



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 /
«» 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 **Підвищення ефективності роботи сортувальної станції в залізничному вузлі**

Theme **Increasing the efficiency of the sorting station at the railway node**

Керівник дипломної роботи

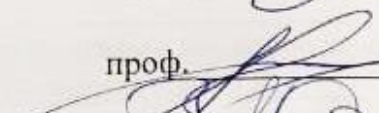
доц.



О. А. Назаров


Нормоконтролер

проф.



Р. В. Вернигора

Студент групи УЗ2021

 А. О. Квач

Student

Andrii Kvach

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
(номер групи)

Квач Андрій Олександрович
(ПІБ)

1. Тема дипломного проекту (роботи): **Підвищення ефективності роботи сортувальної станції в залізничному вузлі**

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 К

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

3. Добовий план-графік роботи сортувальної станції К

6 Перелік мультимедійного демонстраційного матеріалу (слайдів)

титульний слайд; мета, об'єкт, предмет дослідження; діаграма вагонопотоків; діаграма поїздопотоків; варіанти реконструкції колійного розвитку парку прибуття «З»;

варіанти реконструкції колійного розвитку парку відправлення «М»; структурно-часова

таблиця обробки поїзда у розформування; залежність простою составів в парку (2);

методика розрахунку витрат; техніко-економічна оцінка варіантів обслуговування

поїздів у розформування; показники роботи станції К; 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 вирішення проблеми покращення ефективності роботи залізничних станцій	строк 1	—	20
2. Техніко-експлуатаційна характеристика станції та аналіз її недоліків	строк 1	1	10
3. Визначення розрахункових обсягів роботи станції	строк 1		10
4. Розрахунок норм часу на виконання основних технологічних операцій	строк 2		8
5. Розрахунок необхідної кількості колій в парках сортувальної станції	строк 2		7
6. Розробка та вибір раціональної конструкції колійного розвитку парків станції	строк 2		7
7. Визначення показників роботи сортувальної гірки	строк 2	1	8
8. Розробка технологічного процесу роботи сортувальної станції	строк 3		5
9. Вивчення впливу організації обслуговування поїздів у розформування на тривалість знаходження вагонів в парку прибуття	строк 3		15
10. Розробка добового плану-графіку роботи станції та розрахунок її показників	строк 3	1	10
Всього		3	100

Дата видачі завдання: « 12 » жовтня 2021 р.

Керівник дипломної роботи

(підпис)

Назаров О. А.

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Квач А. О.

(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить вступ, 10 розділів, висновки та 3 додатки. Загальна кількість сторінок у роботі – 118 сторінок. Основний текст – на 107 сторінках, та містить 30 таблиць і 12 рисунків. Список використаних джерел включає 66 найменувань.

Об'єктом дослідження є процес функціонування сортувальної станції К.

Метою дипломної роботи є підвищення ефективності функціонування сортувальної станції в умовах зміни обсягів вагонопотоку з переробкою за рахунок удосконалення конструкції її колійного розвитку, технічного оснащення і технології роботи.

У дипломній роботі наведена техніко-експлуатаційна характеристика станції К, визначені розрахункові обсяги роботи цієї станції, виконана перевірка роботи сортувальної гірки, визначені технічні норми тривалості основних операцій, перевірена відповідність колійного розвитку станції К розрахунковим обсягам її роботи, розроблено технологію роботи.

Виконано дослідження та оптимізацію технічного оснащення і технології роботи парку прибуття станції К, в результаті яких були отримані залежності експлуатаційних показників роботи парку приймання за умов різної технічної оснащення парку. Крім того були проведені техніко-економічні розрахунки для визначення найбільш раціональних варіантів організації роботи парку.

В результаті був побудований добовий план-графік та розраховані показники роботи сортувальної станції К, який показав відповідність технології та існуючого технічного оснащення даної станції розрахунковим обсягам роботи.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: ПІДСИСТЕМА РОЗФОРМУВАННЯ, ТЕХНІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ РОБОТИ, УДОСКОНАЛЕННЯ, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ ...	7
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД ШЛЯХІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ	9
1.1 Аналіз основних напрямків підвищення ефективності роботи залізничних станцій	9
1.2 Проблема комплексної оцінки техніко-технологічних параметрів залізничних станцій	12
1.3 Характеристика методів моделювання роботи станцій	14
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ ТА АНАЛІЗ ЇЇ НЕДОЛІКІВ.....	24
2.1 Характеристика технічного оснащення станції.....	24
2.2 Характеристика експлуатаційної роботи сортувальної станції	26
2.3 Аналіз проблем роботи сортувальної станції К.....	27
3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ.....	30
3.1 Визначення середньодобового обсягу роботи сортувальної станції.....	30
3.2 Розрахунок маси та довжини вантажних поїздів.....	31
3.3 Визначення розмірів поїздопотоків.....	33
4 РОЗРАХУНОК НОРМ ЧАСУ НА ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ.....	36
4.1 Технічне нормування тривалості основних операцій в парку «З»	36
4.2 Технічне нормування тривалості операцій з розформування составів	38
4.3 Технічне нормування основних операцій в парку «Л»	41
4.4 Нормування тривалості технологічних операцій в парку відправлення «М» ..	43
4.5 Нормування тривалості технологічних операцій в транзитних парках «Н» і «С».....	45

					0042.170202.ДР.2021.000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Підвищення ефективності роботи сортувальної станції в залізничному вузлі	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Квач					Н	4	118
Керівник	Назаров					УДУНТ ДПТ		
Н. контр.	Вернигора							

5 РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ КОЛІЙ В ПАРКАХ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ	47
5.1 Розрахунок кількості колій в парку прибуття «З»	47
5.2 Розрахунок кількості колій у відправному парку «М»	49
5.3 Розрахунок кількості колій в транзитних парках «Н» і «С»	53
5.4 Розрахунок кількості колій в сортувальному парку «Л»	54
6 РОЗРОБКА ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ ПАРКІВ СТАНЦІЇ.....	55
6.1 Розробка та вибір раціональної конструкції колійного розвитку парку прибуття «З»	55
6.2 Розробка та вибір раціональної конструкції колійного розвитку парку відправлення «М»	59
7 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ.....	62
7.1 Розрахунок висоти сортувальної гірки	62
7.2 Розрахунок втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів	68
7.3 Розрахунок швидкості і часу скочування розрахункових бігунів	68
7.4 Розрахунок інтервалів між відчепами на розділових елементах	70
7.5 Визначення переробної спроможності гірки	72
8 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ.....	74
8.1 Технологія роботи з поїздами, що прибувають в розформування	74
8.2 Технологія роботи з поїздами свого формування	76
8.3 Технологія обробки документів у технічній конторі	77
8.4 Технологія роботи з транзитними поїздами	78
9 ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОЇЗДІВ У РОЗФОРМУВАННЯ НА ТРИВАЛІСТЬ ЗНАХОДЖЕННЯ ВАГОНІВ В ПАРКУ ПРИБУТТЯ.....	80
9.1 Мета дослідження	80
9.2 Принцип побудови імітаційної моделі парку прибуття	81

9.3 Дослідження впливу технічного оснащення та технології роботи парку прибуття станції К на показники його функціонування	86
9.4 Техніко-економічне обґрунтування доцільного варіанту технології обслуговування поїздів в парку прибуття станції	88
10 РОЗРОБКА ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКА РОБОТИ СТАНЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ЇЇ ПОКАЗНИКІВ.....	93
10.1. Вихідні дані до розробки добового плану-графіка роботи	93
10.2. Розробка добового плану-графіку роботи станції	93
10.3. Визначення показників добового плану-графіку роботи станції	94
ВИСНОВКИ	99
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	101
ДОДАТОК А ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	108
А.1 Вихідні дані для визначення розрахункових обсягів роботи станції	108
А.2 Вихідні дані до технічного нормування тривалості операцій технологічного процесу	110
А.3 Вихідні дані до перевірки техніко-експлуатаційних параметрів сортувальної гірки	110
А.4 Вихідні дані до імітаційного моделювання роботи парку прибуття	111
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКА РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ.....	112
ДОДАТОК В МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ	116
ДОДАТОК Г ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	118

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АСУ – автоматизована система управління
ВГ – вершина гірки
ГВП – гірка малої потужності
ГП – гальмівна позиція
ГС – граничний стовпчик
ДП – дуже поганий бігун
ДСП – черговий по станції
ДСПГ – черговий по гірці
ДСЦ – маневровий диспетчер
ДХ – дуже хороший бігун
ЕОМ – електронно-обчислювальна машина
ЛГ – локомотивне господарство
ОДП – оперативно-диспетчерський персонал
ППП – паркова гальмівна позиція
ПКО – пункт комерційного огляду
ПТЕ – Правила технічної експлуатації залізниць
ПТО – пункт технічного огляду
РТ – розрахункова точка
СМО – система масового обслуговування
СТЦ – станційний технологічний центр
СТЦСП – стрілочний перевід
СУОП – система управління охороною праці
СЦБ – Засоби зв'язку, сигналізації, централізації та блокування
ТГНЛ – телеграма-натурний лист
ТМО – теорія масового обслуговування
ТРА – Техніко розпорядчий акт станції
УВГ – умовна вершина гірки
ШВ – швидкісна ділянка

ВСТУП

В даний період розвитку залізничного транспорту сортувальні станції виконують роль головних опорних пунктів з організації вагонопотоків на мережі залізниць. Від ефективності роботи сортувальних станцій залежить не тільки виконання плану перевезень, а також ще й виконання найважливіших показників вантажного руху. З метою збільшення конкурентоздатності залізничного транспорту на ринку транспортних послуг слід постійно покращувати якість надавання послуг, зважаючи при цьому на собівартість перевезень.

У той же час, заходи, які спрямовані на підвищення ефективності роботи станції, повинні бути економічно обґрунтованими. В цьому контексті дієвими є організаційні заходи, що спрямовані на удосконалення технології роботи за існуючого технічного оснащення. Ці заходи, на відміну від реконструктивних, не потребують суттєвих капіталовкладень.

Останнім часом робота залізничного транспорту України характеризується стабільним зростанням обсягів перевезень. Разом з тим не втрачає своєї актуальності проблема приведення технічного оснащення і технології залізничних станцій до сучасних умов роботи.

Сортувальна станція К, яка розглянута в дипломній роботі, розташована в районі великого населеного пункту та входить до складу крупного залізничного вузла. Дана станція відіграє важливу роль в системі організації вагоно- і поїздопотоків на залізниці в цілому.

Мабуть, що ефективність роботи будь-якої залізничної станції визначається її технічним оснащенням та технологією роботи. У сучасних реаліях питання якісного і швидкого обслуговування поїздів та вагонів на станціях є надзвичайно актуальними. У зв'язку з цим в даній дипломній роботі виконано техніко-економічне обґрунтування варіантів технічного оснащення технології роботи парку прибуття підсистеми розформування сортувальної станції К.

1 ОГЛЯД ШЛЯХІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ

1.1 Аналіз основних напрямків підвищення ефективності роботи залізничних станцій

Ринкові відносини, в яких функціонує на даний момент будь-який вид транспорту в Україні, вимагають кардинально нового підходу до організації та реалізації перевізного процесу. З метою підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту рекомендованим є проведення низки заходів, спрямованих на покращення організації роботи транспортної галузі.

Державною програмою реформування залізничного транспорту передбачено низку заходів, що спрямовані на приведення технічного оснащення залізниць у відповідність до нових умов роботи [1].

Серед основних шляхів розвитку залізничного транспорту можна виділити:

- модернізація транспортної системи та підвищення ефективності її функціонування;
- задоволення потреб національної економіки і населення в перевезеннях, підвищення якості і доступності транспортних послуг;
- забезпечення своєчасності доставки вантажів;
- удосконалення системи керування транспортною системою;
- збільшення пропускної здатності певної транспортної мережі;
- підвищення рівня безпеки на транспорті;
- зменшення обсягів викидів шкідливих речовин в атмосферу;
- зменшення енергозалежності залізничного транспорту;
- прискорення темпів інтеграції транспортної системи України в транспортні системи Європи та світу.

Мабуть, що залізничні станції є одними з головних елементів транспортної інфраструктури не лише в Україні, але й у будь-якій країні світу. Перелік задач, які покладено та вирішуються у транспортній галузі, налічує велику кількість пунктів.

В сучасних реаліях одним з основних чинників забезпечення високої ефективності експлуатаційної роботи залізниць є зменшення часу простою вагонів на

станціях. У зв'язку з цим залізничні станції повинні мати необхідний резерв пропускної і переробної спроможності для можливості роботи у періоди згущеного підходу поїздів. Також потрібно зменшувати витрати станцій, для чого потрібно скорочувати експлуатаційні витрати на технічне оснащення, за рахунок консервування надлишкової кількості колій і т. ін.

Як впливає із численної кількості наукових праць, під час планування заходів, спрямованих на підвищення ефективності функціонування залізничних станцій, необхідно застосовувати системний підхід, який передбачає паралельне вирішення як задач вдосконалення конструкції, так і покращення технології функціонування станцій.

На даний момент є достатня кількість станцій на мережі залізниць, тому спорудження нових є недоцільним. В першу чергу потрібно спрямовувати фінансові ресурси на удосконалення конструкції та технології роботи існуючих залізничних станцій. Серед таких заходів можна виділити реконструктивні, що спрямовані на покращення конструкції колійного розвитку станцій, та організаційні, які передбачають удосконалення технологічного процесу роботи станції.

Необхідність реконструкції станції або удосконалення технології її роботи може бути спричинена різними факторами, серед яких є зміна обсягів чи структури транспортних потоків, запланована електрифікація ліній на підходах, необхідність організації швидкісного руху на прилеглих ділянках, спорудження другої головної колії, примикання нових магістральних ліній чи під'їзних колій тощо. Загальна множина варіантів, які можуть бути прийняті для подальшого порівняння та вибору кращого із них, в деяких випадках може бути доволі значною. Тому при виборі варіантів для порівняння велике значення має накопичений відповідними фахівцями практичний досвід, який допомагає попередньо відібрати лише ті варіанти, які найкращим чином відповідають поставленому завданню для конкретної станції.

Критерієм оцінки потенційних варіантів із розглянутої множини найчастіше виступають приведені витрати, які пов'язані як зі спорудженням усіх споруд та ін-

фраструктури за варіантом, так і витрати на їх експлуатацію. Даний критерій є універсальним, однак, він не враховує багатьох факторів, які також мають істотний вплив на вибір варіанту.

Вибір кращого варіанту із запропонованих заходів для кожної конкретної станції є складним завданням, оскільки реальні експерименти на реальних об'єктах провести неможливо. Тому конкретні станції можуть використовуватись лише для наповнення вибірки статистичних даних для врахування специфіки роботи конкретної станції.

Для розрахунку показників за розробленими варіантами реконструкції станції необхідно спрогнозувати показники її роботи після впровадження передбаченого даними варіантами комплексу заходів. При цьому слід враховувати, що складність технології роботи залізничних станцій не дозволяє використовувати для цього прості аналітичні залежності, адже існуючі аналітичні методи визначення показників роботи станцій не враховують належним чином взаємодію та взаємний вплив використання окремих елементів станції, випадковий та не завжди прогнозований характер роботи залізниць, особливості діяльності диспетчерського персоналу, а тому можуть вживатися лише для наближених розрахунків.

Ефективним засобом аналізу і оцінки показників функціонування залізничних станцій у різних умовах, а також прогнозування їх техніко-технологічних та економічних показників є математичні або імітаційні моделі. Ці моделі в сукупності із сучасними засобами обчислювальної техніки, є потужним інструментом для досліджень ефективності експлуатації технічного оснащення залізничних станцій та удосконалення технології їх роботи.

З метою вирішення задачі комплексного вдосконалення залізничних станцій необхідно створити систему інтегрованих математичних моделей, які можуть використовуватися для синтезу, аналізу та техніко-економічної оцінки ефективності функціонування станцій в різних умовах роботи. У зв'язку з цим в цьому розділі дипломної роботи виконано всебічний аналіз робіт різних науковців та інженерів, що присвятили себе дослідженню проблеми оцінки техніко-технологічних параметрів станцій з використанням імітаційних чи математичних моделей.

1.2 Проблема комплексної оцінки техніко-технологічних параметрів залізничних станцій

Будь-яка залізнична станція є складним об'єктом, для функціонування якого характерним є багатоваріантність проектних, технологічних та управлінських рішень. В процесі планування реконструктивних чи організаційних заходів, спрямованих на удосконалення технічного забезпечення і технології роботи залізничних станцій, виникає проблема отримання коректної оцінки показників функціонування станції після повної імплементації того чи іншого проекту.

Вибір раціонального варіанту реконструктивних або організаційних заходів для залізничної станції є складною задачею оскільки немає можливості проведення експериментів на реальних об'єктах або на фізичних моделях. Саме тому з метою забезпечення раціонального проектування та ефективної експлуатації станцій науковцями створені методи аналізу та оцінки роботи станції у різних специфічних умовах. Критерії та методи оцінки роботи залізничних станцій залежать від рівня розвитку залізничного транспорту та задач, що ставилися перед ними під час проектування або реконструкції.

Розв'язання цієї задачі, як правило, базується на використанні аналітичних, графічних, а також імітаційних моделей. Аналіз показників функціонування залізничних станцій, а також їх техніко-технологічних і економічних параметрів базується на математичному моделюванні технологічних процесів, що відбуваються на станціях.

Перші дослідження станційних технологічних процесів на подібних моделях були виконані ще академіком В. М. Образцовим. Дані експерименти базувалися на аналітичному моделюванні [2]. Для створення таких моделей використовувався математичний апарат теорії масового обслуговування, у якому залізничні станції або їх окремі технологічні комплекси, розглядаються як окремі системи масового обслуговування (СМО). Визначення характеристик таких СМО (середня кількість заявок у системі, середня кількість заявок у черзі, середній час перебування заявок у системі, середній час перебування заявок у черзі тощо) виконується за допомогою аналітичних залежностей теорії масового обслуговування.

У роботі І.Б. Сотникова [3] для моделювання основних станційних процесів запропоновано відповідні функції. У тих функціях особливості внутрішньої структури систем та взаємний вплив випадкових процесів враховуються за допомогою коефіцієнтів. Основними перевагами аналітичного моделювання є: простота реалізації, висока швидкість отримання результатів та можливість прямого використання методів дослідження функцій на екстремум для визначення оптимальних параметрів технічного оснащення.

Слід також зазначити, що використання аналітичних залежностей з метою оцінки специфіки експлуатаційної роботи не дозволяє в достатній мірі врахувати місцеві особливості технічного забезпечення чи технології роботи станцій. Це може призвести до побудови моделей, які не підтверджують свою адекватність щодо реальних процесів, що відбуваються на станціях, і, як наслідок, це сприяє появі суттєвих похибок у разі оцінки таких параметрів. У зв'язку з цим аналітичні моделі використовуються лише для попередньої оцінки таких заходів в умовах низької достовірності початкових даних.

У сучасних умовах основним методом оцінки нормативних параметрів та показників роботи станцій є графічне моделювання роботи станції, тобто побудова добового плану-графіка [4]. Аналогічні результати наводяться в [5-7].

Добовий план графік є графічною моделлю роботи станції де графічно на спеціальному бланку відображаються технологічні процеси, які проходять в підсистемах залізничної станції. Врахування в даній моделі стану основних технічних засобів та елементів станції дозволяє оцінити міжопераційні простоти.

Добовий план-графік дозволяє визначати

- простій транзитного вагона без переробки, год.;
- простій транзитного вагона з переробкою, год.;
- простій місцевого вагона, год.;
- простій місцевого вагона під однією вантажною операцією, год.;
- коефіцієнт здвоєних операцій;
- норма робочого парку вагонів, ваг.-доб.;
- вагонообіг, ваг.-доб.;
- коефіцієнти завантаження технічних засобів станції;

- показники безвідмовності роботи станції та ін.

Методи імітаційного моделювання набули широкого використання під час виконання наукових досліджень та оцінки ефективності функціонування залізничних станцій та вузлів [7-17]. Суттєвою перевагою імітаційного моделювання у порівнянні з математичним моделюванням є висока достовірність кінцевих результатів, однак, для створення адекватної імітаційної моделі потрібен значний час та відповідні навички.

Отримані за допомогою моделей кількісні та якісні показники роботи залізничних станцій за проектними рішеннями підлягають техніко-економічному обґрунтуванню [16]. У разі всебічного аналізу роботи залізничної станції необхідно також оцінювати витрати на модернізацію та утримання її технічного оснащення і витрати, що пов'язані з функціонуванням станції [17].

З метою узгодження наведених критеріїв використовується метод лінійного згортання [18] шляхом зведення усіх показників до грошового еквіваленту. Критерієм для техніко-економічної оцінки варіантів конструкції та технічного оснащення залізничної станції є мінімальні розміри приведених річних витрат за умов забезпечення належного рівня її переробної спроможності.

Такий підхід має й недолік, адже величина витратних ставок визначається на підставі усереднених даних у мережі та може не повністю враховувати специфіку функціонування конкретної залізничної станції.

З урахуванням усього, наведеного вище, можна зробити висновок про те, що вище зазначена проблема комплексної оцінки техніко-технологічних параметрів залізничних станцій на даний момент остаточно не вирішена, а отже потребує використання обґрунтованих методів техніко-економічної оцінки технічних параметрів залізничних станцій та технології їх роботи.

1.3 Характеристика методів моделювання роботи станцій

З однієї сторони залізничних станції повинні мати достатній колійний розвиток, для можливості виконання усієї транспортної роботи, однак, з іншого боку колійне оснащення станцій повинно бути обґрунтованим і не вимагати надмірних

витрат на його спорудження та експлуатацію. Для вирішення даної проблеми необхідна достовірна кількісна оцінка планованих заходів щодо удосконалення конструкції і технології роботи станції.

Ефективним засобом аналізу та оцінки показників функціонування залізничних станцій, а також їх параметрів може стати імітаційне моделювання технологічних операцій на станціях. Використання імітаційних моделей під час виконання проектних робіт, а також в процесі оперативного управління роботою станції, дозволить приймати найбільш раціональні рішення, спрямовані на скорочення витрат залізничних станцій. Саме тому проблемі розробки методів імітаційного моделювання залізничних станцій присвячено велика кількість наукових робіт.

В 60-х роках 20-го сторіччя з появою серійних ЕОМ були виконані перші дослідження, пов'язані з проблемою створення імітаційних моделей залізничних станцій [19, 20]. З метою аналізу завантаження технічного обладнання станцій було запропоновано використання статистичного моделювання технологічних процесів, в якому моделюється випадковий вхідний потік поїздів, а тривалість обслуговування поїзда на станції моделюється як випадкова величина із заданим законом розподілу. За результатами моделювання визначаються проблемні зони у роботі станції, а також затримки й простої поїздів.

Поява потужних ЕОМ згодом дала своєрідний поштовх до інтенсифікації робіт в сфері моделювання залізничних станцій та вузлів. У цей період розроблена множина методів і алгоритмів моделювання роботи залізничних станцій, деякі з них отримали програмну реалізацію [21–24].

У роботах [24–26] наведено опис та результати імітаційного моделювання реальної сортувальної станції. Модель забезпечує імітацію виконання технологічних операцій з поїздами та вагонами у парках станції, в тому числі і процес накопичення составів у сортувальному парку. До того ж прийнято, що вимоги, які надходять на станцію, обслуговуються відповідно до присвоєних їм пріоритетів. Роботу з поїздами в окремому парку станції пропонується моделювати як одну наскрізну операцію. Це дозволило суттєво скоротити час моделювання, однак, не повністю відповідає технологічному процесу роботи реальної залізничної станції. По-

дібний підхід також може викликати необґрунтовані затримки під час обслуговування поїздів з низьким пріоритетом. Черговість пересування поїздів по станції також визначається залежно від пріоритету, однак, можливість переміщення поїздів з низьким пріоритетом по паралельних маршрутах не враховувалась.

За допомогою розробленої статистичної моделі в [27] автор вирішує задачу визначення проблемних місць у роботі сортувальної станції, для цього в процесі моделювання на станцію надходить випадковий потік поїздів та для кожного поїзда визначається набір параметрів, що визначають технологію та тривалість його обслуговування.

У дослідженні станція подано набором взаємозалежних блоків, які моделюють певну фазу обслуговування об'єкта. Моделювання тривалості перебування об'єкта в кожній фазі здійснюється без врахування окремих операцій, що є недоліком запропонованого методу, тому що адекватність моделі не підтверджується. Також модель у спрощеному вигляді враховує заняття горловин станції рухомим складом у разі переміщення, але не враховує ворожість маршрутів.

Метод статистичного моделювання розв'язок перед станціями у залізничних вузлах розглядався в роботі [28], де перетинання залізничних колій подається моделлю масового обслуговування з одним обслуговуючим пристроєм (стрілочна зона перетинання) і потоками заявок (поїздів) по кожному підходу. Час обслуговування заявки (заняття перетинання), як правило, постійне для даного виду заявки.

З метою вирішення даної проблеми в [23] горловини залізничних станцій пропонується поділяти на окремі елементи (секції), що дозволяє визначати ворожість маршрутів і достатньо точно моделювати процес їх посекційного розмикання. Недоліком даного методу є його громіздкість внаслідок необхідності заведення тривалості заняття кожного елемента маршрутами пересування різних категорій. Для моделювання пересувань складається таблиця можливих маршрутів, яка доповнюється таблицею ворожості маршрутів. В той самий час процес складання таблиць досить трудомісткий, особливо для крупних станцій.

В переважній більшості праць для моделювання роботи залізничних станцій використовується теорія масового обслуговування. Наприклад, в [30] автор розгля-

дає можливість використання методів теорії масового обслуговування з метою дослідження роботи парку прибуття сортувальної станції. Слід зауважити, що математичний апарат теорії масового обслуговування використовується з метою визначення показників роботи парку прибуття в різних умовах їх функціонування. Використання методів теорії масового обслуговування з метою моделювання вантажних станцій розглядаються в роботі [31]. В даній роботі як система масового обслуговування розглядається станція, або її окремі вантажні райони. Недоліком вище зазначених методів моделювання є те, що потік поїздів, які надходять під обслуговування, розглядається як найпростіший, а інтенсивність обслуговування прийнята постійною величиною, але це не відповідає реальним умовам роботи конкретних залізничних станцій.

