

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Кафедра Транспортні вузли

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

_____ /М. І. Березовий/

«_____» _____ 20____ р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **27 Транспорт**

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

Спеціалізація **275.02 Транспортні технології на залізничному транспорті**

Тема **Підвищення ефективності роботи сортувальної станції О**

Theme **Increasing the work efficiency of the sorting station O**

Керівник дипломної роботи

доц. _____ О. А. Назаров

Нормоконтролер

доц. _____ В. В. Малашкін

Студент групи УЗ1921

_____ І. В. Калакура

Student

Kalakura Ihor

Дніпро – 2020

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, 10 розділів, висновків та 5 додатків. Загальний обсяг проекту складає 137 сторінок, з них основний текст викладено на 117 сторінках, який містить 30 таблиць і 15 рисунків. Список використаних джерел включає 79 найменувань на 8 сторінках; додатки на 20 сторінках.

Об'єктом дослідження є функціонування сортувальної станції О.

Метою дипломної роботи є підвищення ефективності функціонування сортувальної станції за рахунок використання її раціональних техніко-технологічних параметрів.

У дипломній роботі наведена техніко-експлуатаційна характеристика станції О та визначені розрахункові обсяги її роботи. Виконана перевірка роботоспроможності сортувальної гірки станції та відповідність її колійного розвитку розрахунковим обсягам роботи. Розроблено технологію роботи станції О; при цьому виконано технічне нормування тривалості основних операцій технологічного процесу.

У якості спеціальної деталі проекту виконано дослідження щодо визначення раціональних техніко-технологічних параметрів підсистеми розформування сортувальної станції. При цьому показники функціонування станції у різних умовах експлуатації розраховано аналітичними методами теорії масового обслуговування. Виконано економічне обґрунтування та вибір раціональних техніко-технологічних параметрів станції.

На основі удосконаленої технології роботи з вантажними поїздами побудовано добовий план-графік роботи станції О та розраховані його показники. Аналіз графіку показав ефективність удосконаленої технології роботи станції та відповідність існуючого технічного оснащення станції розрахунковим обсягам роботи.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЯ РОБОТИ, УДОСКОНАЛЕННЯ, ТЕОРІЯ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, ПІДСИСТЕМА РОЗФОРМУВАННЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
1 ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ	9
1.1 Напрямки підвищення ефективності функціонування залізничних станцій	9
1.2 Проблеми оцінки залізничних станцій.....	11
1.3 Аналіз методів функціонального моделювання залізничних станцій	14
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ТА АНАЛІЗ ЇЇ НЕДОЛІКІВ	28
2.1 Спеціалізація парків станції	28
2.2 Технічне оснащення станції	30
2.3 Характеристика експлуатаційної роботи сортувальної станції.....	31
2.4 Аналіз недоліків сортувальної станції та постановка задачі дипломної роботи. .	33
3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ.....	35
3.1 Добовий обсяг роботи сортувальної станції.....	35
3.2 Розрахунок маси та довжини вантажних поїздів	36
3.3 Визначення розмірів поїздопотоків.....	38
4 ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	40
4.1 Технічне нормування тривалості основних операцій в парку прийому.....	40
4.2 Технічне нормування тривалості операцій по розформуванню составів на сортувальній гірці.....	42
4.3 Технічне нормування основних операцій в сортувальному парку	44
4.4 Технічне нормування тривалості технологічних операцій в приймально-відправному парку.....	46

Зам. Інв. №	4.2 Технічне нормування тривалості операцій по розформуванню составів на сортувальній гірці..... 42								
	4.3 Технічне нормування основних операцій в сортувальному парку 44								
Підпис Дата	4.4 Технічне нормування тривалості технологічних операцій в приймально-відправному парку..... 46								
						0042.150260.ДР.2019.000			
Інв. № ор.	Зм.	Арк.	Недок	Підпис	Дата	Підвищення ефективності роботи сортувальної станції О	Стадія	Аркуш	Аркушів
	Розробив	Калакура					Н	4	137
	Керівник	Назаров					ДНУЗТ		
	Н. контр	Малашкін							

5 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ КОЛІЙ В ПАРКАХ СТАНЦІЇ	49
5.1 Розрахунок необхідної кількості колій в парку прийому «П»	49
5.2 Розрахунок необхідної кількості колій в сортувальному парку «С»	51
5.3 Розрахунок необхідної кількості колій в приймально-відправному парку «В»...	52
6 РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ.....	57
6.1 Аналіз параметрів існуючої сортувальної гірки	57
6.2 Розрахунок висоти сортувальної гірки	57
6.3 Аналіз поздовжнього профілю сортувальної гірки	63
6.4 Розрахунок втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів.....	65
6.5 Розрахунок швидкості і часу скочування розрахункових бігунів.....	66
6.6 Розрахунок інтервалів між відчепами на розділових елементах	69
6.7 Перевірка потужності гальмівних засобів	70
6.8 Визначення переробної спроможності гірки.....	71
7 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ.....	73
7.1 Технологія роботи з транзитними поїздами	73
7.2 Технологія роботи з поїздами, що надходять у розформування	75
7.3 Технологія розформування та формування составів поїздів	77
7.4 Технологія роботи з поїздами свого формування.....	78
7.5 Технологія обробки документів у технічній конторі	79
8 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ	82
8.1 Аналіз роботи підсистеми розформування.....	82
8.2 Розрахунок параметрів тривалості обслуговування составів в парку прибуття ..	87
8.3 Розрахунок параметрів процесу розформування составів	89
8.4 Розрахунок показників функціонування підсистеми розформування по варіантам її технічного оснащення.....	91
9 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОЇЗДІВ В ПАРКУ СТАНЦІЇ	97
10 РОЗРОБКА ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКА РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ.....	103

10.1 Вихідні дані до розробки добового плану-графіка роботи.....	103
10.2 Розробка добового плану-графіку роботи станції	104
10.3 Визначення показників добового плану-графіку роботи станції.....	104
ВИСНОВКИ.....	108
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	110
ДОДАТОК А ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	118
ДОДАТОК Б ВИХІДНІ ДАНІ ДО АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОЇЗДІВ В ПІДСИСТЕМІ РОЗФОРМУВАННЯ.....	121
ДОДАТОК В РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗКЛАДУ ПРИБУТТЯ ПОЇЗДІВ І СКЛАДУ ПОЇЗДІВ У РОЗФОРМУВАННЯ.....	122
ДОДАТОК Г МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ	125
ДОДАТОК Д ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	131

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

ГП – гальмівна позиція
ГСП – гірка малої потужності
ГС – граничний стовпчик
ДСП – черговий по станції
ДСПГ – черговий по гірці
ДСЦ – маневровий диспетчер
ЕОМ – електронно-обчислювальна машина
ІРП – Інструкція з руху поїздів
ЛГ – локомотивне господарство
ПГП – паркова гальмівна позиція
ПКО – пункт комерційного огляду
ПТЕ – Правила технічної експлуатації залізниць
ПТО – пункт технічного огляду
РТ – розрахункова точка
СМО – система масового обслуговування
СП – стрілочний перевід
СТЦ – станційний технологічний центр
СЦБ – Засоби зв'язку, сигналізації, централізації та блокування
ТГНЛ – телеграма-натурний лист
ТРА – Техніко розпорядчий акт станції
УВГ – умовна вершина гірки
ШВ – швидкісна ділянка

ВСТУП

В умовах жорсткої конкуренції з іншими видами транспорту питання якісного і швидкого обслуговування поїздів і вагонів на сортувальних станціях є достатньо актуальними. Сортувальні станції є головними опорними пунктами по організації вагонопотоків на мережі залізниць. Від успішної роботи сортувальних станцій залежить виконання плану перевезень, а також найважливіших показників по вантажному руху. Для збільшення конкурентноздатності залізниці на ринку транспортних послуг слідує поступово покращувати якість надавання послуг, знижувати при цьому собівартість перевезень. В той же час заходи, направлені на підвищення ефективності роботи станції повинні бути економічно виправдані. В цьому відношенні найефективнішими є організаційні заходи, направлені на удосконалення технології роботи при існуючому технічному оснащенні, які, на відміну від реконструктивних заходів, не вимагають значних капіталовкладень.

