьох коліях і т.д.

На кожному етапі відправляємо групи вагонів на ті колії, номером яких закінчується їх двійковий код. Для наступного сортування витягуємо вагони з колії, яка має логічний номер 0. Після кожного етапу логічні номери усіх колій, які використовуються, циклічно змінюються.

Для прикладу розглянемо формування состава із 18-ти вагонів та 7-ми груп комбінаторним методом на чотирьох коліях, при чому порядок номерів груп вагонів в сформованому составі повинен бути зростаючим.

Розташування вагонів у початковому составі наведено на рисунку 6.1:

4	8	7	1	5	3	2	1	0	2	0	6	5	4	3	3	7	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Рисунок 6.1 – Порядок розташування вагонів у початковому составі

Присвоїмо коди призначенням вагонів (див. таблицю 6.2); при чому, в даній таблиці, θ – це загальна кількість груп багатогрупного составу.

Таблиця 6.2 – Коди призначенням вагонів багатогрупного составу для КМ

Номер групи k	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Код (при $g = \theta - k - 1$)	01000	00111	00110	00101	00100	00011	00010	00001	00000

Призначимо початкові логічні номери коліям сортувального парку: 0, 01, 011, 0111 (оскільки сортування відбуватиметься на 4-х коліях). Далі ці номери потрібно циклічно змінювати на кожному етапі.

Приклад формування заданого багатогрупного складу комбінаторним методом наведено на рисунку 6.2:

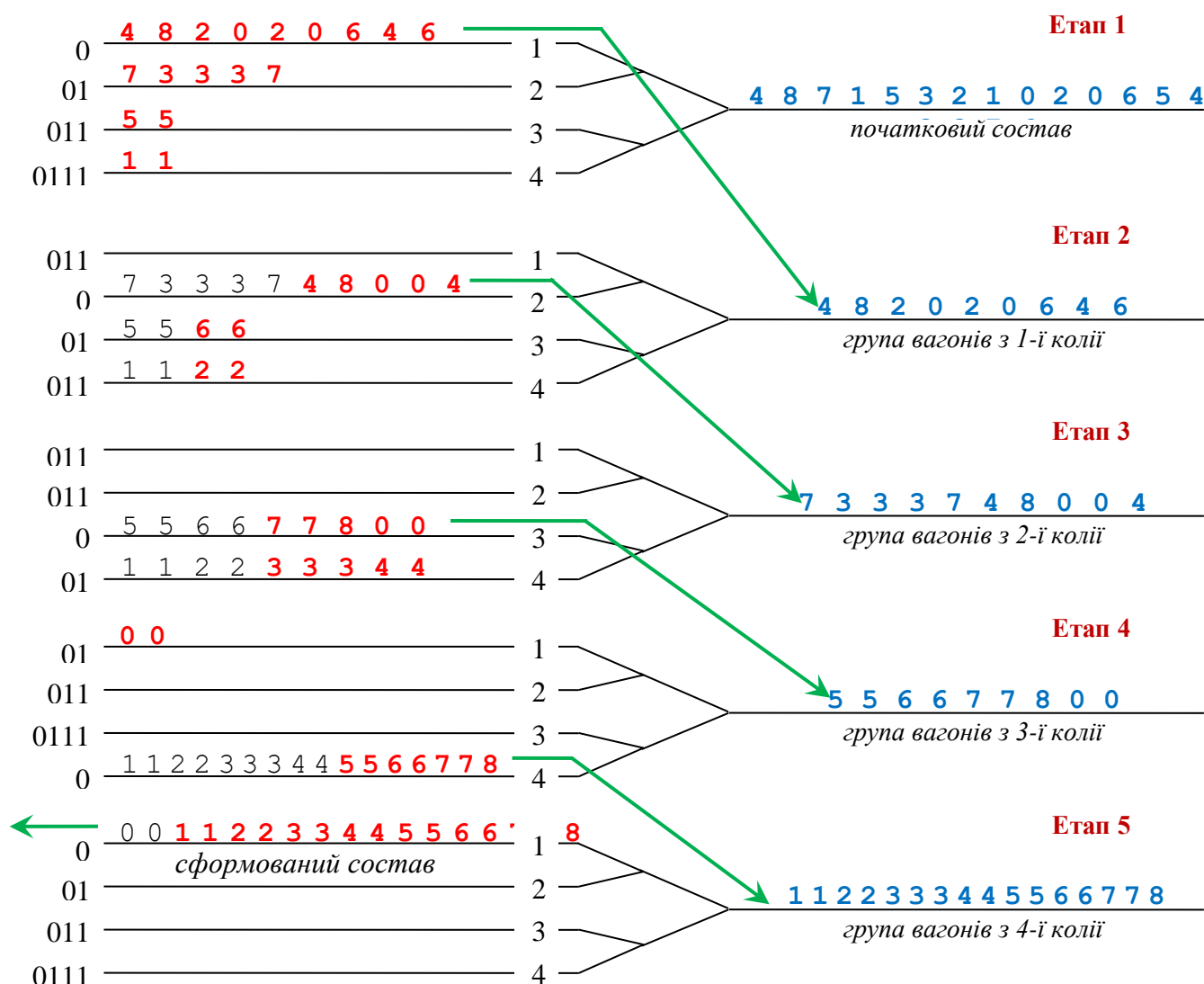


Рисунок 6.2 – Формування складу комбінаторним методом

За оцінкою автора в [70], використання КМ дозволяє на 20-30% скоротити тривалість формування у порівнянні з класичною технологією виконання підбірки керуючись лише досвідом керівника маневрів.

6.2.2 Розподільчий метод формування багатогрупних складів

При використанні розподільчого методу (РМ) ЛНГ γ_i представляються числом $\gamma_{i(m)}$ в позиційній системі числення з основою m . Для того, щоб виконати сортування складу розподільчим методом, необхідно присвоїти код, який наведено в таблиці 6.3 [55, 67].

Таблиця 6.3 – Позиційний запис номерів груп

Номер групи γ	Кількість сортувальних колій m							
	2		3		4			
	$\Phi_2(\gamma)$	N	$\Phi_3(\gamma)$	N	$\Phi_4(\gamma)$	N		
0	0	1	0	1	0	1		
1	1	2	1	2	1	2		
2	10	3	2		2			
3	11		4	10 11 12 20 21 22	3	3	3	
4	100	10 11 12 20 21 22				3		10
5	101							11
6	110							12
7	111							13
8	1000	5		100 101 102 110 111 112 120	4	20		
9	1001		21					
10	1010		22					
11	1011		23					
12	1100		30					
13	1101		31					
14	1110		32					
15	1111		33					

Сортувальні колії нумеруються цифрами 0, 1, 2, 3... На кожному етапі сортування вагони відправляються на ті колії, номером яких закінчується їх код. Після кожного етапу сортування вагони збираються з усіх колій, починаючи з колії, що має найбільший порядковий номер. Нумерація колій не змінюється, а після кожного етапу сортування з коду викреслюється остання цифра, після чого починається новий етап сортування [55].

Для прикладу розглянемо формування состава (див. рис. 6.1) розподільчим методом на чотирьох коліях.

Присвоїмо коди призначення вагонів для даного методу в таблиці 6.4:

Таблиця 6.4 – Коди призначенням вагонів багатогрупного составу для РМ

Номер групи k	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Код	000	001	002	003	010	011	012	013	020

Призначимо логічні номери коліям сортувального парку 0, 1, 2, 3 так як сортування відбуватиметься на чотирьох коліях.

Використання розподільчого методу для формування багатогрупних составів також як і попередній метод дозволяє суттєво скоротити тривалість процесу формування за рахунок виконання математично визначеної послідовності маневрових напіврейсів. Це дозволяє виключити виконання непродуктивних переміщень, і, за рахунок цього, загальна тривалість формування багатогрупного составу буде значно зменшено у порівнянні з існуючою технологією виконання формування.

Приклад формування заданого багатогрупного составу розподільчим методом наведено на рисунку 6.3:

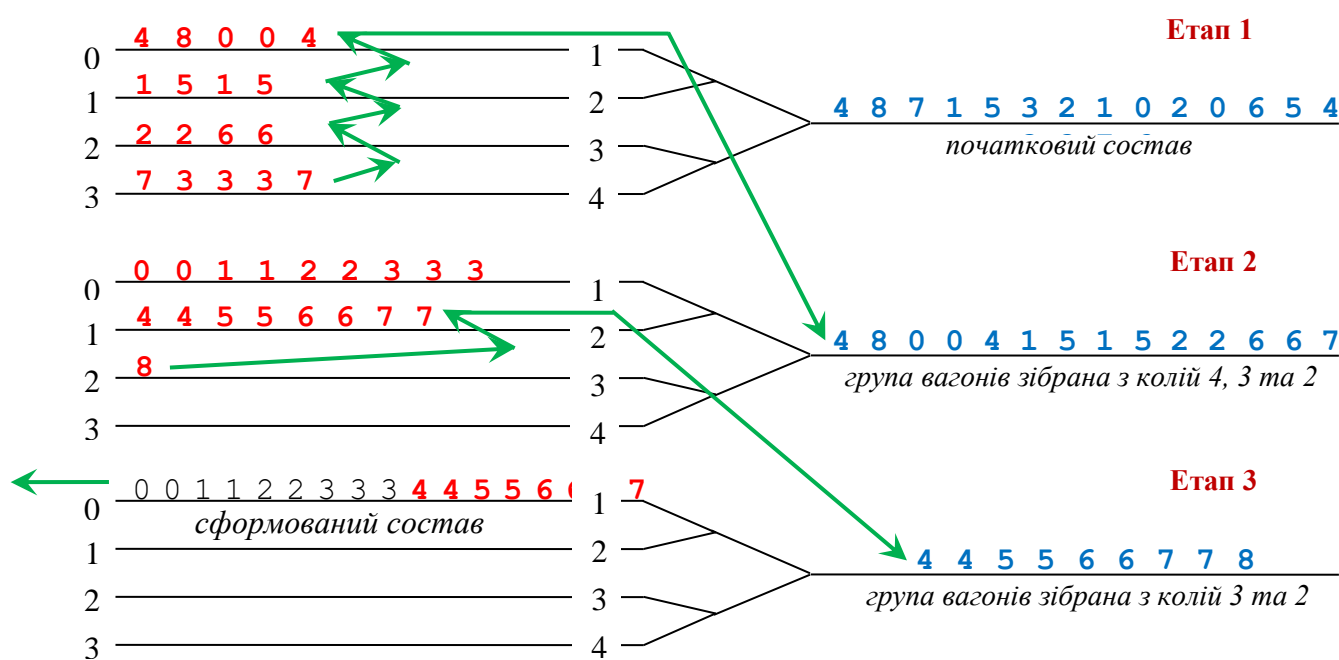


Рисунок 6.3 – Формування составу розподільчим методом

6.2.3 Висновок щодо вибору методу формування

Розглянуті вище методи мають як спільні риси так і відмінності у алгоритмах формування поїздів. Слід зауважити, що однозначно сказати який з цих методів кращий неможливо, адже неможливо, аналізуючи основні залежності та приклади формування, стверджувати доцільність застосування того чи іншого методу без попередньої їх оцінки з використанням деякого універсального критерію. Як

показав аналіз публікацій з даної проблеми, в якості такого критерію може бути взято тривалість формування багатогрупних составів.