Модель сортувальної станції для нормування показників її роботи розглянуто в [32]. Залізнична станція розглядається як багатоканальна багатofазна система масового обслуговування. В процесі моделювання враховуються статистичні характеристики потоку поїздів та процесу їх обслуговування. Для кожного поїзда, що надходить в розформування, моделюється його розклад та состав. Тривалість операцій визначається з урахуванням параметрів поїзда і системи обслуговування. Також було запропоновано методику для моделювання процесу накопичення вагонів у сортувальному парку. За результатами моделювання детально розраховується простій вагонів на станції. В той же час у запропонованій моделі не враховується заняття елементів колійного розвитку в процесі переміщення рухомого складу, що негативним чином відбивається на адекватності моделі.

Розформування і формування поїздів на сортувальних станціях виконується на сортувальних гірках, від якості роботи яких суттєво залежать показники функціонування технічних станцій. У зв'язку з цим проблема дослідження сортувального процесу на сортувальних гірках залишається актуальною. Питанню розробки моделей сортувальних гірок присвячено багато наукових праць, серед яких слід особливо зазначити роботи вчених ДПТУ.

В [33-35] розроблена імітаційна модель скочування відцепів із сортувальної гірки, а також розроблений комплекс моделюючих програм для ЕОМ. До того ж

запропоновано оригінальну методику апроксимації поздовжнього профілю сортувальної гірки та модель процесу гальмування відчепів на уповільнювачах.

Серію праць [36, 38] присвячені розробці моделей сортувальних гірок для дослідження різних систем автоматизованого керування сортувальним процесом. В [39, 40] особлива увага приділяється моделюванню роботи гіркової автоматики. Результатом досліджень стала розробка декількох автоматизованих гіркових систем, які були успішно впроваджені на низці сортувальних станцій [39].

В [40] залізнична станція розглядається як СМО, що складається із сукупності блоків двох видів: постів обслуговування і пунктів очікування обслуговування. Під час моделювання використовується подібна модель станції, яка дозволяє змінювати її стан дискретно від події до події. Позитивною стороною подібного підходу є суттєво менша тривалість моделювання у порівнянні з безперервним моделюванням, але при цьому не враховується безперервний характер технологічного процесу роботи станцій, що буває важливо у разі рішення певного спектру завдань. Однак, за наявності сучасних ЕОМ, швидкість моделювання не є важливим фактором для вибору методу моделювання.

В роботі [40] процес обслуговування поїздів на станції моделюється укрупнено, тобто без поділу на технологічні операції. До того ж тривалість знаходження поїзда в кожній з фаз обслуговування приймається постійною або визначається як значення лінійної функції, яка залежить від параметрів поїздів. Результати досліджень підтверджують, що такий підхід не відповідає реальним процесам, які в дійсності відбуваються на станціях, тому що тривалість обслуговування в більшості випадків є випадковою величиною з визначеним законом розподілу, який необхідно враховувати в процесі моделювання.

Авторську методику створення моделі роботи сортувальної станції запропоновано в роботі [41]. Модель станції є набором програмних модулів, кожний з яких моделює початок і закінчення операцій певної технологічної послідовності. При цьому враховуються випадкові коливання вхідного потоку об'єктів і нерівномірність їх обслуговування. Запропонований також метод формалізації схем станцій, що дозволяє враховувати ворожості маршрутів у разі моделювання переміщень

рухомого складу. Разом з тим процес розробки програмних модулів досить складний та суттєво обмежує використання вказаної методики.

Розробці імітаційних моделей залізничних станцій присвячено наукові праці [42–44]. Запропоновано методику моделювання, яка базується на використанні апарату теорії ймовірностей для моделювання вхідних потоків заявок і тривалості їх обслуговування. Модель використовується для прогнозування роботи залізничних станцій в різних умовах у разі вибору варіантів технічних рішень. Недоліком запропонованої моделі є розгляд технологічних процесів обробки поїздів і вагонів у парках станції досить укрупнено, що не дозволяє точно моделювати роботу станції. В [44] імітаційна модель станції використовується з метою оцінки її експлуатаційної надійності. При цьому станція розглядається як комплекс взаємозалежних модулів. Такий підхід дозволив створити алгоритм для формалізації обслуговуючих пристроїв будь-якого типу. Розроблена в [44] модель давала можливість визначити показники роботи основних підсистем станції, завантаження технічних засобів і виконавців, а також виконати аналіз простою вагонів на станції.

За допомогою імітаційної моделі, яку розроблено на базі теорії масового обслуговування, вирішуються будь-які питання, пов'язані з прогнозуванням і плануванням роботи залізничних станцій [45]. В запропонованій роботі розглянуто можливість застосування моделі для нормування різних показників роботи станції, а також аналізу якості роботи оперативної зміни. З цією метою, на початку зміни по прогнозних вихідних даних про підхід поїздів і вагонів виконується моделювання роботи станції. Аналіз виконується за допомогою порівняння показників роботи станції, отриманих за результатами роботи зміни, як результат моделювання роботи станції.

Аналогічну модель може бути адаптовано для планування роботи станції в умовах реконструкції або консервації технічних засобів. В [46] за допомогою моделі виконано оцінку низки різних варіантів організації роботи станції у різних специфічних умовах.

Комплексну імітаційну модель сортувальної станції було розроблено на польських залізницях [14]. Модель є частиною програмного комплексу для розробки графіка руху поїздів і дозволяє отримати якісні і кількісні показники роботи

сортувальних станцій за різних умов роботи. Ця модель включає набір взаємозалежних модулів, кожен з яких моделює роботу окремих підсистем станції. Вхідний потік поїздів задається графіком руху, а тривалості їх обслуговування в підсистемах станції моделюються як випадкові величини за певним законом розподілу; є можливість використання постійних значень часу обслуговування заявок. Експериментуючи з різними варіантами даних після аналізу отриманих результатів, можна вибирати варіант організації роботи станції, що забезпечує виконання графіка руху при найкращому використанні технічних засобів. У якості недоліку моделі можна відзначити складність підготовки початкових даних для створення адекватної моделі конкретної станції.

Об'єктно-орієнтований підхід до побудови моделі станції був запропонований в [47]. У моделі залізничної станції її розглядають як СМО; поняття об'єкта використовується в моделі для представлення технологічних пристроїв, що виконують обслуговування клієнтів (сервери-об'єкти) і елементів колійного розвитку станції (канали-об'єкти). При цьому самі об'єкти розглядаються як деякі кінцеві автомати, які можуть перебувати в одному з внутрішніх станів з фіксованого набору, зі списком дій, що призводять до переходу автомата з одного стану в інший. Схема колійного розвитку станції подано двома структурами: списком елементів колійного розвитку і списком зв'язків між ними, а моделлю керує програма, яка виконує спостереження за станом кожного об'єкта та змінює його стан за умов зовнішнього впливу. У результаті моделювання здійснюється побудова плану-графіка роботи станції за допомогою пакету програм Autocad.

Намагання більше деталізувати процес обслуговування об'єктів у складних транспортних системах призвели до створення моделей у вигляді мереж СМО, де кожна модель імітує окрему фазу обслуговування [48]. У низці праць моделювання використовується для аналізу лише окремих підсистем станцій або певних фаз обслуговування.

Альтернативним варіантом моделювання транспортних систем є використання методів мереж Петрі [17, 49, 50]. Використання методів мереж Петрі дозволяє скоротити витрати часу на розробку моделей транспортних об'єктів, а також спростити процес їх створення, і за рахунок цього залучити до цієї роботи широке

коло користувачів-технологів. Використання зазначеної технології покликане підвищити якість перевізного процесу, скоротити терміни доставки вантажів і у решті решт збільшити конкурентоспроможність залізниць.

У роботі [17], зокрема, розглянуто можливості використання апарата мереж Петри для моделювання сортувальних станцій та інших транспортних комплексів. У роботі показано, як шляхом ускладнення структури мережі можна досягти будь-якого ступеню деталізації транспортної системи. Передбачено також можливість моделювання випадкових інтервалів між поїздами вхідного потоку, а також інших параметрів. Для реалізації моделі на ЕОМ застосовуються спеціалізовані програмні продукти. Приклад, який наведено в [17], свідчить про те, що побудована на основі мереж Петри модель дозволяє фіксувати стан системи в довільний момент часу, а також визначити за результатами моделювання інтегральні показники тривалості виконання окремих операцій і кількість оброблених об'єктів. Є можливість дослідження моделі шляхом варіювання окремих кількісних параметрів.

У якості недоліків можна відзначити те, що у моделі відсутній механізм вибору черговості виконання окремих операцій у разі виникнення неоднозначних ситуацій в роботі. Зазначений механізм реалізований в усіх керованих СМО, до яких відносяться транспортні комплекси. Також в моделі не враховано схему колійного розвитку станції. У той самий час заміна простого об'єкту горловини парку станції на окрему мережу Петрі, яка описує конкретну схему горловини, призведе до ускладнення структури моделі, а також ускладнить її побудову та аналіз. Також в моделі на базі мережі Петрі важко імітувати рух транспортних об'єктів за потреби розрахунків витрат, пов'язаних з їх переміщенням.

Метод моделювання роботи станцій, заснований на використанні математичного апарата марковських випадкових процесів, наведено в [51]. В роботі станція розглядається як багатофазна одноканальна СМО. Для станції побудований орієнтований граф станів, на базі якого складається система рівнянь з метою пошуку граничних імовірностей окремих її станів. Це дозволяє визначити основні техніко-технологічні параметри станції, потрібні для визначення та оптимізації її потужності. Метод доволі ефективний, але його складність різко зростає у разі переходу до багатоканальних СМО і за умов збільшення кількості колій на станції.

Суттєвим недоліком розглянутих моделей є те, що в них не враховується або спрощено моделюється діяльність оперативно-диспетчерського персоналу. Разом з тим, оперативно-диспетчерський персонал станцій керує технологічними процесами їх роботи та здійснює безпосередній вплив на підсумкові показники роботи станції, саме тому під час моделювання необхідно враховувати даний фактор, щоб забезпечити адекватність розробленої моделі. У зв'язку з цим в низці наукових праць відомих авторів були спроби врахувати управлінську діяльність диспетчерів на станціях.

Подальший прогрес засобів обчислювальної техніки, а також перехід до нових інформаційних технологій керування перевізним процесом, поклали початок роботам зі створення імітаційних систем. У зазначених системах методику імітаційного моделювання використовують в комбінації з оптимізаційними методами; до того ж у цих системах реалізується людино-машинний діалог на всіх стадіях імітаційного експерименту.

Подібні імітаційні системи для керування виробничо-транспортними комплексами було створено в Академії наук України. В [52] розглянуто питання створення адаптованих імітаційних систем для планування і керування виробничо-транспортними об'єктами промислових підприємств, а також наведено результати імітаційних експериментів на прикладі реалізованих моделей, та окрім того описано можливості використання отриманих результатів для прийняття ефективних управлінських рішень та для вироблення оптимальної стратегії поведінки під час керування процесами у досліджуваних системах.

Імplementовану систему оперативного керування до реальної станції, зокрема, для визначення черговості обробки заявок в імітаційній моделі, запропоновано доповнювати алгоритмами, за допомогою яких вибираються ефективні рішення у конфліктних ситуаціях. В [53] виділено декілька типів конфліктних ситуацій і запропоновані алгоритми дій для їх вирішення. Реалізація зазначених алгоритмів дій є досить складною задачею, яка все ж таки не вирішує проблему вибору черговості обробки заявок в усіх можливих конфліктних ситуаціях.

Як засвідчує проведений аналіз наукових праць, побудова математичної моделі складної транспортної системи, що враховує всі зв'язки і взаємодії окремих її

елементів, є складним завданням. В таких системах оперативно-диспетчерський персонал залежно від ситуації, що склалася, може змінювати порядок проходження і обробки транспортних заявок, змінювати спеціалізацію колій і парків за рахунок перерозподілу технічних засобів і обслуговуючого персоналу, а також підсилювати потужність окремих елементів обладнання, та за потреби застосовувати інші заходи для пропуску транспортного потоку. В [54] було представлено методи виділення трендів часових рядів, аналізу сезонних коливань та ін.

В той же час проблема оцінки нерівномірності руху та визначення розрахункових обсягів роботи магістральних чи промислових залізничних станцій досі остаточно не вирішена та потребує виконання додаткових, більш ґрунтовних, досліджень. Розв'язання цього завдання є особливо актуальним для припортових станцій, оскільки як недостача, так і надлишок технічних засобів для освоєння заданих обсягів роботи не може бути оперативно скоригована за рахунок роботи інших елементів мережі та сприяє втраті конкурентоспроможності цих об'єктів.

Оцінювання ефективності роботи вантажних станцій здійснюється на підставі системи кількісних та якісних показників, основними з яких є [55]:

- вагонообіг станції;
- середній простій місцевого вагона;
- коефіцієнт здвоєних операцій;
- завантаження технічних засобів та ін.

Необхідно відзначити, що приватні вантажні станції перебувають у стані конкуренції з іншими вантажними станціями мережі. Недоліком такої системи показників є те, що вони не дають можливості оцінити роботу станції відносно ступеню задоволення вимог споживача послуг, тобто – вантажовідправника.

Виконаний огляд та аналіз наукових праць дозволяє більш чітко уявити роботу залізничних станцій та методи, які дозволяють оцінити ефективність роботи кожної підсистеми станції. Це дозволить виконувати ефективні дослідження з метою покращення технології роботи станції.

2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ ТА АНАЛІЗ ЇЇ НЕДОЛІКІВ

Станція К є односторонньою сортувальною станцією, яка за характером та обсягами роботи є позакласною, яка працює на чотири напрямки – А, Б, В і Г. Усі перегони, що примикають до станції є двоколійними з одnobічним автоблокуванням. Також дана станція обслуговує під'їзну колію підприємства міста О.

Схема сортувальної станції К приведена на рисунку 2.1.

2.1 Характеристика технічного оснащення станції

Розташування парків на станції є послідовним, а колії згруповані у 5 парків: парк прийому «З», парк відправлення «М», транзитні парки «Н» і «С» та сортувальний парк «Л».

Парк прибуття «З» має 5 колій, які призначені для приймання вантажних поїздів у розформування з підходів А, Б, В і Г. У непарній горловині парку розташований локомотивний тупик №8. Він призначений для заїзду гіркового локомотива під состави під час їх розформування та для прибирання поїзних локомотивів у локомотивне господарство від поїздів у розформування з напрямків Б і Г. Парк прибуття «З» розташований послідовно з сортувальним парком «Л».

Парк відправлення «М» має 8 колій, які призначені для відправлення поїздів свого формування, що накопичуються в сортувальному парку «Л». В парній горловині парку відправлення «М» розміщений локомотивний тупик №52, який призначений для подачі та прибирання поїзних локомотивів для поїздів свого формування. Парк відправлення «М» розташований послідовно з сортувальним парком «Л» (див. рис. 2.1).

Транзитний парк «Н» має 5 колій, які призначені для приймання транзитних поїздів з напрямків А і В та відправлення їх на напрямки Б і Г. Також в парку «Н» передбачена можливість приймання та відправлення транзитних кутових поїздів.

Транзитний парк «С» має 6 колій, призначених для приймання транзитних поїздів з напрямків Б і Г та відправлення їх на напрямки А і В, а також кутових. Для роботи з кутовими поїздами в парку «С» є локомотивний тупик № 50.

Сортувальний парк «Л» має чотири пучки по 8 колій, що дає 32 колій. Даний парк призначений для накопичення вагонів на состави вантажних поїздів, які відправляються з даної станції на всі чотири напрямки. Крім того цей парк використовується і для накопичення місцевих вагонів на під'їзну колію.

Усі стрілочні переводи та сигнали парків станції К обладнані пристроями електричної централізації. Також усі колії (головні та приймально-відправні), а також колії прилеглих перегонів є електрифікованим.

На станції К є гірка великої потужності. Вона розташована між парками прийому «З» і сортувальним «Л» та призначена для розформування составів поїздів у розформування.

Гірка має три гальмівні позиції, на яких гальмування відбувається з пульта гіркового поста:

- перша гальмівна позиція (ГП1) – 2х КНП-5;
- друга гальмівна позиція (ГП2) – 2х КНП-5;
- паркова гальмівна позиція (ПГП) – 3хРНЗ-2.

Для забезпечення диспетчерського керівництва маневровою роботою й організації приймання і відправлення поїздів сортувальний комплекс обладнаний різними засобами зв'язку.

Для виконання технічного обслуговування та екіпірування всіх поїзних локомотивів на території станції К розташоване локомотивне господарство. На території депо екіпіруються також і маневрові тепловози. Технічне обслуговування і ремонт вагонів, а також підготовка їх до рейсу виконується у вагонному депо, яке розташоване на спільній з локомотивним депо території.

Для пересилання документів та сортувальних листків сортувальна станція К є обладнаною пневмопоштою великого діаметру.

2.2 Характеристика експлуатаційної роботи сортувальної станції

(а) 2.2.1 Основні операції, які виконуються на станції К

У транзитний парк «С» прибувають парні вантажні транзитні поїзди з напрямків Б і Г, а у парк «Н» – непарні транзитні поїзди з напрямків А і В. В цих парках після їх огляду та випробування автогальм вагонів (повного чи скороченого) вантажні транзитні поїзди відправляються за призначенням.

На колії парку прибуття «З» сортувальної станції К приймаються поїзди у розформування зі всіх напрямків. Після виконання усіх операцій на гірці виконується їх розформування на колії сортувального парку, де одночасно з розпуском здійснюється накопичення составів наскрізних, дільничних і збірних поїздів та подач вагонів на під'їзну колію.

Після закінчення накопичення та операцій з формування, вагони маневровим локомотивом переставляються з сортувального парку «Л» у парк відправлення «М», де їх оглядають у технічному та комерційному відношенні. Після причеплення поїзного локомотива до составу та випробування автогальм вагонів поїзди відправляються за призначенням.

(b) 2.2.2 Характеристика маневрової роботи

Уся маневрова робота, що пов'язана з формуванням та розформуванням, а також подачею, прибиранням і перестановкою вагонів виконується маневровими тепловозами серії ЧМЕ-3.

У маневрових районах станції виконується наступна маневрова робота.

Район №1 – передгіркова горловина парку «З» – виконуються такі операції: насув і розпуск составів поїздів у розформування, заїзд гіркового локомотива під черговий состав, прибирання поїзних локомотивів з-під поїздів у парку «З», подачу на колію для відчіпного ремонту вагонів, прибирання після ремонту.

Район №2 – вихідна горловина парку «Л» – виконуються такі операції: формування подач вагонів на під'їзні колії станції, закінчення формування накопчених составів, перестановку составів поїздів свого формування у парк відправлення «М», подачу і прибирання поїзних локомотивів.

2.3 Аналіз проблем роботи сортувальної станції К

Аналіз схеми колійного розвитку та технології роботи існуючої сортувальної станції К, за умови потенційного зростання обсягів розформування вагонів на даній станції) виявив ряд суттєвих недоліків, які зменшують ефективність її роботи та знижують рівень безпеки руху.

Далі наведено коротку характеристику таких недоліків та причину необхідності їх вирішення.

1. Кількості колій та їх оснащення як у парку прибуття «З» так і у парку відправлення «М» може виявитись недостатньою для стабільної та ефективної роботи цих парків; це вимагатиме проведення реконструкції колійного розвитку даних парків в контексті збільшення кількості колій.

2. Значне завантаження маневрових локомотивів, які працюють в підсистемах розформування і формування існуючої станції К може викликати додаткові затримки в роботі даної станції в цілому. З метою вирішення даної проблеми може виникнути потреба у залученні для роботи в даних парка додаткових маневрових локомотивів.

3. З метою покращення показників обслуговування вагонів на сортувальній станції К та підвищення її переробної спроможності в умовах збільшення обсягів розформування, може бути необхідним виконання перевірки відповідності кількості бригад ПТО, які є на даний момент у кожному із парків з розрахунковими розмірами роботи та, при потребі, збільшити кількість цих бригад. У зв'язку з цим необхідно розробити та дослідити ряд варіантів заходів, які спрямовані на пришвидшення переробки вагонів на даній станції.

4. Вибір раціонального варіанту технології обслуговування поїздів на будь-якій станції, як і на даній станції, є дуже складною задачею, оскільки потребує врахування значної кількості різноманітних факторів для кожного варіанту реалізації конструкції чи технології. Показники функціонування станції у різних умовах експлуатації отримати можна з використанням декількох методів, кожен з яких має свої переваги та недоліки.

5. Графічний метод моделювання технологічних операцій роботи станції, що реалізується у вигляді добового плану-графіка, відрізняється високим рівнем інформативності та дозволяє оперативно отримати доступ до необхідної інформації. У той же час даний метод має істотні недоліки, основним з яких є суттєві витрати часу на збір необхідних даних та побудову плану-графіка. Крім того, при побудові такого графіка не враховується стохастичний характер тривалості виконання технологічних різних операцій, що може впливати на достовірність показників функціонування деякої станції.

6. Аналітичні методи дослідження роботи станції К, які базуються на використанні основних методик теорії масового обслуговування, дадуть змогу використати для представлення складних технологічних процесів більш прості аналітичні залежності. У зв'язку з цим, отримані за допомогою даних методів результати також можуть бути не зовсім коректними.

З врахуванням, всього написаного вище, можна зробити висновки, що для забезпечення більшої точності результатів слід використовувати метод імітаційного моделювання, оскільки у нього немає подібних недоліків.

Отже, у даній дипломній роботі була сформульована задача визначити економічно обґрунтований та ефективний варіант технології обслуговування составів поїздів у розформування за допомогою методів математичного та імітаційного моделювання роботи сортувальної станції.

3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ

3.1 Визначення середньодобового обсягу роботи сортувальної станції

Добовий обсяг роботи станції К можна охарактеризувати пасажирськими поїздопотоками, транзитними вагонопотоками, а також вагонопотоками в переробку (див. додаток А.1), які наведені відповідно у таблицях 3.1–3.3.

Таблиця 3.1 – Пасажирські поїздопотоки станції К

З	На				Разом
	А	Б	В	Г	
А	–	5	3	3	11
Б	5	–	3	4	12
В	3	3	–	2	8
Г	3	4	2	–	9
Разом	11	12	8	9	40

Таблиця 3.2 – Транзитні вагонопотоки без переробки станції К

З	На				Разом
	А	Б	В	Г	
А	–	767	183	395	1345
Б	979	–	236	183	1398
В	77	236	–	290	603
Г	501	130	343	–	974
Разом	1557	1133	762	868	4320

Таблиця 3.3 – Вагонопотоки з переробкою станції К

З	На					Разом
	А	Б	В	Г	Під’їзна колія	
А	–	823	168	363	4	1358
Б	707	–	237	121	4	1069
В	173	212	–	262	4	651
Г	259	113	247	–	4	623
Під’їзна колія	4	4	4	4	–	16
Разом	1143	1152	656	750	16	3717

3.2 Розрахунок маси та довжини вантажних поїздів

З [56] масу составу вантажного поїзда можна визначити за формулою

$$Q = \frac{F_{\text{кр}} - (w_0' + i_p) \cdot P}{w_0'' + i_p}, \quad (3.1)$$

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

P – розрахункова маса локомотива, t ;

w_0' – основний питомий опір руху локомотива, $H/\kappa H$;

w_0'' – основний питомий опір руху состава, $H/\kappa H$;

i_p – розрахунковий підйом, ‰.

Питомі опори руху локомотива і поїзда визначаються за формулами

$$w_0' = 1,9 + 0,01 \cdot V_p + 0,0003 \cdot V_p^2, \quad (3.2)$$

$$w_0'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot V_p + 0,0025 \cdot V_p^2}{q_0}, \quad (3.3)$$

де V_p – швидкість руху на розрахунковому ухилі, км/год ;

q_0 – навантаження від однієї осі вагона на рейку, κH .

Довжина поїзда (состава з локомотивом) визначається за формулою:

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

де m_c – кількість вагонів у составі вантажного поїзда;

$l_{\text{ваг}}$ – довжина вагона (по кінцям пристроїв автозчеплення), m ;

$l_{\text{лок}}$ – довжина локомотива (по кінцям пристроїв автозчеплення), m .

Кількість вагонів у составі поїзда обмежується як корисною довжиною приймально-відправних колій, так і силою тяги локомотива. Тому прийнята кількість вагонів у составі вантажного поїзда повинна бути рівною мінімальному з цих двох значень, тобто

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

де m_F – состав поїзда за силою тяги локомотива, m ;

m_L – состав поїзда за корисною довжиною колії, m .

Кількість вагонів в составі вантажного поїзда, яка обмежується силою тяги локомотива, визначається за наступною формулою

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

де Q – маса поїзда, m ;

$q_{\text{ваг}}$ – маса вагона, m .

Кількість вагонів в составі вантажного поїзда, яка визначається з урахуванням корисної довжини колії, визначається за формулою

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

де $L_{\text{кор}}$ – корисна довжина колії, прийнята рівною $L_{\text{кор}} = 850 \text{ м}$;

a – допуск на неточність установки поїзда в межах корисної довжини колії, прийнята рівною $a = 10 \text{ м}$.

Інші дані для визначення маси і довжини поїздів взято з додатку А: серія вантажного локомотива – ВЛ-8, розрахунковий ухил на ділянках $i_p = 12,0 \text{ ‰}$, навантаження від осі вагона на рейку $q_0 = 16,25 \text{ кН}$.

Згідно [56] для локомотива серії ВЛ-8 розрахункова швидкість на розрахунковому ухилі складає $V_p = 43,3 \text{ км/год}$, маса $P = 184,0 \text{ т}$, сила тяги $F_{\text{кр}} = 46500 \text{ Н}$, довжина локомотива $l_{\text{лок}} = 27,52 \text{ м}$.

Маса та довжина составів поїздів (напрямок А-К):

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

$$w_0'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 43,3 + 0,0025 \cdot 43,3^2}{16,25} = 1,44 \text{ Н/кН}.$$

$$Q = \frac{46500 - (2,90 + 12,0) \cdot 184,0}{1,44 + 12,0} = 3255,8 \text{ т};$$

$$m_F = \frac{3255,8}{61,0} = 53,4, \text{ взято } m_F = 53 \text{ вагона};$$

$$m_L = \frac{850 - 27,52 - 10}{15} = 54,17, \text{ взято } m_L = 54 \text{ вагона};$$

$$m_c = \min(53; 54) = 53 \text{ вагона};$$

$$L_{\Pi} = 53 \cdot 15 + 27,52 = 822,52 \text{ м}.$$

Результати розрахунків маси та довжини составів поїздів на прилеглих лініях наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків маси та довжини составів поїздів

Параметри	Значення			
	А – К	Б – К	В – К	Г – К
w_0' , кгс/т	2,90	2,90	2,90	2,90
w_0'' , кгс/т	1,44	1,49	1,44	1,49
Q , т	3255,8	3459,9	3388,7	3243,8
m_F , ваг	53	53	53	53
m_L , ваг	54	54	54	54
m_c , ваг	53	53	53	53
L_{Π} , м	822,52	822,52	822,52	822,52

Таким чином, довжина составу вантажного поїзду не перевищує корисної довжини приймально-відправних колій і для розрахунків приймаємо це значення рівним $m_c = 53$ ваг.