В останні роки робота залізничного транспорту України характеризується поступовим зростанням обсягів перевезень. При цьому виникає проблема приведення технічного оснащення і технології залізничних станцій до нових умов роботи.

Сортувальна станція О розташована в районі великого населеного пункту і входить до складу великого залізничного вузла. Станція відіграє визначальну роль при організації вагоно- і поїздопотоків на залізниці в цілому.

Ефективність роботи станції, у свою чергу, визначається рівнем її технічного оснащення і технологією роботи. В сучасних умовах питання якісного і швидкого обслуговування поїздів і вагонів на станціях є досить актуальними. У цьому зв'язку в дипломній роботі виконано пошук раціональних техніко-технологічних параметрів сортувальної станції О.

1 ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ

1.1 Напрямки підвищення ефективності функціонування залізничних станцій

Становлення і подальше впровадження ринкових відносин на залізничному транспорті України, сучасна кон'юнктура транспортного ринку вимагають нового підходу до організації перевізного процесу. Для підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту доцільним є проведення заходів, спрямованих на поліпшення організації роботи галузі. У цьому зв'язку Державною програмою реформування залізничного транспорту [1] передбачений ряд заходів, спрямованих на приведення технічного оснащення залізниць у відповідність із новими умовами роботи. Так, серед основних напрямків розвитку залізничного транспорту слід виділити наступні:

- модернізація транспортної системи і підвищення ефективності її функціонування;
- задоволення потреби національної економіки і населення в перевезеннях, підвищення якості і доступності транспортних послуг;
- забезпечення своєчасності доставки вантажів;
- удосконалення системи керування галуззю транспорту;
- збільшення пропускної здатності транспортної мережі;
- підвищення рівня безпеки на транспорті;
- зменшення обсягів викидів шкідливих речовин в атмосферу;
- зменшення енергоємності залізничного транспорту;
- прискорення темпів інтеграції вітчизняної транспортної системи в європейську і світову транспортні системи.

Залізничні станції є одним з головних елементів транспортної інфраструктури країни. У сучасних економічних умовах одним з основних факторів забезпечення високої ефективності експлуатаційної роботи залізниць є мінімізація часу перебування вагонів на станціях. З цією метою станції повинні мати достатній резерв пропускної і переробної спроможності для погашення пікових навантажень. З іншого

боку, потрібно мінімізувати власні витрати станцій, скорочуючи надлишковий технічний потенціал.

Відомо, що ефективність і безпека функціонування залізничних станцій залежить як від рівня їх технічного оснащення так і від технології роботи. Тому при плануванні заходів, спрямованих на підвищення ефективності функціонування станцій, необхідно застосовувати системний підхід, який передбачає рішення задачі комплексного вдосконалювання конструкції і технології залізничних станцій.

Зараз на мережі залізниць України є більш 1,5 тисяч станцій і спорудження нових є економічно не доцільним. Тому слід розробити захід щодо удосконалення конструкції і технології роботи існуючих станцій. Серед таких заходів можна виділити реконструктивні, спрямовані на зміну конструкції станцій, і організаційні, які припускають удосконалення технологічного процесу станції. Необхідність перебудови станції або удосконалення технології її роботи може бути викликана різними причинами, такими як зміна обсягів і структури транспортних потоків, електрифікація ліній на підходах, організація швидкісного руху, спорудження других головних колій, примикання нових під'їзних колії тощо. Кількість варіантів для подальшого порівняння і оцінки може бути в деяких випадках досить значною. Тому при виборі конкурентних варіантів велике значення має вже накопичений інженерами-проектувальниками практичний досвід, що допомагає відібрати лише ті варіанти, які найбільше повно і ефективно відповідають поставленому завданню. У якості критерію для оцінки кожного з можливих варіантів найчастіше використовують приведені витрати, пов'язані з реалізацією комплексу заходів, які відповідають варіанту. Цей показник є найбільш універсальним, але разом з тим не враховує багатьох факторів, що суттєво впливають на вибір варіанта (забезпечення безпеки руху, охорона праці і ін.).

Вибір найбільш раціонального комплексу реконструктивних або організаційних заходів для кожної конкретної станції представляє досить складне завдання внаслідок неможливості проведення експериментів на реальних об'єктах для оцінки можливих варіантів. При оцінці того або іншого варіанта необхідно спрогнозувати показники роботи станції після впровадження передбаченого цим варіантом комплексу заходів. При цьому складність технологічних процесів функціонування залі-

зничних станцій не дозволяє використання для цих цілей прямих аналітичних залежностей виду $Y=f(X)$. Крім того, необхідно враховувати, що на показники функціонування станцій суттєво впливає система диспетчерського керування, тобто ОДП станцій. Існуючі ж аналітичні методи визначення показників роботи станцій не враховують у достатній мірі взаємодію і взаємний вплив окремих елементів станції, стохастичний характер роботи залізниць, діяльність диспетчерського персоналу і можуть використовуватися лише для наближених розрахунків. Ефективним засобом аналізу і оцінки показників функціонування станцій у різних умовах, прогнозування їх техніко-технологічних та економічних параметрів є математичні і імітаційні моделі, які в комбінації із сучасними засобами обчислювальної техніки є потужним інструментом для дослідження технічного забезпечення станцій і удосконалення технології їх роботи.

Для рішення поставленої задачі комплексного удосконалення залізничних станцій необхідне створення системи інтегрованих математичних моделей, які могли б використовуватися для синтезу, аналізу і техніко-економічної оцінки ефективності функціонування станцій у різних умовах роботи. У цьому зв'язку в даному розділі виконано всебічний аналіз робіт, присвячених проблемам оцінки техніко-технологічних параметрів станцій на основі методів їх моделювання.

1.2 Проблеми оцінки залізничних станцій

Залізнична станція являє собою складний виробничо-технічний комплекс. Для функціонування таких інфраструктурних комплексів характерним є багатоваріантність проектних, технологічних та управлінських рішень. При плануванні реконструктивних та організаційно-технічних заходів, спрямованих на удосконалення технічного забезпечення і технології роботи залізничних станцій, постає задача отримання достовірної оцінки показників її функціонування після реалізації проекту. Вибір найбільш раціонального варіанту реконструктивних або організаційних заходів для станції являє собою дуже складну задачу внаслідок неможливості проведення експериментів на реальних об'єктах чи їх фізичних моделях. У зв'язку з цим для забезпечення раціонального проектування та експлуатації станцій транспортною наукою розробляються методи для аналізу і оцінки їх роботи в різних умовах. Критерії

та методи оцінки станцій суттєво пов'язані з рівнем розвитку залізничного транспорту та задачами, які ставилися перед залізничними станціями.