Так, виконання порівняльної часової оцінки методів формування, що розглядаються, дасть змогу зробити певні висновки про методи на основі статистичних даних про частоту вибору того чи іншого методу (при якому час формування составу конкретним методом був мінімальний), використання наявного технічного обладнання, економічну оцінку даних методів тощо.

6.3 Характеристика імітаційної моделі процесу формування

Дослідження методів формування багатогрупних составів неможливе без використання деяких програмних моделей, які адекватно моделюють усі операції, що відбуваються під час даного процесу на реальній станції.

Беручи до уваги сказане раніше, з метою виконання дослідження процесу формування можна скористатись імітаційною моделлю процесу формування багатогрупних составів, розробленої на кафедрі «Транспортні вузли» [70]. При цьому, для вирішення поставленої задачі, модель імітує всі елементи процесу формування составів на різних типах сортувальних пристроїв (сортувальна гірка, витяжна колія), і дозволяє отримати часову оцінку даного процесу.

Вікно імітаційної моделі після запуску наведено на рисунку 6.4.

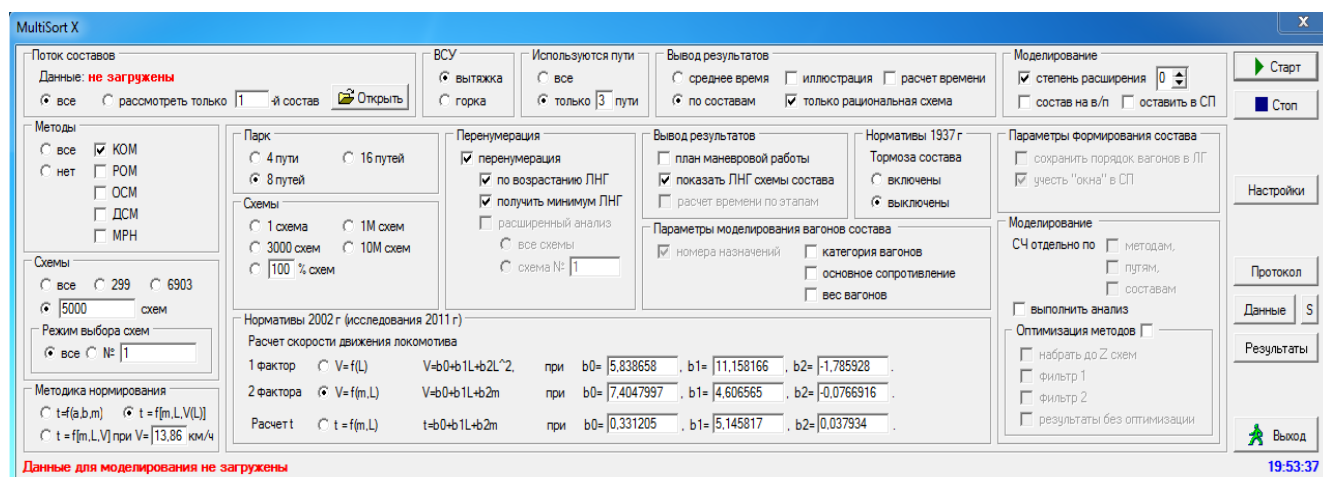


Рисунок 6.4 – Вікно імітаційної моделі після запуску

Вікно імітаційної моделі при відображенні даних про состави наведено на рисунку 6.5.

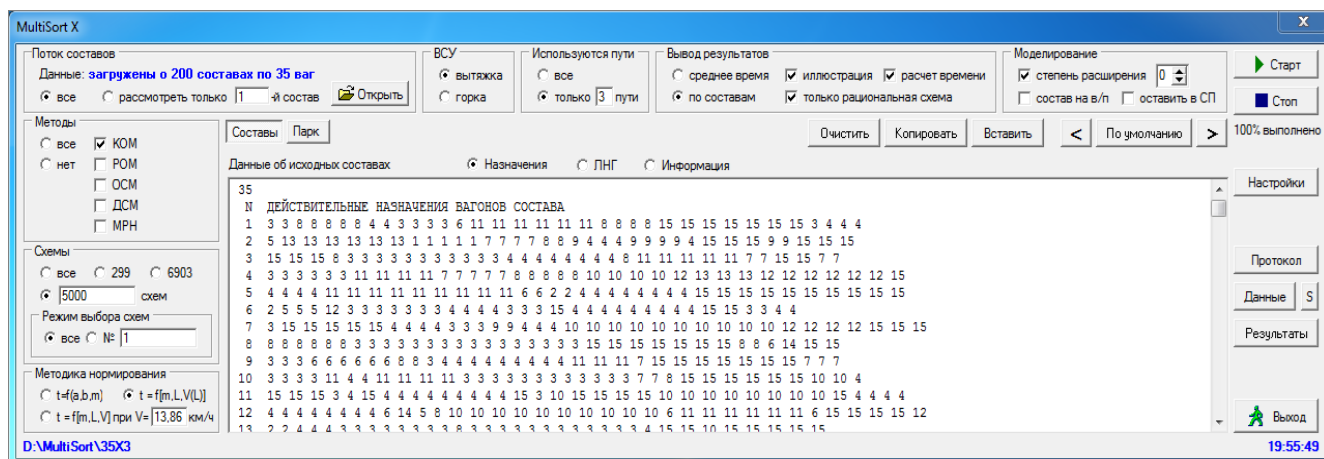


Рисунок 6.5 – Вікно імітаційної моделі при виводі даних про состави

Вікно імітаційної моделі після завершення моделювання потоку составів та виведенні його результатів наведено на рисунку 6.6.

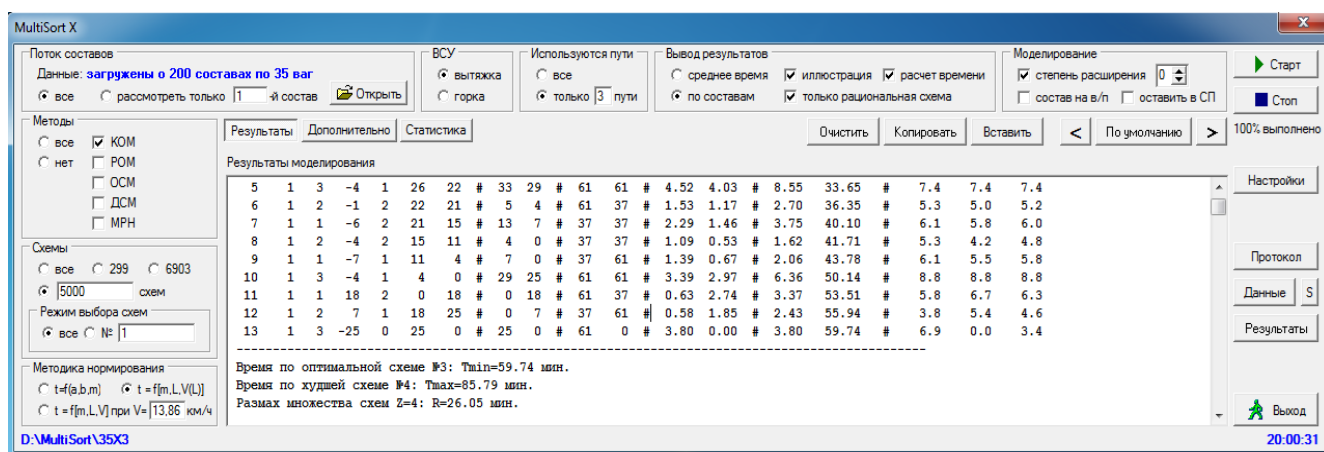


Рисунок 6.6 – Вікно імітаційної моделі при виведенні результатів моделювання

6.4 Аналіз процесу формування багатогрупних составів

З використанням вказаної вище моделі дослідимо процес формування багатогрупних составів трьома методами составів з кількістю вагонів від 15 до 30 та кількістю груп від 3 до 7. Для виконання теоретичних досліджень прийнято, що для формування можна використати до 7 колій сортувального парку.

При визначенні залежності тривалості формування від параметрів состава виконаємо формування потоку із 200 составів і визначимо середню тривалість формування одного составу.

6.4.1 Моделювання процесу підбірки місцевих вагонів комбінаторним методом

Тривалість підбірки різних груп вагонів багатогрупних составів комбінаторним методом на витяжній колії наведена в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Тривалість підбірки різних груп вагонів комбінаторним методом на витяжній колії

$G \backslash n$	15	20	25	30
3	15,56	19,05	23,24	28,4
4	21,73	27,1	33,22	39,42
5	23,9	29,24	34,45	41,08
6	28,36	34,41	41,32	49,76
7	32,03	38,94	48,94	57,43
8	39,23	51,46	61,03	71,56

Тривалість підбірки різних груп вагонів багатогрупних составів комбінаторним методом на сортувальній гірці наведена в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Тривалість підбірки різних груп вагонів комбінаторним методом на сортувальній гірці

$G \backslash n$	15	20	25	30
3	11,71	14,34	17,04	20,24
4	13,71	16,91	20,5	23,81
5	15,27	18,87	22,3	25,92
6	16,54	20,25	24,08	28,5
7	17,25	21,56	26,01	30,3
8	20,63	25,3	28,87	33,21

За даними таблиць 6.5 та 6.6 побудуємо залежності на рисунку 6.7

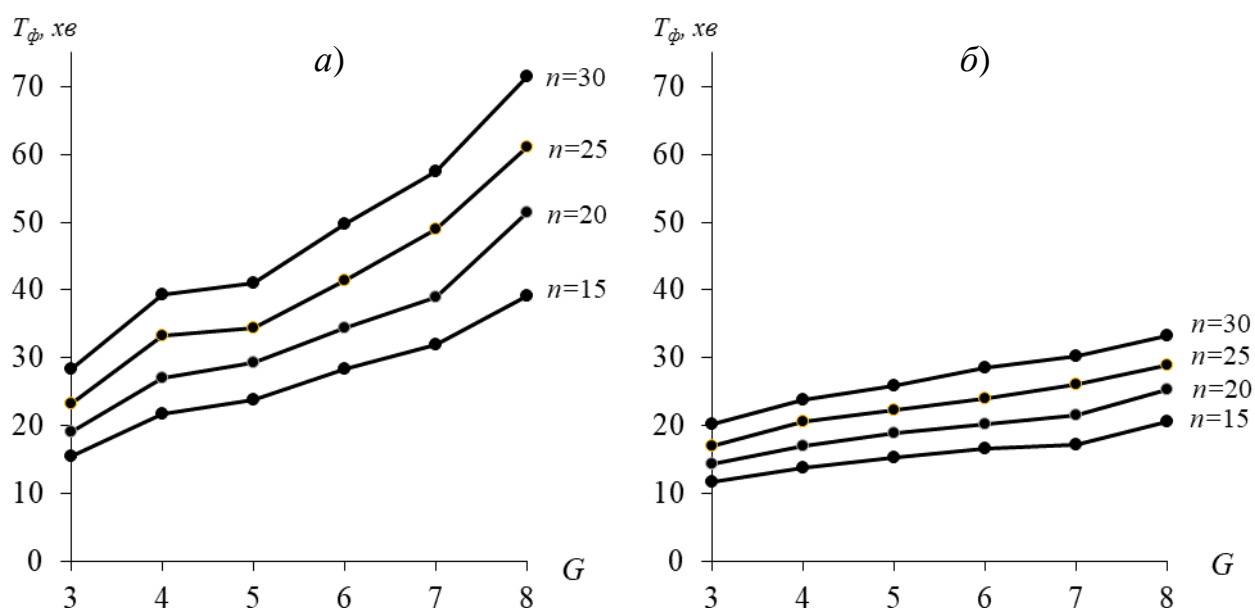


Рисунок 6.7 – Залежності тривалості підбірки груп вагонів комбінаторним методом, яка виконується: а) на витяжній колії, б) на сортувальній гірці