3.3 Визначення розмірів поїздопотоків

Кількість поїздів, які прибувають на станцію К та відправляються з неї, визначається за формулою

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

де n – вагонопотік за добу з певного напрямку.

Наприклад, транзитний поїздопотік станції з напрямку А на напрямок Б складає $N = 767 / 53 = 14,47$ поїздів, який після округлення прийнято $N = 15$ поїздів.

З урахуванням розрахункового транзитного вагонопотоку станції без переробки (див. табл. 3.2), визначена кількість транзитних поїздів, що прибувають на станцію К.

Результати розрахунків наведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Транзитні поїздопотоки станції

З	На				Разом
	А	Б	В	Г	
А	–	15	4	8	27
Б	19	–	5	4	28
В	2	5	–	6	13
Г	10	3	7	–	20
Разом	31	23	16	18	88

Для визначення кількості поїздів у розформування та свого формування використовуються дані табл. 3.3. Так, кількість поїздів, що прибувають у розформування з напрямку А, складає

$$N_{\text{розф}}^{\text{А}} = \frac{1358}{53} = 25,6 \text{ вагонів.}$$

Прийнято, що кількість поїздів у розформування з напрямку А складає $N_{\text{розф}}^{\text{А}} = 26$ вагонів, з них 24 поїзда одногрупних і два збірних поїзда.

Аналогічним чином визначені поїздопотоки, що надходять у розформування на станцію і поїздопотоки свого формування. Результати розрахунку наведені в таблиці 3.6.

Таким чином, після виконання усіх розрахунків ми встановили, що середній розрахунковий добовий обсяг роботи сортувальної станції К складає 40 пасажирський поїздів, 88 вантажних транзитних поїздів, а також 72 вантажних поїзда у розформування.

Таблиця 3.6 – Вагонопотоки та поїздопотоки у переробку станції К

З		На					Разом	В розформування	
		А	Б	В	Г	Під'їзна колія		всього	в т. ч. збірних
А		–	823	168	363	4	1358	26	2
Б		707	–	237	121	4	1069	21	2
В		173	212	–	262	4	651	13	1
Г		259	113	247	–	4	623	12	1
Під'їзна колія		4	4	4	4	–	16		
Разом		1143	1152	656	750	16	3717		
Свого формування	всього	22	22	13	15			72	
	в т. ч. збірних	2	2	1	1				6

4 РОЗРАХУНОК НОРМ ЧАСУ НА ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

4.1 Технічне нормування тривалості основних операцій в парку «З»

Згідно [57] тривалість приймання поїзда в парк прибуття «З» визначається за наступною формулою

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

де $t_{\text{м}}$ – тривалість приготування маршруту, *хв*;

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

V – допустима швидкість руху поїзду по перегону, *км/год*;

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

$L_{\text{вх}}$ – відстань, яку проходить поїзд від вхідного сигналу до зупинки, *м*:

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

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

$l_{\text{п}}$ – довжина поїзду, *м*;

$l_{\text{гор}}$ – довжина вхідної горловини, прийнято $l_{\text{гор}} = 300$ *м*.

Для розрахунку тривалості операції приймання поїзда прийняті вихідні дані у відповідності з рекомендаціями [57]: $t_{\text{м}} = 0,15$ *хв*, $l'_{\text{бл}} = 1300$ *м*, $l''_{\text{бл}} = 1100$ *м*, $V = 70$ *км/год*, $V_{\text{вх}} = 40$ *км/год*. Також відомо, що $l_{\text{с}} = 300$ *м*, $l_{\text{п}} = 830$ *м* (див. п. 3.2), $l_{\text{гор}} = 300$ *м*. Отже

$$L_{\text{вх}} = 300 + 830 + 300 = 1430 \text{ м},$$

$$t_{\text{пр}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1300}{70} + \frac{0,06 \cdot (1100 + 1430)}{40} = 5,1 \text{ хв}.$$

Прийнято $t_{\text{пр}} = 5$ *хв*.

Згідно з [55] тривалість закріплення рухомого складу на коліях парку прибуття (або зняття закріплення) визначається за формулою

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

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

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

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

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

У відповідності з рекомендаціями [58] прийнято $V_1 = 0,87$ м/с, $V_0 = 1,1$ м/с, $t_{\text{в/у}} = 5$ с, $l_{\text{ваг}} = 15$ м, $n_{\text{б}} = 8$ башмаків.

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

Прийнято $t_{\text{зак}} = 176,3 / 60 = 3$ хв.

Тривалість технічного огляду складу вантажного поїзда бригадою ПТО можемо визначити за формулою [57]

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

де τ' – середня тривалість технічного огляду одного вагону (з врахуванням тривалості безвідчіпного ремонту), хв;

$m_{\text{с}}$ – кількість вагонів в складі вантажного поїзда, $m_{\text{с}} = 53$ ваг;

a – час підготовчо-заключних операцій, хв;

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

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

де $N_{\text{р}}$ – добова кількість поїздів, що прибуває у розформування, $N_{\text{р}} = 72$ поїзда (див. табл. 3.6);

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

У відповідності з [57] прийнято $\tau' = 1,1$ хв, $a = 2,4$ хв, $\alpha = 0,2$, $t_{\text{рем}} = 20$ хв.

$$K_{\text{гр}} = \frac{72 \cdot (1,1 \cdot 53)}{1440 \cdot 0,8 \cdot 2} = 1,82; \text{ прийнято } K_{\text{гр}} = 2 \text{ групи};$$

$$t_{\text{обр}} = \frac{1,1 \cdot 53}{2} + 2,4 = 31,55 \text{ хв.}$$

Приймемо для подальших розрахунків $t_{\text{обр}} = 32$ хв.

4.2 Технічне нормування тривалості операцій з розформування составів

Тривалість заїзду визначається як сума тривалості напіврейсів заїзду, які, в свою чергу, згідно з [58], визначаються за формулою

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

де a, b – нормативні коефіцієнти, значення яких залежить від довжини маневрового напіврейсу і наведені в [57] та в [58].

Для розрахунку тривалості напіврейсів потрібно попередньо визначити їх довжини за масштабним планом станції.

Схема взаємного розташування парку прибуття «З» і сортувального парку «Л» наведена на рисунку 4.1.

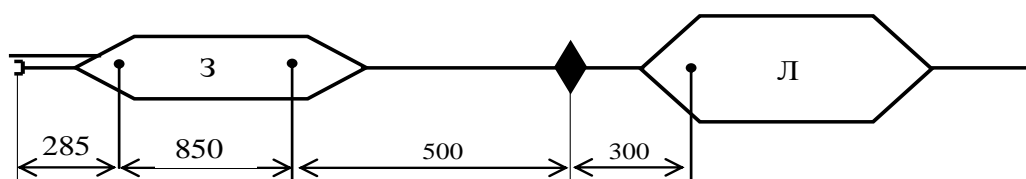


Рисунок 4.1 – Схема взаємного розташування парків «З» і «Л»

Довжина першого напіврейсу маневрового локомотива (з горба гірки в локомотивний тупик) за рис. 4.1 становитиме:

$$L_1 = 285 + 850 + 500 = 1635 \text{ м.}$$

Для довжини 1635 м даний коефіцієнт складе $a = 3,24$.

Довжина другого напіврейсу (з тупика під состав):

$$L_2 = 285 \text{ м}, a = 1,10.$$

Таким чином, тривалість заїзду локомотива під состав складе

$$t_3 = 3,24 + 1,10 = 4,34 \text{ хв.}$$

Отже, тривалість заїзду локомотиву під состав прийнято $t_3 = 4,4 \text{ хв.}$

Тривалість насуву составу на вершину гірки згідно [57] визначається як

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

де $l_{\text{нас}}$ – довжина маршруту насуву, $l_{\text{нас}} = 500 \text{ м.}$

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,068 \frac{500 - 60}{10} = 4,4 \text{ хв.}$$

Тривалість розпуску составу на гірці визначається за формулою:

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

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

V_p – середня швидкість розпуску, м/с.

Для гірки великої потужності значення V_p згідно з [59] складає $V_p = 1,7 \text{ м/с.}$

$$t_p = \frac{15 \cdot 53}{1,70 \cdot 60} = 7,8 \text{ хв.}$$

Тривалість осаджування вагонів на коліях сортувального парку визначається за формулою [58]

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

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

Завантаження маневрового локомотива за добу, за умови прийнятої перерви в його роботі, що дорівнює 60 хв, складе:

$$\Psi_{\text{мл}} = \frac{(t_z + t_{\text{зак}} + t_{\text{нас}} + t_p + t_{\text{ос}}) \cdot N_d}{1440 - T_{\text{пер}}} = \frac{(4,4 + 3,0 + 4,4 + 7,8 + 3,2) \cdot 72}{1440 - 60} = 1,19.$$

Для безвідмовної роботи підсистеми розформування потрібно, щоб коефіцієнт завантаження був значно меншим $\Psi_{\text{мл}} < 1$. Тому взято, що в підсистемі розформування сортувальної станції К повинно бути два маневрові локомотиви.

Графік організації роботи гірки за наявності двох маневрових гіркових локомотивів наведений на рисунку 4.2.

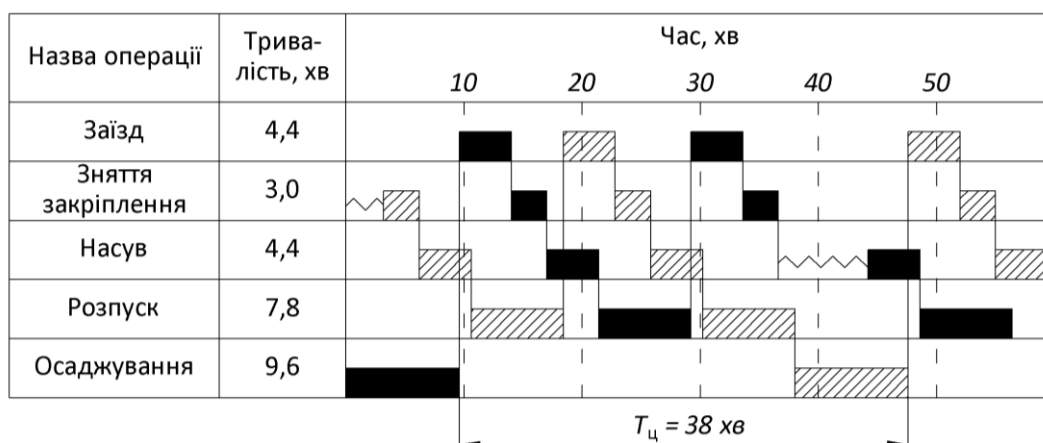


Рисунок 4.2 – Графік роботи сортувальної гірки при двох локомотивах

При цьому прийнято, що осаджування виконується після розпуску кожного третього составу.

В цьому разі гірковий технологічний інтервал визначається за формулою

$$t_r = \frac{T_{\text{ц}}}{n_{\text{ц}}}, \quad (4.10)$$

де $T_{\text{ц}}$ – тривалість технологічного циклу роботи гірки, хв;

$n_{\text{ц}}$ – кількість составів, розформованих за один цикл.

Технологічний цикл роботи гірки, згідно рис. 4.2, складає $T_{\text{ц}} = 38 \text{ хв}$. Тоді

$$t_r = \frac{38}{3} = 12,7 \text{ хв.}$$

Прийнято технологічний цикл $t_r = 13 \text{ хв}$.

4.3 Технічне нормування основних операцій в парку «Л»

В сортувальному парку «Л», крім накопичення вагонів згідно ПФП, виконується закінчення формування також і збірних поїздів.

Процес закінчення формування збірних поїздів на станції К виконується через гірку. Його тривалість визначається за формулою [58]

$$T_{\text{зф}}^{\text{зб}} = t_{\text{з, п}} + t_{\text{зак}} + t_{\text{вит}} + t_{\text{р}} + T_{\text{зб}}, \quad (4.11)$$

де $t_{\text{з, п}}$ – тривалість заїзду маневрового локомотива до состава поїзда, *хв*;

$t_{\text{зак}}$ – тривалість зняття закріплення, *хв*;

$t_{\text{вит}}$ – тривалість витягування составу на колію парку прибуття, *хв*;

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

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

При заїзді локомотив проходить відстань 300 м (див. рис. 4.1), а згідно з [58] при такій відстані матимемо $a = 1,1$. Тривалість причеплення прийнята 1 *хв*.

Таким чином, маємо: $t_{\text{з, п}} = 1,1 + 1 = 2,1$ *хв*.

Тривалість витягування составу на колію парку прибуття можна знайти за формулою (4.6). При середньому складі збірного поїзда 30 вагонів, довжина напіврейсу витягування складає:

$$l_{\text{вит}} = 300 + 500 + 30 \cdot 15 = 1250 \text{ м, при цьому матимемо } a = 2,56 \text{ та } b = 0,044.$$

Таким чином, маємо $t_{\text{вит}} = 2,56 + 0,044 \cdot 30 = 3,9$ *хв*.

Тривалість розпуску составу збірного поїзда визначається за формулою (4.8) і становить

$$t_{\text{р}} = \frac{15 \cdot 30}{1,70 \cdot 60} = 4,4 \text{ хв.}$$

Тривалість збирання груп вагонів визначається за формулою

$$T_{\text{зб}} = 1,8 \cdot p + 0,3 \cdot m_{\text{зб}}, \quad (4.12)$$

де p – кількість колій, з яких збираються вагони; прийнято $p = 5$;

$m_{\text{зб}}$ – кількість вагонів у збірному поїзді.

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

$$T_{зф}^{зб} = 2,1 + 3 + 3,9 + 4,4 + 18,0 = 31,4 \text{ хв}.$$

Тривалість закінчення формування одногрупних поїздів визначається за формулою

$$T_{зф}^{од} = T_{пте} + T_{підт}, \quad (4.13)$$

де $T_{пте}$ – тривалість розстановки вагонів у складі поїзда відповідно до вимог ПТЕ, хв;

$T_{підт}$ – час, необхідний на підтягування вагонів з боку парку відправлення з метою ліквідації «вікон» на коліях сортувального парку.

$$T_{пте} = B + E \cdot m, \quad (4.14)$$

де B, E – нормативні коефіцієнти, які залежать від середньої кількості операцій з розчеплення вагонів у складі n_0 .

Значення n_0 прийнято згідно з додатком А.2 і складає $n_0 = 0,5$.

При цьому згідно з [58] при $n_0 = 0,5$, $B = 1,6$, $E = 0,1$.

$$T_{підт} = 0,08 \cdot m_c. \quad (4.15)$$

$$T_{пте} = 1,6 + 0,1 \cdot 53 = 6,9 \text{ хв};$$

$$T_{підт} = 0,08 \cdot 53 = 4,3 \text{ хв};$$

$$T_{зф}^{од} = 6,9 + 4,3 = 11,2 \text{ хв}.$$

Кількість маневрових локомотивів, які працюють у горловині формування сортувального парку, може бути визначена за формулою

$$M_{лок} = \frac{(t_{зф}^{зб} + t_{пер}^{зб}) \cdot N_{зб} + (t_{зф}^{од} + t_{пер}^{од}) \cdot N_{од}}{(1440 - T_{пер}) \cdot 0,75}, \quad (4.16)$$

де $N_{зб}$, $N_{од}$ – кількість, відповідно, збірних та одногрупних поїздів за добу;

$t_{зф}^{зб}, t_{зф}^{од}$ – тривалість операцій по закінченню формування одного збірного та одностороннього поїзда;

$t_{пер}^{зб}, t_{пер}^{од}$ – тривалість перестановки з сортувального парку у відправний односторонній і односторонній поїзда;

$T_{пер}$ – тривалість перерви в роботі маневрового локомотива, $T_{пер} = 60 \text{ хв}$;

$M_{лок}^{max} = 0,75$ – максимальний коефіцієнт завантаження локомотива.

$$M_{лок} = \frac{(31,4 + 6,0) \cdot 6 + (11,2 + 6,0) \cdot 66}{(1440 - 60) \cdot 0,75} = 1,3 \text{ лок.}$$

Прийнято $M_{лок} = 2$ локомотива.

Отже, потрібна кількість маневрових локомотивів для формування составів, становить два локомотива; це відповідає наявній їх кількості.

4.4 Нормування тривалості технологічних операцій в парку відправлення «М»

Тривалість перестановки состава з сортувального парку визначається за формулою (4.6). Довжина напіврейсу перестановки визначається за рисунком 4.3.

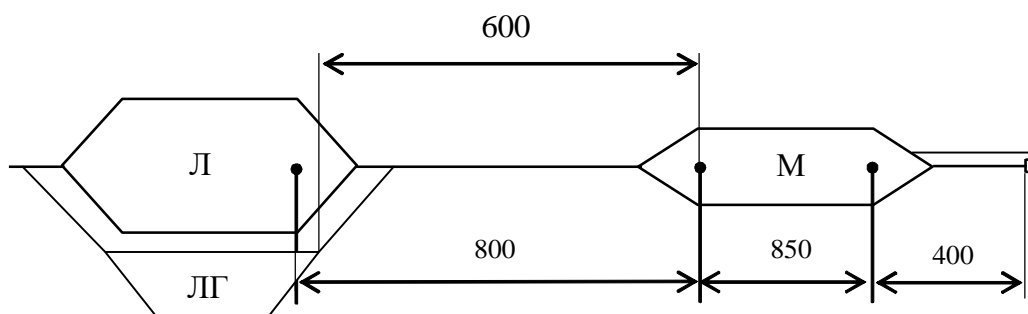


Рисунок 4.3 – Схема взаємного розташування парків «Л» і «М»

При перестановці состава поїзда свого формування з парку «Л» в парк «М» необхідно проїхати таку відстань

$$l_{пер} = 800 + 850 = 1650 \text{ м, при цьому } a = 3,24 \text{ хв та } b = 0,052 \text{ хв/ваг.}$$

Тривалість перестановки составу поїзда з парку «Л» в парк «М» складе:

$$t_{пер} = 3,24 + 0,052 \cdot 53 = 6 \text{ хв.}$$

Тривалість закріплення составів $t_{зак}$ визначається за формулою (4.3) та становить 3 хв.

Тривалість обробки состава двома бригадами ПТО визначається за наступною формулою

$$t_{\text{обр}} = \frac{\tau \cdot m}{K_{\text{гр}}} + \alpha \cdot t_{\text{рем}} + a, \quad (4.17)$$

де α – частка составів, що вимагають безвідчіпного ремонту, взято $\alpha = 0,2$;

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

взято $t_{\text{рем}} = 20$ хв.

При цьому кількість груп в бригаді ПТО визначається за формулою

$$K_{\text{гр}} \geq \frac{N_{\text{с/ф}} \cdot (\tau' \cdot m_{\text{с}})}{1440 \cdot 0,75 \cdot S_{\text{бр}}}, \quad (4.18)$$

де $N_{\text{с/ф}}$ – кількість поїздів свого формування за добу, *сост*;

$\Psi = 0,75$ – норма завантаження бригади ПТО.

$$K_{\text{гр}} \geq \frac{72 \cdot (0,9 \cdot 53)}{1440 \cdot 0,75 \cdot 2} = 1,6.$$

Прийнято $K_{\text{гр}} = 2$ групи;

$$t_{\text{обр}} = \frac{0,9 \cdot 53}{2} + 0,2 \cdot 20 + 2,4 = 30,3 \text{ хв.}$$

Тривалість обробки состава прийнята рівною $t_{\text{обр}} = 31$ хв.

Тривалість причеплення локомотива до составу приймається $t_{\text{прич}} = 2$ хв.

Тривалість випробування автогальм з [58] визначається за формулою

$$t_{\text{авт}} = 3,0 + 0,14 \cdot m. \quad (4.19)$$

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

Тривалість відправлення поїзда

$$t_{\text{відп}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot L_{\text{вих}}}{V_{\text{вих}}}, \quad (4.20)$$

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

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

Відстань виходу становитиме:

$$L_{\text{вих}} = l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (4.21)$$

де $l_{\text{гор}}$ – довжина горловини парку, приблизно складає 200 м;

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

Значення $V_{\text{вих}}$ у відповідності з [57] складає $V_{\text{вих}} = 35$ км/год.

$$L_{\text{вих}} = 350 + 830 = 1180 \text{ м}$$

$$t_{\text{відп}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1180}{35} = 2,2 \text{ хв}$$

Прийнято $t_{\text{відп}} = 3$ хв.

Час на подачу та прибирання поїзних локомотивів розраховується за допомогою формули (4.6) та рис. 4.3. Причому подача та прибирання локомотивів з непарної горловини парку «М» виконується за допомогою локомотивного тупика. Результати розрахунку наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок часу на подачу та прибирання локомотиву

Операція	Довжина напіврейсу, м	a	$t_{\text{ш/п}}$, хв.	Прийнято, хв.
Подача/прибирання локомотиву з ЛГ у парну горловину парку «М»	1850	3,63	3,6	4
Подача/прибирання локомотиву з ЛГ у непарну горловину парку «М»	600	1,56	1,6	2

4.5 Нормування тривалості технологічних операцій в транзитних парках «Н» і «С»

Тривалість обробки состава бригадою ПТО із чотирьох груп визначається за формулою (4.17)

$$t_{\text{обр}} = \frac{0,9 \cdot 53}{4} + 0,2 \cdot 20 + 2,4 = 18,3 \text{ хв}; \text{ приймається } t_{\text{обр}} = 19 \text{ хв}.$$

В транзитних парках працює по одній бригаді ПТО.

Тривалість причеплення локомотива до составу приймається $t_{\text{прич}} = 2$ хв.

Тривалість випробування автогальм визначається за формулою (4.19) та складає $t_{\text{авт}} = 11$ хв.

Час приймання транзитних поїздів визначається за формулою (4.1) та складає $t_{\text{пр}} = 5$ хв.

Середня тривалість очікування подачі поїзного локомотива (для поїздів зі зміною локомотивів) взята $t_{\text{оч.лок}} = 10$ хв.

Час на відправлення транзитних поїздів визначається за формулою (4.20) та становить $t_{\text{відп}} = 3$ хв.

5 РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ КОЛІЙ В ПАРКАХ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

5.1 Розрахунок кількості колій в парку прибуття «З»

У парк прийому «З» приймаються поїзди в розформування зі всіх напрямків. Парк містить 5 колій для приймання поїздів у розформування та головну колію, яка влаштована в обхід даного парку.

Потрібна кількість колій у парку прийому з [55] визначається за формулою

$$Z_{\text{шт}} = 0,01 \cdot N_p + n_{\text{оч}}^c + n_{\text{оч}}^p + f \cdot \sqrt{(n_{\text{оч}}^c)^2 + (n_{\text{оч}}^p + \Delta)^2}, \quad (5.1)$$

де N_p – кількість поїздів у розформовування, $N_p = 72$ поїзда;

$n_{\text{оч}}^c$ – середня кількість составів в очікуванні та в процесі огляду;

$n_{\text{оч}}^p$ – середня кількість составів в очікуванні розформування;

f – кількість середніх квадратичних відхилень кількості составів, що одночасно знаходяться в парку, від середньої їх кількості; взято 2 відхилення;

Δ – параметр, який залежить від коефіцієнтів варіації вхідного потоку $v_{\text{вх}}$, коефіцієнта варіації тривалості обслуговування $v_{\text{об}}$ та завантаження системи ψ .

Середня кількість составів в парку в очікуванні та в процесі технічного огляду визначається за формулою

$$n_{\text{оч}}^c = n_{\text{оч}}^{\text{ТО}} + \psi_{\text{бр}}, \quad (5.2)$$

де $n_{\text{оч}}^{\text{ТО}}$ – середня кількість составів в очікуванні технічного огляду;

$\psi_{\text{бр}}$ – завантаження бригади ПТО, яке можна визначити як

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{t_{\text{обр}} \cdot N_p}{1440}, \quad (5.3)$$

З урахуванням того, що $t_{\text{обр}} = 32$ хв, матимемо

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{32 \cdot 72}{2 \cdot 1440} = 0,8.$$

Середня кількість составів, яка знаходяться в очікуванні технічного огляду, визначається за формулою:

$$n_{\text{оч}}^{\text{то}} = \frac{(7 \cdot \psi_{\text{бр}} - 1) \cdot (3 \cdot \psi_{\text{бр}} - 1)}{32 \cdot \psi_{\text{бр}} \cdot (1 - \psi_{\text{бр}})} \cdot (\psi_{\text{бр}} \cdot (1 + v_{\text{обсл}}^2) + v_{\text{вх}}^2 - 1), \quad (5.4)$$

де $v_{\text{обсл}}$ – коефіцієнт варіації тривалості огляду составів бригадою ПТО, згідно [57] прийнято $v_{\text{обсл}} = 0,25$;

$v_{\text{вх}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами прибуття поїздів в парк прибуття, згідно рекомендаціям [57] $v_{\text{вх}} = 0,9$;

$$n_{\text{оч}}^{\text{то}} = \frac{(7 \cdot 0,8 - 1) \cdot (3 \cdot 0,8 - 1)}{32 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,8)} \cdot (0,8 \cdot (1 + 0,25^2) + 0,9^2 - 1) = 0,830 \text{ поїздів},$$

$$n_{\text{оч}}^{\text{с}} = 0,830 + 0,800 = 1,630 \text{ поїздів}.$$

Середня кількість составів, що знаходяться в парку прибуття в очікуванні розформовування визначається за формулою [55]

$$n_{\text{оч}}^{\text{р}} = (1,16 \cdot v_{\text{вх.Г}}^2 + 0,18 \cdot v_{\text{Г}}^2 - 0,35 + \varepsilon) + (2,58 \cdot v_{\text{вх.Г}}^2 + 3,23 \cdot v_{\text{Г}}^2 + 0,75)(\psi_{\text{Г}} - 0,7) \quad (5.5)$$

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

$v_{\text{Г}}$ – коефіцієнт варіації гіркового інтервалу, згідно [57] взято $v_{\text{Г}} = 0,4$;

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

ε – коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта варіації інтервалів між моментами прибуття поїздів в парк прийому, згідно [57] взято $\varepsilon = 0,08$;

Коефіцієнт завантаження гірки визначається за формулою

$$\psi_{\text{Г}} = \frac{N_{\text{р}} \cdot t_{\text{Г}}}{1440}. \quad (5.6)$$

Завантаження гірки становить

$$\psi_{\Gamma} = \frac{72 \cdot 12}{1440} = 0,6.$$

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

$$v_{\text{вх.Г}} = v_{\text{вх}} - 0,5 \cdot (v_{\text{вх}} - v_{\text{то}}) \cdot \psi_{\text{ор}}^{2 \cdot v_{\text{вх}}} \quad (5.7)$$

$$v_{\text{вх.Г}} = 0,9 - 0,5 \cdot (0,9 - 0,25) \cdot 0,8^{2 \cdot 0,9} = 0,683;$$

$$n_{\text{оч}}^{\text{р}} = (1,16 \cdot 0,683^2 + 0,81 \cdot 0,4^2 - 0,35 + 0,08) + (2,58 \cdot 0,683^2 + 3,23 \cdot 0,4^2 + 0,75) \cdot (0,735 - 0,7) = 0,487 \text{ поїздів.}$$

Відповідно до рекомендацій [57] значення $\Delta = 0,27$.