Основним засобом аналізу та оцінки показників функціонування станцій, їх техніко-технологічних і економічних параметрів є математичне моделювання станційних процесів. Традиційно розв'язання цієї задачі базуються на використанні аналітичних, графічних та імітаційних моделей.

Перші дослідження з моделювання станційних процесів були виконані академіком В. М. Образцовим, які базувалися на аналітичному моделюванні [2]. При моделюванні використовується стандартний математичний апарат теорії масового обслуговування в якому залізничні станції, чи їх окремі технологічні комплекси розглядаються як системи масового обслуговування (СМО). Визначення характеристик СМО (середня кількість заявок у системі, середня кількість заявок у черзі, середній час перебування заявок у системі, середній час перебування заявок у черзі та ін.) виконується за допомогою аналітичних залежностей теорії масового обслуговування.

Так, наприклад, у роботі І.Б. Сотникова [3] для основних станційних процесів запропоновано відповідні функції. При цьому якісні особливості внутрішньої структури і вплив випадкових процесів враховують за допомогою коефіцієнтів. Основними перевагами аналітичного моделювання є простота, висока швидкість отримання результатів та можливість прямого використання методів дослідження функцій на екстремум для визначення оптимальних параметрів технічного забезпечення.

В той же час, використання аналітичних залежностей при оцінці варіантів експлуатаційної роботи не дозволяє в достатній мірі врахувати місцеві особливості технічного забезпечення і технології станцій, що приводить до побудови неадекватних моделей станцій і відповідно до суттєвих похибок при їх оцінці. Тому аналітичні моделі використовуються лише для попередньої оцінки заходів в умовах низької достовірності вихідних даних та невисоких вимогах до точності результатів.

В сучасних умовах основним методом оцінки нормативних параметрів та показників роботи станцій є добовий план-графік [4-7]. Добовий план графік являє собою графічну модель роботи станції де в символічному вигляді на спеціальному бланку відображуються основні виробничі процеси, що відбуваються у її підсистемах. Врахування в моделі зайнятості основних технічних засобів та елементів станції

(локомотивів, стрілочних зон, бригад ПТО) дозволяє оцінити міжопераційні простой.

Добовий план-графік дає можливість визначати

- простій транзитного вагону без переробки, год.;
- простій транзитного вагону з переробкою, год.;
- простій місцевого вагону, год.;
- вантажний простій, тобто простій місцевого вагону під однією вантажною операцією, год.;
- коефіцієнт здвоєних операцій;
- норма робочого парку вагонів, ваг.-доб.;
- вагонообіг, ваг.-доб.;
- коефіцієнти завантаження технічних засобів станції;
- показники надійності роботи станції та ін.

В цілому графічна модель має значну інформаційну ємність і забезпечує високу швидкість пошуку і доступу до необхідній інформації, що дозволяє їй до сучасного часу залишатись основною як при проектуванні станцій, та і при розробці і аналізі їх технологічних процесів. В той же час при побудові добового плана-графіка допускається ряд спрощень таких як усереднення тривалості виконання технологічних операцій, обмеження періоду моделювання однією добою та ін.

Методи імітаційного моделювання набули широкого використання при виконанні наукових досліджень та оцінки ефективності функціонування залізничних станцій та вузлів [8-17]. Суттєвою перевагою даного методу над попередніми є висока достовірність кінцевих результатів. Але разом з тим для побудови адекватної імітаційної моделі потрібен значний час та відповідна підготовка.

Отримані за допомогою наведених вище математичних моделей кількісні та якісні показники функціонування залізничних станцій за можливими проектними рішеннями піддаються техніко-економічному обґрунтуванню. При всебічному аналізі роботи станції необхідно оцінювати витрати на модернізацію і утримання її технічного оснащення і витрати, що пов'язані з функціонуванням станції. Для узгодження наведених критеріїв використовується метод лінійного згортання [18] шляхом зведення усіх показників до грошового еквіваленту. Критерієм для техніко-економічної оцінки варіантів конструкції та технічного забезпечення залізничної

станції є мінімальні розміри приведених річних витрат при потрібному рівні її переробної спроможності. Інвестиційні вкладення та експлуатаційні витрати при порівнянні варіантів конструкції та технічного забезпечення станцій повинні визначатись по наступним статтям витрат:

- інвестиційним вкладенням, що пов'язані з укладкою додаткових колій і стрілочних переводів, придбанням пристроїв електричної централізації і контактної мережі, гіркових локомотивів, виконанням земляних робіт при зміні профілю станційних парків;

- експлуатаційним витратам на амортизацію, матеріали та запасні частини, технічне обслуговування та ремонт технічних засобів, простій составів в очікуванні технологічних операцій, витрат електроенергії або пального на маневрову роботу.

При цьому, у загальному вигляді критерій оцінки виглядає як

$$\Pi = \sum_{i=1}^n H_i \cdot e_{bi}, \quad (1.1)$$

де H – значення натурального показника;

e_b – витратна ставка на одиницю натурального показника;

n – кількість показників.

Вказаний підхід має суттєвий недолік – величина витратних ставок визначається на підставі усереднених даних по мережі і не враховує особливості функціонування конкретної станції.

Таким чином, проблема комплексної оцінки техніко-технологічних параметрів залізничних станцій остаточно не вирішена і потребує використання наукового обґрунтованих методів техніко-економічної оцінки технічних параметрів станцій і технології їх роботи.

1.3 Аналіз методів функціонального моделювання залізничних станцій

У сучасних економічних умовах одним з основних факторів забезпечення високої ефективності експлуатаційної роботи залізничного транспорту є мінімізація часу перебування вагонів на станціях. З цією метою станції повинні мати достатній резерв пропускної і переробної спроможності для ефективної роботи в умовах нерівномірності транспортних потоків. З іншого боку, невиправдане збільшення техніч-

ного потенціалу станцій приводить до росту їх експлуатаційних витрат. Для рішення вказаної складної і суперечливої задачі необхідна достовірна кількісна оцінка планованих заходів щодо удосконалення конструкції і технології роботи станцій. Ефективним засобом аналізу і оцінки показників функціонування станцій, їх техніко-технологічних і економічних параметрів може служити імітаційне моделювання станційних процесів. Використання імітаційних моделей при виконанні проектних робіт, а також при оперативному керуванні на станціях, дозволить приймати найбільш раціональні рішення, спрямовані на скорочення власних витрат станцій і збільшення прибутків від перевезень. От чому розробці методики імітаційного моделювання залізничних станцій присвячена досить велика кількість наукових робіт.

Перші дослідження, пов'язані з проблемою створення імітаційних моделей залізничних станцій для дослідження і оптимізації їх роботи були початі Е.А. Сотниковим, Ветуховим Е. А. і Шабаліним Н. Н. в 60-х роках минулого століття з появою серійних ЕОМ [19, 20]. У вказаних роботах для аналізу завантаження технічного обладнання станцій пропонувалося використовувати статистичне моделювання технологічних процесів. Для обліку нерівномірності моделюється випадковий вхідний потік поїздів, а тривалість обслуговування поїзда на станції моделюється як випадкова величина із заданим законом розподілу. За результатами моделювання визначаються «вузькі» місця на станції, затримки і простої поїздів.