6.4.2 Моделювання процесу підбірки місцевих вагонів розподільчим методом

Тривалість підбірки різних груп вагонів багатогрупних составів розподільчим методом на витяжній колії наведена в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Тривалість підбірки різних груп вагонів розподільчим методом на витяжній колії

$G \backslash n$	15	20	25	30
3	15,92	19,39	23,45	28,04
4	20,55	24,86	29,47	34,88
5	25,07	30,49	35,71	42,49
6	30,15	36,1	42,85	50,69
7	34,48	39,89	49,26	57,57
8	41,31	49,02	55,85	64,67

Тривалість підбірки різних груп вагонів багатогрупних составів розподільчим методом на сортувальній гірці наведена в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Тривалість підбірки різних груп вагонів розподільчим методом на сортувальній гірці

$G \backslash n$	15	20	25	30
3	12,54	15,62	18,54	21,45
4	15,9	19,31	22,71	26,49
5	17,62	21,71	25,62	29,94
6	20,26	24,86	29,62	34,72
7	23,02	27,71	33,15	38,3
8	26,7	30,74	36,21	41,41

За даними таблиць 6.7 та 6.8 побудуємо залежності на рисунку 6.8

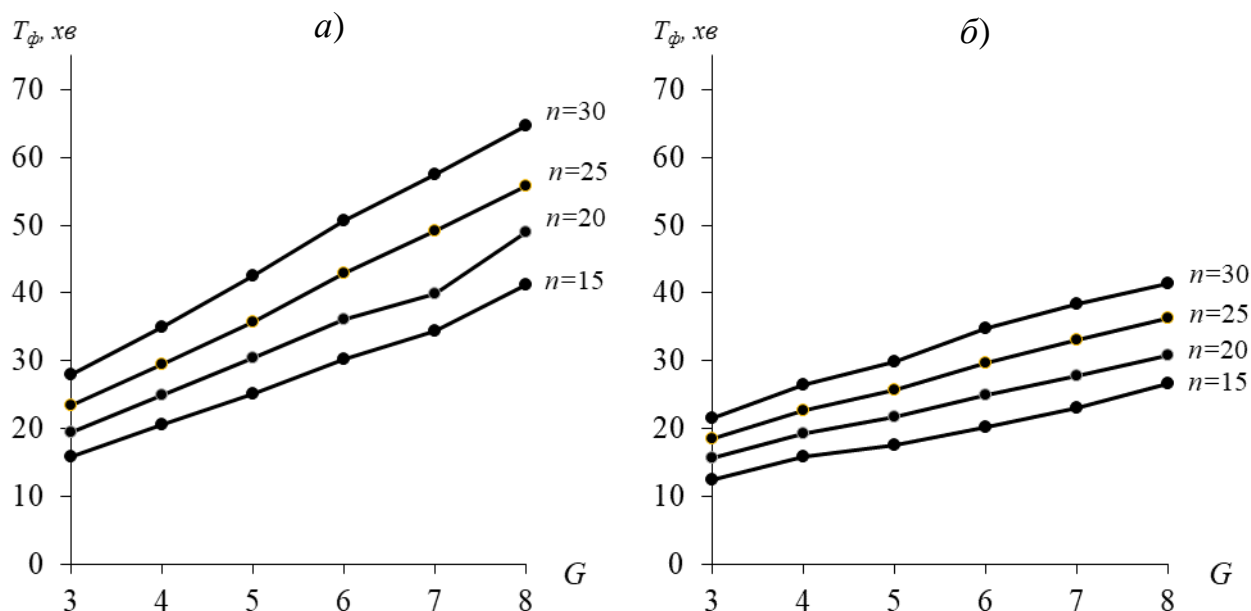


Рисунок 6.8 – Залежності тривалості підбірки груп вагонів розподільчим методом, яка виконується: а) на витяжній колії, б) на сортувальній гірці

Аналіз результатів моделювання процесу формування багатогрупних составів при різних значеннях кількості вагонів, груп та колій для формування дозволяє констатувати, що на витяжній колії всі методи дають забезпечують порівняно однакові результати (або не дуже сильно переважають один одного), в той час коли на гірці комбінаторний метод був значно краще.

6.5 Рекомендації щодо вибору кращої технології формування

Оскільки немає можливості однозначно вирішити питання про гарантовану перевагу одного з двох методів, то на реальній станції доцільно для конкретного составу визначати тривалість формування T_f різними методами і оперативно вибирати метод, при використанні якого дана тривалість буде мінімальною.

Результати вибору кращого методу для різних потоків составів у залежності від кількості груп в них та при кількості колій для формування $m=4$ для витяжної колії наведені у таблиці 6.9, а для сортувально гірки – у таблиці 6.10.

Таблиця 6.9 – Вибір кращого методу на витяжній колії при $m=4$

$G \backslash n$	Кращий метод				Тривалість, хв			
	15	20	25	30	15	20	25	30
3	КМ	КМ	КМ	РМ	15,56	19,05	23,24	28,04
4	РМ	РМ	РМ	РМ	20,55	24,86	29,47	34,88
5	КМ	КМ	КМ	КМ	23,9	29,24	34,45	41,08
6	КМ	КМ	КМ	КМ	28,36	34,41	41,32	49,76
7	КМ	КМ	КМ	КМ	32,03	38,94	48,94	57,43
8	КМ	РМ	РМ	РМ	39,23	49,02	55,85	64,67

Таблиця 6.10 – Вибір кращого методу на сортувальній гірці при $m=4$

$G \backslash n$	Кращий метод				Тривалість, хв			
	15	20	25	30	15	20	25	30
3	КМ	КМ	КМ	КМ	11,71	14,34	17,04	20,24
4	КМ	КМ	КМ	КМ	13,71	16,91	20,5	23,81
5	КМ	КМ	КМ	КМ	15,27	18,87	22,3	25,92
6	КМ	КМ	КМ	КМ	16,54	20,25	24,08	28,5
7	КМ	КМ	КМ	КМ	17,25	21,56	26,01	30,3
8	КМ	КМ	КМ	КМ	20,63	25,3	28,87	33,21

Отже, в результаті виконаного дослідження різних методів формування багатогрупних составів за допомогою імітаційної моделі було отримано часову оцінку процесу формування з використанням кожного із них. За допомогою даної оцінки в результаті порівняльного аналізу були вибрані кращі методи формування для конкретних випадків: різних сполучень параметрів составів, колійного розвитку та типу сортувального пристрою.

6.6 Визначення ефекту від використання запропонованої технології

Виконаємо порівняння параметрів процесу підбірки місцевих вагонів за допомогою запропонованої та існуючої методик на прикладі составів із 7-ми груп вагонів з різною кількістю вагонів. Для цього у таблиці 6.11 наведемо для двох типів сортувальних пристроїв дані про тривалості підбірки місцевих вагонів за існуючою на станції О технологією.

Абсолютний ефект від застосування запропонованої технології Δ для составів з різним n визначається за формулою

$$\Delta = T_{\phi}^{\text{існ}} - \min\{T_{\phi}^{\text{КМ}}, T_{\phi}^{\text{РМ}}\}. \quad (6.1)$$

де $T_{\phi}^{\text{існ}}$ – тривалість підбірки місцевих вагонів за існуючою технологією, хв;
 $T_{\phi}^{\text{КМ}}, T_{\phi}^{\text{РМ}}$ – тривалість підбірки місцевих вагонів за методами комбінаторним та розподільчим відповідно, хв.

Відносний ефект запропонованої технології δ для різних составів складе

$$\delta = \frac{\Delta}{T_{\phi}^{\text{існ}}} \cdot 100\%. \quad (6.2)$$

Результати розрахунків зведемо в ту ж таки таблицю 6.11.

Таблиця 6.11 – Визначення мінімальної тривалості формування для складу

Методика \ n	Витяжна колія				Сортувальна гірка			
	15	20	25	30	15	20	25	30
Існуюча	36,3	45,7	57,3	74,5	36,3	45,7	57,3	74,5
Запропонована	32	37,1	44,4	51,5	17,2	21,4	26	30
Абсолютний ефект Δ , хв	4,3	8,6	12,9	23	19,1	24,3	31,3	44,5
Відносний ефект δ , %	11,8	18,8	22,5	30,9	52,6	53,2	54,6	59,7

За даними таблиці 6.11 побудуємо залежності на рисунку 6.9

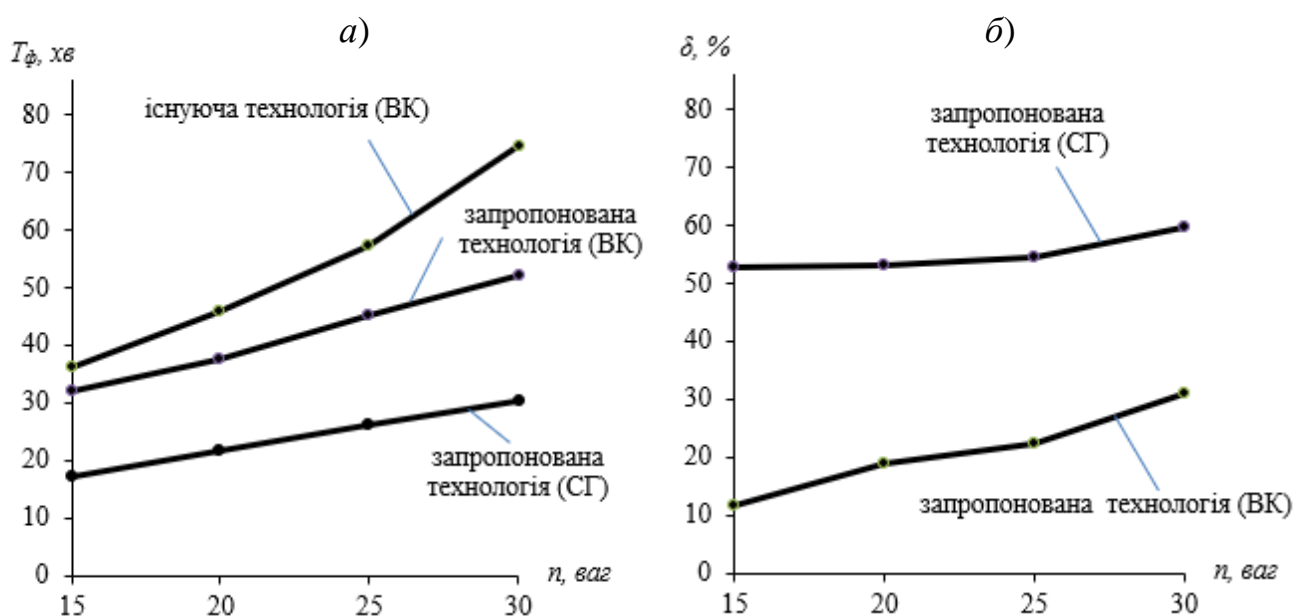


Рисунок 6.9 – Залежності для різних методик формування та сортувальних пристроїв, які використовуються: а) $T_{\phi} = f(n)$, б) $\delta = f(n)$