Тоді кількість колій в парку прийому складає

$$Z_{\text{пн}} = 0,01 \cdot 72 + 1,630 + 0,487 + 2 \cdot \sqrt{1,630^2 + (0,487 + 0,27)^2} = 6,43.$$

Приймається $Z_{\text{пн}} = 7$ колій.

Так як існуюча кількість колій в парку прийому «З» є меншою за розрахункову, то для забезпечення нормальної роботи даного парку в ньому потрібно додатково влаштувати ще 2 колії.

5.2 Розрахунок кількості колій у відправному парку «М»

У відправний парк «М», який має вісім колій, виставляються состави свого формування із сортувального парку «Л».

Кількість колій в парку відправлення з [57] визначається за формулою

$$Z_{\text{пв}} = 0,015 \cdot (N_{\text{сф}} + N_{\text{тр}}) + n_{\text{с}}^{\text{обр}} + n_{\text{оч}}^{\text{л}} + \sum_{i=1}^d n_{\text{оч}}^{\text{від}} + 1,5 \sqrt{(n_{\text{с}}^{\text{обр}})^2 + (n_{\text{оч}}^{\text{л}} + 0,5)^2 + \sum_{i=1}^d (n_{\text{оч}}^{\text{від}} + 0,5)_i^2} \quad (5.8)$$

де $N_{\text{сф}}$ – кількість поїздів свого формування, $N_{\text{сф}} = 72$ поїзда;

$N_{\text{тр}}$ – кількість вантажних транзитних поїздів;

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

$n_{\text{оч}}^{\text{л}}$ – середня кількість составів в очікуванні причеплення локомотива;

$n_{\text{оч}}^{\text{від}}$ – середня кількість поїздів в очікуванні відправлення;

$n_c^{\text{обр}}$ – середня кількість составів в очікуванні обробки:

$$n_c^{\text{обр}} = \left(\frac{\psi_{\text{бр}}^3 (v_{\text{вх}}^2 + v_{\text{обр}}^2)}{1 - \psi_{\text{бр}}^2} - \psi_{\text{бр}} (1 - v_{\text{вх}}^2) + 0,06 \right) + S \cdot \psi_{\text{бр}}, \quad (5.9)$$

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

$v_{\text{вх}}$ – коефіцієнт варіації вхідного потоку, з [57] $v_{\text{вх}} = 0,9$;

$v_{\text{обр}}$ – коефіцієнт варіації тривалості обробки состава, з [57] $v_{\text{обр}} = 0,3$;

S – кількість бригад ПТО, $S = 2$.

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО в парку «М»

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{31 \cdot 72}{1440 \cdot 2} = 0,775.$$

Середня кількість составів в очікуванні обробки в парку «М»

$$n_c^{\text{обр}} = \left(\frac{0,775^3 \cdot (0,9^2 + 0,3^2)}{1 - 0,775^2} - 0,775 \cdot (1 - 0,9^2) + 0,06 \right) + 2 \cdot 0,775 = 2,5 \text{ поїздів.}$$

Середня кількість составів в очікуванні причеплення локомотива:

$$n_{\text{оч}}^{\text{л}} = (1,16 \cdot v_{\text{гот}} + 0,81 \cdot v_{\text{л}}^2 - 0,35 + \varepsilon) + (2,58 \cdot v_{\text{гот}}^2 + 3,23 \cdot v_{\text{л}}^2 + 0,75)(\psi_{\text{л}} - 0,7) \quad (5.10)$$

де $v_{\text{гот}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між завершеннями огляду составів, що відправляються на дані ділянки, згідно [57] $v_{\text{гот}} = 0,6$;

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

$v_{\text{л}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами готовності локомотивів для подачі їх до составів поїздів, згідно з [55] $v_{\text{л}} = 0,6$.

$$n_{\text{оч}}^{\text{л}} = (1,16 \cdot 0,6 + 0,81 \cdot 0,6^2 - 0,35 + 0,06) + (2,58 \cdot 0,6^2 + 3,23 \cdot 0,6^2 + 0,75)(0,75 - 0,7) = 0,840 \text{ поїздів.}$$

Середня кількість поїздів в очікуванні відправлення розраховують так

$$n_{\text{оч}}^{\text{від}} = \frac{\psi_{\text{діл}} \cdot (1 + v_{\text{від}}^2) + (v'_{\text{гот}})^2 - 1}{2 \cdot (\psi_{\text{діл}}^{-1} - 1)} + \varepsilon, \quad (5.11)$$

де $\psi_{\text{діл}}$ – коефіцієнт завантаження лінії;

$v_{\text{від}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між відправленнями поїздів по графіку,

з [57] прийнято $v_{\text{від}} = 0,7$;

$v_{\text{гот}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами причеплення локомотивів до поїздів, які відправляються.

$$v'_{\text{гот}} = v_{\text{гот}} - 0,5 \cdot (v_{\text{гот}} - v_{\text{лок}}) \cdot \psi_{\text{лок}}^{2 \cdot v_{\text{гот}}} . \quad (5.12)$$

Отримаємо для всіх напрямків:

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

Коефіцієнт завантаження лінії визначається за формулою

$$\psi_{\text{діл}} = \frac{(N_{\text{тр}} + N_{\text{сф}} + N_{\text{пас}})}{n} , \quad (5.13)$$

де n – наявна пропускна спроможність ділянки, залежить від потрібної пропускної спроможності [60], що визначається за формулою

$$N_{\text{п}} = \alpha (N_{\text{вант}} + N_{\text{пас}} \cdot \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}} (\varepsilon_{\text{зб}} - 1)) , \quad (5.14)$$

де α – коефіцієнт резерву пропускної спроможності, згідно [55] $\alpha = 1,2$;

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

$N_{\text{пас}}$ – кількість пасажирських поїздів на даній лінії;

$N_{\text{зб}}$ – кількість збірних поїздів на даній лінії;

$\varepsilon_{\text{пас}}$ – коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими, відповідно до рекомендацій [55] $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,5$;

$\varepsilon_{\text{зб}}$ – коефіцієнт зйому вантажних поїздів збірними, згідно з рекомендаціями [55] прийнято $\varepsilon_{\text{зб}} = 2,0$.

Результати розрахунку потрібної та наявної спроможності, а також коефіцієнту завантаження ліній наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок потрібної та наявної спроможностей ліній

Показник	Напрямок			
	А	Б	В	Г
$N_{\text{вант}}$, поїздів	53	45	29	33
$N_{\text{пас}}$, поїздів	11	12	8	9
$N_{\text{зб}}$, поїздів	2	2	1	1
$N_{\text{п}}$, пар поїздів	86	78	51	57
n , пар поїздів	100	100	100	100
$N_{\text{тр}}$, поїздів	31	23	16	18
$N_{\text{сф}}$, поїздів	22	22	13	15
$\Psi_{\text{діл}}$	0,64	0,57	0,37	0,42
$n_{\text{оч}}^{\text{від}}$, составів	0,339	0,199	0,034	0,055

З урахуванням параметрів роботи ліній визначимо розрахункову кількість колій в парку «М». Результати розрахунків наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок числа колій у парку відправлення «М»

Параметри		Значення
$N_{\text{тр}}$, поїздів		—
$N_{\text{сф}}$, поїздів		72
$n_{\text{с}}^{\text{обр}}$, составів		2,5
$n_{\text{оч}}^{\text{л}}$, составів		0,840
$n_{\text{оч}}^{\text{від}}$, составів	А	0,339
	Б	0,199
	В	0,034
	Г	0,055
$Z_{\text{пв}}$, колій		9,8
Прийнята кількість колій в парку відправлення «М»		10

Розрахована кількість колій в парку відправлення «М» більша за наявну, тому потрібно збільшити кількість колій в даному парку станцій на дві колії.

5.3 Розрахунок кількості колій в транзитних парках «Н» і «С»

Транзитний парк «Н» має з п'ять колій для прийому транзитних вантажних поїздів з напрямків А і В.

В транзитний парк «С», який має 6 колій, прибувають транзитні вантажні поїзди з напрямків Б і Г.

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО для транзитних парків дорівнює:

$$\psi_{\text{бр}}^{\text{Н}} = \frac{19 \cdot 40}{1440} = 0,528,$$

$$\psi_{\text{бр}}^{\text{С}} = \frac{19 \cdot 48}{1440} = 0,633.$$

Середня кількість составів в очікуванні обробки в транзитних парках:

– для парку «Н»

$$n_{\text{с}}^{\text{обр}} = \left(\frac{0,528^3 \cdot (0,9^2 + 0,3^2)}{1 - 0,528^2} - 0,528 \cdot (1 - 0,9^2) + 0,06 \right) + 1 \cdot 0,528 = 0,671 \text{ поїздів};$$

– для парку «С»

$$n_{\text{с}}^{\text{обр}} = \left(\frac{0,633^3 \cdot (0,9^2 + 0,3^2)}{1 - 0,633^2} - 0,633 \cdot (1 - 0,9^2) + 0,06 \right) + 1 \cdot 0,633 = 0,954 \text{ поїздів}.$$

Середня кількість составів, що знаходяться в очікуванні причіпки локомотива визначається складає $n_{\text{оч}}^{\text{л}} = 0,840$ поїздів.

В таблиці 5.3 визначимо розрахункову кількість колій в парках «Н» і «С».

Таблиця 5.3 – Розрахунок числа колій у парках «Н» і «С»

Параметри		«Н»	«С»
$N_{\text{тр}}$, поїздів		40	48
$n_{\text{с}}^{\text{обр}}$, составів		0,671	0,954
$n_{\text{оч}}^{\text{л}}$, составів		0,840	0,840
$n_{\text{оч}}^{\text{від}}$, составів	А	–	0,339
	Б	0,199	–
	В	–	0,034
	Г	0,055	–
$Z_{\text{тр}}$, колій		4,9	5,8
Прийнята кількість колій		5	6

Отже, в транзитному парку «Н» потрібно мати 5 колій, а в транзитному парку «С» – 6 колій. Це відповідає наявній кількості колій в цих парках, тому існуючий колійний розвиток повністю відповідає розрахунковим обсягам роботи.

5.4 Розрахунок кількості колій в сортувальному парку «Л»

В сортувальному парку «Л» виконується накопичення вагонів за призначеннями плану формування. Даний парк містить 32 колії.

Необхідну кількість колій в сортувальному парку можна визначити за кількістю призначень ПФП та вагонопотоку кожного призначення. Результати визначення кількості сортувальних колій наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Визначення кількості колій в сортувальному парку «Л»

№	Призначення	Вагонопотік	Кількість колій
1	Наскрізні на А	381	2
2	Дільничні на А1	339	2
3	Збірні на А1	127	1
4	Дільничні на А2	296	2
5	Наскрізні на Б	395	2
6	Дільничні на Б2	351	2
7	Дільничні на Б3	289	2
8	Збірні на Б1	117	1
9	Наскрізні на В	220	2
10	Дільничні на В2	201	2
11	Дільничні на В3	177	1
12	Збірні на В1	58	1
13	Наскрізні на Г	261	2
14	Дільничні на Г2	207	2
15	Дільничні на Г3	209	2
16	Збірні на Г1	73	1
17	Для місцевих вагонів	–	1
18	Для несправних вагонів	–	1
19	Для вагонів з розрядними вантажами	–	1
Всього			30

Таким чином, розрахункова кількість колій в сортувальному парку «Л» менше наявної, тому розрахункові вагонопотоки зможуть бути оброблені належним чином.

6 РОЗРОБКА ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ ПАРКІВ СТАНЦІЇ

Результати розрахунку потрібної кількості колій в парках сортувальної станції показали деякі відмінності від наявної їх кількості; результати порівняння цих значень наведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Порівняльний аналіз необхідної та наявної кількості колій в парках сортувальної станції

Парк станції	Кількість колій		Висновок
	необхідна	наявна	
Парк прибуття «З»	7	5	колійного розвитку не достатньо, потрібно улаштування додаткових двох колій
Сортувальний парк «Л»	30	32	колійного розвитку достатньо
Відправний парк «Е»	8	10	колійного розвитку не достатньо, потрібно улаштування додаткових двох колій
Транзитний парк «Н»	5	5	колійного розвитку достатньо
Транзитний парк «С»	6	6	колійного розвитку достатньо

Таким чином, існуючого колійного розвитку сортувальної станції не достатньо для переробки розрахункового обсягу роботи. У цьому зв'язку колійний розвиток парку прибуття «З» і відправного парку «М» потребує удосконалення за рахунок улаштування додаткових колій.

6.1 Розробка та вибір раціональної конструкції колійного розвитку парку прибуття «З»

Парк прибуття «З» і транзитний парк «Н» сортувальної станції розташовані паралель відносно один одного. Їх колійний розвиток об'єднують дві горловини: непарна – з боку підходів А і В, а також парна – з боку сортувальної гірки. Разом з цим використання секціонування у вказаних горловинах дозволяє розмежувати поїзні та маневрові маршрути, що виконуються у парках «З» і «Н» у відповідності до технологічного процесу роботи станції.

Схема колійного розвитку парку прибуття «З» і транзитного парку «Н» наведена на рисунку 6.1.



Рисунок 6.1 – Схема парку прибуття «З» і транзитного парку «Н»

В умовах збільшення обсягів транзитного вагонопотоку з переробкою в парку прибуття «З» необхідно збільшити кількість колій на дві, що забезпечить безвідмовну переробку розрахункових обсягів роботи.

Для розгляду та порівняльного аналізу пропонуються два варіанта реконструкції колійного розвитку парку прибуття «З».

Перший варіант передбачає улаштування нових двох колій у верхній частині парку прибуття «З» (рисунк 6.2, *а*). При цьому колійний розвиток транзитного парку не змінюється. Недоліком такого варіанту є те, що місця для розбудови між парком прибуття «З» і головною колією № II нема. Тому для улаштування додаткових колій потрібно переносити головну колію якнайменш на 10,5 м для забезпечення нормальної міжколійної відстані між коліями № 6 і № 7. Перенесення головної колії створить додаткові перебої в роботі станції.

Корисна довжина колії № 1 парку прибуття складає 1064 м. Очевидно, що улаштування додаткових колій № 6 і № 7 під кутом стрілочного перевodu значно скоротить їх корисну довжину. Зі схеми видно (див. рис. 6.2, *а*), що для укладання додаткових стрілочних переводів для примикання нових колій місце відсутнє: з непарної сторони перехресний з'їзд 5-7 і 9-11 до тупика № 8, з парної – перехресний з'їзд 2-4 і 6-8 до колії насуву. З метою збереження корисної довжини колій № 6 і № 7 необхідно зменшити довжину колії № 1 за рахунок укладання додаткового стрілочного перевodu № 102а (див. рис. 6.2, *а*).

Колії № 6 і № 7 примикають у парній горловині стрілочним переводом № 102, у непарній – № 101а. При цьому корисна довжина колії № 7 буде меншою за потрібну, яка складає 850 м. У цьому зв'язку при такому варіанті реконструкції парку «З» необхідно розробити нову технологію його роботи, яка б передбачала прийом на колію № 7 поїздів відповідної довжини. Цей факт певним чином знижує ефективність роботи станції.

Другий варіант передбачає укладання додаткових колій у нижній частині транзитного парку (див. рис. 6.2, *б*), де між крайньою колією парку «Н» і головною колією № I є відповідне місце для будівництва.

При цьому дві існуючі колії транзитного парку відносяться до колійного розвитку парку прибуття «З». На рис. 6.2, б це колії № 6 і № 7.

Нові колії транзитного парку «Н» у непарній горловині примикають стрілочним переводом № 219, у парній горловині – стрілочним переводом № 214. Слід відмітити, що при такому примиканні (див. рис. 6.2, б) зберігається можливість одночасного приймання і відправлення транзитних прямих і кутових поїздів з підходів А і В. Крім того, корисна довжина нових колій відповідає потрібній.

Таким чином, для подальшої реконструкції колійного розвитку станції прийнятий перший варіант, як найбільш раціональний з точки зору технології роботи і реалізації.

6.2 Розробка та вибір раціональної конструкції колійного розвитку парку відправлення «М»

Існуючий колійний розвиток парку відправлення «М» налічує 8 колій. Для переробки розрахункового обсягу роботи в цьому парку потрібно улаштувати ще дві додаткові колії. Парк відправлення «М» і транзитний парк «С» розташовуються паралельно. Колії даних парків об'єднані двома горловинами: непарною, розташованою з боку сортувального парку «Л» і парною – з боку підходів Б і Г.

Колії парку відправлення після спеціалізовані наступним чином. Колії № 1, № 2, № 3, № 4 і № 5 використовуються для обслуговування поїздів парного напрямку, які відправляються у бік підходів А і В. Колії № 6, № 7 і № 8 використовуються для обслуговування поїздів непарного напрямку, які відправляються у бік підходів Б і Г. Подача поїзних локомотивів у парну горловину станції передбачається по вільній колії парку. Також для даної операції використовується локомотивний тупик № 52.

Для реконструкції парку відправлення запропоновано два варіанта улаштування додаткових колій відправлення № 9 і № 10, які представлені на рисунку 6.3.

Розроблені варіанти передбачають будівництво двох додаткових колій у нижній частині парку відправлення, для чого між парком «М» і головною колією № І є додаткове місце.

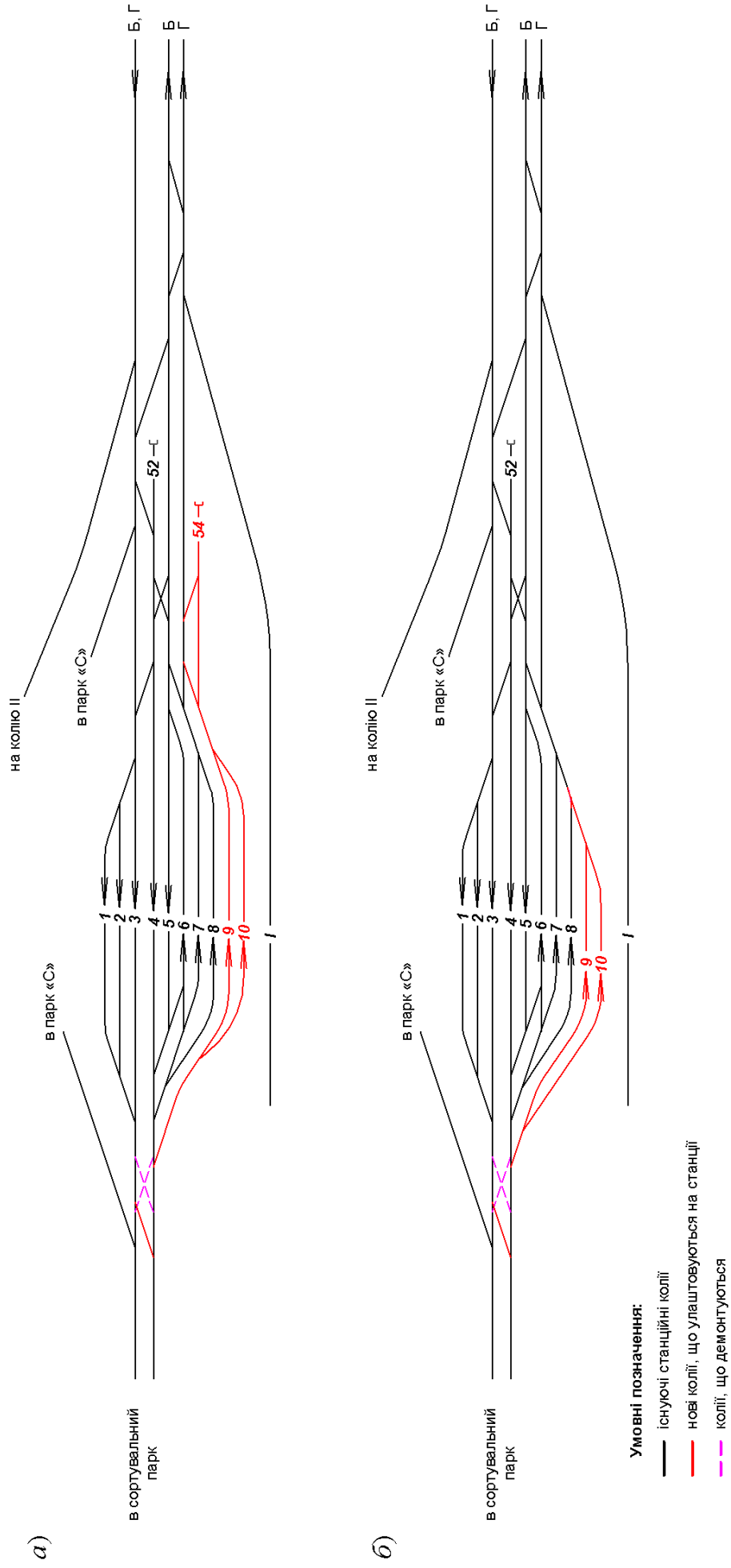


Рисунок 6.3 – Варіанти реконструкції парку відправлення «М»

Перший варіант (див. рис. 6.3, *а*) передбачає примикання колій № 9 і № 10 до парної горловини станції. При цьому маршрут для подачі поїзного локомотива до складу неможливий, оскільки відсутній прямий вихід до тупика № 52. Тому запропоновано улаштування додаткового локомотивного тупика № 54. Для подачі поїзних локомотивів у парну горловину станції через локомотивний тупик № 52 використовується будь-яка вільна колія парку відправлення, в через локомотивний тупик № 54 – лише будь-яка вільна колія з колій № 7-10. При цьому за рахунок секціонування (див. рис. 6.3, *а*) можлива паралельність маневрових маршрутів подачі локомотивів і поїзних маршрутів відправлення на напрямки Б і Г.

Другий варіант (див. рис. 6.3, *б*) передбачає примикання нових колій відправлення № 9 і № 10 безпосередньо до колії № 8, що дає змогу прямого виходу до локомотивного тупика № 52. За рахунок такої конструкції паралельність по відправленню поїздів свого формування на напрямки Б і Г та подачі поїзних локомотивів у парну горловину через тупик № 52 відсутня, що може викликати додаткові простой рухомого складу.

Вказані маршрути є нерівноправними. Їх імовірна тривалість визначається за формулою [61]

$$T = \frac{N_1 \cdot N_2 \cdot (t_1 + t_2)}{1440} \cdot \frac{t_1 + t_2}{2}, \quad (6.1)$$

де N_1, N_2 – відповідна кількість маршрутів, що перетинаються.

t_1, t_2 – час заняття маршрутами перетинання, *хв*.

З колій № 6-8 на Б відправляється $N_1 = 22$ поїзда (див. табл. 3.6). З колій № 6-10 на Г – $N_2 = 15$ поїздів, які потребують подачі поїзного локомотива через тупик № 52. Час відправлення $t_1 = 3$ *хв* і час подачі локомотива $t_2 = 4$ *хв* (див. п. 4.4). Маємо $T = \frac{22 \cdot 15 \cdot (3 + 4)}{1440} \cdot \frac{3 + 4}{2} = 5,6$ *хв* на добу.

Таким чином, для подальшої реалізації прийнятий другий варіант, як найбільш економічний.

7 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

Розформування составів вантажних поїздів виконується на сортувальній гірці великої потужності (ГВП). Також на даній гірці виконується закінчення формування збірних поїздів.

Колійний розвиток сортувального парку «Л» складається з 32 колій, які згруповано у 4 пучки по 8 колій в кожному. Висота існуючої гірки складає 3,60 м. Гіркова горловина має 3 колії насуву і обладнана симетричними стрілочними переводами марки 1/6, що відповідає вимогам [59]. Міжколійні відстані між сортувальними коліями складають 5,30 м, а між пучками – 6,50 м.

7.1 Розрахунок висоти сортувальної гірки

Розрахунок висоти гірки здійснюється для розрахункової «важкої» колії № 11. на даній колії від умовної вершини гірки (УВГ) до розрахункової точки (РТ) розташовано 7 стрілочних переводів (СП), а також сума кутів повороту всіх кривих є найбільшою. При цьому суміжною колією є колія №12.

Для розрахунку втрат енергетичних висот розрахункового бігуна побудований розгорнутий план колії № 11.

При розрахунку висоти гірки маршрут скочування відчепу з гірки розбивається на чотири розрахункових ділянки, кожна з яких характеризується розрахунковою швидкістю скочування, яка визначена згідно [59].

Таблиця 7.1 – Середня швидкість скочування відчепів на ділянках

Розрахункова ділянка	Межа ділянки	V_i , м/с
1	УВГ – початок ГП1	4,2
2	початок ГП1 – початок ТП2	5,5
3	початок ГП2 – початок ПГП	5,0
4	початок ПГП – РТ	2,0

Параметри розрахункової ділянки приведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Параметри розрахункових ділянок

Розрахункова ділянка	Довжина L , м	Число стрілочних переводів n , шт	Сума кутів повороту α , град.
1	82,41	2	11,94
2	86,61	1	15,98
3	209,03	4	52,57
4	66,10	0	0,00

Висота сортувальної гірки з [59] визначається за формулою

$$H_p = k_p (h_{\text{осн}} + h_{\text{ск}} + h_{\text{св}}) + h_{\text{сн}} - h_0, \quad (7.1)$$

де k_p – міра відхилення розрахункового значення h_w від середнього, $k_p = 1,75$;

$h_{\text{осн}}$ – питома робота основних сил опору руху, *м.е.в.*;

$h_{\text{ск}}$ – питома робота сил опору руху від стрілок і кривих, *м.е.в.*;

$h_{\text{св}}$ – питома робота сил опору руху від середовища і вітру, *м.е.в.*;

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

h_0 – енергетична висота, яка відповідає початковій швидкості розпуску, *м.е.в.*

Метеорологічні умови прийняті згідно додатку А і наведені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Метеорологічні умови проектування

Параметри	Позначення	Значення
Середня швидкість вітру, м/с	V_B	2,8
Розрахункова температура повітря, °С.	t	–15

Питома робота основних сил опору руху з [59] визначається за формулою

$$h_{\text{осн}} = w_0 \cdot L_p \cdot 10^{-3}, \quad (7.2)$$

де w_0 – основний питомий опір руху відчепу, *Н/кН*;

L_p – розрахункова довжина маршруту від УВГ до РТ.