Подальший розвиток теорія моделювання залізничних станцій одержала у фундаментальній роботі Персианова В. А. [21], у якій сформульовані найбільш загальні принципи формалізації станцій і вузлів, викладається методологія побудови їх функціональних моделей. У цій роботі рекомендується застосовувати системний підхід до побудови моделей залізничної станції або вузла. При цьому станція або вузол розглядається як багатофазна система масового обслуговування, у яку надходять заявки на обслуговування (поїзда, состави, локомотиви і ін.). Станція структурно представляється у вигляді набору різних технологічно пов'язаних блоків, кожному з яких відповідає певна фаза обслуговування заявки. З використанням розроблених моделей методом статистичних випробувань передбачається одержання кількісної оцінки роботи станції в тих або інших умовах. Результати досліджень можуть бути використані для перевірки надійності технічних засобів і системи обслугову-

вання, визначення пропускної здатності станцій і вузлів, а також при виборі варіантів проектних рішень.

В 70-і роки поява нових потужних ЕОМ дало своєрідний поштовх до інтенсифікації робіт в області моделювання станцій і вузлів. У цей період розроблена безліч методів і алгоритмів моделювання, багато з яких були реалізовані на ЕОМ у вигляді програм.

У цьому зв'язку слід особливо відмітити роботи Таля К. К. [22, 23], у яких сформульовані основні проблеми і підходи до моделювання станцій, приведені описи моделюючих алгоритмів і результати досліджень. Практичною реалізацією ідей, викладених у вказаних роботах став збірник програм для розрахунків станцій методом моделювання [24]. В [22, 23] також розглянута проблема вибору черговості пересувань при виникненні конфліктних ситуацій. Для її рішення запропоновано встановити систему правил на вибір черговості. З цією метою в [22] сформульовано 5 правил вибору, отриманих на основі аналізу пересувань у горловинах декількох великих станцій. Ці правила використовуються в моделі станції при необхідності одночасної установки пари ворожих маршрутів. В [23] розглядаються способи вибору варіантних маршрутів. При цьому рекомендується при розробці моделі станції список варіантних маршрутів доповнювати даними про порядок їх переваги.

У роботах Федотової Т. Н. [25, 26, 27] наведений опис і результати застосування імітаційної моделі сортувальної станції, розробленої в НІЗТі. Модель передбачає імітацію виконання всіх технологічних операцій з поїздами і вагонами у всіх парках станції, у тому числі і процес накопичення составів у сортувальному парку. Об'єкти (поїзда), що надходять на станцію, обслуговуються відповідно до їхніх пріоритетів [27]. Обслуговування об'єкта в кожному парку станції моделюється як одна наскрізна операція, що суттєво скорочує час моделювання, але не відповідає реальному технологічному процесу роботи. Крім того, такий підхід може викликати необґрунтовані затримки в обслуговуванні об'єктів, з більш низьким пріоритетом. Черговість пересування об'єктів по станції також установлюється залежно від їхнього пріоритету. При цьому не враховується можливість переміщення об'єктів з більш низьким пріоритетом по паралельних маршрутах.

За допомогою розробленої статистичної моделі в [28] Федотов В. А. вирішує задачу визначення «вузьких» місць у роботі сортувальної станції. У процесі моделювання на станцію надходить випадковий потік поїздів. При цьому для кожного поїзда визначається набір параметрів, що визначають технологію і тривалість його обслуговування. Як і в [21], станція представляється набором взаємозалежних блоків, що моделюють певну стадію (фазу) обслуговування об'єкта. Моделювання тривалості знаходження об'єкта в кожній фазі виконується без обліку окремих технологічних операцій, що є недоліком запропонованого методу, тому що не забезпечує адекватності моделі. Крім того, в [28] спрощено моделюється заняття горловин станції рухомих складом при його переміщенні і не враховується ворожість маршрутів.

Метод статистичного моделювання розв'язок перед станціями у вузлах розглядався в роботі Мацкеля С. С. [29], де перетинання представляється 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.

Однією з проблем, що виникають при розробці моделей станцій, є складність представлення схем колійного розвитку для моделювання переміщень рухомого состава. Для рішення даної проблеми в [24] горловини станцій пропонується ділити на окремі елементи (секції), що дозволяє визначати ворожість маршрутів і достатньо точно моделювати процес їх посекційного розмикання. Недоліком методу є його громіздкість внаслідок необхідності завдання тривалості заняття кожного елемента пересуваннями різних категорій. В [30] запропонований спосіб формалізації схеми станції, який не вимагає розбивки горловин на елементи. Для моделювання пересувань складається таблиця можливих маршрутів, яка доповнюється таблицею ворожості маршрутів. Однак, процес складання таких таблиць досить трудомісткий, особливо для великих станцій. Крім того, при цьому не враховується можливість посекційного розмикання маршрутів.

У багатьох роботах для моделювання станцій пропонується використовувати апарат теорії масового обслуговування. Так в [31] Бикадоров А. В. розглядається можливість застосування методів теорії масового обслуговування для дослідження роботи парку прибуття сортувальної станції. При цьому математичний апарат теорії

масового обслуговування використовується для визначення показників роботи парку прибуття в різних умовах. Питання застосування методів теорії масового обслуговування при моделюванні вантажних станцій розглядаються в роботі [32]. Тут у якості системи масового обслуговування розглядається як станція, так і її окремі вантажні райони. Розглянуті також методи і алгоритми моделювання вантажних операцій з вагонами. Недоліком запропонованих у вказаних роботах методів моделювання є те, що потік заявок (поїздів, вагонів), що надходять для обслуговування, розглядається як найпростіший, а інтенсивність обслуговування прийнята постійною, що не відповідає реальним умовам роботи залізничних станцій.

Модель сортувальної станції для нормування показників її роботи розроблено в РІЗТі [33]. Станція розглядається як багатоканальна багатofазна система масового обслуговування. При моделюванні враховуються імовірнісні характеристики потоку поїздів і інтенсивності їх обслуговування. Для кожного поїзда, що надходить в розформування, моделюється його розкладення. Тривалість операцій визначається з урахуванням параметрів поїзда і системи обслуговування. Запропонована також методика для моделювання процесу накопичення вагонів у сортувальному парку. За результатами моделювання розраховується поелементний простій вагонів на станції. Разом з тим у запропонованій моделі не враховується заняття елементів колійного розвитку при переміщенні рухомого состава, що суттєво знижує її адекватність.

Розформування і формування поїзд на сортувальних станціях виконується на сортувальних гірках, від якості роботи яких суттєво залежать показники функціонування станцій. Тому проблема дослідження сортувального процесу на гірках завжди була актуальною. Питанню розробки моделей сортувальних гірок присвячена досить велика кількість робіт, серед яких слід особливо зазначити роботи вчених ДІІТа: Мухи Ю. О., Шафіта Є. М., Бобровського В. І., Жуковицького І. В. Так, в [34-36] розроблена імітаційна модель скочування відчеплень із сортувальної гірки, а також розроблений комплекс моделюючих програм для ЕОМ. При цьому запропонована оригінальна методика апроксимації поздовжнього профілю сортувальної гірки і модель процесу гальмування відчеплень на уповільнювачах. Роботи [37-40] присвячені розробці моделей сортувальних гірок для дослідження різних систем автоматизованого керування сортувальним процесом. При цьому особлива увага приділена моде-

люванню роботи оснащення гіркової автоматики. Результатом вказаних досліджень стала розробка декількох автоматизованих гіркових систем, які були успішно впроваджені на ряді сортувальних станцій [40].