Аналіз наведених залежностей дозволив встановити, що для забезпечення максимального ефекту від використання методів формування слід виконувати моделювання формування кожним із цих методів, а із отриманих результатів вибирати мінімальний. Розвиток ЕОМ та їх повсемісне використання на робочих місцях оперативного диспетчерського персоналу дозволить швидко отримати раціональний план маневрової роботи з складом.

Як видно з рис. 6.79 використання запропонованої методики дозволить суттєво зменшити тривалість формування багатогрупних складів.

6.7 Визначення економічних показників для раціональної технології підбірки місцевих вагонів

Як відомо з [70–72], універсальним показником для порівняння варіантів техніко-технологічних рішень є експлуатаційні витрати на кожен із варіантів технології. Кращим варіантом буде той, витрати за яким будуть мінімальними.

З таблиці Б.5 Додатку Б взято дані про витрати на 1 годину маневрової роботи та наведено у таблиці 6.12.

Таблиця 6.12 – Зведені витрати на 1 годину маневрової роботи

Состав	Витрати, грн
15	1470,19
20	1508,44
25	1547,25
30	1586,62

Залежність витрат на маневрову роботу з підбірки місцевих вагонів визначимо за формулою [70]

$$E_{\text{сост}} = \frac{T_{\text{фи}}^{\text{сост}}}{60} \cdot E_{1 \text{ год}}, \quad (6.3)$$

де $T_{\text{фи}}^{\text{сост}}$ – тривалість формування состава i -м методом, хв;

$E_{1 \text{ год}}$ – витрати на 1 годину маневрової роботи, грн.

Результати розрахунків зведемо в таблицю 6.13.

Таблиця 6.13 – Тривалість формування та витрати за варіантами технології

n , ваг	Існуюча технологія		Запропонована технологія (ВК)		Запропонована технологія (СГ)	
	$T_{\text{ф}}$	E	$T_{\text{ф}}$	E	$T_{\text{ф}}$	E
15	36,3	889,46	32	784,1	17,2	421,45
20	45,7	1148,93	37,1	932,72	21,4	538,01
25	57,3	1477,62	44,4	1144,97	26	670,48
30	74,5	1970,05	51,5	1361,85	30	793,31

Залежність між економічними показниками та параметрами составів наведена на рисунку 6.10.

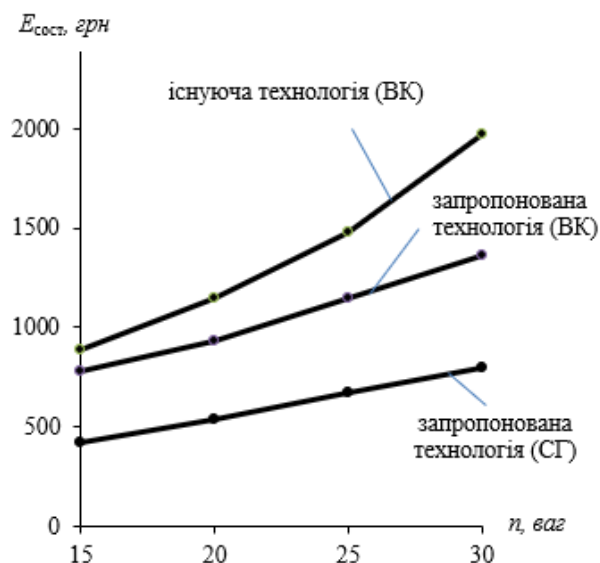


Рисунок 6.10 – Залежність витрат на формування состава від кількості вагонів

$$E_{\text{сост}} = f(n)$$

Визначимо величину економії при формуванні составів за запропонованою методикою, а також значення економічної переваги використання сортувальної гірки (дивись таблицю 6.14).

Таблиця 6.14 – Визначення різних економічних показників формування багатогрупних составів за запропонованою технологією

$n, \text{ваг}$	Запропонована технологія ВК		Запропонована технологія СГ		Економічна перевага СГ на ВК
	$\Delta E_{\text{сост, грн}}$	$\Delta E_{\text{рік, тис. грн}}$	$\Delta E_{\text{сост, грн}}$	$\Delta E_{\text{рік, тис. грн}}$	
15	105,36	615,302	468,01	2733,1784	2117,876
20	216,21	946,999	610,92	3511,226	2564,2262
25	332,65	1214,172	807,14	2946,061	1731,8885
30	608,2	1775,944	1176,74	3436,0808	1660,1368

Графічно залежність $\Delta E_{\text{рік}} = f(n)$ наведена на рисунку 6.11.

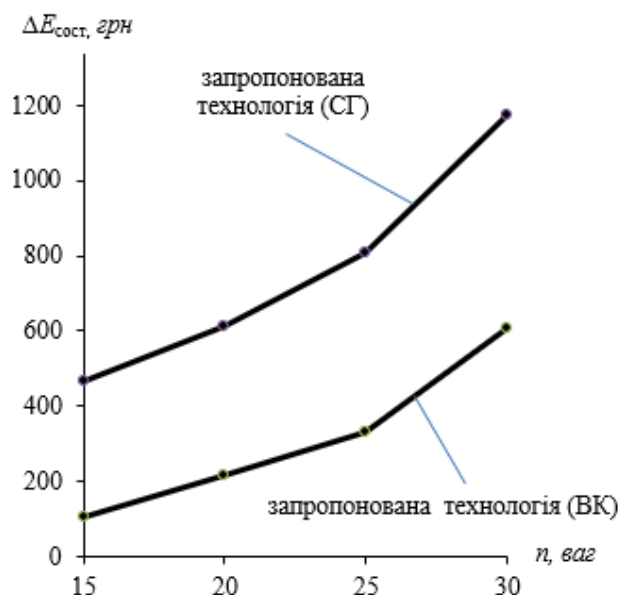


Рисунок 6.11 – Залежність річної економії $\Delta E_{\text{рік}} = f(n)$ від кількості вагонів у составі n

На рисунку 6.12 наведено залежність значення економічної переваги використання сортувальної гірки (СГ) над витяжною колією (ВК) для підбірки місцевих вагонів (за рік) $\Delta e_{\text{рік}} = f(n)$ від кількості вагонів у составі n

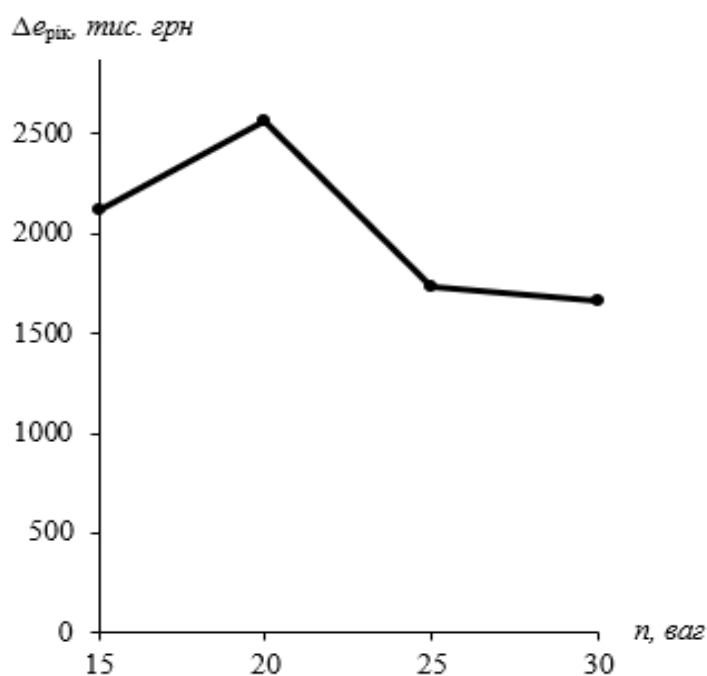


Рисунок 6.12 – Залежність значення економічної переваги (за рік)

$\Delta e_{\text{рік}} = f(n)$ від кількості вагонів у составі n

Аналізуючи таблицю 6.14 можна зробити висновок, що використання запропонованої технології при щодобовій кількості місцевих вагонів 265 *ваг* дозволяє отримати річну економію витрат у порівнянні з існуючою методикою формування до 1,8 млн. грн на витяжній колії, та до 3,5 млн. грн на сортувальній гірці.

При цьому, як видно із таблиці 6.14, значення економічної переваги сортувальної гірки над витяжною колією за рік складе від 1,66 до 2,56 млн. грн.

При прогнозованій стабільності або рості подібного ефекту можна розглянути можливість виконання роботи з підбирання місцевих вагонів на запроектованому окремо допоміжному сортувальному пристрої, однак питання вибору місця, його конструкції та вартості спорудження в даній дипломній роботі не розглядалось.

7 ПОБУДОВА ДОБОВОГО ПЛАН-ГРАФІКУ РОБОТИ СТАНЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЇЇ РОБОТИ

Добовий план-графік роботи станції є графічним відображенням роботи станції: прийому поїздів, їх обробки в станційних парках та відправлення. На планах графіках відображають також роботу всіх пристроїв, що знаходяться на станції (сортувальна гірка, витяжні колії, маневрові локомотиви).

Мета добового план-графіка — узгодити роботу всіх елементів станції, їх взаємодію з графіком прибуття і відправлення поїздів, з роботою під'їзних колій підприємства, уточнити завантаження окремих парків, колій, горловин, маневрових локомотивів, визначити норми часу знаходження на станції вагонів різних категорій обробки. Перерозподіл роботи, коректування підводу і відправлення поїздів і передач в процесі складання добового план-графіка дозволяють удосконалити технологічний процес, покращити показники роботи станції. Тобто, добовий план-графік роботи станції є графічною моделлю її роботи. Він використовується в основному для аналізу та визначення показників роботи станції при пошуках оптимального варіанту технічного оснащення станції.