Питома робота сил опору руху від стрілок і кривих з [59] визначається за формулою

$$h_{\text{ск}} = (0,56n + 0,23\sum\varphi) \cdot \bar{V}^2 \cdot 10^{-3}, \quad (7.3)$$

де n – число стрілочних переводів на маршруті скочування;

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

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

Питома робота сил опору руху від середовища і вітру на маршруті скочування з [59] визначається за формулою

$$h_{\text{св}} = \sum_{i=1}^k w_{\text{св}_i} \cdot L_i \cdot 10^{-3}, \quad (7.4)$$

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

L_i – розрахункова довжина i -ої ділянки, m .

$$w_{\text{св}} = K_{\text{вс}} \cdot C_x \cdot V_p^2, \quad (7.5)$$

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

C_x – коефіцієнт повітряного опору вагона; прийнято $C_x = 1,12$;

V_p – відносна швидкість вагона і вітру, m/c , тобто $V_p = V + V_v$.

$$K_{\text{вс}} = \frac{17,8 \cdot S}{(273 + t^\circ) \cdot Q}, \quad (7.6)$$

де S – площа поперечного перерізу вагона, з [59] прийнято $S = 9,7 \text{ м}^2$;

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

Q – вага розрахункового відчепу, $тс$.

$$h_{\text{осн}} = 1,75 \cdot 444,15 \cdot 10^{-3} = 0,777 \text{ м.е.в.};$$

$$K_{\text{вс}} = \frac{17,8 \cdot 9,7}{(273 + (-15)) \cdot 25} = 0,0268.$$

Результати розрахунку питомих робіт сил опору руху від стрілок і кривих та від середовища і вітру наведені в таблицях 7.4 і 7.5 відповідно.

Таблиця 7.4 – Результати розрахунку опору від стрілок і кривих

Ділянки	L, m	$\Sigma\phi, \text{град}$		$n, \text{шт}$	$V_i, m/c$	$h_{\text{ск}}, \text{м.е.в.}$	
		№11	№12			№11	№12
1	82,41	11,94		2	4,2	0,068	
2	86,61	15,98		1	5,5	0,128	
3	209,03	52,57	43,11	4	5,0	0,358	0,304
4	66,10	0,00		0	2,0	0,000	0,000
Всього	444,15					0,554	0,500

Таблиця 7.5 – Результати розрахунку опору від середовища і вітру

Ділянки	$L, м$	$V, м/с$	$V_p, м/с$	$w_{св}, Н/кН$	$h_{св}, м.е.в.$
1	82,41	4,2	7,00	1,47	0,121
2	86,61	5,5	8,30	2,07	0,179
3	209,03	5,0	7,80	1,83	0,383
4	66,10	2,0	4,80	0,69	0,046
Всього	444,15				0,729

Питома робота сил опору руху від снігу та інію визначається за формулою

$$h_{сн} = w_{сн} \cdot L_{сн} \cdot 10^{-3}, \quad (7.7)$$

де $w_{сн}$ – питомий опір від снігу й інію на i -й ділянці, $Н/кН$;

$L_{сн}$ – довжина ділянки колії, на якій розглядається дія сил опору снігу та інію, $м$.

Значення $w_{сн}$ залежить від температури навколишнього повітря, яке складає $t^{\circ} = -15^{\circ}C$ (див. додаток А) і згідно [59] $w_{сн} = 0,25 Н/кН$. Опір від снігу й інію розраховується для зимових умов у межах стрілочної зони і на сортувальних коліях, тобто на ділянці від кінця ГП2 до РТ.

Таким чином

$$L_{сн} = 209,03 + 66,10 - 25,95 = 249,18 м.$$

Отже

$$h_{сн} = 0,25 \cdot 249,18 \cdot 10^{-3} = 0,062 м.е.в.$$

Енергетична висота, що відповідає початковій швидкості розпуску розраховується з [59] за формулою

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2 \cdot g'}, \quad (7.8)$$

де V_0 – початкова швидкість розпуску, з [59] для ГВП взято $V_0 = 1,70 м/с$;

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

$$g' = \frac{g}{1 + \frac{0,42 \cdot n_{\text{oc}}}{Q}}, \quad (7.9)$$

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

n_{oc} – кількість колісних пар вагона (відчепу).

Отже, матимемо

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

$$h_0 = \frac{1,7^2}{2 \cdot 9,19} = 0,157 \text{ м.е.в.}$$

За формулою (7.1) визначимо розрахункову профільну висоту гірки:

$$H_r = 1,75 \cdot (0,777 + 0,554 + 0,729) + 0,062 - 0,157 = 3,510 \text{ м.е.в.}$$

Оскільки потрібна висота гірки менша за існуючу, то сортувальна гірка забезпечує докочування розрахункового бігуна до розрахункової точки (РТ).

Поздовжній профіль існуючої сортувальної гірки задано у додатку А (таблиця А.6) та наведено у таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Поздовжній профіль сортувальної гірки

Назва елемента профілю	Довжина елемента L , м	Ухил i , ‰
СК	48,00	0,6
ППП	20,10	1,5
СЗ	165,32	2,5
ГП2	45,71	7,0
ПР	52,66	7,0
ГП1	40,45	12,0
ШВ1	41,91	16,7
ШВ2	30,00	41,7

Профільна висота головної ділянки розраховується за формулою

$$h_{\text{max}} = \frac{(V_{\text{max}})^2 - (V_0^{\text{max}})^2}{2 \cdot g'} + h_{\text{очн}} + h_{\text{ск}}, \quad (7.10)$$

де V_{\max} – максимальна швидкість входу бігуна на ГП1, м/с ;

V_0^{\max} – максимальна початкова швидкість розпуску, м/с .

Згідно [59] для уповільнювачів типу КНП-5 $V_{\max} = 7 \text{ м/с}$, а $V_0^{\max} = 2,5 \text{ м/с}$.

Значення $h_{\text{осн}}$ та $h_{\text{ск}}$ розраховуються тільки на головній ділянці для відстані між ВГ та початком ГП1; дана відстань складає 50,0 м.

Середню питому роботу основних сил опору можна розрахувати за формулою (7.2), де значення w_0 для дуже хорошого бігуна складає 0,5 Н/кН :

$$h_{\text{осн}} = 0,5 \cdot 82,4 \cdot 10^{-3} = 0,041 \text{ м.е.в.}$$

Середню питому роботу сил опору від стрілок та кривих можна розрахувати за формулою (7.3):

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

$$h_{\text{ск}} = (0,56 \cdot 0 + 0,23 \cdot 11,9) \cdot 4,75^2 \cdot 10^{-3} = 0,087 \text{ м.е.в.}$$

Значення g' для дуже хорошого бігуна складає 9,62 м/с^2 . Отже маємо:

$$h_{\max} = \frac{7,0^2 - 2,5^2}{2 \cdot 9,62} + 0,041 + 0,087 = 2,350 \text{ м.е.в.}$$

Профільна висота головної ділянки визначається за формулою

$$h_{\text{гол}} = (i_{\text{шв2}} \cdot l_{\text{шв2}} + i_{\text{шв1}} \cdot l_{\text{шв1}} + i_{\text{гп1}} \cdot l') \cdot 10^{-3}, \quad (7.11)$$

де $i_{\text{шв2}}, i_{\text{шв1}}, i_{\text{гп1}}$ – ухили ділянок ШВ1, ШВ2 та ГП1, %;

$l_{\text{шв2}}, l_{\text{шв1}}$ – довжини ділянок ШВ1, ШВ2, м;

l' – відстань від кінця елементу ШВ2 до початку ГП1, м.

Тоді отримаємо:

$$h_{\text{гол}} = (41,7 \cdot 30,0 + 16,7 \cdot 41,49 + 12,0 \cdot 10,5) \cdot 10^{-3} = 2,077 \text{ м.е.в.}$$

Розраховані значення профільної висоти головної ділянки повинні бути меншими за максимальну її величину.

Порівнюючи розраховані значення, приходимо до висновку, що профільна висота головної ділянки не перевищує нормативних значень та поздовжній профіль сортувальної гірки станції К відповідає усім існуючим нормативам проектування сортувальних пристроїв.

7.2 Розрахунок втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів

План і профіль гірки повинні забезпечувати розподіл даної групи відчепів на стрілочних переводах (СП), уповільнювачах і граничному стовпчику (ГС).

Характеристика розрахункових бігунів згідно [59] приведена в таблиці 7.7.

Таблиця 7.7. – Характеристика розрахункових бігунів

Тип	Род	Число осей n_{oc}	Вага Q , $тс$	w_0 , $H/κH$	Довжина вагона l_b , $м$	База вагона b , $м$	S , $м^2$	g' , $м/с^2$	K_{bc}
ДП	пв	4	22	4,5	13,92	10,5	8,5	9,11	0,0267
ДХ	пв	4	85	0,5	13,92	10,5	8,5	9,62	0,0069

Результати розрахунку втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів ДП і ДХ зведені в таблицях 7.8 и 7.9 відповідно.

Таблиця 7.8 – Розрахунок кривої втрати енергетичної висоти бігуна ДП

Ділянка	Параметри		Параметри розрахункового бігуна ДП								
			$K_{bc} = 0,0274 \quad C_x = 1,755$								
	L , $м$	V , $м/с$	V_b , $м/с$	w_0 , $H/κH$	V_p , $м/с$	w_{cb} , $H/κH$	Втрати енергетичної висоти, $м.е.в.$				
							$h_{оч}$	$h_{ск}$	h_{cb}	h_w	H_w
1	82,41	4,2	2,80	4,5	7,00	2,30	0,371	0,068	0,190	0,629	0,629
2	86,61	5,5	2,80	4,5	8,30	3,23	0,390	0,128	0,280	0,798	1,427
3	209,03	5,0	2,80	4,5	7,80	2,85	0,941	0,358	0,596	1,895	3,322
4	66,10	2,0	2,80	4,5	4,80	1,08	0,297	0,000	0,071	0,368	3,690

Таблиця 7.9 – Розрахунок кривої втрати енергетичної висоти бігуна ДХ

Ділянка	Параметри		Параметри розрахункового бігуна ДХ								
			$K_{bc} = 0,0086 \quad C_x = 1,755$								
	L , $м$	V , $м/с$	V_b , $м/с$	w_0 , $H/κH$	V_p , $м/с$	w_{cb} , $H/κH$	Втрати енергетичної висоти, $м.е.в.$				
							$h_{оч}$	$h_{ск}$	h_{cb}	h_w	H_w
1	82,41	4,2	2,80	0,5	7,00	0,59	0,041	0,068	0,049	0,158	0,158
2	86,61	5,5	2,80	0,5	8,30	0,83	0,043	0,128	0,072	0,243	0,401
3	209,03	5,0	2,80	0,5	7,80	0,74	0,105	0,304	0,155	0,564	0,965
4	66,10	2,0	2,80	0,5	4,80	0,28	0,033	0,000	0,019	0,052	1,017

7.3 Розрахунок швидкості і часу скочування розрахункових бігунів

Визначити швидкість відчепу в будь-якій точці маршруту скочування за [59] можна за формулою

$$V_i = \sqrt{2 \cdot g' \cdot h_i}, \quad (7.12)$$

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

У будь-якій точці гірки величина h_i визначається як різниця між втратами енергетичних висот і профільною висотою спускної частини гірки. Результати розрахунку швидкості відчепів в кожній розрахунковій точці подані в таблиці 7.10.

З урахуванням швидкості відчепу в кожній точці (V_i і V_{i+1}), а також відстані між цими точками (ΔS), визначається час ходу відчепу між i -ю і $(i+1)$ -ою точкою

$$t_{i,i+1} = \frac{2 \cdot \Delta S_{i,i+1}}{V_i + V_{i,i+1}}. \quad (7.13)$$

Визначивши $t_{i,i+1}$ на всіх ділянках ΔS можна визначити загальний час ходу відчепу від УВГ до j -ї точки

$$T_j = \sum_{i=1}^j t_i. \quad (7.14)$$

Виконаємо розрахунок значень V_i і $t_{i,i+1}$ для бігуна ДП у точках 1 і 2.

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot 9,11 \cdot 0,159} = 1,70 \text{ м/с}, \quad V_2 = \sqrt{2 \cdot 9,11 \cdot 0,497} = 3,01 \text{ м/с}.$$

$$\Delta S_{1,2} = 10 - 0 = 10 \text{ м}, \quad t_{1,2} = \frac{2 \cdot 10}{1,70 + 3,01} = 4,24 \text{ с}.$$

$$T_1 = 0 \text{ с}, \quad T_2 = T_1 + t_{1,2} = 0 + 4,24 = 4,24 \text{ с}.$$

Аналогічним чином визначаються значення V_i , $t_{i,i+1}$ і T_i для розрахункових бігунів у інших точках. Результати розрахунку наведені в таблиці. 7.10.

Інтервал між відчепами на вершині гірки визначається за формулою

$$I_0 = \frac{l_{\text{ваг}}^1 + l_{\text{ваг}}^2}{V_0} = I_0 = \frac{13,92 + 13,92}{1,70} = 8,19 \text{ с}. \quad (7.15)$$

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

Таблиця 7.10 – Розрахунок швидкості і часу скочування відчепів

№ точки	Название	S, м	$\Delta S, м$	$Y_h, мм$		$h, м.е.в.$		$V, м/с$		$t_x, с$		$T_x, с$		$\Delta t, с$
				ДП	ДХ	ДП	ДХ	ДП	ДХ	ДП	ДХ	ДП	ДХ	
1	УВГ	0,00		8,0	7,5	0,159	0,150	1,70	1,70			0,00	0,00	0,00
2	проміжна	10,00	10,00	24,9	27,3	0,497	0,546	3,01	3,24	4,24	4,05	4,24	4,05	0,20
3	проміжна	20,00	10,00	41,8	47,1	0,836	0,943	3,90	4,26	2,89	2,67	7,14	6,71	0,42
4	Вх. СП 501	27,75	7,75	54,9	62,5	1,098	1,250	4,47	4,90	1,85	1,69	8,99	8,41	0,58
5	Вих. СП 501	49,63	21,88	67,4	81,3	1,348	1,626	4,96	5,59	4,64	4,17	13,63	12,58	1,05
6	Вх. УПОВ 1	76,66	27,03	78,2	100,0	1,564	1,999	5,34	6,20	5,25	4,58	18,88	17,16	1,72
7	Вх. ГП 1	77,16	0,50	78,3	100,2	1,566	2,004	5,34	6,21	0,09	0,08	18,97	17,24	1,74
8	Вих. УПОВ 1	100,61	23,45	81,7	77,6	1,634	1,552	5,46	5,46	4,34	4,02	23,32	21,26	2,06
9	Вих. ГП 1	113,61	13,00	83,0	64,8	1,661	1,295	5,50	4,99	2,37	2,49	25,69	23,74	1,95
10	Вх. СП 505	129,02	15,41	81,1	68,0	1,623	1,360	5,44	5,12	2,82	3,05	28,51	26,79	1,72
11	Вих. СП 505	150,90	21,88	78,4	72,6	1,569	1,452	5,35	5,29	4,06	4,21	32,57	31,00	1,57
12	Вх. УПОВ 2	163,27	12,37	76,9	75,2	1,538	1,504	5,29	5,38	2,33	2,32	34,89	33,32	1,57
13	Вх. ГП 2	163,77	0,50	76,8	75,3	1,537	1,506	5,29	5,38	0,09	0,09	34,99	33,41	1,57
14	Вих. УПОВ 2	187,22	23,45	74,1	54,6	1,482	1,091	5,20	4,58	4,47	4,71	39,46	38,12	1,34
15	Вх. СП 507	190,22	3,00	73,7	51,9	1,475	1,038	5,18	4,47	0,58	0,66	40,04	38,78	1,25
16	Вих. ГП 2	200,22	10,00	72,6	43,1	1,451	0,861	5,14	4,07	1,94	2,34	41,97	41,12	0,85
17	Вих. СП 507	212,10	11,88	70,9	45,3	1,418	0,907	5,08	4,18	2,32	2,88	44,30	44,00	0,29
18	Вх. СП 5011	238,47	26,37	61,9	45,1	1,238	0,902	4,75	4,17	5,36	6,32	49,66	50,33	-0,66
19	Вих. СП 511	260,35	21,88	54,4	44,9	1,088	0,899	4,45	4,16	4,76	5,26	54,42	55,58	-1,17
20	Вх. СП 513	262,44	2,09	53,7	44,9	1,074	0,898	4,42	4,16	0,47	0,50	54,89	56,09	-1,20
21	Вих. СП 513	284,32	21,88	46,2	44,7	0,925	0,895	4,10	4,15	5,13	5,27	60,02	61,35	-1,33
22	Вх. ГС	318,24	33,92	34,7	44,5	0,693	0,889	3,55	4,14	8,86	8,19	68,88	69,54	-0,67
23	Вих. ГС	332,16	13,92	29,9	44,3	0,598	0,887	3,30	4,13	4,06	3,37	72,94	72,91	0,03
24	Вх. ПГП	372,80	40,64	16,1	44,0	0,321	0,880	2,42	4,11	14,21	9,86	87,15	82,77	4,38
25	Вих. ПГП	399,40	26,60	9,5	5,0	0,189	0,100	1,86	1,39	12,44	9,67	99,59	92,44	7,15
26	проміжна	415,00	15,60	5,4	5,0	0,109	0,100	1,41	1,39	9,56	11,25	109,15	103,68	5,47
27	проміжна	430,00	15,00	1,6	5,0	0,031	0,100	0,75	1,39	13,88	10,81	123,04	114,50	8,54
28	РТ	444,15	14,15	0,0	5,0	0,000	0,100	0,00	1,39	37,53	10,20	160,57	124,70	35,87

7.4 Розрахунок інтервалів між відчепами на розділових елементах

Однією з умов якості запроектованої гірки є розподіл відчепів на розділових елементах, для чого вони повинні витримувати деяку відстань (рисунк 7.1).

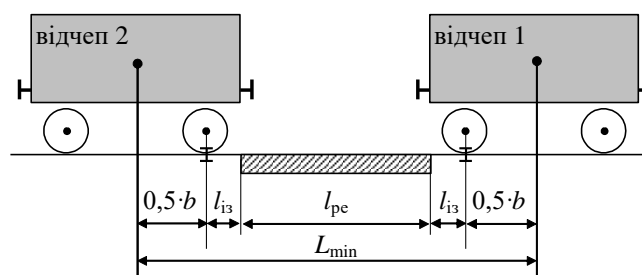


Рисунок 7.1 – Відстань між відчепами на розділовому елементі

Мінімальна відстань L_{\min} між суміжними відчепами визначається як

$$L_{\min} = b + 2 \cdot l_{\text{із}} + l_{\text{ре}}, \quad (7.16)$$

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

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

b – база вагона, м.

Для розділового елементу ГС відстань між суміжними відчепами буде

$$L_{\min} = 0,5 \cdot l_{\text{ваг}}^1 + 0,5 \cdot l_{\text{ваг}}^2. \quad (7.17)$$

Відстані між суміжними відчепами на розділовому елементі відповідає інтервал часу δt , який визначається за формулою

$$\delta t = I_0 + T_{\text{вх2}} - T_{\text{вих1}}, \quad (7.18)$$

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

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

Значення δt_{\min} для різних розділювальних елементів вказані в таблиці 7.11.

Таблиця 7.11 – Значення інтервалів δt_{\min}

Розділювальний елемент	$\delta t_{\min}, \text{с}$	
	ДП ₁ -ДХ ₂	ДХ ₁ -ДП ₂
КНП-5	0,8	1,2
РНЗ-2	0,7	0,6
Стрілочний перевід	1,0	1,0
Граничний стовпчик	0,0	0,0

Результати розрахунку інтервалів приведені в таблиці 7.12.

Як видно з результатів розрахунків, розподіл відчепів виконується для всіх розділових елементів від ВГ до ГС включно, що дає змогу говорити про те, що дана гірка має поздовжній профіль з параметрами, які забезпечують експлуатаційні показники належної якості.

Таблиця 7.12 – Розрахунок інтервалів на розділювальних елементах

№	Розділювальний елемент	Бігун ДП		Бігун ДХ		$\delta t, c$	
		$T_{вх}$	$T_{вих}$	$T_{вх}$	$T_{вих}$	ДП-ДХ	ДХ-ДП
1	ІД СП 501	8,99	13,63	8,41	12,58	2,97	4,60
2	ІД УПОВ 1	18,88	23,32	17,16	21,26	2,03	5,81
3	ІД СП 505	28,51	32,57	26,79	31,00	2,42	5,70
4	ІД УПОВ 2	34,89	39,46	33,32	38,12	2,05	4,96
5	ІД СП 507	40,04	44,30	38,78	44,00	2,67	4,22
6	ІД СП 511	49,66	54,42	50,33	55,58	4,10	2,27
7	ІД СП 513	54,89	60,02	56,09	61,35	4,26	1,72
8	ГС	68,88	72,94	69,54	72,91	4,80	4,16
9	ПГП	87,15	99,59	82,77	92,44	-8,63	2,90

7.5 Визначення переробної спроможності гірки

Потенційна переробна спроможність гірки визначається за формулою

$$N_{\pi} = \frac{\alpha_{вр} \cdot (1440 - T_{пост})}{t_r} \cdot m_c, \quad (7.19)$$

де $\alpha_{вр}$ – коефіцієнт, що враховує перерви в роботі гірки через наявність ворожих пересувань, $\alpha_{вр} = 0,97$;

$T_{пост}$ – час заняття гірки протягом доби постійними технологічними перервами для технічного обслуговування і ремонту гірочних пристроїв, зміни локомотивних бригад і ін., $T_{пост} = 120$ хв;

t_r – гірочний технологічний інтервал, $t_r = 13,0$ хв. (див. п. 4.2);

m_c – кількість вагонів у складі поїзду, $m_c = 53$ ваг (див. п. 3.3).

$$N_{\pi} = \frac{0,97 \cdot (1440 - 120)}{13,0} \cdot 53 = 5220,09 \text{ ваг.} \quad \text{Прийнято } N_{\pi} = 5220 \text{ ваг.}$$

Порівнюючи реальний обсяг роботи з потенційною переробною спроможністю, можна стверджувати, що гірка справляється з заданим обсягом роботи.

Визначимо переробну спроможність сортувальної гірки без механізації паркової гальмівної позиції. За формулою (4.8.) визначимо тривалість розформування

$$t_p = \frac{15 \cdot 53}{1,2 \cdot 60} = 11,04 \text{ хв.}$$

При цьому час гіркового інтервалу складе $t_r = 15,24$ хв.

$$N_{\Pi} = \frac{0,97 \cdot (1440 - 120)}{15,24} \cdot 53 = 4452,8, \quad \text{прийнято } N_{\Pi} = 4452 \text{ ваг.}$$

Таким чином, механізація паркової гальмівної позиції сортувальної гірки станції К дала можливість підвищити переробну спроможність гірки на $\Delta N_{\Pi} = 5220 - 4452 = 768$ вагонів.

8 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

8.1 Технологія роботи з поїздами, що прибувають в розформування

Вантажні поїзди, які надходять на станцію «К» в переробку, приймаються в парк прийому «З» на приймальні колії №№ 1–8.

Після відправленню поїзда із сусідньої станції, черговий по станції (ДСП), парку «З» повідомляє усіх причетних до огляду составу поїзда працівників про номер та індекс поїзда, колію та часу його прибуття для підготовки до зустрічі поїзда. Вказані працівники завчасно виходять до колії прибуття, щоб зробити огляд і знайти несправності, які можна виявити лише в процесі руху.

Списування ІНВ виконується працівниками пункту списування на ходу у вхідній горловині парку прибуття. Дані про інвентарні номери вагонів передаються у технічну контору по телетайпному зв'язку.

Обробка поїздів, що прибувають у розформування складається з технічного обслуговування поїзда і підготовки його до розформування, контрольної перевірки поїзда і наявності документів, комерційного огляду.

Состави вантажних, поїздів, які прибувають у парк «З», сигналісти закріплюють гальмівними башмаками для запобігання їхнього самовільного руху з колій даного парку. По закінченні даної операції сигналіст повідомляє ДСП парку «З», який, в свою чергу, дає дозвіл локомотивній бригаді, зробити відчеплення локомотива від составу і, після відчеплення, виконується огороження составу.

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

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

Процес розформування і формування составів через сортувальну гірку складається з заїзду гіркового локомотива до составу, його насуву на гірку і розпуску та осаджування вагонів на коліях сортувального парку для усунення простору між вагонами, а також з закінчення формування составів на коліях парку.

Маневровою роботою по розформуванню і формуванню поїздів у сортувальному парку керує ДСЦ, якому підлеглі черговий по гірці (ДСПГ), оператори паркової гальмівної позиції, складачі гірки, складачі маневрового району хвостової горловини сортувального парку.

Під час розпуску составу ДСЦ, ДСПГ, оператори паркових гальмівних позицій та бригада складачів гірки користуються сортувальним листком. Розчеплення вагонів на горбу гірці виконує складальна бригада. ДСЦ у процесі розпуску повинний контролювати ступінь заповнення колій сортувального парку, колії проходження відчепів. Також він повинний контролювати правильність відчеплення вагонів на горбі гірки по номерах вагонів, зазначених у сортувальному листку.

Графік обробки поїзда у розформування подано на рисунку 8.1.








операція	до при- буття	час, хв.			виконавець
		10	20	30	
отримання від поїзного диспетчера повідомлення про номер і час прибуття поїзда					черговий по станції
повідомлення відповідних робітників про номер поїзда і номер колії прийому					черговий по станції
прийом поїзда на відповідну колію					поїзний локомотив
закріплення состава	3				сигналіст
відпуск автогальм і відчепка поїзного локомотива	2				локомотивна бригада
технічний огляд состава	32				бригада ПТО
комерційний огляд состава	32				бригада ПКО

Рисунок 8.1 – Графік обробки поїзда у розформування

8.2 Технологія роботи з поїздами свого формування

По закінченні процесу накопичення вагонів на сортувальній колії, з накопченим составом виконується операція закінчення формування. Ця операція може виконуватися у горловині формування сортувального парку «Л» на витяжних коліях або на сортувальній гірці. Зазвичай одnogрупні або двогрупні поїзди формуються на витяжних коліях, а збірні – на сортувальній гірці. Після закінчення формування состав переставляється маневровим локомотивом у відправний парк «М» на колії №№ 1–10. Під час перестановки составу з сортувального парку «Л» у відправний парк «М» виконується списування ІНВ.