Заслуговує на увагу також досвід польських залізниць [41]. У цій роботі станція розглядається як система масового обслуговування, що структурно складається із сукупності блоків двох видів: постів обслуговування і пунктів очікування обслуговування. При моделюванні використовується подійна модель станції, яка припускає зміну ситуації дискретно від події до події. Гідністю такого підходу є суттєво менша тривалість моделювання в порівнянні з безперервним моделюванням, але при цьому не враховується безперервний характер технологічного процесу роботи станцій, що буває важливо при рішення певного кола завдань. Крім того, у цей час при наявності швидкодіючих ЕОМ швидкість моделювання не є істотним чинником при виборі методу моделювання.

В роботі Лещинського Е. І. [41] процес обслуговування об'єктів на станції моделюється укрупнене без підрозділу на технологічні операції. При цьому тривалість знаходження об'єкта в кожній з фаз обслуговування приймається постійною або визначається як значення лінійної функції залежно від параметрів об'єкта і поста обслуговування. Результати численних досліджень свідчать, що такий підхід не відповідає реальним процесам, що відбуваються на станціях, тому що тривалість обслуговування в більшості випадків являє собою випадкову величину з певним законом розподілу, що необхідно враховувати при моделюванні.

Оригінальна методика побудови моделі сортувальної станції запропонована в роботі Сотникова Е. А. [42]. Модель станції являє собою набір 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 при моделюванні переміщень рухомого складу. Разом з тим процес розробки програмних модулів досить трудомісткий, що суттєво обмежує застосування зазначеної методики.

Розробці імітаційних моделей залізничних станцій присвячені роботи видатного вченого Грунтова П. С. [43, 44, 45]. Запропонована методика моделювання за-

снована на використанні апарата теорії ймовірностей для моделювання вхідних потоків заявок і тривалості їх обслуговування. Модель використовується для прогнозування роботи станцій у різних умовах і при виборі варіантів технічних рішень. Недоліком запропонованої моделі є укрупнений розгляд технологічних процесів обробки поїздів і вагонів у парках станції, що не дозволяє досить точно моделювати роботу станції. У роботі [45] імітаційна модель станції використовується для оцінки її експлуатаційної надійності. При цьому станція розглядається як комплекс взаємозалежних уніфікованих модулів. Такий підхід дозволив створити типовий алгоритм для формалізації обслуговуючих каналів будь-якого типу. Розроблена в [45] модель дозволяє визначити показники роботи основних підсистем станції, завантаження технічних засобів і виконавців, а також виконати поелементний аналіз простою вагонів на станції.

За допомогою імітаційної моделі, розробленої на основі теорії масового обслуговування, вирішуються питання прогнозування і планування роботи залізничних станцій у роботі [46, 47]. Модель може бути використана для планування роботи станції в умовах реконструкції або закриття технічних засобів. За допомогою моделі виконується оцінка різних варіантів організації роботи станції в таких умовах [47]. Крім того, розглядається можливість застосування розробленої моделі для нормування різних показників роботи станції, а також аналізу якості роботи оперативної зміни [46]. З цією метою, на початку зміни по прогнозних вихідних даних про підхід поїздів і вагонів виконується моделювання роботи станції. Аналіз виконується на основі порівняння показників роботи станції, отриманих за результатами роботи зміни і у результаті моделювання роботи станції.

Комплексна імітаційна модель сортувальної станції розроблена на польських залізницях [14]. Модель є частиною програмного комплексу для розробки графіка руху поїздів і дозволяє одержати якісні і кількісні показники роботи сортувальних станцій при різних умовах роботи. Модель являє собою набір взаємозалежних модулів, кожний з яких моделює роботу окремих підсистем станції. Вхідний потік поїздів задається графіком, а тривалості їх обслуговування в підсистемах станції моделюються як випадкові величини з певним законом розподілу; є також можливість використання постійних значень часу обслуговування. Вводячи різні варіанти даних і

аналізуючи отримані результати, можна вибирати варіант організації роботи станції, що забезпечує виконання графіка руху при найкращому використанні технічних засобів. До недоліків слід віднести складність підготовки вихідних даних для створення моделі конкретної станції.

Новий об'єктно-орієнтований підхід до побудови моделі станції представлений в [48]. При побудові моделі станція розглядається як система масового обслуговування (СМО); поняття об'єкта використовується в моделі для вистави технологічних обладнань, що виконують обслуговування клієнтів (сервери-об'єкти) і елементів колійного розвитку станції (канали-об'єкти). При цьому самі об'єкти розглядаються як деякі автомати, що володіють фіксованим набором внутрішніх станів і переліком впливів, що приводять до переходу автомата з одного стану в інше. Схема колійного розвитку станції представлено двома структурами: списком елементів колійного розвитку і списком зв'язків між ними. Керує моделлю програма-розпорядник, яка виконує спостереження за станом кожного об'єкта і при виникненні зовнішнього впливу міняє його стан. За результатами моделювання здійснюється побудова плану-графіка роботи станції за допомогою пакета Autocad.

Спроби деталізувати процес обслуговування об'єктів у складних транспортних системах привели до створення моделей у вигляді мереж СМО, кожна з яких імітує окрему фазу обслуговування [49]. У ряді робіт моделювання використовується для аналізу окремих підсистем станцій (фаз обслуговування).

Останнім часом для моделювання транспортних систем досить широко використовується апарат мереж Петрі [17, 50, 51]. Використання мереж Петрі дозволяє скоротити витрати часу на розробку моделей транспортних об'єктів, а також спростити процес їх створення, за рахунок чого залучити до цієї роботи широке коло користувачів-технологів. Використання даної комп'ютерної технології спрямоване на підвищення якості перевізного процесу, скорочення строків доставки вантажів і збільшення конкурентоспроможності залізниць. Зокрема, в роботі Нагорного Є. В. [17] розглядаються можливості використання апарата мереж Петри для моделювання сортувальних станцій і інших транспортних комплексів. Розроблена методика представлення комплексу «сортувальна станція – ділянки, що примикають» у вигляді мережі Петри, у якій переходи імітують обробку об'єктів протягом заданого часу, а

позиції характеризують стан системи і визначають умови переходів. У даній роботі показано, що шляхом ускладнення структури мережі можна досягти будь-якого ступеню деталізації системи, яка моделюється. Передбачена також можливість моделювання випадкових інтервалів між поїздами вхідного потоку, а також інших параметрів. Для реалізації моделі на ЕОМ можуть бути використані спеціалізовані програмні продукти. Наведений в [17] приклад свідчить про те, що модель, побудована на основі мереж Петри, дозволяє фіксувати стан системи в довільний момент часу, а також визначити за результатами моделювання інтегральні показники тривалості виконання окремих операцій і число оброблених об'єктів. Є можливість дослідження моделі шляхом варіювання окремих кількісних параметрів. Як недолік, слід зазначити відсутність у моделі механізму вибору черговості виконання окремих операцій при виникненні конфліктних ситуацій. Зазначений механізм є у всіх керованих системах масового обслуговування, до яких ставляться транспортні комплекси. Крім того, у моделі не врахована схема колійного розвитку станції; заміна ж простого переходу «горловина» самостійною мережею Петри, що описує конкретну схему горловини, приведе до ускладнення структури моделі і утруднить її побудова і аналіз. Нарешті, у моделі на базі мережі Петри важко імітувати рух транспортних об'єктів для розрахунків витрат, пов'язаних з їхнім переміщенням.

Метод моделювання станцій, заснований на використанні математичного апарата марковських випадкових процесів, розроблено в ХІТі [52]. У даній роботі станція розглядається як багатофазна одноканальна СМО. Для станції побудований оргграф станів, на базі якого складається система рівнянь Колмогорова для знаходження граничних імовірностей окремих її станів. Зазначені ймовірності дозволяють визначити основні техніко-технологічні параметри станції, необхідні для оптимізації її потужності. Даний метод досить ефективний, однак його складність різко зростає при переході до багатоканальних СМО і збільшенні числа колій на станції.