7.1 Вихідні дані для розробки добового плану-графіку

Для розробки добового плану-графіку вихідними даними є:

- розклад всіх поїздів зі всіх напрямків (М, Л та К);
- розподіл вагонів поїздів у розформування зі всіх напрямків по призначенням плану формування поїздів (ПФП);
- технологія обробки поїздів, що розроблена у розділі 8;
- тривалість виконання операцій, яка була визначена або прийнята в розділі 3.

Розклад прибуття на станцію О всіх поїздів моделюється за допомогою відповідного програмного забезпечення для ЕОМ, що розроблено на кафедрі «Станції та вузли».

Всі результати моделювання моментів прибуття поїздів на сортувальну станцію наведені в Додатку В, та були раніше використані для дослідження вхідного потоку у підсистему розформування.

Розподіл за призначеннями ПФП вагонів з переробкою, що прибувають в составі поїздів у розформування, також визначений шляхом моделювання за допомогою ЕОМ і наведений в Додатку В.

7.2 Розробка добового плану-графіку роботи станції

На добовому план-графіку кожен з технічних пристроїв станції чи каналів обслуговування (наприклад, бригада ПТО) зображується в окремому рядку.

На план-графіку в масштабі часу показуємо:

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

При побудові плану-графіку врахована можлива ворожість різних пересувань, час звільнення пристроїв (колії, гірки), локомотивів і бригад ПТО після виконання операцій, що дозволяє виявити міжопераційні простої та простої поїздів внаслідок недостатнього колійного розвитку (особливу у згущений період).

7.3 Визначення показників добового плану-графіку роботи станції

По добовому плану-графіку розраховуються наступні показники:

1. Простій транзитного вагону без переробки:

$$t_{mp}^{\delta n} = \frac{\sum n_{mp}^{\delta n} t_{mp}^{\delta n}}{\sum n_{mp}^{\delta n}} \quad (7.1)$$

де $\sum n_{mp}^{\delta n} t_{mp}^{\delta n}$ - вагоно-години простою транзитних вагонів за добу;

$\sum n_{mp}^{\delta n}$ - кількість транзитних вагонів, що обслуговуються в парку за добу.

З добового план-графіка вагоно-години простою транзитних вагонів за добу для парку ПВ-1 складають 435,87 *ваг-год*, а для парку ПВ-2 – 819,47 *ваг-год*. Кількість транзитних вагонів, що обслуговуються в парку ПВ-1 дорівнює 784 *ваг*, а для парку ПВ-2 - 1383 *ваг*.

Тоді простій одного транзитного вагону без переробки становить:

$$\text{ПВ-1} \quad t_{\text{тр}}^{\delta n} = \frac{435,87}{784} = 0,56 \text{ год.}$$

$$\text{ПВ-2} \quad t_{\text{тр}}^{\delta n} = \frac{819,47}{1383} = 0,59 \text{ год.}$$

2. Простій транзитного вагону з переробкою:

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = t_{\text{пп}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{оч}}^{\text{зф}} + t_{\text{зф}} + t_{\text{пв}} \quad (7.2)$$

де $t_{\text{пп}}$ – середній час простою вагону у парку прийому;

$t_{\text{роз}}$ – середній час простою вагону під час розформування;

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

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

Вищевказані величини обчислюються за формулою:

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

Згідно добового плану графіку елементи виразу 7.2 будуть рівні:

$$t_{\text{пн}} = \frac{1434,08}{2633} = 0,54 \text{ год};$$

$$t_{\text{п}} = \frac{757,79}{2633} = 0,29 \text{ год};$$

$$t_{\text{нак}} = \frac{10342}{2633} = 3,93 \text{ год};$$

$$t_{\text{оч}}^{\text{зф}} = \frac{388,82}{2633} = 0,15 \text{ год};$$

$$t_{\text{зф}} = \frac{433,08}{2633} = 0,16 \text{ год};$$

$$t_{\text{пв}} = \frac{2136,91}{2633} = 0,81 \text{ год}.$$

Отже, простій транзитного вагону з переробкою становить

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = 0,54 + 0,29 + 3,93 + 0,15 + 0,16 + 0,81 = 5,88 \text{ год}$$

3. Середньозважена величина простою транзитного вагону становить:

$$t_{\text{тр}} = \frac{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}} + \sum n_{\text{тр}}^{\text{зп}} t_{\text{тр}}^{\text{зп}}}{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} + \sum n_{\text{тр}}^{\text{зп}}}$$

Тоді,

$$t_{\text{тр}} = \frac{435,87 + 819,47 + 15482,04}{784 + 1383 + 2633} = 3,49 \text{ год}$$

4. Добовий вагонообіг сортувальної станції О визначимо за формулою:

$$B = \Pi + Y \quad (7.4)$$

де Π – кількість вагонів, що прибули на станцію за добу;

Y – кількість вагонів, що вибули зі станції, за добу;

$$B = 4778 + 4778 = 9556 \text{ ваг}$$

5. Робочий парк станції визначається за формулою:

$$n_p = \frac{n_{\text{тр}} t_{\text{тр}} + n_{\text{м}} t_{\text{м}}}{24} \quad (7.5)$$

де $n_{\text{м}}$ – кількість місцевих вагонів;

$t_{\text{м}}$ – середня тривалість роботи з місцевим вагоном.

Кількість місцевих вагонів згідно табл. 3.10 складає 233 *ваг*, а середня тривалість роботи з місцевими вагонами згідно добового план-графіка складає 6,12 *год*.

$$n_p = \frac{9556 \cdot 3,49 + 233 \cdot 6,12}{24} = 1458 \text{ *ваг*}.$$

6. Завантаження бригад ПТО всіх парків станції:

$$\Psi_{\text{пто}} = \frac{\sum t_{\text{то}}}{24} \quad (7.6)$$

де $\sum t_{\text{то}}$ - сумарна тривалість огляду усіх поїздів, які знаходяться в парку, із добового плану-графіку становить

Тривалість огляду для кожного з парків складає: для парку П 18,70 *год*, для парку ПВ-1 – 13,2 *год*, а для парку ПВ-2 – 14,67 *год*.

Тоді завантаження бригад в цих парках становитиме:

$$\text{П} \quad \Psi_{\text{пто}} = \frac{18,70}{24} = 0,78;$$

$$\text{ПВ-1} \quad \Psi_{\text{пто}} = \frac{13,2}{24} = 0,55;$$

$$\text{ПВ-2} \quad \Psi_{\text{пто}} = \frac{14,67}{24} = 0,61.$$

Як помітно із отриманих результатів, завантаження бригад ПТО в усіх парках знаходиться в межах допустимого для нормального функціонування цих парків.

7. Коефіцієнт використання маневрових локомотивів становить:

$$K_{\text{л}} = \frac{\sum t}{24 - T_{\text{л}}} \quad (7.7)$$

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

Для гіркових локомотивів у середньому:

$$K_{\text{л}} = \frac{10,8}{24 - 1} = 0,48$$

Для локомотивів, що працюють в хвості сортувального парку у середньому:

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

Аналізуючи показники роботи сортувальної станції О приходимо до висновку, що технічне оснащення станції відповідає обсягам роботи. Так як коефіцієнти використання маневрових локомотивів, бригад ПТО менші максимально можливого значення (0,85), то даного технічного оснащення цілком достатньо для нормальної роботи станції О.

ВИСНОВКИ

В ході розробки дипломної роботи були розглянуті питання удосконалення технології роботи сортувальної станції О з місцевими вагонами.

На базі розрахункових обсягів роботи була проведена перевірка відповідності цим обсягам технічного оснащення станції. Визначено, що існуючої кількості колій в парках станції, які складають відповідно для парку П – 6 колій, для ПВ-1 – 4 колії, для ПВ-2 – 5 колій, а для сортувального парку – 24 колії – достатньо, а отже проводити реконструкцію станції з метою збільшення кількості колій в цих парках не потрібно.

Крім того було визначено потрібну кількість маневрових локомотивів, в результаті чого встановили, що для нормальної роботи станції достатньо 1 гірочний та 1 маневровий локомотив. У той же час на станції є два гірочні та два локомотиви району формування, а отже існуюче технічне оснащення станції переважає потрібне.

Також було проведено аналіз параметрів існуючої сортувальної гірки і встановлено, що її висоти, яка складає 3,15 м достатньо, щоб розрахунковий бігун докотився до РТ. Крім того було перевірено повздовжній профіль гірки на можливість розділення відчепів між розрахунковими відчепами. В результаті досліджень можна констатувати, що розділення виконується на усіх розділових елементах.

В розділі деталі проекту були описані різні методи підбірки місцевих вагонів та визначені показники кожного із методів при формуванні різних составів. В результаті було запропоновано раціональну технологію виконання багатогрупної підбірки місцевих вагонів, що може дати економію витрат до 3,5 млн. грн. за рік.

Можливість реалізації удосконалень було перевірено шляхом побудови добового плану-графіка організації роботи, на базі якого були визначені показники роботи станції О.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аксёнов В.И., Норматов М. Н. Эффективность секционирования путей сортировочных парков станции для переработки местного вагонопотока // Совершенствование методов организации движения поездов, грузовой работы и проектирования станций. Ташкент, 1974. с. 44-51.
2. Абуладзе Л. В., Биченов А. Г. Развитие схем сортировочных станций для широкого внедрения прогрессивной технологии работы и повышения их перерабатывающей способности // Тез. докл. и сообщ. XII всесоюз. научно-техн. совещания – К., 1984. – с. 39-41.
3. Абуладзе Л.В., Телия Г.Ш. Совершенствование конструкции подгорочного парка для формирования групповых поездов. М.: ЦНИИТЭИ МПС, серия «Организация движения и пассажирские перевозки», вып. 2, 1986, с. 13-16.
4. Телия Г.Ш. Развитие подгорочных парков и схем сортировочных станций с большой местной работой. Тезисы докладов участников инженерно-технической конференции. Тбилиси, 1987, с. 26-28.
5. Абуладзе Л.В., Биченов А. Г., Телия Г.Ш., Месхидзе З.Д. Интенсификация переработки групповых вагонопотоков // Ж.д. транспорт. - 1990. - № 7 – с. 13-16.
6. Телия Г.Ш. Совершенствование схем односторонних сортировочных станций для формирования многогруппных составов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1991. 24 с.
7. Галатченко Н. П. О концентрации сортировочной работы // Вестник ВНИИЖТа. 1967. № 6. – с. 43-45.
8. Сологуб Н. К., Фокеев А. Б. Значение грузовых станций, обслуживающих подъездные пути в крупнейших железнодорожных узлах: Тез. докл. науч.-техн. конф. / НИИЖТ. – Новосибирск, 1991. – с. 78.
9. Сологуб Н. К., Фокеев А. Б. Анализ схем и путевого развития грузовых станций, обслуживающих подъездные пути в крупнейших узлах: Межвуз. сб.