З поїздами свого формування виконуються різноманітні операції, зокрема такі: технічне обслуговування та поточний безвідчіпний ремонт вагонів, комерційний огляд вагонів та усунення несправностей, видача локомотивній бригаді документів на поїзд і бланка діючих попереджень по колії прямування поїзда, причеплення поїзного локомотива та випробування автогальм, установлення хвостових сигналів.

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

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

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

Одночасно з оглядом составу на колії здійснюється обробка поїзда в документальному відношенні в технічній конторі. ДСП може відправити поїзд лише після одержання сигналу про готовність составу у всіх відношеннях та при наявності документів на поїзд у локомотивної бригади, а також наявності хвостових сигналів. Можливість відправлення поїзда ДСП повинен узгодити з поїзним диспетчером.

Графік обробки поїзда свого формування наведений на рисунку 8.2.

операція	тривалість, хв.	час, хв.					виконавець
		10	20	30	40	50	
перестановка состава в приймально-відправний парк	■						маневровий локомотив
закріплення состава	3	■					сигналіст
відчеплення маневрового локомотиву	2	■					локомотивна бригада
технічний огляд	31	■■■■■					бригада ПТО
комерційний огляд	31	■■■■■					бригада ПКО
причеплення поїзного локомотиву	2				■		локомотивна бригада
зняття закріплення	2				■		сигналіст
проба автогальм	11				■■■		бригада автоматників
відправлення поїзду	3					■	поїзний локомотив

Рисунок 8.2 – Графік обробки поїзда свого формування

8.3 Технологія обробки документів у технічній конторі

Технічна контора забезпечує всі станційні процеси інформацією про поїзди, вагони і вантажі, основою для якої служить натурний лист поїзда. У технічній конторі виконуються різні операції, послідовність яких визначається технологією роботи станції К.

При прибутті поїзда на станцію в ЕОМ вводиться повідомлення 201 про це, а також листок списування – повідомлення 05. Після цього працівники технічної контори отримують розмічену ТГНЛ. Документи доставляються з прийомного бункера в технічну контору визначеним порядком.

Після прибуття виконується перевірка розміченої ТГНЛ з перевізними документами та повідомленням 05. Усі невідповідності, які були виявлені при перевірці, видаються у виді заготовки повідомлення 09. Після обробки цього повідомлення і введення коректувального повідомлення 09 виконується розрахунок сортувального листка та видача його на телетайп усіх причетних працівників. У випадку виявлення вагонів, які вимагають відчіпного ремонту, після внесення необхідних коректив оновлений сортувальний листок видається повторно.

Після розпуску поїзда ДСЦ вводить повідомлення 203 про фактичне закінчення розпуску поїзда, після чого ЕОМ видає накопичувальну відомість. Дані накопичувальної відомості прикріплюють до аркушів накопичення на відповідні сортувальні колії.

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

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

8.4 Технологія роботи з транзитними поїздами

До транзитних поїздів відносяться поїзди, що проходять станцію без переробки. Транзитні поїзди, які прибувають з напрямку Б і Г приймаються в транзитний парк «С» на колії №№ 1–6, а транзитні поїзди з напрямків А і В – в парк «Н» на колії №№ 1–5.

До прибуття транзитного поїзда ДСП отримує від поїзного диспетчера усю необхідну інформацію. ДСП сповіщає чергового по локомотивному депо, працівників технічної контори, ПТО і ПКО про прибуття поїзда з указівкою часу і колії прибуття.

До прибуття транзитного поїзда на станцію К надходить повідомлення 02 про состав поїзда. Після прибуття поїзда на станцію оператор технічної контори вводить повідомлення 201 про фактичне прибуття поїзда. Порядок огородження і закріплення поїзда аналогічний огородженню і закріпленню поїздів прибулих у розформування.

Обробка транзитного поїзда складається з ряду операцій, аналогічних операціям з поїздом у розформування.

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

Після відправлення транзитного поїзда зі станції К підготовлюється та вводиться в ЕОМ повідомлення 200 про цей факт.

Зміна поїзних локомотивів виконується перед технічним обслуговуванням за погодженням зі старшим зміни оглядачів вагонів та попередженням машиніста локомотива про те, що поїзд обробляється.

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

Графік обробки транзитного поїзда наведений на рисунку 8.3.

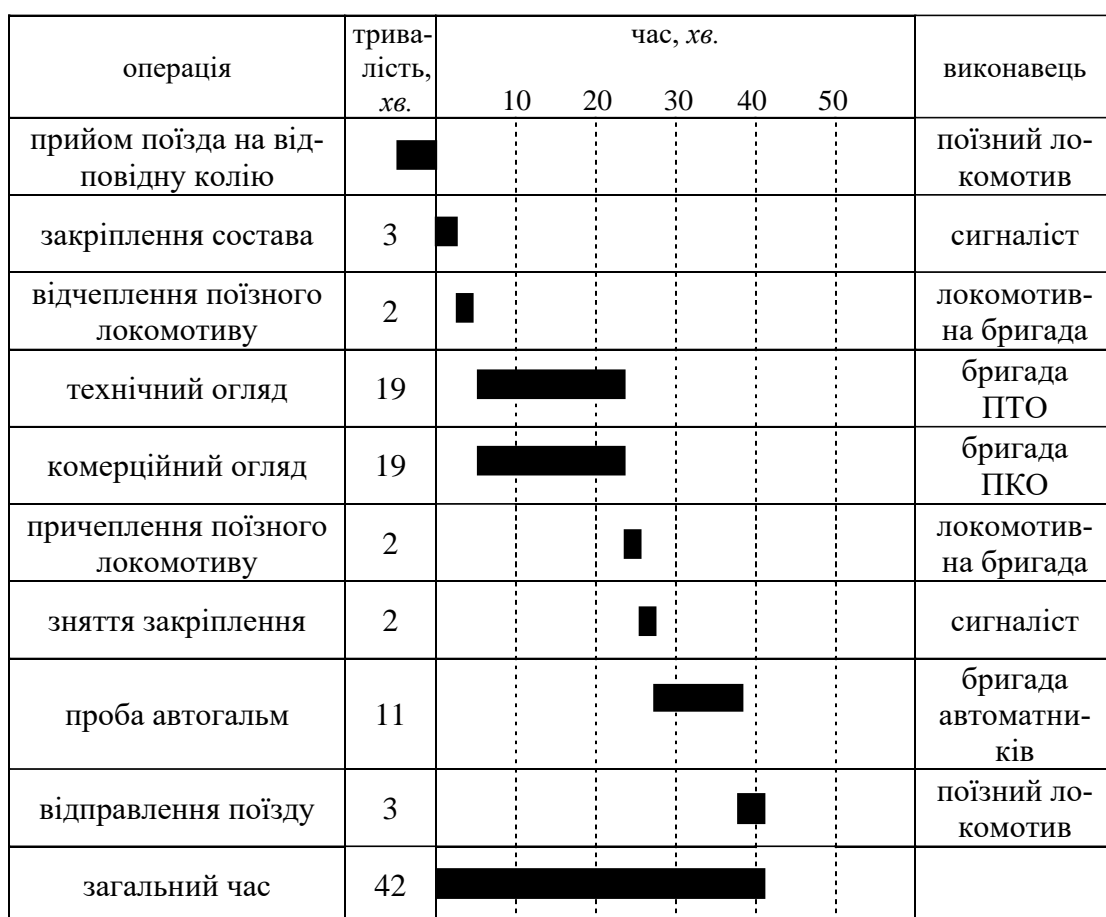


Рисунок 8.3 – Графік обробки транзитного поїзда

9 ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОЇЗДІВ У РОЗФОРМУВАННЯ НА ТРИВАЛІСТЬ ЗНАХОДЖЕННЯ ВАГОНІВ В ПАРКУ ПРИБУТТЯ

9.1 Мета дослідження

Для приймання поїздів у розформування на сортувальній станції К є парк прибуття «З», від якості роботи якого в значній мірі залежать показники роботи усієї сортувальної станції.

Серед операцій, які виконують з поїздами у розформування, найбільш тривалими є технічний огляд поїздів бригадами ПТО та процес розформування гірковими локомотивами [63].

Кількість бригад ПТО і груп оглядачів у кожній бригаді можуть впливати на показники простою поїздів, а також на простій поїздів на сусідніх станціях (у випадках неприйому внаслідок обмеженої кількості колій в даному парку). У зв'язку з цим була поставлена задача дослідження показників роботи парку прибуття станції К при різному технічному оснащенні та технології обслуговування.

Схема парку прийому станції К наведена на рисунку 9.1.

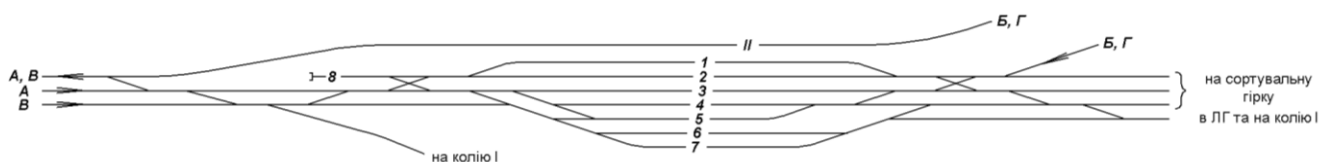


Рисунок 9.1 – Схема парку прибуття «З» станції К

Вибір найкращого варіанту технології роботи для конкретної станції є досить складною задачею, оскільки необхідно врахувати значну кількість різних факторів для кожного варіанту. Різноманітність елементів станцій та міжелементних зв'язків робить неможливим застосування методів прямої оптимізації параметрів. У зв'язку з цим слід використовувати метод послідовного розгляду варіантів, а вибір раціонального варіанту виконується за техніко-економічними розрахунками.

Оскільки отримання показників роботи реальної станції по кожному, у тому числі нереалізованому, варіанту на фізичному об'єкті практично неможливо, то для оцінки кожного із них доцільно використовувати математичні або імітаційні моделі реальної станції.

9.2 Принцип побудови імітаційної моделі парку прибуття

Парк прийому «З» сортувальної станції К можна розглядати як багатофазну, багатоканальну систему масового обслуговування (СМО). Фазами обслуговування є окремі групи операцій, які виконуються відповідно до технологічного процесу обробки поїздів у визначеній послідовності, з частковою паралельністю. Обслуговуючими каналами в СМО є виконавці різної спеціалізації.

Прийmemo, що кожен елементарну роботу може виконати виконавець строго визначеної спеціалізації (наприклад, закріплення поїзда здійснює сигналіст, огляд вагонів – бригада ПТО та ін.). У той же час виконавець даної спеціалізації може виконувати кілька різних елементарних робіт (наприклад, сигналіст закріплює поїзд башмаками і прибирає башмаки і т. д.).

Формалізація технологічних операцій процесу обробки поїзда у розформування виконана на базі сітьового графіка [64].

Сітьовий графік технологічного процесу обробки поїзда у розформування, наведений на рисунку 9.2.

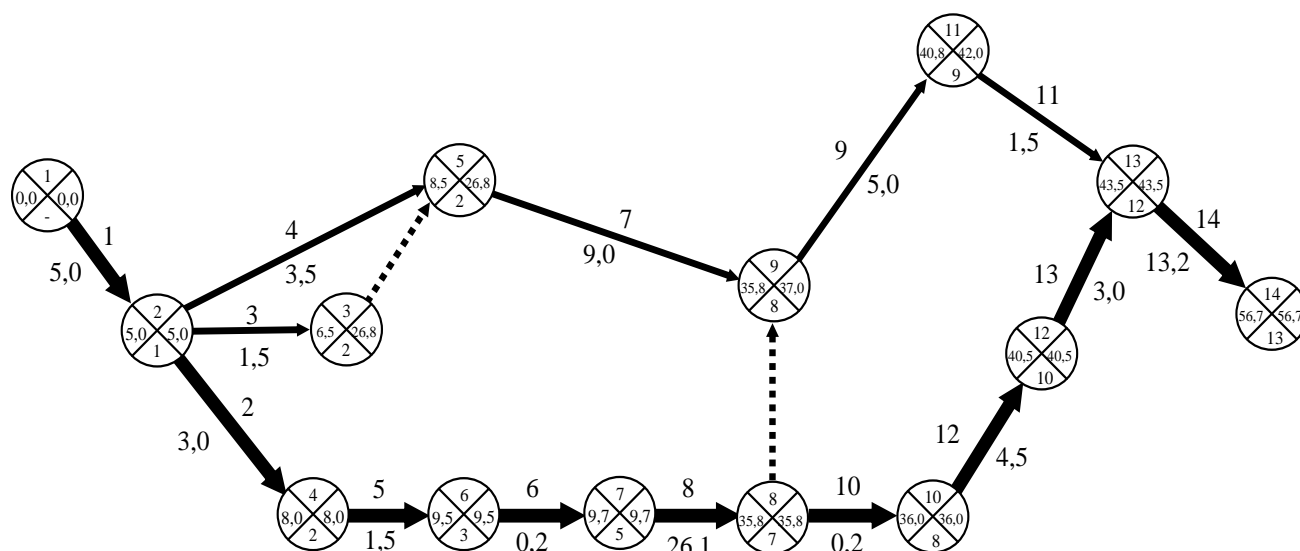


Рисунок 9.2 – Сітьовий графік обробки поїзда у розформування

Зведемо усі дані із сітьового графіку у структурно-часову таблицю (див. таблицю 9.1), в якій вказується перелік окремих операцій, а також дані про їх тривалість та взаємну залежність.

Таблиця 9.1 – Структурно-часова таблиця комплексу робіт з поїздом у розформування

№	Робота	Попередні роботи	виконавець	Признак вільності	Тривалість, хв.	
					$M[t]$	$\sigma[t]$
1	Прийом поїзда	—	колія прибуття	ні	5,0	0
2	Закріплення составу	1	сигналіст	так	3,0	0,5
3	Введення повідомлення 201	1	оператор при ДСП	так	1,5	0,3
4	Доставка вантажних документів	1	оператор СТЦ	так	3,5	0,3
5	Відчеплення поїзного локомотиву	2	поїзний локомотив	так	1,5	0,3
6	Огородження составу	5	оператор ПТО	так	0,2	0
7	Обробка вантажних документів	3, 4	оператор СТЦ	так	9,0	2,1
8	Технічний і комерційний огляд	6	бригади ПТО і ПКО	так	$\frac{m \cdot \tau}{K_{гp}}$	
9	Корегування документів	7, 8	оператор СТЦ	так	5,0	1,5
10	Зняття огороження	8	оператор ПТО	так	0,2	0
11	Друкування сортувального листа	9	ЕОМ АСУ	так	1,5	0,2
12	Заїзд і причеплення гірочного локомотиву	10	гірочний локомотив	ні	4,5	1,0
13	Прибирання гальмівних башмаків	12	сигналіст	так	3,0	0,5
14	Насув і розпуск составу	11, 13	гірочний локомотив колія прибуття	так так	13,2	2,5

Тривалість виконання окремої операції є випадковою величиною розподіленою за нормальним законом з параметрами $M[t]$ і $\sigma[t]$, які наведені у таблиці А.7.

В таблиці 9.1 робота №8 є залежною від кількості груп в бригаді ПТО, тому її тривалість представлена не деяким конкретним числовим значенням, а лише певною залежністю.

Оскільки після закінчення чергової елементарної роботи, відповідний виконавець може бути затриманий до закінчення подальших робіт, то в таблицю введений стовпчик, у якому вказується ознака вільності відповідного виконавця.

Кожна робота імітаційної моделі може бути представлена так

$$W_i = \{N_w, w, e, \rho, M[t], \sigma[t], \alpha, \beta\}, \quad i = 1, 2, \dots, s, \quad (9.1)$$

де N_w – ідентифікатор роботи;

w – список ідентифікаторів попередніх робіт, $w = \{N_{w1}, N_{w2}, \dots, N_{wr}\}$;

e – спеціалізація (ідентифікатор) виконавця даної роботи;

ρ – признак вільності виконавця;

$M[t]$ – математичне очікування тривалості операції, $хв$;

$\sigma[t]$ – середнє квадратичне відхилення тривалості операції, $хв$;

α – ознака початку даної роботи («0/1» – робота почата / не почата);

β – ознака виконання даної роботи («0/1» – робота не виконана / виконана);

s – загальна кількість робіт технологічного процесу обробки состава.

Кожний виконавець в моделі парку прийому може бути представлений як

$$E_i = \{N_e, \mu, N_{obj}\}, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad (9.2)$$

де N_e – ідентифікатор виконавця;

μ – признак вільності виконавця, «0/1» – виконавець вільний / зайнятий;

N_{obj} – ідентифікатор об'єкту, який обслуговується цим виконавцем;

k – загальна кількість виконавців.

Поїзди, які прибувають у розформування в парк прийому, представляють собою об'єкти, що обслуговуються виконавцями у відповідності до технологічного процесу. Такі об'єкти можуть бути представлені так

$$O_i = \{N_{obj}, N_{pod}, w, T_{in}, T_{out}\}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (9.3)$$

де N_{obj} – ідентифікатор об'єкту;

N_{pod} – ідентифікатор підходу, з якого прибув даний об'єкт в СМО;

w – список елементарних робіт технологічного процесу обробки об'єкту;

T_{in} – момент входу об'єкта в СМО;

T_{out} – момент виходу об'єкта із СМО;

n – загальна кількість об'єктів.

Парк прибуття в імітаційній моделі представляє собою контейнер, в якому зберігаються списки об'єктів і виконавців

$$P = \{S, O, E\}, \quad (9.4)$$

де S – список об'єктів, що знаходяться в СМО, $S = \{S_1, S_2, \dots, S_l\}$;

O – список об'єктів, які покинули СМО;

E – список виконавців, $E = \{E_1, E_2, \dots, E_k\}$.

Підходи в імітаційній моделі представлені так

$$H_i = \{N_{\text{pod}}, Q_{\text{obj}}, M[I], I_{\text{min}}, K\}, \quad i = 1, 2, \dots, r \quad (9.5)$$

де N_{pod} – ідентифікатор підходу;

Q_{obj} – черга поїздів, що мають прибути в парк з даного підходу;

$M[I]$ – математичне очікування інтервалу прибуття, хв;

I_{min} – мінімальний інтервал прибуття, хв;

K – параметр Ерланга;

r – загальна кількість підходів.

Інтервали прибуття поїздів з кожного підходу у парк моделювалися

$$I_{i,i-1} = -\frac{M[I] - I_{\text{min}}}{K} \ln \prod_{j=1}^K R_j + I_{\text{min}}, \quad (9.6)$$

де $M[I]$ – математичне очікування інтервалу прибуття, хв.;

I_{min} – мінімальний інтервал прибуття, хв.;

K – параметр Ерланга;

R_j – випадкове число, рівномірно розподілене в інтервалі $[0..1]$.

Оскільки планується дослідити вплив обсягу переробки на показники роботи парку прибуття станції К, обсяг роботи можна змінювати за допомогою зміни інтервалу прибуття поїздів.

В цьому випадку математичне очікування інтервалу прибуття можна визначити за наступною формулою

$$M[I] = \frac{T_{\text{мод}}}{N_p}, \quad (9.7)$$

де $T_{\text{мод}}$ – період моделювання, хв;

N_p – число поїздів у розформування за період моделювання.

Тривалість відповідної операції технологічного процесу обробки поїзда у розформування розглядалася як випадкова величина розподілена за нормальним законом, який має вигляд

$$T = M[T] + \sigma[T] \cdot Z, \quad (9.8)$$

де $M[T]$ – математичне очікування тривалості операції, хв;

$\sigma[T]$ – середнє квадратичне відхилення тривалості операції, хв;

Z – випадкове число розподілене за нормальним законом.

$$Z = \sum_{j=1}^{12} R_j - 6. \quad (9.9)$$

Момент прибуття кожного поїзду визначається за формулою

$$T_j = T_{j-1} + I_{j,j-1}. \quad (9.10)$$

В черговий момент системного часу T_c перевіряється стан кожного підходу на наявність прибулих поїздів, тобто перевіряється умова

$$T_c \geq T_{\text{приб.}} \quad (9.11)$$

Якщо вона виконується, то вважається, що поїзд готовий до обслуговування в парку прибуття і далі здійснюється пошук вільного виконавця для наступної технологічної операції.

При позитивному результаті поїзд з черги прибирається та заноситься до загаданої структури. В іншому випадку поїзд залишається у черзі та перевіряється у наступний момент часу.

Після перевірки стану підходів до станції К виконується перевірка стан парку прийому. При цьому чергова робота не може бути розпочата, якщо не виконані

попередні роботи та не знайдено вільного виконавця для даної роботи. Якщо всі операції обробки поїзда у розформування виконані, то об'єкт даного поїзда видаляється зі структури та заноситься до списку об'єктів, які покинули систему.

9.3 Дослідження впливу технічного оснащення та технології роботи парку прибуття станції К на показники його функціонування

В експериментах буде варіюватись кількість бригад $S_{бр}$, кількість груп в бригаді $K_{гр}$, гірочних локомотивів $K_{лок}$, та кількість поїздів у розформування $N_{доб}$.

При моделюванні фіксувалися показники парку прибуття: середня тривалість простою составів в парку ($t_{п}$); середня тривалість затримки поїздів на сусідніх станція у випадку недостатньої кількості колій в парку прибуття (t_3); ймовірність затримки поїзда на сусідній станції (P_3).

Результати моделювання роботи парку прибуття «З» сортувальної станції К наведені в таблиці 9.2 та таблиці 9.3.

Таблиця 9.2 – Результати моделювання роботи парку прибуття при одному гірковому локомотиві

$N_{доб}$	$S_{бр}$	$K_{гр} = 2$			$K_{гр} = 3$			$K_{гр} = 4$		
		$t_{п}$	t_3	P_3	$t_{п}$	t_3	P_3	$t_{п}$	t_3	P_3
25	1	62,21	0	0	50,02	0	0	45,31	0	0
	2	58,55	0	0	49,71	0	0	45,3	0	0
50	1	134,02	117,87	0,43	58,73	0	0	52,67	0	0
	2	66,17	0	0	57,13	0	0	52,67	0	0
75	1	-	-	-	106,68	123,45	0,68	99,4	81,24	0,58
	2	104,5	81,81	0,69	101,2	79,91	0,61	99,4	81,24	0,58

Таблиця 9.3 – Результати моделювання роботи парку прибуття при двох гіркових локомотивах

$N_{доб}$	$S_{бр}$	$K_{гр} = 2$			$K_{гр} = 3$			$K_{гр} = 4$		
		$t_{п}$	t_3	P_3	$t_{п}$	t_3	P_3	$t_{п}$	t_3	P_3
25	1	62,1	0	0	49,76	0	0	44,55	0	0
	2	57,69	0	0	48,79	0	0	44,37	0	0
50	1	134,02	117,87	0,43	57,75	0	0	47,78	0	0
	2	60,4	0	0	51,3	0	0	46,78	0	0
75	1	-	-	-	106,03	124,03	0,67	57,18	2,98	0,05
	2	67,53	6,85	0,07	57,49	3,3	0,02	53,4	1,38	0,01

За результатами моделювання роботи парку прибуття побудовано графіки залежності $t_{\pi} = f(N_{\text{доб}}, S_{\text{бр}}, K_{\text{гр}})$, які наведені на рисунку 9.3 та на рисунку 9.4.

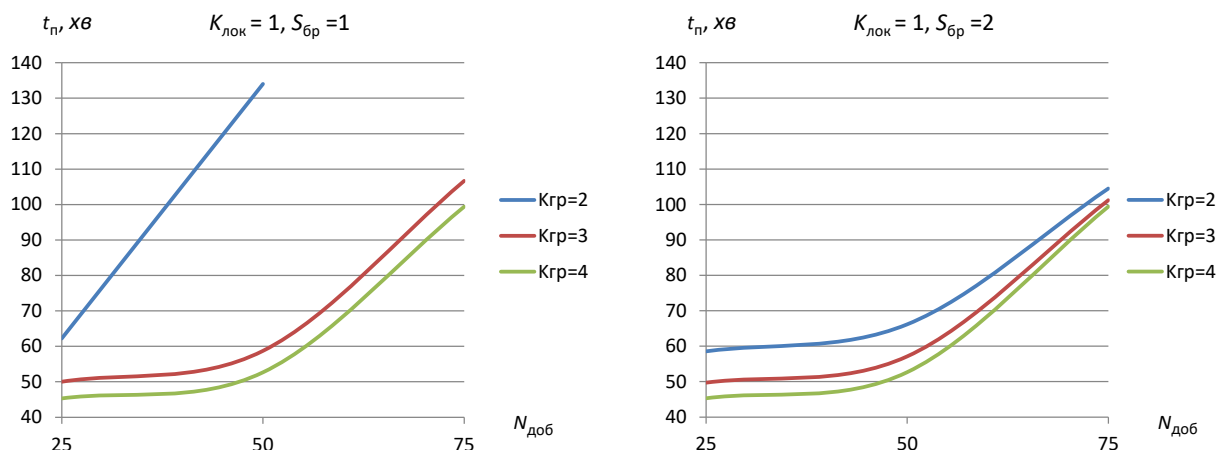


Рисунок 9.3 – Тривалості простою t_{π} составів в парку прибуття при роботі одного гірчного локомотива

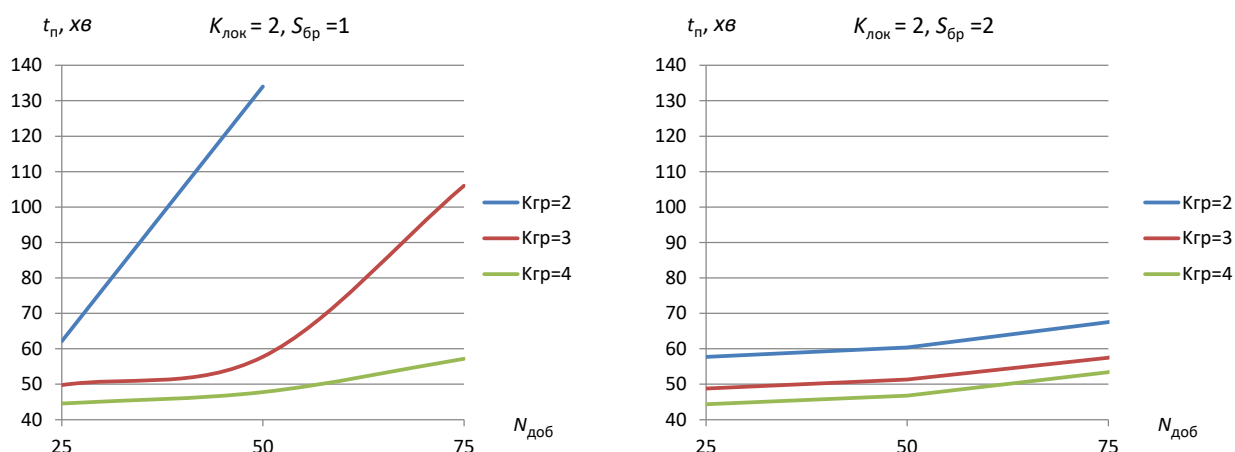


Рисунок 9.4 – Тривалості простою t_{π} составів в парку прибуття при роботі двох гірчних локомотивів

З графіків на рис. 9.3 та рис. 9.4 видно, що найгіршим по тривалості знаходження вагонів у парку прибуття є варіанти з використанням у роботі одного чи двох локомотивів і однієї бригади ПТО з двох груп.