Суттєвим недоліком розглянутих моделей є те, що в них або взагалі не враховується, або спрощено моделюється діяльність оперативно-диспетчерського персоналу (ОДП). Разом з тим, оперативно-диспетчерський персонал станцій керує технологічним процесом їх роботи і впливає на підсумкові показники. Тому при моделюванні необхідно враховувати даний фактор, щоб забезпечити адекватність розро-

бленої моделі. У цьому зв'язку в ряді робіт авторами початі спроби врахувати управлінську діяльність ОДП на станціях.

Розвиток засобів обчислювальної техніки, а також перехід до нової інформаційної технології керування поклали початок роботам зі створення так званих імітаційних систем. У вказаних системах процедури імітаційного моделювання використовуються в комбінації з оптимізаційними методами; при цьому в цих системах реалізується діалог людей-ЕОМ на всіх стадіях імітаційного експерименту. Імітаційні системи для керування виробничо-транспортними комплексами були створені в ІК АН України. Так, в [53] розглядаються питання створення імітаційних систем для планування і керування виробничо-транспортними об'єктами промислових підприємств, приводяться результати імітаційних експериментів з побудованими моделями, а також обговорюються можливості використання отриманих результатів для прийняття ефективних управлінських рішень і вироблення оптимальної стратегії поведінки досліджуваних систем.

Методика побудови імітаційних моделей для визначення пропускної спроможності транспортних систем розроблена в роботі Козлова І. Т. [54]. У даній роботі всякий транспортний об'єкт (станція) представляється формалізованим описом його постійних обладнань, змінних засобів і системи оперативного керування роботою. Реальну систему оперативного керування і, зокрема, визначення черговості обробки заявок в імітаційній моделі запропоновано відбивати алгоритмами, за допомогою яких вибираються рішення конфліктних ситуацій. В [54] виділено 4 типу конфліктних ситуацій і запропоновані правила їх рішення. Реалізація цих правил являє собою досить складну задачу, яке проте, не вирішує проблему вибору черговості у всім різноманітті конфліктних ситуацій.

Досить складна система моделювання роботи сортувальної станції ІСТРА представлена в [55]. Імітаційна модель використовується для оперативного планування роботи станції в різних умовах і може бути використана при розробці автоматизованого робочого місця маневрового диспетчера. Модель станції характеризується безліччю елементів, операцій і оператором керування, який описує логічну послідовність виконання операцій залежно від стану моделі. Елементи моделі діляться на технологічні, інформаційні і керуючі. Технологічні елементи відображають реальні

обладнання, інформаційні – імітують представлення реальних обладнань у пам'яті диспетчера. Технологію роботи станції відображають операції моделі. У системі ІСТРА реалізований принцип покрокового моделювання, керованого подіями.

Як показав виконаний аналіз, досить важко побудувати математичну модель складної транспортної системи, що враховує всі зв'язки і взаємодії окремих її елементів. У подібних системах оперативно-диспетчерський персонал (ОДП) залежно від ситуації, що склалася, може змінювати порядок проходження і обробки транспортних об'єктів, спеціалізацію окремих колій і парків, за рахунок перерозподілу технічних засобів і обслуговуючого персоналу підсилювати потужність окремих обладнань і застосовувати інші заходи для пропуску транспортного потоку. Моделювання подібних систем повинне включати не тільки процеси пропуску і обробки транспортних одиниць, але і функції керування цими процесами диспетчерським апаратом. Разом з тим аналіз існуючих моделей станцій показує, що в більшості з них діяльність ОДП або взагалі не враховується, або моделюється досить спрощено.

Так в [22, 23] для вирішення конфліктних ситуацій, що виникають при виборі черговості пересувань, пропонується набір правил, що визначають пріоритетність готування маршрутів руху. В [25, 26, 27, 41] при виборі черговості обслуговування об'єктів використовується система пріоритетів, яка визначається перед початком моделювання. У системі ІСТРА [55] для моделювання діяльності ОДП до складу моделі введений спеціальний оператор (модуль) керування, який описує логічну послідовність виконання операцій залежно від стану системи. Оператор керування в системі ІСТРА реалізує ситуаційний принцип керування. При цьому кожна конфліктна ситуація, по якій необхідно прийняти рішення, представляється сукупністю станів усіх технологічних і інформаційних елементів системи. Після ідентифікації ситуації ухвалюється відповідне рішення. Список можливих конфліктних ситуацій і відповідних їм рішень задається в якості вихідних даних моделі при її розробці і налаштуванні. Разом з тим, враховуючи складність і різноманіття ситуацій виникаючих на станціях, складання такого списку може являти собою досить трудомістку задачу.

Проблемі розробки методики для адекватного моделювання діяльності людини-диспетчера (ЛД) присвячена досить значна кількість робіт. Щодо цього заслу-

говують на особливу увагу роботи Кокуріна І. М. [56, 57, 58], в яких наведена методика моделювання діяльності ЛД для дослідження завантаження поїзних диспетчерів і чергових по станції. У зазначених роботах виконаний детальний аналіз діяльності ДНЦ і ДСП, на основі якого виділені основні складові елементи їх роботи. Моделювання діяльності диспетчерського персоналу пропонується виконувати за допомогою логічних схем алгоритмів (ЛСА). Така схема являє собою орієнтований граф, вершинам якого відповідають певні дії ЛД, а дугам – логічні умови. При цьому для кожної умови вказуються ймовірності вибору тієї або іншої його галузей, які визначаються на основі спостережень за діяльністю диспетчера. Тривалість виконання кожної операції ЛД моделюється як випадкова величина із заданим законом розподілу [58]. Приклади таких алгоритмів, що моделюють діяльність ДСП і ДНЦ наведені в [56, 57]. Наведені в цих роботах ЛСА дозволяють моделювати діяльність диспетчера при рішенні певного локального завдання. Разом з тим аналіз діяльності ОДП показує, що диспетчер у процесі своєї роботи звичайно вирішує кілька різних задач одночасно, що найчастіше вимагають рішень, що взаємно виключають. Побудова ж ЛСА, що враховує все різноманіття ситуацій у діяльності диспетчера, представляється досить складним завданням.

В [59] ЛСА запропоновано використовувати для моделювання еталонної діяльності ОДП у ситуаційному тренажері чергового по станції. При цьому оцінка рівня підготовки працівника виконується на основі порівняння показників, отриманих у результаті проведеного їм тренування з показниками еталонної моделі діяльності.

Для побудови моделі діяльності ЛД в [60] розроблена методика, в основу якої покладені поняття теорії інформації. Діяльність диспетчера розглядається як інформаційний процес і моделюється як послідовність переходів з одного інформативного стану до іншого в міру вступу інформації про об'єкт керування. Запропоновану методику рекомендується використовувати для визначення завантаження ЛД.

Заслугує на увагу також робота [61], у якій наведена методика побудови імітаційної моделі діяльності ДСП проміжної станції. Модель діяльності ДСП розглядається як елемент керування, на вхід якої надходять інформаційні повідомлення про зміну об'єкта керування (станції), а також вимоги на виконання різних дій (готування маршруту, відкриття сигналу і ін.). Рішення про виконання того або іншої

дії ухвалюється на підставі наявної інформації про об'єкт керування відповідно до наміченого плану, який задається на початку моделювання. Для реалізації моделі розроблені відповідні алгоритми і таблиці рішень. Розроблена модель використовується для моделювання пропуску поїздів через проміжну станцію. Недоліком наведеної методики є те, що при розширенні набору дій ДСП, що моделюються, таблиці рішень суттєво збільшуються, а їх складання представляє досить трудомістке завдання.