научн. тр. / МИИТ. – М., 1992. – Вып. 855. – с. 75-80.

10. Сологуб Н. К., Фокеев А. Б. Распределение переработки местных вагонопотоков между сортировочными и грузовыми станциями в крупнейших узлах: Тез. докл. науч.-практ. конф. / СамИИТ. – Самара, 1993. – Ч. 1 – с. 12.

11. Иванько А. А. Проектирование горок малой мощности в хвосте сортировочных парков. Киев, 1970. – с. 143-158.

12. Сухопяткин А. Н. Проектирование устройств для формирования многогруппных поездов на сортировочных станциях: Сб. науч. Тр. ВЗРШТа. М., 1975. Вып. 80. с. 24-33.

13. Сухопяткин А. Н. Исследование вопросов проектирования сортировочных устройств для формирования многогруппных поездов на односторонних сортировочных станциях. Вопросы совершенствования проектирования и использования устройств железнодорожных и промышленных узлов: Межвуз сб. научн. тр. – Вып. 548. – М.: МИИТ, 1976. – с. 94-96.

14. Сухопяткин А. Н. Сортировочные устройства для переработки местных вагонопотоков // Ж.- д. трансп. 1976. № 1. С. 36-37.

15. Сухопяткин А. Н. Развитие сортировочно-группировочных устройств на сортировочных станциях, – Труды ВЗИИТ, 1978, вып. 98, с. 80-88.

16. Сухопяткин А. Н. Определение числа и длины путей сортировочно-группировочных парков сортировочных станций. – Труды МИИТ, 1978, вып. 593, с. 98-101.

17. Бакумов Э. В. Метод определения числа и длины путей вспомогательных сортировочных устройств // Вопросы проектирования и расчёта железнодорожных станций и узлов. М., 1976. С. 20-31.

18. Бакумов Э. В. Проектирование вспомогательных сортировочных устройств // Методические указания по проектированию железнодорожных узлов и станций. Киев, 1988. № 113. – с. 4-13.

19. Патент СССР № 556070 Способ сортировки вагонов на последователь-

но расположенных основном и дополнительном сортировочных устройствах / Тишков Л. Б., Страковский И. И., Сотников Е. А., Корш В. Б., Перминов А. С. – Опубл. 30.04.1977 г., бюл. № 16.

20. Патент СССР № 730616 Устройство для формирования поездов / Трегубов Н. А. – Опубл. 30.04.1980 г., бюл. № 16.

21. Туляганов У.Т., Бахадиров У.Т. К вопросу совершенствования технологии работы сортировочных станций по формированию многогруппных поездов // Совершенствование методов расчёта и проектирования железнодорожных станций и узлов в условиях Средней Азии и Казахстана. Ташкент, 1979. – с. 3-7.

22. Мацкель С.С., Туляганов У.Т. К вопросу специализации горок для формирования различных категорий поездов // Вопросы проектирования и технология транспортных узлов. М., 1980. С. 36-38.

23. Берлин Н. П. Расчеты и оптимизация параметров устройств сортировочных станций, занятых переработкой местных вагонов // Вопросы развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. Сб. научн. Трудов. – Гомель: БелИИЖТ, 1981, с. 66 – 74.

24. Григорьев В. В. К вопросу применения вспомогательных сортировочных устройств в железнодорожных узлах. Свердловск, 1983. – с. 19-24.

25. Григорьев В. В. Учёт изменения числа сортируемых отцепов при определении продолжительности формирования и расформирования передаточных поездов // Автоматизация и управление технологическими процессами на железнодорожном транспорте. М., 1985. – с. 54-58.

26. Григорьев В. В. Методика оценки схем размещения вспомогательных сортировочных устройств на сортировочных станциях. Свердловск, 1987. 10 с.

27. Григорьев В. В. Интенсификация сортировочной работы с местными вагонопотоками при использовании вспомогательных сортировочных устройств: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1987. 24 с.

28. Методические указания по проектированию железнодорожных узлов и

станций. Киев, 1974. 30 с.

29. Методические рекомендации по проектированию горок малой мощности, оборудуемых средствами механизации и автоматизации сортировки вагонов: ЦДС-11 от 18.02.80 . МПС. 1980. 72 с.

30. Методические рекомендации по типовым решениям сортировочных устройств малой мощности и размещению их на станциях формирования много- группных составов и подач вагонов на грузовые пункты: ЦНИИТЭИ МПС. 1986. – 53 с.

31. Абрамов А.А., Абрамова И.И. Исследование процесса подборки местных вагонов на сортировочных станциях // Проблемы наращивания мощности железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. трудов - Вып. 735. - М.: МИИТ, 1983. - с. 99 - 110.

32. Абрамов А.А., Кирьянова Е.Н. Оптимизация путевого развития местных сортировочных парков / Вопросы увеличения пропускной способности железных дорог. Ростов-на-Дону, 1985. с. 155-160.

33. Абуладзе Л.В., Телия Г.Ш. Эффективное расположение устройств на сортировочных станциях с большой местной работой. М.: ЦНИИТЭИ МПС, серия «Организация движения и пассажирские перевозки», вып. 4, 1987, с. 8-12.

34. Абуладзе Л.В., Телия Г.Ш., Джаниашвили Д. Н. Сооружение вспомогательных сортировочных устройств и местных парков на двухсторонних горочных станциях. Деп. В БИВУ Госплана СССР, в сентябре 1988 г., номер регистрации 464-Г, с. 11.

35. Огарь, А. Н. Методика оптимизации значений уклонов элементов продольного профиля сортировочных горок [Текст] / А. Н. Огарь // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – № 3. – С. 18-22.

36. Огар, О. М. Розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.20 / О. М. Огар ; Укр. держ. акад. залізн. трансп. - Х., 2011. - 40 с.

37. Длугач Б. А. Опыт проектирования и строительства сортировочных станций и узлов за рубежом. М., 1966. 27 с.
38. Ray C. Полугорка с противоуклоном для повторной сортировки – новое эффективное средство формирования многогруппных поездов. Ж. д. мира. 1976. № 12. с. 64-68.
39. Шабалин Н.Н. Выбор технологии формирования поездов // Вопрос эксплуатации железных дорог. М., 1959. – с. 8-22.
40. Шабалин Н.Н. Формирование поездов в новых условиях // Ж.-д. трансп. 1959. № 9. – с. 56-59.
41. Зубков В. Н. Укрупнение назначений сборных поездов // Железнодорожный транспорт. - 1975. - № 3. – с. 26 - 27.
42. Николашин В. М. Выбор оптимальной очередности операций при расформированию поездов на грузовых станциях // Резервы повышения уровня комплексной механизации и автоматизации процессов на грузовых станциях. М., 1981. – с. 44-54.
43. Нурмухамедов Т. Р. Вопросы организации местных вагонопотоков // Тр. ТашИИТ. – Вып. 172/19. – Ташкент, 1981. – С. 36 – 47.
44. Нурмухамедов Т.Р. Методика расчета плана формирования местных поездов в районах местной работы с учетом неравномерности вагонопотоков / Пути совершенствования перевозочного процесса и управления транспортом / Всесоюзная научно-техническая конференция, 1985. – Тезисы к докладу. – Гомель, 1985. – с. 292-295.
45. Инструктивно - методические указания по разработке и внедрению новой технологии формирования многогруппных составов. - М.: МПС, 1985. – 24 с.
46. Макаров В. М. Ускоренное формирование многогруппных поездов на ограниченном числе сортировочных путей – Организация движения и пассажирские перевозки. – ЦНИИТЭИ МПС. – 1986. – Экспресс – информ. № 1. – с. 1 – 26.
47. Тишкин Е.М., Макаров В.М., Климанов В.С. Интенсификация местной

работы // Ж.- д. трансп. 1986. № 3. – с. 54-58.

48. Грибков В. Н., Приписцова С. В. Интенсивная технология местной работы на станции Бескудниково. - Организация движения и пассажирские перевозки. - ЦНИИТЭИ МПС. - 1986. – Экспресс-информ. № 1. - с. 26-37.

49. Казовский И. Г., Соловьева Н. П., Приписцова С. В. Формирование многогруппных поездов // Железнодорожный транспорт. - 1986. - №6. - с. 70 - 72.

50. Дерюгин И. В., Макаров В. М. По методу многогруппной сортировки // Железнодорожный транспорт. – 1987. - № 2. – с. 26 – 27.

51. Олейник О. А. Интенсивная технология местной работы // Железнодорожный транспорт. – 1988. - № 12. – с. 15 – 17.

52. Курзов Н. Р. Применение комбинаторного метода сортировки вагонов на грузовой станции // Тез. докл. XVI научно-техн. конф. кафедр БелИИЖТа и ДорНТО Бел. ж. д. – Гомель, 1989. – с. 24-25.

53. Гусев Ю.Н. Определение оптимальных схем формирования МНГ составов на сортировочной горке // Интенсификация перевозок грузов на железнодорожном транспорте. М., 1989. С. 71-77.

54. Бобровский В. И. Автоматизация составления сортировочного листа при использовании комбинаторного метода сортировки вагонов // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Межвуз. сб. науч. трудов/ ДИИТ. – Днепропетровск, 1990. – Вып. 277/17. – с. 60-69.

55. Бобровский В. И. Оптимизация формирования многогруппных составов // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. 2000. – № 6. – с. 10 – 14.

56. Макаров В. М., Олейников В. В. Оптимизация формирования многогруппных поездов и развоза местного груза // Тр. ВНИИУП МПС России. 2002. – № 1. – с. 99-109.

57. Гренкевич О. О. Выбор эффективного способа сортировки местных вагонов по критерию эксплуатационных расходов // Материалы регион. научн.-

практ. конф. «ВУЗы Сибири и Дальнего Востока – Транссибу». Новосибирск: СГУПС, 2002. С. 69-75.

58. Гренкевич О. О. Сравнительная эффективность способов формирования многогруппных составов по критерию эксплуатационных расходов по маневровой работе. Сиб. гос. ун-т путей сообщ.. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2002. – с. 179-184.

59. Яновський, П. О. Прискорення переробки місцевих вагонів в залізничних вузлах [Текст] : Перспективні системи управління на залізничному транспорті: Тези 16-тої міжнародної конференції / П. О. Яновський, В. І. Мацюк // Алушта, Укр-ДАЗТ.- 2003.- С. 75-76.

60. Кривошей Б. О. Постановка задачі оптимізації місцевої роботи на дільниці / Б. О. Кривошей, П. О. Яновський // Залізн. трансп. України. - 2009. - № 1. - С. 30–32.

61. Месарош Пал. Способы многогруппной сортировки вагонов на вытяжках // Ж.-д. трансп. 1963. № 11. – с. 85–88.

62. Кенинг Г., Шальтеггер П. Оптимальный метод одновременного формирования местных грузовых поездов на сортировочных станциях // Ежемес. бюл. Междунар. ассоц. ж.-д. конгрессов. М., 1968. № 3. – с. 61–67.