Це свідчить про те, що використання додаткового гірчного локомотива не призводить до зменшення тривалості простою вагонів у парку прийому.

В результаті було встановлено, що кращими варіантами технічного оснащення та технології роботи парку прийому станції К є варіанти з використанням одного чи двох гірчних локомотивів та однієї чи двох бригад ПТО з чотирьох груп.

9.4 Техніко-економічне обґрунтування доцільного варіанту технології обслуговування поїздів в парку прибуття станції

(с) 9.4.1 Загальні положення

В умовах ринкової економіки ключовими вимогами до ефективності роботи залізничного транспорту є зниження витрат на перевезення, а також підвищення мотивації роботи галузі та здатність забезпечувати вимоги користувачів до якості послуг та готовність до змін актуальних трендів.

Економічний ефект від використання раціональної кількості оглядачів составів та гіркових локомотивів може бути досягнуто за рахунок: економії заробітної плати працівників бригад ПТО, економії експлуатаційних витрат на простій составів у парку прибуття чи зменшення простоїв вантажних поїздів на сусідніх станціях через неприйом їх на даній станції.

(d) 9.4.2 Розрахунок витрат пов'язаних з простоєм рухомого складу на станції

Витрати на одну поїздо-годину простою вантажного поїзду на станції К

$$e_{п-г} = e_{в-г} \cdot m_c + e_{л-г} + e_{бр-г} + e_e, \quad (9.12)$$

де $e_{в-г}$ – витратна ставка на одну вагоно-годину простою вагона, *грн*;

m_c – склад поїзду, *ваг*;

$e_{л-г}$ – вартість однієї локомотиво-години простою поїзного локомотиву на станції без локомотивної бригади, *грн*;

$e_{бр-г}$ – вартість однієї бригадо-години локомотивної бригади, *грн*;

e_e – вартість використання енергії за годину, *грн*.

Норма витрат електроенергії рухомим складом в стані простою 55 *кВт*.

Результати розрахунку витрат, які припадають на одну поїздо-годину простою вантажного поїзду наведені у таблиці 9.4.

Таким чином, вартість однієї поїздо-години складає 661,05 грн.

(е) 9.4.3 Економічне обґрунтування доцільного варіанту організації технічного огляду составів вантажних поїздів в парку

Доцільний варіант організації технічного огляду составів поїздів в парку прибуття визначають за річними витратами [65, 66]:

Таблиця 9.4 – Розрахунок вартості поїздо-години простою

Показник	Витратна ставка, грн.	Вимірювач	Витрати*
$e_{в-г}$	0,80	53 ваг	42,40
$e_{л-г}$	87,82	1 лок	87,82
$e_{бр-г}$	462,08	1 бр	462,08
e_e	1,25	55 кВт	68,75
Разом			661,05

$$E = E_{пто} + E_{п} + E_{з} + E_{лок}, \quad (9.13)$$

де $E_{пто}$ – витрати пов'язані з утриманням бригад та груп ПТО, грн.;

$E_{п}$ – витрати пов'язані з простоєм составів в парку прибуття під обслуговуванням та в очікуванні обслуговування, грн.;

$E_{з}$ – витрати пов'язані з простоєм поїздів на сусідніх станціях в очікуванні відправлення в зв'язку з відсутністю вільних колій в парку прибуття, грн.;

$E_{лок}$ – витрати на утримання гірочного локомотива, грн.

$$E_{пто} = 4,3 \cdot S_{бр} \cdot K_{гр} \cdot e_{пто}, \quad (9.14)$$

де 4,3 – кількість змін;

$S_{бр}$, $K_{гр}$ – відповідно число бригад та груп ПТО;

$e_{пто}$ – вартість утримання однієї групи ПТО за рік, прийнято $e_{пто} = 60000$ грн. на рік.

$$E_{п} = 365 \cdot N_p \cdot e_{в-г} \cdot m_c \cdot \frac{t_{п}}{60}, \quad (9.15)$$

де N_p – добова кількість поїздів у розформування;

$t_{п}$ – тривалість простою вагона у парку прибуття, визначено у розділі 8;

m_c – кількість вагонів в складі поїзду, $m_c = 53$ ваг;

$e_{в-г}$ – витратна ставка на одну вагоно-годину простою (див. табл. 9.4);

$$E_{з} = 365 \cdot N_p \cdot p_3 \cdot e_{п-г} \cdot \frac{t_3}{60}, \quad (9.16)$$

де $e_{п-г}$ – вартість однієї поїздо-години простою поїзда на перегоні;

p_3 – імовірність затримки поїзда по відправленню на сусідній станції, визначено вище;

t_3 – тривалість затримки поїзда по відправленню на сусідній станції, визначено вище.

$$E_{\text{лок}} = K_{\text{лок}} \cdot e_{\text{лок}}, \quad (9.17)$$

де $K_{\text{лок}}$ – кількість гірочних локомотивів, що працюють у парку;

$e_{\text{лок}}$ – річні витрати на утримання 1 гіркового локомотива, $e_{\text{лок}} = 500\,000$ грн.

Розрахуємо річні витрати за першим варіантом, для якого вище на основі імітаційного моделювання отримані вихідні дані (див. табл. 9.2): добова кількість поїздів у розформування $N_p = 25$ поїздів, кількість гірочних локомотивів $K_{\text{лок}} = 1$, кількість бригад ПТО $S_{\text{бр}} = 1$, кількість груп в бригаді ПТО $K_{\text{гр}} = 2$, середня тривалість простою составів в парку прибуття $t_{\text{п}} = 62,21$ хв, середня тривалість затримки поїздів на сусідніх станція прийнята рівною $t_3 = 0$ хв, а ймовірність затримки поїзда на сусідній станцій прийнята $p_3 = 0$.

$$E_{\text{пто}} = 4,3 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 60000 \cdot 10^{-3} = 516,0 \text{ тис. грн},$$

$$E_{\text{п}} = 365 \cdot 25 \cdot 0,80 \cdot 53 \cdot \frac{62,21}{60} \cdot 10^{-3} = 401,15 \text{ тис. грн.},$$

$$E_3 = 365 \cdot 25 \cdot 0 \cdot 661,05 \cdot \frac{0}{60} \cdot 10^{-3} = 0 \text{ тис. грн.},$$

$$E_{\text{лок}} = 1 \cdot 500000 \cdot 10^{-3} = 500,0 \text{ тис. грн},$$

$$E = 516,0 + 401,15 + 0 + 500,0 = 1417,15 \text{ тис. грн}.$$

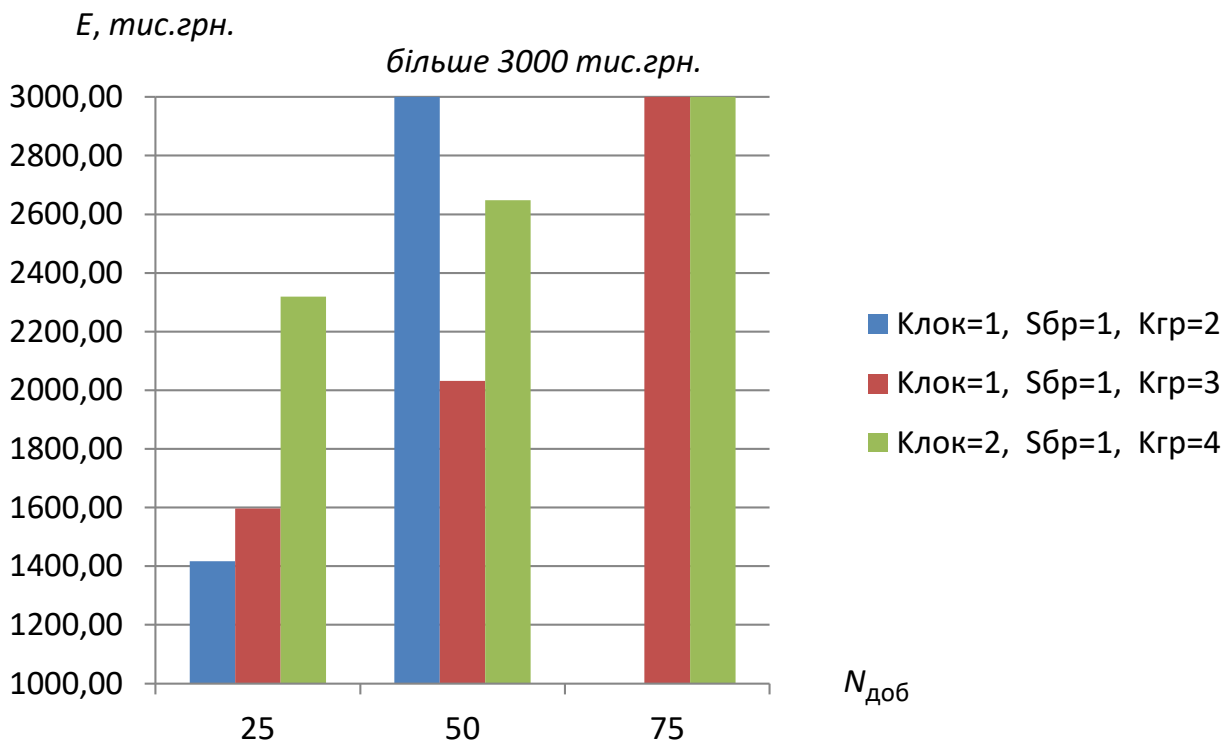
Аналогічним чином визначаються річні приведені витрати для інших варіантів, показники яких наведені у табл. 9.2.

Результати розрахунків представлені в таблиці 9.5

Таблиця 9.5 – Результати розрахунку витрат по варіантам, тис. грн.

$K_{\text{лок}}$	$S_{\text{бр}}$	$K_{\text{гр}}$	Добова кількість поїздів у розформування		
			25	50	75
1	1	2	1417,15	12935,43	-
		3	1596,55	2031,42	28656,17
		4	1824,17	2211,27	17666,23
	2	2	1909,55	2385,37	20578,77
		3	2368,55	2784,79	18707,43
		4	2856,11	3243,27	18698,23
2	1	2	1916,44	13435,43	-
		3	2094,87	2518,78	-
		4	2319,27	2648,20	3183,09
	2	2	2404,00	2810,96	3482,99
		3	2862,61	3209,60	4873,89
		4	3350,11	3667,31	4101,18

За результатами розрахунків витрат у таблиці 9.5 побудовано графік залежності витрат E від добового обсягу роботи $N_{\text{доб}}$ парку прибуття на рисунку 9.5.

Рисунок 9.5 – Графік залежності $E = f(N_{\text{тр}}, S_{\text{бр}}, K_{\text{гр}})$

Таким чином, з графіку на рис. 9.5 видно, що при добовому обсязі роботи парку прибуття до 25 поїздів доцільно мати одну бригаду ПТО з двох груп та один локомотив. При збільшенні навантаження до 50 поїздів за добу доцільно в парку прибуття мати одну бригаду ПТО з 4 груп та один локомотив, а при наявності понад 75 поїздів за добу у розформування – бригаду ПТО з 4 груп і два локомотива.

Таким чином, при розрахункових обсягах роботи парку прийому сортувальної станції К, що дорівнює $N_{\text{доб}} = 72$ поїзда за добу, ефективно використовувати одну бригаду ПТО з 4 груп та один локомотив.

10 РОЗРОБКА ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКА РОБОТИ СТАНЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ЇЇ ПОКАЗНИКІВ

10.1. Вихідні дані до розробки добового плану-графіка роботи

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

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

10.2. Розробка добового плану-графіку роботи станції

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

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

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

10.3. Визначення показників добового плану-графіку роботи станції

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

- середній простий составів поїздів, що надходять у парк прибуття для розформування;
- середній простий составів транзитних поїздів в приймально-відправних парках;
- середній простий составів поїздів свого формування в приймально-відправних парках;

- середній простій вагонів у сортувальному парку під накопиченням;
- коефіцієнт використання маневрового локомотиву;
- коефіцієнт використання гірочного локомотиву.

Середній простій составів поїздів, що надходять у парк прибуття до розформування визначається за формулою [67]

$$t_{\text{пр}}^{\text{р}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{р}}^{\text{оч}})}{N_{\text{р}}}, \quad (10.1)$$

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

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

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

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

$$t_{\text{пр}}^{\text{р}} = \frac{5076}{72} = 70,5 \text{ хв.}$$

Середній простій составів транзитних поїздів в транзитному парку визначається за формулою [67]

$$t_{\text{пр}}^{\text{тр}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{відп}}^{\text{оч}})}{N_{\text{тр}}}, \quad (10.2)$$

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

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

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

В парку Н

$$t_{\text{пр}}^{\text{тр}} = \frac{2632}{40} = 65,8 \text{ хв.}$$

В парку С

$$t_{\text{пр}}^{\text{тр}} = \frac{3331}{48} = 69,4 \text{ хв.}$$

Середній простій составів поїздів свого формування у відправному парку визначається за формулою [67]

$$t_{\text{пр}}^{\text{сф}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{відп}}^{\text{оч}})}{N_{\text{сф}}}, \quad (10.3)$$

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

$$t_{\text{пр}}^{\text{сф}} = \frac{4026}{71} = 56,7 \text{ хв.}$$

Середній простій вагонів у сортувальному парку під накопиченням визначається за формулою [67]

$$t_{\text{нак}} = \frac{\Sigma nt}{n}, \quad (10.4)$$

де Σnt – вагоно-години накопичення за добу;

n – кількість вагонів, що знаходилися на призначенні протягом доби.

Визначення середнього простою вагонів у сортувальному парку під накопиченням виконано у таблиці 10.1 для кожної сортувальної колії.

Середній простій вагону в сортувальному парку під накопиченням складає

$$\bar{t}_{\text{нак}} = \frac{21387,72}{3717} = 5,75 \text{ год.}$$

Тривалість знаходження транзитного вагону з переробкою на сортувальній станції визначається за формулою

$$t_{\text{пр}}^{3/\Pi} = t_{\text{пп}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{пв}}, \quad (10.5)$$

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

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

Таблиця 10.1 – Розрахунок часу простою вагонів під накопиченням

№ колії	Σnt , ваг-год	n , ваг	$t_{\text{нак}}$, год
11	786,63	235	3,35
12	725,91	218	3,33
13	673,63	179	3,76
14	748,24	200	3,74
15	641,01	128	5,01
16	777,81	181	4,30
17	850,86	198	4,30
18	703,80	218	3,23
21	684,18	213	3,21
22	748,66	206	3,63
23	787,77	218	3,61
24	644,83	146	4,42
25	846,54	193	4,39
26	771,90	142	5,44
27	815,24	141	5,78
28	722,73	125	5,78
31	934,92	147	6,36
32	919,37	146	6,30
33	815,66	227	3,59
34	657,93	60	10,97
35	812,12	166	4,89
36	878,75	181	4,85
37	796,54	129	6,17
38	831,69	136	6,12
41	775,31	128	6,06
42	837,81	137	6,12
43	766,68	88	8,71
44	431,20	20	21,56
Разом	21387,72		

$$t_{\text{пр}}^{3/\Pi} = 70,5 + 5,75 \cdot 60 + 56,7 = 472,20 \text{ хв.}$$

Робочий парк транзитних вагонів визначається за формулою [67]

$$n_p = \frac{n_{\text{тр}} \cdot t_{\text{пр}}^{\text{б/п}} + n_{\text{сф}} \cdot t_{\text{пр}}^{\text{з/п}}}{1440}, \quad (10.6)$$

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

$t_{\text{пр}}^{\text{б/п}}$ – час знаходження транзитного вагону без переробки на сортувальній станції, *хв.*

$$n_p = \frac{(1345 + 603) \cdot 65,8 + (1398 + 974) \cdot 69,4 + 3717 \cdot 472,20}{1440} = 1422,2 \text{ ваг.}$$

Прийнято $n_p = 1423 \text{ ваг.}$

Коефіцієнт використання маневрових локомотивів за [67] визначається як

$$K_{\text{л}} = \frac{T_{\text{зан}}^{\text{л}}}{1440 - t_{\text{тех}}}, \quad (10.7)$$

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

$t_{\text{тех}}$ – тривалість технологічних перерв, 60 *хв.*

Отже

$$\text{Гірочний локомотив №1} \quad K_{\text{гл1}} = \frac{760}{1440 - 60} = 0,55.$$

$$\text{Гірочний локомотив №2} \quad K_{\text{гл2}} = \frac{608}{1440 - 60} = 0,44.$$

$$\text{Маневровий локомотив №1} \quad K_{\text{мл1}} = \frac{667}{1440 - 60} = 0,48.$$

$$\text{Маневровий локомотив №2} \quad K_{\text{мл2}} = \frac{648}{1440 - 60} = 0,47.$$

Отже, наявного технічного оснащення сортувальної станції К достатньо для переробки заданих об'ємів роботи.

Стрілочні зони горловин парків завантажені в середньому на 60%, а паркові колії завантажені в середньому на 55%.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі отримане рішення актуальної науково-практичної задачі удосконалення конструкції колійного розвитку, технічного оснащення і технології роботи сортувальної станції К в умовах збільшення обсягів вагонопотоку з переробкою.

Основні результати і висновки дипломної роботи:

1. Встановлено, що станція за добу переробляє 3717 вагонів, а також обслуговує 88 транзитних поїздів, з яких 25% зі зміною локомотивів. Розраховано масу поїзда, яка дорівнює 3244 *t* при цьому в складі поїзда є 53 вагона.

2. Виконано технічне нормування основних операцій технологічного процесу роботи станції К, та розрахована потрібна кількість колій в парках цієї станції. Аналіз результатів розрахунку показав що, існуючого оснащення станції К достатньо для переробки заданих обсягів поїздопотоків і вагонопотоків.

3. Розраховано техніко-експлуатаційні параметри сортувальної гірки середньої потужності висотою 3,60 м. Розроблені пропозиції по обладнанню паркової гальмівної позиції сповільнювачами та проаналізовано конструкцію існуючого позовжнього профілю гірки і її технічного оснащення. Було встановлено, що вказані параметри забезпечують достатню якість процесу розформування составів. При цьому потенційна переробна спроможність має значний запас і складає 4452 вагонів на добу. Механізація паркової гальмівної позиції сортувальної гірки дозволила підвищити її переробну спроможність на 768 вагонів.

4. Розроблено технологічний процес роботи сортувальної станції К.

Працездатність даної станції перевірено шляхом виконання графічного моделювання її роботи за допомогою побудови добового плану-графіка. Аналіз показників графіку виявив, що стрілочні зони горловин парків завантажені в середньому на 60%, а колії парків – на 55 %. Можна зробити висновок, що при підвищенні обсягів роботи, станція К буде мати запас з переробної спроможності і, відповідно, зможе справитися з заданими розмірами роботи. Тривалість знаходження транзитного вагона з переробкою на станції К складає 7,9 год. Коефіцієнт завантаження локомотивів не перевищує 0,55, що відповідає нормальній їх роботі.

5. Дослідження впливу технічного оснащення та технології роботи парку прийому на техніко-економічні показники роботи станції К виконано з використанням методів імітаційного моделювання.

Також була отримана залежність технічного оснащення транзитного парку від обсягу переробки за добу, а також встановлена раціональна кількість бригад та груп ПТО і маневрових локомотивів в залежності від добової кількості поїздів у розформування, що обслуговуються в парку прийому.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту. Затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 26.12.2006 №651-р.
2. Образцов В. Н. К вопросу о проектировании станций и их расчете / В. Н. Образцов // Избранные труды. – М. Издательство академии наук СССР, 1955. – Т. 1. – С. 77-121.
3. Сотников И.Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог. (Исследование операций на станциях). – М.: Транспорт, 1976. – 268 с.
4. Основы эксплуатационной работы железных дорог: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В.А. Кудрявцев, В.И. Ковалев, А.П. Кузнецов и др.; Под ред. В.А. Кудрявцева. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 352 с.
5. Рекомендований технологічний процес роботи вантажної станції: Затв. наказом Укрзалізниці від 17.12.2004 р. № 249-Ц. – К.: НВП Поліграф сервіс, 2005. – 224 с.
6. Типовий технологічний процес роботи сортувальної станції. ЦД-0017: Затв. наказом Укрзалізниці 23.12.98 р. № 324-Ц. – К.: 1998. – 243 с.
7. Типовий технологічний процес роботи дільничної станції. ЦД-0018: Затв. наказом Укрзалізниці 23.12.98 р. № 324-Ц. – К.: 1998. – 243 с.
8. Бобровский В.И. Техничко-экономическое управление железнодорожными станциями на основе эргатических моделей / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Информационно–управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2000. – №6. – С. 30-42.
9. Бобровский В.И. Эргатические модели сортировочных горок // Информационно - управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 2001. - №5. - с. 7 - 11.
10. Бобровский В.И. Имитационное моделирование роспуска составов в тренажерах горочных операторов // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. - 2001. - № 4. - с. 112.

11. Бобровский В.И., Вернигора Р. В. Функциональное моделирование железнодорожных станций в тренажерах оперативно-диспетчерского персонала // Мат. моделювання. - 2000. - №2(5). - с. 68 – 71.

12. Бобровский В.И. Количественная оценка технико-технологических параметров железнодорожных станций на основе эргатических моделей / В.И. Бобровский, Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин // Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. унт-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2007. – Вип. 16. – С. 50-57.

13. Бобровский В.И. Имитационная модель развязки линий в железнодорожном узле // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. пр. Вип. 38. - Харків: ХарДАЗТ, 1999. - с. 35 - 42.

14. Жук Е. Имитационное моделирование работы сортировочной станции при составлении графика движения поездов // Вестник ВНИИЖТа. – 1995. - №3. – с.45-46.

15. Кутах А.П., Фурсова Т.И. Система имитационного моделирования оценки эффективности новых технологий и организации перевозок на железнодорожном транспорте // Кибернетика и системный анализ. – 2003. – №6 – с.156-166.

16. Малашкин В.В. Техничко-економічна оцінка схем путевого розвитку залізничних станцій на основі їх багаторівневого параметричного аналізу / В.В. Малашкин // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Л.: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, – 2010. – Вип. 1. – С. 106-113.

17. Нагорный Е. В., Алешинский Е. С. Моделирование функционирования комплекса «Сортировочная станция - прилегающие участки» с помощью сетей Петри // Информационно - управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 2000. - № 2. - с. 98 - 103.

18. Подиновский В.В. Парето оптимальные решения многокритериальных задач [Текст] / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 256 с.

19. Ветухов Е.А. Определение уровня загрузки станций методом моделирования их работы на ЭЦВМ / Е.А. Ветухов, Е.А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 1969. – №7. – с.34-37.

20. Шабалин Н.Н. Моделирование процессов массового обслуживания на станциях. // Железнодорожный транспорт. - 1971. - №5. - с. 64 – 65.

21. Угрюмов А. К. Неравномерность движения поездов / А. К. Угрюмов. – Москва : Транспорт, 1968. – 112 с.

21. Таль К.К. Основные вопросы применения методов моделирования при проектировании станции и узлов. // Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 47. - М.: ЦНИИС - 1971. - с. 56 - 96.

22. Таль К.К. О классификации методов моделирования, используемых для расчета станций и узлов. // Вопросы проектирования и расчета железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 90. - М.: ЦНИИС, 1976. - с. 74 - 90.

23. Руководство по расчету станций методом моделирования на ЕС ЭВМ / М.: ЦНИИС, 1984. - 110 с.

24. Федотова Т.Н. Статистическое моделирование работы сортировочных станций на ЭВМ. // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Гомель: БелИИЖТ, 1978. - с. 60 - 67.

25. Федотова Т.Н. Имитация работы парков сортировочной станции на ЭВМ. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Гомель: БелИИЖТ, 1978. - с. 68 – 72

26. Федотова Т.Н. Моделирование транспортных систем с приоритетами // Вопросы проектирования железнодорожных станций: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 589. - М.: МИИТ, 1978. - с. 97 - 107.

27. Федотов В.А. Определение продолжительности простоя вагонов на станции в ожидании обслуживания методом моделирования на ЭВМ. // Применение математических методов и ЭВМ в эксплуатации железных дорог: Сб. научн. тр. - Вып. 497. - М.: МИИТ. - 1975. - с. 143 - 149.

28. Мацкель С.С. Статистическое моделирование транспортных процессов в узлах. // Вопросы разработки систем автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 203/47. - Ташкент: ТашИИТ, 1987. - с. 59 - 69.

29. Пилипченко П. А. Структурное моделирование работы сортировочной станции // Применение математических методов и ЭВМ в эксплуатации железных дорог: Сб. научн. тр. - Вып. 497. - М.: МИИТ. - 1975. - с. 60 - 61.

30. Быкадоров А.В. Парк приема сортировочной станции как двухфазная система массового обслуживания. //Сб. трудов НИИЖТа. – 1973. - №146. с. 63 – 80.

31. Падня В.А. Применение теории массового обслуживания на транспорте. - М.: Транспорт, 1968. – 208 с.

32. Покавкин В.А. Нормирование показателей работы и загрузки устройств сортировочных станций // Железнодорожный транспорт. – 1972. - №11. – с. 14-17.

33. Муха Ю. А., Бобровский В. И. Моделирование на ЭЦВМ процесса скапывания отцепов с сортировочной горки // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. - Вып. 90/6. - Днепропетровск, 1969. - с. 53 - 63.

34. Муха Ю.А., Бобровский В.И., Попов С.А. Цифровая модель процесса роспуска составов на автоматизированных сортировочных горках // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. - Вып. 181/10. - Днепропетровск. - 1976. - с. 23 - 40.