Необхідно зазначити певні переваги графічного методу моделювання станцій, яке виконується фахівцями, що добре знають структуру транспортної системи, технологію і особливості керування і виконуваними по суті функції диспетчера системи, яка моделюється. Однак графічний метод має і істотний недолік, який полягає в його трудомісткості і, внаслідок цього, обмеженому періоді моделювання (звичайно доба); внаслідок цього, отримане рішення має приватний характер. У той же час використання методу імітаційного моделювання роботи станцій на ЕОМ дозволяє значно прискорити процес одержання результатів.

Суттєві переваги графічного методу, обумовлені особистою участю людини в моделюванні, а також відсутність методів адекватного моделювання управлінської діяльності диспетчера в існуючих моделях, роблять доцільним створення і дослідження принципове нових ергатичних систем моделювання, що поєднують високу швидкість і точність ЕОМ зі здатністю людини оперативно приймати рішення в складних і невизначених ситуаціях. Концепція ергатичних моделей станцій, у яких людей бере безпосередню участь у процесі моделювання і керує технологічним процесом станції, виконуючи функції диспетчера, запропонована в [62]; у даній роботі представлені теоретичні основи і методологія побудови таких моделей, показані перспективи їх застосування.

Останнім часом у ДПТі ведеться інтенсивна робота зі створення ергатичних імітаційних моделей станцій. Так в роботі Бобровського В. І. [11] наведений опис ергатичної моделі сортувальної станції, яка використовується в тренажері ДСП. Технологічний процес обслуговування поїздів формалізований на основі сітьових графіків обробки об'єктів на станції. При цьому певні операції (закріплення, огляд, розформування і ін.) можуть початися тільки після відповідної команди людини. У

процесі моделювання людина готує маршрути проходження поїздів і локомотивів, що дозволяє максимально наблизити імітаційну модель станції до реальних умов.

У роботах [13, 63] викладена методика побудови функціональних моделей розв'язок ліній у вузлах. При цьому розв'язка розглядається як керована СМО, у якій порядок пропуску поїздів не є постійним і визначається диспетчером. З цією метою в розробленій моделі передбачені спеціальні засоби для інтерактивного керування пропуском поїздів.

При розробці моделі сортувальної гірки в [9, 10] вона також розглядалася як ергатична система, складеним елементом якої є гірковий оператор, що виконує функції контролю і керування процесом розпуску составів. З цією метою до складу моделі сортувальної гірки введена інформаційна модель, яка використовується оператором при моделюванні для контролювання поточної ситуації і передачі керуючих команд по розпускові состава. Розроблена ергатична модель може використовуватися як для створення тренажерів для навчання гіркових операторів [10], так і для удосконалювання конструкції і технічного оснащення самих сортувальних гірок.

У роботах [8, 9, 13, 64] науковцями ДПТ розроблена загальна структура імітаційної ергатичної моделі залізничної станції, а також методика побудови її структурних підсистем. В [8] наведені також результати практичної апробації розробленої ергатичної моделі підсистеми розформування однієї з великих сортувальних станцій для рішення оптимізаційних задач.

2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ТА АНАЛІЗ ЇЇ НЕДОЛІКІВ

Станція О (див. рисунок 1.1) є односторонньою сортувальною станцією, яка за характером та обсягами роботи є позакласною. До станції примикають двоколійні перегони А-О, В-О, Г-О та Б-О, які обладнані однобічним автоблокуванням. Також до станції примикає під'їзна колія підприємства «Паливний склад», з якого надходять на станцію і відправляються на підприємство подачі місцевих вагонів для виконання вантажних операцій.

2.1 Спеціалізація парків станції

Станція О є сортувальною станцією з послідовним розташуванням парків. Її колійний розвиток згрупований у три парки: парк прийому «П», сортувальний парк «С» і приймально-відправний парк «В».

Парк прийому «П» складається з 5 колій, призначених для прийому парних та непарних вантажних поїздів, що надходять на станцію у розформування з усіх підходів. У непарній горловині парку розташований локомотивний тупик № 7, який призначений для заїзду гіркового локомотива під состави під час їх розформування, а також для прибирання поїзних локомотивів від прибулих у розформування поїздів з напрямків Г та Б у локомотивне господарство.

Сортувальний парк «С» складається з 16 колій, призначених для накопичення вагонів вантажних поїздів, що відправляються зі станції О на напрямки А, В, Г та Б, а також для накопичення місцевих вагонів на під'їзну колію, що примикає до станції.

Приймально-відправний парк «В» складається з 12 колій, призначених для прийому транзитних поїздів з усіх підходів та відправлення транзитних поїздів і поїздів свого формування на всі напрямки. У парній горловині приймально-відправного парку розташовані два локомотивних тупики №15 та №16, що призначені для подачі та прибирання поїзних локомотивів у локомотивне господарство по вільній колії парку.

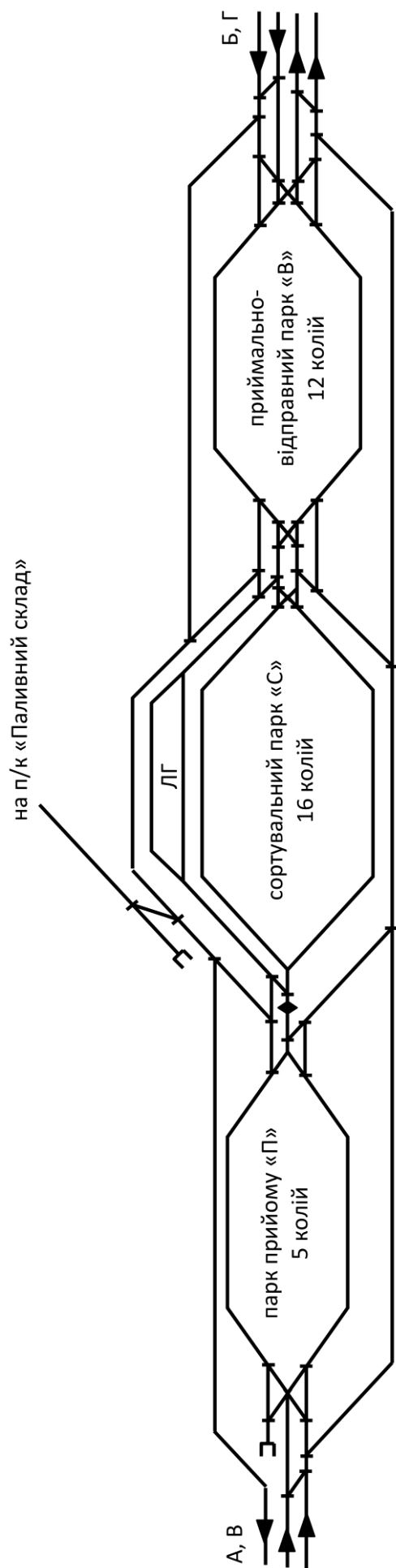


Рисунок 1.1 – Схема сортувальної станції М

2.2 Технічне оснащення станції

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

Розформування поїздів здійснюється на автоматизованій гірці середньої потужності, розташованої між парками «П» і «С». Сортивальна гірка обладнана гірковою автоматизованою централізацією блочної системи (ГАЦ) і має одну колію насуву. Вагоноуповільнювачами обладнані всі три гальмівні позиції: перші дві позиції мають по два уповільнювача типу КНП-5, а третя (паркова) гальмівна позиція – по два уповільнювача типу РНЗ-2 на кожній сортувальній колії.