63. Архангельский Е. В., Фарберов Я. Д. Формирование состава многогруппного поезда (Франция) // Железнодорожный транспорт за рубежом: ЦНИИТЭИ МПС. – 1975. – № 2 (164). – с. 65 – 67.

64. Архангельский Е. В. Одновременное формирование многогруппных поездов на сортировочных станциях // Железнодорожный транспорт. – 1979. – № 7. - с.72–75.

65. Флодр Ф. Технология работы станций формирования поездов / Ф. Флодр, В. Майжиш, К. Волески. - М.: Транспорт. 1989. – 134 с.

66. Правила тягових розрахунків для поїзної роботи,— М., Транспорт, 1985.

67. Бобровський В. І., Вернигора Р. В., Журавель В. В., Мозолевич Г. Я. Визначення кількості колій в парках дільничної станції / Мет. вказ. для курс. та дипл. проект — Дніпропетровськ, Вид-во ДНУЗТ, 2009, с. 38.

68. Сотников И.Б. Эксплуатация железных дорог в примерах и задачах / Учеб. пособие для вузов / И.Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990.

69. М.П. Божко М.П. Розрахунок і проектування сортувальної гірки [Текст]: методичні вказівки до курсового та дипломного проектування. Частина 1, 2. / М.П. Божко, Ю. О. Муха. – Д.: ДНУЗТ, 2001, 2009.

70. Бобровский В. И., Сковрон И. Я. Совершенствование технологии формирования многогруппных составов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 19 – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2007. – с. 88-93.

71. Кулаев Ю. Ф. Економіка залізничного транспорту [Текст] / Навчальний посібник. – Ніжин: Видавництво "Аспект-Поліграф", 2006. – 232 с.

72. Довідник по економічній оцінці експлуатаційної діяльності залізниць України за 2013 рік., Укрзалізниця, Київ, 2014.

ДОДАТОК А

ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

А.1 Характеристика станції та підходів до неї

У вантажному русі експлуатується локомотив ВЛ-60к.

Встановлена швидкість руху вантажного поїзда по перегону складає 72 км/год. Швидкість входу поїзда на станцію – 40 км/год, а виходу – 30 км/год.

Керівні ухили підходів до станції становлять 7,5‰, 5,9‰ та 4,8‰ відповідно на О-М, О-К та О-Л. На станції знаходиться основне депо для ділянок О-Л та О-М, та оборотне депо ділянки О-К.

Середня маса вагона брутто становить 78 т. Всі вагони 4-вісні. Довжина вагона по осях автозчепів складає 14,4 м.

А.2 Розміри вагонопотоків та поїздопотоків станції О

Таблиця А.1 – Розміри транзитних без переробки вагонопотоків

Із	На		
	М	Л	К
М	-	660	275
Л	605	-	165
К	330	110	-

Таблиця А.2 – Розміри вагонопотоку, що переробляється на станції О

Із	На			
	М	Л	К	О
М	-	621	116	87
Л	586	-	371	98
К	151	290	-	48
О	111	77	77	-

Таблиця А.3 – Розміри пасажирських поїздопотоків станції О

Із	На		
	М	Л	К
М	-	4/6 ¹⁾	0/5
Л	4/5	-	2/0
К	0/4	2/0	-

Примітка: 1) в чисельнику вказані швидкі та дальні пасажирські поїзди, а в знаменнику – приміські.

Таблиця А.4 – Розподіл вагонів по призначенням ПФП станції О

Із	На																		
	М							Л							К				
	М1	М2	М3	М4	М5	М6	Мзб	Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Лзб	К1	К2	К3	К4	Кзб	О
М	-	-	-	-	-	-	-	160	110	99	97	115	40	47	0	36	28	5	87
Л	195	112	31	94	41	73	40	-	-	-	-	-	-	81	86	97	83	24	98
К	51	32	19	0	23	26	0	75	58	63	61	33	0	-	-	-	-	-	48
О	36	7	14	23	22	9	0	14	23	21	0	19	0	27	29	0	21	0	-

А.3 Нормативи технологічних операцій

Прийняти наступні тривалості технологічних операцій:

- повідомлення працівників бригади ПКО, ПТО – 1 хв.;
- вихід працівників ПТО, ПКО, станції на колію прийому поїзду – 3 хв.;
- перевірка перевізних документів – 5 хв.;
- відчепка чи причепка локомотива – 2 хв.;
- доповідь про закінчення огляду, зняття загородження – 2 хв.;
- доставка перевізних документів в СТЦ – 5 хв.;
- контрольна перевірка складу – 10 хв.;
- видача натурного листа поїзда – 4 хв.;
- конвертування документів – 2 хв.

А.4 Дані для проектування сортувальної гірки

Таблиця А.5 – Дані метеорологічних досліджень

Напрямок вітру	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
$V_b, \text{м/с}$	2,1	4,3	5,6	3,7	2,5	3,2	4,8	3,6
Вірогідність	0,12	0,15	0,25	0,11	0,14	0,08	0,05	0,1

Розрахункова температура повітря $t_p = -24^\circ\text{C}$.

Азимут напрямку розпуску $A_{np} = 300^\circ$

Таблиця А.6 – Параметри повздовжнього профілю сортувальної гірки

Параметри	№ елементів профілю						
	1	2	3	4	5	6	7
Ухил, ‰	43,2	18,2	7	7	2	1	0.6
Довжина, м	31,89	44,6	53,19	31,95	166,52	11,92	48

ДОДАТОК Б

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ

Б.1 Моделювання формування багатогрупних составів комбінаторним методом

Тривалість підбірки груп місцевих вагонів комбінаторним методом на витяжній колії наведена в таблиці Б.1, а на сортувальній гірці – в таблиці Б.2.

Таблиця Б.1 – Тривалість підбірки різних груп вагонів комбінаторним методом на витяжній колії

$G \backslash n$	15	20	25	30
3	15,56	19,05	23,24	28,4
4	21,73	27,1	33,22	39,42
5	23,9	29,24	34,45	41,08
6	28,36	34,41	41,32	49,76
7	32,03	38,94	48,94	57,43
8	39,23	51,46	61,03	71,56

Таблиця Б.2 – Тривалість підбірки різних груп вагонів комбінаторним методом на сортувальній гірці

$G \backslash n$	15	20	25	30
3	11,71	14,34	17,04	20,24
4	13,71	16,91	20,5	23,81
5	15,27	18,87	22,3	25,92
6	16,54	20,25	24,08	28,5
7	17,25	21,56	26,01	30,3
8	20,63	25,3	28,87	33,21

Б.2 Моделювання формування багатогрупних составів розподільчим методом

Тривалість підбірки груп місцевих вагонів розподільчим методом на витяжній колії наведена в таблиці Б.3, а на сортувальній гірці – в таблиці Б.4.

Таблиця Б.3 – Тривалість підбірки різних груп вагонів розподільчим методом на витяжній колії

$G \backslash n$	15	20	25	30
3	15,92	19,39	23,45	28,04
4	20,55	24,86	29,47	34,88
5	25,07	30,49	35,71	42,49
6	30,15	36,1	42,85	50,69
7	34,48	39,89	49,26	57,57
8	41,31	49,02	55,85	64,67

Таблиця Б.4 – Тривалість підбірки різних груп вагонів розподільчим методом на сортувальній гірці

$G \backslash n$	15	20	25	30
3	12,54	15,62	18,54	21,45
4	15,9	19,31	22,71	26,49
5	17,62	21,71	25,62	29,94
6	20,26	24,86	29,62	34,72
7	23,02	27,71	33,15	38,3
8	26,7	30,74	36,21	41,41

Таблиця Б.5 – Зведені витрати на 1 годину маневрової роботи

Состав	Витрати, грн
15	1470,19
20	1508,44
25	1547,25
30	1586,62

ДОДАТОК В

ДАНІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ РОБОТИ СТАНЦІЇ О

В.1 Моделювання розкладу прибуття поїздів на станцію О

Результат моделювання прибуття поїздів із Л

Розклад руху поїздів із Л

$N_T = 14$; $N_P = 19$; $N_{\Pi} = 11$; $T_{\min} = 10.0$; $K = 2$

1	0 год	27 хв	- R	2	0 год	43 хв	- T	3	2 год	19 хв	- T
4	2 год	48 хв	- R	5	3 год	2 хв	- P	6	3 год	39 хв	- T
7	4 год	23 хв	- P	8	4 год	57 хв	- P	9	5 год	14 хв	- R
10	5 год	42 хв	- R	11	6 год	46 хв	- R	12	7 год	31 хв	- R
13	8 год	9 хв	- R	14	8 год	27 хв	- R	15	8 год	43 хв	- T
16	9 год	27 хв	- R	17	9 год	46 хв	- T	18	9 год	56 хв	- R
19	10 год	12 хв	- R	20	10 год	27 хв	- P	21	11 год	11 хв	- P
22	12 год	32 хв	- T	23	13 год	5 хв	- P	24	13 год	20 хв	- R
25	13 год	49 хв	- P	26	14 год	17 хв	- T	27	14 год	52 хв	- R
28	15 год	26 хв	- R	29	15 год	50 хв	- P	30	16 год	12 хв	- R
31	16 год	38 хв	- P	32	17 год	6 хв	- T	33	17 год	37 хв	- R
34	18 год	6 хв	- T	35	19 год	5 хв	- R	36	19 год	34 хв	- R
37	19 год	47 хв	- T	38	20 год	23 хв	- P	39	20 год	47 хв	- T
40	21 год	52 хв	- T	41	22 год	53 хв	- R	42	23 год	5 хв	- P
43	23 год	30 хв	- T	44	23 год	50 хв	- T				

Результат моделювання прибуття поїздів із М

Розклад руху поїздів із М

$N_T = 17$; $N_P = 15$; $N_{\Pi} = 15$; $T_{\min} = 10.0$; $K = 2$

1	0 год	37 хв	- R	2	1 год	4 хв	- R	3	1 год	39 хв	- P
4	2 год	3 хв	- T	5	2 год	44 хв	- T	6	3 год	31 хв	- T
7	3 год	59 хв	- R	8	4 год	28 хв	- T	9	4 год	46 хв	- P
10	5 год	2 хв	- T	11	5 год	19 хв	- P	12	5 год	46 хв	- P
13	6 год	5 хв	- P	14	6 год	37 хв	- P	15	6 год	59 хв	- T
16	7 год	46 хв	- T	17	8 год	37 хв	- P	18	8 год	54 хв	- R
19	9 год	12 хв	- P	20	10 год	18 хв	- T	21	10 год	54 хв	- R
22	11 год	20 хв	- T	23	11 год	53 хв	- T	24	13 год	23 хв	- R
25	14 год	17 хв	- T	26	14 год	40 хв	- P	27	15 год	8 хв	- T
28	15 год	26 хв	- R	29	15 год	47 хв	- P	30	16 год	3 хв	- P
31	16 год	21 хв	- R	32	16 год	49 хв	- P	33	17 год	25 хв	- R
34	17 год	49 хв	- R	35	18 год	11 хв	- P	36	19 год	18 хв	- R
37	19 год	29 хв	- R	38	19 год	49 хв	- R	39	20 год	18 хв	- T
40	20 год	42 хв	- T	41	21 год	41 хв	- P	42	22 год	0 хв	- R
43	22 год	14 хв	- P	44	22 год	42 хв	- T	45	23 год	1 хв	- T
46	23 год	24 хв	- T	47	23 год	50 хв	- R				