35. Муха Ю.А., Бобровский В.И. Алгоритмы и библиотека программ для моделирования на ЭВМ «Наири - К» сортировочного процесса на горках // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. - Вып. 194/11. - Днепропетровск, 1977. - с. 53 - 102.

36. Шафит Е.М., Самков А.Н. Моделирование функционирования системы автоматического управления сортировочным процессом с управляющей ЦВМ //Вопросы автоматического управления и применения средств вычислительной техники на железнодорожных станциях: Труды ДИИТа - Вып. 149/5. – Днепропетровск. – 1973. - с. 3-7.

37. Шафит Е.М., Косорига Ю.А. Оценка эффективности функционирования устройств горочной автоматики на основе стохастического моделирования // Автоматизир. системы управления технологическими процессами на ж.д. станциях: Труды ДИИТа - Вып. 211/9 - Днепропетровск. - 1980 - с.56-61.

38. Шафит Е.М., Жуковицкий И.В., Рыбцов В.Н. Принципы построения децентрализованных систем АРС для сортировочных горок большой мощности // Автоматизированные информационно-управляющие вычислительные системы на сортировочных станциях железнодорожного транспорта: Труды ДИИТа. - Вып. 289/18 – Днепропетровск. – 1993. - с. 28-35.

39. Шафит Е.М., Жуковицкий И.В., Косолапов А.А. Принципы построения интегрированной автоматизированной системы управления технологическими процессами на сортировочной станции // Информ.-управляющие системы на ж.-д.трансп. - 1996. - №1/2. - с. 36-41.

40. Лещинский Е.И. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 1977. - 176 с.

41. Сотников Е.А. Интенсификация работы сортировочных станций. - М.: Транспорт, 1979. - 239 с.

42. Грунтов П.С., Захаров В.А. Решение практических задач с помощью моделирования работы станций //Железнодорожный транспорт. – 1979. – №1.– с.22-25.

43. Грунтов П.С., Захаров В.А. Прогнозирование работы сортировочных станций методом моделирования на ЭВМ. Гомель. 1981. – 152 с.

44. Грунтов П.С. Эксплуатационная надежность станций. – М.: Транспорт, 1986. – 247 с.

45. Ивницкий В.А. Миркин А.Г. Оперативный анализ работы и нормирование простоев на станции с использованием имитационного моделирования// Вестник ВНИИЖТа. – 1990. - №7. – с. 7-10.

46. Миркин А.Г. Расчет прогнозных показателей работы сортировочной станции в изменяющихся условиях эксплуатации с использованием имитационного моделирования // Вестник ВНИИЖТа. – 1990. - №3. – с. 7-10

47. Ульяненкова Н. В., Храбров В. В. Современные тенденции рационального использования технического оснащения грузовой станции // Транспорт: Наука, техника, управление. - ВИНТИ. - 1999. - № 5. - с. 65 - 66.

48. Тютюнов Ю. П. Исследование технологии работы железнодорожных узлов методом имитационного моделирования: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.08/ БелГУТ. - Гомель, 1995. - 16 с.

49. Загарий Г. И., Федюшин Ю. М. Моделирование процесса перевозок на железных дорогах Украины с помощью расширенных сетей Петри // Информационно - управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 1997. - № 4. - с. 52 - 56.

50. Федюшин Ю. М. Применение сетей Петри для моделирования процессов управления на железнодорожном транспорте // Информационно - управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 1996. - № 3, 4. - с. 7 - 12.

51. Нагорный Е.В., Бутко Т.В., Титов Н.Ф. Моделирование технологического процесса обработки вагонов, информации и перевозочных документов экспортно-импортного вагонопотока по прибытию на передаточных пограничных станциях // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 1998. - Вип. 33.- с. 125-129.

52. Имитационные модели в условиях новой информационной технологии управления производственно - транспортными комплексами / Гриценко В. И., Панченко А. А., Назаренко Н. А. - К.: 1986. - 58 с. (Препр. / АН Украины. Ин - т кибернетики; 86 - 23).

53. Козлов И. Т. Пропускная способность транспортных систем. - М.: Транспорт, 1985. - 214 с.

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

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

57. Руководство по техническому нормированию маневровой работы [Текст] / МПС – М.: Транспорт, 1978.

58. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР [Текст]. – М.: Транспорт, 1992.

59. Бобровский В. И. Расчет числа путей в приемо-отправочных парках участковой станции [Текст]: метод. указ. по проектированию участковых станций / В. И. Бобровский – Днепропетровск: ДИИТ, 1987.

60. Проектирование железнодорожных станций и узлов: Справ. и метод. руководство [Текст] / Под ред. А. М. Козлова и К. Г. Гусевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 1980.

61. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]: затв. наказ. Мінтрансу України 20.12.96. № 411 / Мін-во трансп. – А.: Транспорт України – 2003. – 256 с.

62. Ветухов Е. А. Комплексные методы сокращения простоя вагонов [Текст] / Е. А. Ветухов, М. А. Авекян – М.: Транспорт – 1986 – 206.

63. Бобровский В.И., Вернигора Р. В. Функциональное моделирование железнодорожных станций в тренажерах оперативно - диспетчерского персонала // Математичне моделювання. - 2000. - №2(5). - с. 68 – 71.

64. Бондаренко В.О. Справочник инженера-экономиста железнодорожного транспорта [Текст] / В.О. Бондаренко, А.И. Ефимов, И.А. Небрат. – Киев: Транспорт, 1987.

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

66. Рекомендації з техніко-економічних розрахунків окремих показників експлуатаційної роботи залізниць [Текст] / Розроб.: О. Ф. Вергун, Н. В. Липовець, Л. Ю. Гаркуша. – К.: Транспорт України, 2002 – 64 с.

ДОДАТОК А

ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

А.1 Вихідні дані для визначення розрахункових обсягів роботи станції

Обсяг добової роботи станції наведений у табл. А.1-А.3.

Таблиця А.1 – Пасажирські поїздопотоки сортувальної станції

З	На				Разом
	А	Б	В	Г	
А	–	5	3	3	11
Б	5	–	3	4	12
В	3	3	–	2	8
Г	3	4	2	–	9
Разом	11	12	8	9	40

Таблиця А.2 – Транзитні вагонопотоки без переробки

З	На				Разом
	А	Б	В	Г	
А	–	767	183	395	1345
Б	979	–	236	183	1398
В	77	236	–	290	603
Г	501	130	343	–	974
Разом	1557	1133	762	868	4320

Таблиця А.3 – Вагонопотоки, що переробляються на станції К

З	На					Разом
	А	Б	В	Г	під'їзна колія	
А	–	823	168	363	4	1358
Б	707	–	237	121	4	1069
В	173	212	–	262	4	651
Г	259	113	247	–	4	623
Під'їзна колія	4	4	4	4	–	16
Разом	1143	1152	656	750	16	3717

Вихідні дані та нормативні параметри до визначення маси і довжини поїзда наведені в таблиці А.4.

Таблиця А.4 – Дані і норми до визначення маси і довжини поїзда

Параметри	Позначення	Значення			
		А – К	Б – К	В – К	Г- К
Довжина вагона, m	$l_{\text{ваг}}$	15,0			
Середня маса вагона, t	$q_{\text{ваг}}$	61,0	65,0	65,0	61,0
Навантаження від осі вагона на рейку, t	q_0	16,25	15,25	16,25	15,25
Серія поїзного локомотива	—	ВЛ-8			
Розрахунковий ухил, ‰	i_p	12,0	11,2	11,5	12,0

Добовий вагонопотік по призначенням плану формування поїздів наведено у таблиці А.5.

Таблиця А.5 – Вагонопотік по призначенням плану формування

№	Призначення	Вагонопотік
1	наскрізні на А	381
2	дільничні на А1	339
3	збірні на А1	127
4	дільничні на А2	296
5	наскрізні на Б	395
6	дільничні на Б2	351
7	дільничні на Б3	289
8	збірні на Б1	117
9	наскрізні на В	220
10	дільничні на В2	201
11	дільничні на В3	177
12	збірні на В1	58
13	наскрізні на Г	261
14	дільничні на Г2	207
15	дільничні на Г3	209
16	збірні на Г1	73

А.2 Вихідні дані до технічного нормування тривалості операцій технологічного процесу

Довжина вантажного вагона $l_{\text{ваг}} = 15 \text{ м}$.

Кількість гальмівних башмаків, що укладаються під состав в приймально-відправних парках станції $n_{\text{б}} = 8$ башмаків.

Середня кількість операцій з розчеплення вагонів в 1-му составі $n_0 = 0,5$.

А.3 Вихідні дані до перевірки техніко-експлуатаційних параметрів сортувальної гірки

Сортувальна гірка великої потужності має три гальмових позиції.

Перша та друга гальмівні позиції обладнані сповільнювачами типу КНП-5.

Паркова гальмівна позиція сповільнювачами не обладнана.

Розрахункова температура повітря $t^{\circ} = -15^{\circ}\text{C}$.

Середня швидкість вітру $V_{\text{в}} = 2,80 \text{ м/с}$.

Профільна висота існуючої гірки $3,60 \text{ м}$.

Параметри поздовжнього профілю сортувальної гірки дані в таблиці А.6.

Таблиця А.6 – Поздовжній профіль існуючої гірки

Назва елемента профілю	Довжина елемента $L, \text{ м}$	Ухил $i, \text{ ‰}$
СК	48,00	0,6
ПГП	20,10	1,5
СЗ	165,32	2,5
ГП2	45,71	7,0
ПР	52,66	7,0
ГП1	40,45	12,0
ШВ1	41,91	16,7
ШВ2	30,00	41,7

Час заняття гірки протягом доби технологічними перервами для технічного обслуговування і ремонту гірочних пристроїв становить $T_{\text{пост}} = 120 \text{ хв}$.

Швидкість розпуску відчепів без механізації паркової гальмівної позиції – $V_{\text{р}}^{\text{бм}} = 1,2 \text{ м/с}$.

А.4 Вихідні дані до імітаційного моделювання роботи парку прибуття

Тривалість виконання технологічних операцій з поїздом у розформування розподілена за нормальним законом з параметрами $M[t]$ і $\sigma[t]$, значення яких наведені у табл. А.7.

Таблиця А.7 – Параметри розподілу тривалості виконання технологічної операції з поїздом у розформування

Назва операції	Параметри розподілу, хв.	
	$M[t]$	$\sigma[t]$
Прийом поїзда	5,0	0
Закріплення составу	3,0	0,5
Введення повідомлення 201	1,5	0,3
Доставка вантажних документів	3,5	0,3
Відчеплення поїзного локомотиву	1,5	0,3
Огородження составу	0,2	0
Обробка вантажних документів	9,0	2,1
Корегування документів	5,0	1,5
Зняття огороження	0,2	0
Друкування сортувального листа	1,5	0,2
Заїзд і причеплення гірочного локомотиву	4,5	1,0
Прибирання гальмівних башмаків	3,0	0,5
Насув і розпуск составу	13,2	2,5

ДОДАТОК Б

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКА РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Для розробки добового плану-графіка роботи сортувальної станції К вихідними даними є:

- розклад прибуття поїздів з напрямків, які примикають до сортувальної станції К (див. таблицю Б.1.);
- розподіл вагонів по плану формування у складах поїздів, які надходять у розформування з підходу А (див. рисунок Б.1);
- розподіл вагонів по плану формування у складах поїздів, які надходять у розформування з підходу Б (див. рисунок Б.2);
- розподіл вагонів по плану формування у складах поїздів, які надходять у розформування з підходу В (див. рисунок Б.3);
- с розподіл вагонів по плану формування у складах поїздів, що надходять у розформування з підходу Г (див. рисунок Б.4).

Таблиця Б.1 – Розклад прибуття поїздів

З напрямку А				З напрямку Б				З напрямку В				З напрямку Г			
№	номер	час	категорія	№	номер	час	категорія	№	номер	час	категорія	№	номер	час	категорія
1	2401	0-16	Р	1	2400	0-20	Р	1	2055	1-10	Т	1	26	0-26	П
2	1	0-38	П	2	2402	0-41	Р	2	23	2-02	П	2	28	0-50	П
3	2403	0-56	Р	3	2404	1-04	Р	3	2451	2-33	Р	3	2136	1-26	Т
4	3	1-13	П	4	2080	1-21	Т	4	25	3-15	П	4	3438	1-54	Р
5	5	1-29	П	5	2082	1-46	Т	5	27	3-52	П	5	2138	2-21	Т
6	2405	1-49	Р	6	2	2-11	П	6	29	4-41	П	6	2140	3-10	Т
7	2001	2-23	Т	7	2084	2-32	Т	7	31	5-51	П	7	2142	3-49	Т
8	2003	2-41	Т	8	4	3-04	П	8	2057	7-12	Т	8	2144	4-11	Т
9	2407	3-01	Р	9	2406	3-22	Р	9	2059	7-44	Т	9	60	4-40	П
10	2005	3-37	Т	10	2086	3-44	Т	10	2453	8-18	Р	10	2440	5-10	Р
11	7	3-55	П	11	2088	4-16	Т	11	2455	8-53	Р	11	2442	6-10	Р
12	2007	4-14	Т	12	2090	4-44	Т	12	2061	9-30	Т	12	2444	6-39	Р
13	2009	4-31	Т	13	2408	5-04	Р	13	2457	10-31	Р	13	32	7-18	П
14	2409	4-50	Р	14	2410	5-37	Р	14	2459	11-05	Р	14	2146	7-44	Т
15	2411	5-12	Р	15	2092	6-05	Т	15	2063	11-34	Т	15	2150	8-21	Т

Продовження таблиці Б.1

[illegible]

ПРИЗНАЧЕННЯ																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	: склад
-	-	-	-	-	-	-	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	: 53
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	23	: 53
2	4	5	5	2	1	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	: 53
1	2	5	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	23	2	2	2	2	-	-	: 53
-	-	-	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	: 53
9	6	6	7	2	1	4	1	-	8	-	1	1	1	2	1	1	-	1	1	: 53
36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	: 53
2	5	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	34	-	-	-	: 53
3	5	6	1	4	16	4	1	-	1	2	2	-	1	1	2	1	1	1	1	: 53
-	-	-	-	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	: 53
6	6	-	38	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	: 53
1	5	1	2	3	2	4	1	-	1	2	26	-	1	1	1	-	-	2	-	: 53
-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	-	-	-	-	-	: 53
6	3	6	3	3	11	6	1	-	1	2	1	-	1	1	3	-	-	4	1	: 53
6	7	5	3	2	8	9	3	-	1	1	1	-	1	1	2	-	-	2	1	: 53
6	5	5	3	2	3	4	1	-	1	1	2	-	-	1	15	-	-	3	1	: 53
4	3	4	1	14	7	1	-	-	1	2	-	-	-	-	16	-	-	-	-	: 53
4	10	12	1	2	6	9	-	-	2	2	2	-	-	1	1	-	-	1	-	: 53
3	6	6	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-	: 53
7	1	34	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	: 53
-	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	: 53
-	-	-	-	-	-	45	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	: 53
39	12	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	: 53
-	-	8	4	-	15	4	1	1	8	1	5	-	1	3	-	-	1	1	-	: 53
-	-	7	6	-	3	1	-	-	-	-	4	1	3	3	-	-	-	-	1	: 29
-	-	8	-	-	36	1	-	-	-	-	5	-	-	3	-	-	-	-	-	: 53

Рисунок Б.1 – Розкладання вагонів по плану формування у складі поїздів, що надійшли у розформування з підходу А

ПРИЗНАЧЕННЯ																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	: склад
-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	18	-	13	-	-	-	-	-	-	4	: 53
-	37	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	: 53
19	-	-	-	-	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	: 53
-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	8	-	-	: 53
4	1	38	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	: 53
-	-	-	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	: 53
20	13	-	13	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	: 53
-	-	-	-	28	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	: 53
21	18	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	: 53
-	-	-	23	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	: 53
-	-	-	-	-	-	-	15	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	7	1	: 29
-	17	-	7	-	18	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	: 53
15	-	5	3	4	-	-	-	-	-	-	12	-	6	-	5	3	-	-	-	: 53
2	2	1	1	1	21	-	-	-	11	-	-	-	-	-	11	3	-	-	-	: 53
-	-	-	-	17	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	: 53
25	-	-	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	: 53
-	-	17	8	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	1	-	-	9	-	: 53
7	20	2	1	4	8	6	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	: 53
-	-	5	-	-	-	-	10	5	-	10	10	4	-	7	-	-	-	2	-	: 53
-	-	3	2	16	-	-	2	4	-	5	3	-	13	5	-	-	-	-	-	: 53
-	-	-	-	17	-	-	4	-	-	3	4	-	-	1	-	-	-	-	-	: 29

Рисунок Б.2 – Розкладання вагонів по плану формування у складі поїздів, що надійшли у розформування з підходу Б

ПРИЗНАЧЕННЯ																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	: склад
-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	18	-	: 53
-	-	9	7	-	-	6	-	-	-	-	-	-	6	-	7	10	-	-	8	: 53
-	-	5	5	4	5	3	-	-	-	-	3	-	3	6	9	6	-	-	4	: 53
-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	23	-	17	-	: 53
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	18	1	-	18	-	-	-	-	: 53
-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	11	5	-	-	-	-	-	17	1	-	: 53
-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	25	-	-	-	-	13	: 53
-	17	-	3	-	-	-	12	-	6	-	-	-	-	8	-	-	6	1	-	: 53
-	-	-	-	-	8	5	-	-	7	-	-	-	-	-	7	14	5	-	7	: 53
14	-	4	-	1	4	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	: 32
1	16	3	1	-	1	1	1	9	-	-	-	-	-	-	3	5	8	-	4	: 53
-	2	7	2	-	-	1	-	10	-	4	-	-	-	6	-	-	-	-	-	: 32
19	-	-	-	-	1	-	3	23	2	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	: 53

Рисунок Б.3 – Розкладання вагонів по плану формування у складі поїздів, що надійшли у розформування з підходу В

ПРИЗНАЧЕННЯ																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	: склад
9	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	19	8	: 53
7	-	-	9	-	-	10	-	-	7	-	-	-	5	8	2	-	-	-	5	: 53
-	-	-	8	9	11	-	-	6	-	7	3	-	-	9	-	-	-	-	-	: 53
17	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	: 53
-	21	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	13	-	-	7	: 53
1	2	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	-	-	-	: 53
-	-	2	-	-	-	-	-	16	-	12	-	4	-	19	-	-	-	-	-	: 53
4	7	-	9	8	-	-	4	-	-	-	-	-	-	2	6	-	11	-	2	: 53
5	13	-	-	8	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	: 53
-	3	-	10	1	11	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	3	16	-	3	: 53
-	-	-	3	-	-	7	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	42	-	: 53
-	-	-	-	-	2	-	3	-	13	-	-	-	-	-	3	-	12	3	-	: 36

Рисунок Б.4 – Розкладання вагонів по плану формування у складі поїздів, що надійшли у розформування з підходу Г

ДОДАТОК В

МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ

Дипломна робота
на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ
СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ В ЗАЛІЗНИЧНОМУ
ВУЗЛІ**

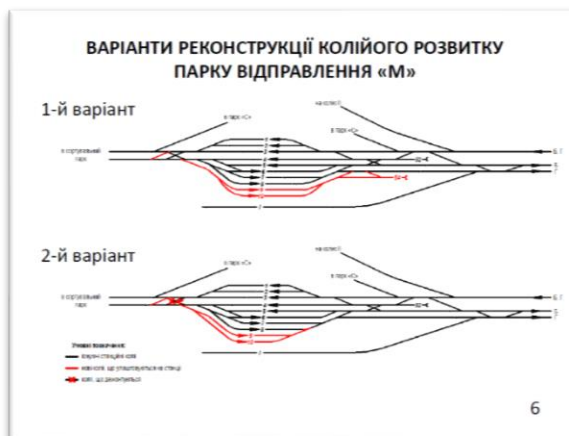
Доповідач: КВАЧ Андрій Олександрович

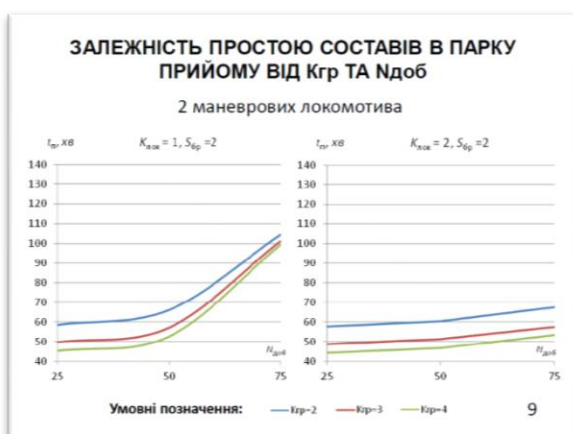
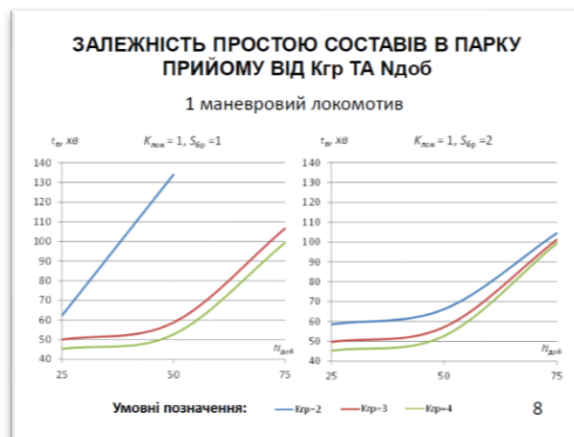
Мета роботи:
підвищення ефективності роботи сортувальної станції в залізничному вузлі.

Об'єкт дослідження:
функціонування підсистеми розформування станції К.

Предмет дослідження:
конструкція та технологія роботи підсистеми розформування сортувальної станції К.

2





МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВИТРАТ

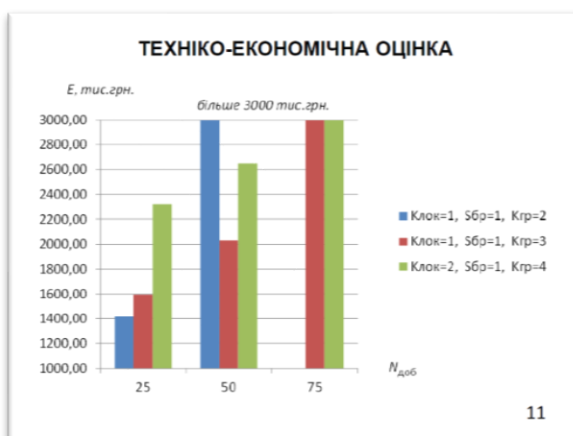
$$E = E_{\text{што}} + E_{\text{п}} + E_3 + E_{\text{лок}}$$

$$E_{\text{што}} = 4,3 \cdot S_{\text{ор}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot e_{\text{што}}$$

$$E_{\text{п}} = 365 \cdot N_{\text{р}} \cdot e_{\text{в-г}} \cdot m_{\text{с}} \cdot \frac{t_{\text{п}}}{60}$$

$$E_3 = 365 \cdot N_{\text{р}} \cdot p_3 \cdot e_{\text{п-г}} \cdot \frac{t_3}{60}$$

$$E_{\text{лок}} = K_{\text{лок}} \cdot e_{\text{лок}}$$



ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СТАНЦІЙ К

Середній простий состав поїздів в парку прийому

$$r_{\text{п}}^{\text{ср}} = \frac{\sum (r_{\text{п}}^{\text{ср}} + t_{\text{п}} + t_{\text{п}}^{\text{ср}})}{N_{\text{п}}}$$

$$r_{\text{п}}^{\text{ср}} = \frac{5076}{72} = 70,5 \text{ хв}$$

Середній простий состав поїздів в транзитних парках

$$r_{\text{п}}^{\text{ср}} = \frac{\sum (r_{\text{п}}^{\text{ср}} + t_{\text{п}} + t_{\text{п}}^{\text{ср}})}{N_{\text{п}}}$$

$$r_{\text{п}}^{\text{ср}} = \frac{2632}{40} = 65,8 \text{ хв}$$

$$r_{\text{п}}^{\text{ср}} = \frac{3331}{48} = 69,4 \text{ хв}$$

Середній простий состав поїздів у відправному парку

$$r_{\text{п}}^{\text{ср}} = \frac{\sum (r_{\text{п}}^{\text{ср}} + t_{\text{п}} + t_{\text{п}}^{\text{ср}})}{N_{\text{п}}}$$

$$r_{\text{п}}^{\text{ср}} = \frac{4026}{71} = 56,7 \text{ хв}$$

Тривалість знаходження транзитного вагону з переробкою

$$t_{\text{п}} = \frac{\sum t_{\text{п}}}{n} = \frac{21387,72}{3717} = 5,75 \text{ год}$$

$$t_{\text{п}}^{\text{ср}} = t_{\text{п}} + t_{\text{п}}^{\text{ср}} = 70,5 + 5,75 \cdot 60 + 56,7 = 472,20 \text{ хв}$$

Робочий парк вагонів

$$r_{\text{п}} = \frac{r_{\text{п}}^{\text{ср}} + t_{\text{п}} + t_{\text{п}}^{\text{ср}}}{1440}$$

$$r_{\text{п}} = \frac{(1345 + 603) \cdot 60,8 + (1308 + 874) \cdot 69,4 + 3717 \cdot 472,20}{1440} = 1422,24 \text{ хв}$$

Коефіцієнт використання маневрових локомотивів

$$K_{\text{л}} = \frac{r_{\text{л}}}{1440 - t_{\text{л}}}$$

$$K_{\text{л}} = \frac{700}{1440 - 60} = 0,55$$

$$K_{\text{л}} = \frac{608}{1440 - 60} = 0,44$$

$$K_{\text{л}} = \frac{667}{1440 - 60} = 0,48$$

$$K_{\text{л}} = \frac{648}{1440 - 60} = 0,47$$

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

ДОДАТОК Г

ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

№ п/п	Назва матеріалу ДР, що надано до захисту	Аркушів	Характеристика матеріалу	Формат листа
1	Підвищення ефективності роботи сортувальної станції в залізнич- ному вузлі	118	Пояснювальна записка	A4
2	План сортувальної станції К	1	Креслення 1	A2×4
3	План та профіль сортувальної гірки; графіки швидкості та часу	1	Креслення 2	A1
4	Добовий план-графік роботи сортувальної станції К	1	Креслення 3	A0
5	Мультимедійний демонстраційний матеріал	13	Слайди	A4