Результат моделювання прибуття поїздів із К

Розклад руху поїздів із К

$N_T = 8$; $N_P = 9$; $N_{\Pi} = 6$; $T_{\min} = 15.0$; $K = 2$

1	0 год 40 хв	- R	2	2 год 0 хв	- P	3	2 год 31 хв	- R
4	3 год 56 хв	- P	5	4 год 41 хв	- R	6	5 год 4 хв	- R
7	6 год 20 хв	- R	8	8 год 45 хв	- P	9	9 год 17 хв	- T
10	10 год 25 хв	- T	11	10 год 53 хв	- R	12	11 год 29 хв	- R
13	13 год 32 хв	- T	14	14 год 16 хв	- P	15	15 год 14 хв	- R
16	15 год 53 хв	- P	17	16 год 29 хв	- T	18	17 год 16 хв	- T
19	17 год 53 хв	- R	20	18 год 52 хв	- T	21	22 год 1 хв	- P
22	22 год 53 хв	- T	23	24 год 0 хв	- T			

Результат моделювання прибуття поїздів із під'їзних колій

Розклад руху поїздів із ПК

$N_T = 0$; $N_P = 5$; $N_{\Pi} = 0$; $T_{\min} = 30.0$; $K = 2$

1	4 год 0 хв	- R	2	7 год 0 хв	- R	3	10 год 0 хв	- R
4	13 год 0 хв	- R	5	16 год 0 хв	- R	6	19 год 0 хв	- R

В.2 Моделювання розподілу вагонів за призначеннями плану формування поїздів

Розподіл вагонів, що прибули в поїздах з напрямку Л

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
3001	14	8	2	5	5	4	4	2	-	3	2	3	-	-	-	-	-	-	4
3401	8	11	1	5	3	-	4	3	2	3	1	1	-	-	-	-	-	-	5
3005	-	12	3	9	4	8	4	-	7	-	6	3	-	-	-	-	-	-	-
3007	5	9	3	7	-	6	2	6	6	6	-	1	-	-	-	-	-	-	5
3009	17	8	2	-	6	6	2	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	12
3011	11	7	2	-	4	8	3	2	-	9	7	-	-	-	-	-	-	-	3
3013	-	5	-	-	-	7	-	12	8	14	-	3	-	-	-	-	-	-	7
3015	12	4	3	9	-	-	-	1	4	5	11	2	-	-	-	-	-	-	5
3017	25	-	3	-	2	2	-	5	4	-	8	2	-	-	-	-	-	-	5
3019	17	9	-	9	3	-	3	2	-	4	2	1	-	-	-	-	-	-	6
3021	4	7	2	6	2	6	3	2	7	8	4	1	-	-	-	-	-	-	4
3023	18	4	1	1	2	3	2	6	1	6	6	1	-	-	-	-	-	-	5
3025	-	8	-	11	-	-	3	-	7	8	11	2	-	-	-	-	-	-	6
3027	-	-	6	13	-	-	6	12	8	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-
3029	14	-	-	4	-	8	-	-	7	11	3	-	-	-	-	-	-	-	9
3031	17	-	1	2	3	5	-	12	11	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-
3033	-	-	2	-	4	6	3	-	8	15	4	-	-	-	-	-	-	-	14
3035	17	8	-	-	3	3	1	9	5	2	2	-	-	-	-	-	-	-	6
3037	16	12	-	13	-	1	-	7	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2

Розподіл вагонів, що прибули в поїздах з напрямку М

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
3202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	25	5	8	-	5	3	4
3204	-	-	-	-	-	-	-	9	-	5	3	2	-	11	-	12	-	5	8
3206	-	-	-	-	-	-	-	5	-	1	3	-	14	12	9	3	4	2	2
3208	-	-	-	-	-	-	-	4	-	4	2	-	12	6	7	8	9	1	2
3210	-	-	-	-	-	-	-	2	-	5	2	-	19	9	-	8	-	5	5
3212	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	4	-	-	-	21	4	-	4	16
3214	-	-	-	-	-	-	-	6	-	3	2	-	14	13	7	-	8	2	-
3422	-	-	-	-	-	-	-	4	-	4	2	1	12	2	4	5	11	4	5
3218	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	1	-	-	11	7	12	10	-	9
3220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	16	9	10	13	3	-
3222	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3	1	-	10	3	6	7	18	1	4
3224	-	-	-	-	-	-	-	3	-	2	1	-	13	3	8	8	13	1	3
3226	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	17	15	9	-
3228	-	-	-	-	-	-	-	5	-	2	-	-	21	3	6	2	3	-	13

Розподіл вагонів, що прибули в поїздах з напрямку К

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
3302	12	-	4	-	7	8	-	-	-	-	-	-	10	-	9	6	-	-	-
3304	-	8	-	-	3	4	-	-	-	-	-	-	6	10	9	10	6	-	-
3306	14	-	5	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	16	6	-	-
3432	-	10	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	5	5	-	4	2	-	7
3310	10	5	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	15	6	11	-	-	-	5
3312	6	4	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	9	10	-	9	-	12
3314	-	3	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	10	8	5	10	5	-	7
3316	6	2	1	-	3	2	-	-	-	-	-	-	17	2	6	7	1	-	9
3318	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	12	6	13	8	4	-	8

Розподіл місцевих вагонів, що подаються з під'їзних колій

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
3601	9	-	-	9	5	-	-	5	-	-	-	-	3	4	5	-	-	-	-
3603	6	1	2	-	2	1	-	3	3	-	1	-	1	2	2	-	1	-	-
3605	5	3	5	4	4	1	-	4	3	-	3	-	2	4	-	-	2	-	-
3607	5	2	3	3	3	-	-	6	7	-	5	-	2	-	3	-	1	-	-
3609	5	1	3	3	-	4	-	3	-	-	6	-	2	7	5	-	1	-	-
3611	4	-	1	3	5	2	-	4	6	-	2	-	1	3	2	-	7	-	-
3613	2	-	-	1	3	1	-	2	10	-	4	-	3	3	4	-	7	-	-

ДІАГРАМА ВАГОНОПОТОКІВ

Умовні позначення:

- Транспортні вагони до пункту М
- Транспортні вагони до пункту Д
- Транспортні вагони до пункту К
- Вагони до пункту М і поверну
- Вагони до пункту Д і поверну
- Вагони до пункту К і поверну
- Вагони погони, що повертаються до станції
- Вагони погони, що повертаються до станції

Номер группы	Классификация по числу и виду признаков				
	$\Phi_{11} \Phi_{12}$	Φ_{11}	Φ_{12}	$\Phi_{11} \Phi_{12}$	Φ_{11}
0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
2	1	0	0	0	1
3	1	1	0	1	1
4	0	0	1	0	1
5	0	1	1	1	0
6	1	0	1	1	1
7	0	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1
9	0	1	0	0	0
10	1	0	0	0	0
11	0	1	1	1	1
12	1	1	0	0	1
13	0	0	1	1	0
14	1	0	1	0	1
15	0	1	0	1	0
16	1	1	1	0	1
17	0	0	0	1	0
18	1	1	0	1	1
19	0	1	1	0	0
20	1	0	0	1	1
21	0	0	1	0	0
22	1	1	0	0	0
23	0	0	0	0	1
24	1	1	1	1	1
25	0	1	0	1	1
26	1	0	1	0	0
27	0	0	1	1	1
28	1	1	0	1	0
29	0	1	1	0	1
30	1	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0
32	1	1	1	1	1
33	0	1	0	0	1
34	1	0	1	1	0
35	0	0	1	0	0
36	1	1	0	0	0
37	0	1	1	1	1
38	1	0	0	1	1
39	0	0	0	1	0
40	1	1	1	0	1
41	0	1	0	0	0
42	1	0	1	0	0
43	0	0	1	0	1
44	1	1	0	0	1
45	0	1	1	1	0
46	1	0	0	0	1
47	0	0	0	0	1
48	1	1	1	1	1
49	0	1	0	1	0
50	1	0	1	0	1
51	0	0	1	1	0
52	1	1	0	0	1
53	0	1	1	1	0
54	1	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0
56	1	1	1	1	1
57	0	1	0	0	1
58	1	0	1	1	0
59	0	0	1	0	0
60	1	1	0	0	0
61	0	1	1	1	1
62	1	0	0	1	1
63	0	0	0	1	0
64	1	1	1	0	1
65	0	1	0	0	0
66	1	0	1	0	0
67	0	0	1	0	1
68	1	1	0	0	1
69	0	1	1	1	0
70	1	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0
72	1	1	1	1	1
73	0	1	0	0	1
74	1	0	1	1	0
75	0	0	1	0	0
76	1	1	0	0	0
77	0	1	1	1	1
78	1	0	0	1	1
79					

Detailed description of Figure 1: The graph plots the glass transition temperature T_g in degrees Celsius on the y-axis (ranging from 0 to 70) against the concentration G of the plasticizer on the x-axis (ranging from 0 to 100). Four data series are shown, each represented by a line with circular markers. The series are labeled as $n=30$, $n=25$, $n=20$, and $n=15$. All series show a positive linear-like trend, where T_g increases as G increases. The $n=30$ series starts at approximately 22°C and ends at 42°C. The $n=25$ series starts at approximately 18°C and ends at 38°C. The $n=20$ series starts at approximately 15°C and ends at 35°C. The $n=15$ series starts at approximately 12°C and ends at 32°C.

G	T_g (°C) for $n=30$	T_g (°C) for $n=25$	T_g (°C) for $n=20$	T_g (°C) for $n=15$
0	22	18	15	12
20	28	22	18	15
40	32	26	22	18
60	36	30	26	22
80	40	34	30	26
100	42	38	35	32

График зависимости температуры плавления (T_p) от молярного содержания (X_2) для системы ПЭГ-ПЭО. Показаны две кривые: верхняя для ПЭО (3Т) и нижняя для ПЭГ (3Б). Температуры плавления увеличиваются с увеличением молярного содержания.

Молярное содержание (X_2)	T_p для ПЭО (3Т), °C	T_p для ПЭГ (3Б), °C
15	~450	~150
20	~600	~250
25	~800	~350
30	~1100	~600

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

ДОДАТОК Д
ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

1. Пояснювальна записка до дипломної роботи на тему «Удосконалення конструкції та технології роботи з місцевими вагонами на станції» – 118 аркушів.
2. Креслення 1 - План сортувальної станції О.
3. Креслення 2 - План, профіль, графіки швидкості та часу скочування відчепів з гірки.
4. Креслення 3 - Добовий план-графік роботи станції О.
5. Мультимедійний презентаційний матеріал - 15 слайдів.