Для забезпечення диспетчерського керівництва маневровою роботою й організації прийому і відправлення поїздів сортувальний комплекс обладнаний наступними засобами зв'язку:

- радіозв'язок;
- внутрішньостанційний розпорядничий прямий телефонний зв'язок;
- поїзний радіозв'язок призначений для зв'язку чергових по станції із машиністами поїзних локомотивів;
- станційний (маневровий) призначений для радіозв'язку маневрового диспетчера, чергових по гірці з машиністами маневрових локомотивів, бригадою складів, операторами станційного технологічного центру (СТЦ) і сигналістами;
- гучномовний двосторонній парковий зв'язок між черговим по станції (ДСП), маневровим диспетчером (ДСЦ), черговим по гірці (ДСПГ), сигналістами, операторами гірочних постів, регулювальниками швидкості руху вагонів, приймальниками поїздів, черговими постів централізації, операторами станційного технологічного центру, працівниками інших служб.

На території станції розташоване локомотивне господарство (ЛГ), в якому виконується технічне обслуговування та екіпірування всіх поїзних локомотивів – електровозів, що слідують у парному і непарному напрямках, а також вивізних за графіком часу між технічними оглядами. Екіпірування маневрових тепловозів також виконується на території депо.

Для пересилання документів і сортувальних листків станція обладнана пневмопоштою великого діаметру.

Посадка і висадка пасажирів виконується на двох низьких пасажирських платформах довжиною 500 м та шириною 4 м, які розташовані паралельно парку прийому «П» поряд з головними коліями I та II.

Корисна довжина найкоротших колій у парку прийому «П» і приймально-відправному парку «В» складає 850 м. Корисна довжина колій у сортувальному парку «С» коливається від 900 м до 1084 м.

На території сортувальної станції розміщені службові будинки і спорудження, положення яких вказано на плані.

2.3 Характеристика експлуатаційної роботи сортувальної станції

2.3.1 Основні операції, що виконуються на станції

Непарні вантажні транзитні поїзди з напрямків А і В прибувають на нижні крайні колії приймально-відправного парку «В», де після технічного і комерційного огляду та випробування автогальм вагонів (в складі поїзда після причеплення локомотива проводиться повне випробування автогальм вагонів, у інших випадках – скорочене) вантажні транзитні поїзди відправляються на напрямки Б і Г.

Парні вантажні транзитні поїзди з напрямків Б і Г прибувають на верхні колії приймально-відправного парку «В», де після технічного і комерційного огляду та випробування автогальм вагонів вантажні транзитні поїзди відправляються на напрямки А і В.

Поїзда у розформування з усіх напрямків прибувають для розформування на колії парку прийому «П». Після технічного і комерційного огляду та відчеплення поїзного локомотива вагони складу маневровим локомотивом насуваються в бік сортувальної гірки, де виконується їх розформування. У сортувальному парку «С» здійснюється накопичення складів наскрізних, дільничних і збірних поїздів та подач вагонів на під'їзну колію. По закінченні накопичення та формування, вагони маневровим локомотивом переставляються з сортувального парку «С» у приймально-відправний парк «В», де їх оглядають у технічному та комерційному відношенні. Після причеплення поїзного локомотива до складу та випробування автогальм ва-

гонів сформовані поїзди відправляються у відповідності за призначенням на напрямки А і В або Б і Г.

Місцеві вагони подаються на під'їзну колію підприємства «Паливний склад» у два етапи. На першому етапі маневровий локомотив витягує вагони з відповідної колії сортувального парку «С» на вільну колію парку прийому «П». На другому етапі локомотив вагонами вперед насуває маневровий состав у бік під'їзної колії. При цьому відбувається перетинання головних колій станції у одному рівні.

Після закінчення на під'їзній колії вантажних операцій з вагонами виконується їх прибирання на сортувальну станцію. З цією метою, маневровий локомотив витягує вагони з під'їзної колії на вільну колію парку прийому «П» і розформовує даний состав у сортувальний парк «С».

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

2.3.2 Характеристика маневрової роботи

Манєврова робота з формування, розформування, подачі, збирання і перестановки вагонів виконується манєвровими тепловозами серії ЧМЕ-3, що обладнані двостороннім радіозв'язком з манєвровим диспетчером.

Манєврові локомотиви спеціалізовані по манєврових районах. Локомотив № 1 працює в підсистемі розформування і виконує роботу по розформуванню вантажних поїздів.

Локомотив № 2 працює в підсистемі формування і виконує роботу по формуванню поїздів, а також здійснює подачу і збирання несправних вагонів з приймально-відправного парку «В» на колію для ремонту вагонів.

Подача і прибирання вагонів на під'їзній колії здійснюється власним локомотивом. Усі маневрові локомотиви обладнані пневматичними приводами для відчіплення від маневрового составу з кабіни машиніста.

У маневрових районах станції виконується наступна маневрова робота. У передгірковій горловині парку прийому «П» виконується насув і розпуск поїздів на гірку для розформування, заїзд гірочного локомотива під черговий состав, прибирання поїзних локомотивів з-під поїздів у ЛГ, подача на колію для ремонту вагонів, що вимагають відцепного ремонту і прибирання після ремонту. У вихідній горловині сортувального парку «С» виконується закінчення формування накопичених составів і перестановка поїздів свого формування в приймально-відправний парк «В», подача і прибирання поїзних локомотивів у ЛГ.

2.4 Аналіз недоліків сортувальної станції та постановка задачі дипломної роботи

Ефективність функціонування сортувальної станції залежить від злагодженої та безперебійної роботи її підсистем [45], працездатність яких, у свою чергу, визначається рівнем їх технічного оснащення та технологією роботи.

Збільшення розмірів руху поїздів на сортувальній станції О при існуючій технології її роботи призвело до підвищення часу знаходження вагонів у парках станції за рахунок збільшення тривалості в очікуванні виконання технологічних операцій. Цей суттєвий недолік значно знижує рівень надійності в роботі станції в цілому та скорочує її переробну спроможність.

Сортувальна гірка є обмежуючим елементом у процесі функціонування сортувальної станції. Отже, з метою підвищення ефективності роботи сортувальної станції в цілому потрібно удосконалили технологію обслуговування поїздів в парку прийому за рахунок оптимізації кількості виконавців технологічних операцій (кількість груп та бригад ПТО, кількість маневрових локомотивів тощо).

Вибір раціонального варіанту технології обслуговування поїздів на станції являє собою дуже складну задачу у зв'язку з необхідністю обліку значної кількості

різноманітних факторів по кожному варіанту. Показники функціонування станції у різних умовах експлуатації отримати можливо з використанням декількох методів, які відрізняються перевагами та недоліками.

Графічний метод моделювання роботи станції у вигляді добового плану-графіка має високий рівень інформативності і дозволяє досить швидко отримати доступ до потрібної інформації. Разом з тим даний метод має суттєві недоліки, основним з яких є значні витрати часу на побудову плану-графіка, що скорочує кількість варіантів для розгляду. Також при будові графіка не враховується випадковий характер тривалості виконання технологічних операцій, що певною мірою спотворює показники функціонування станції.

Вказаних недоліків позбавлений метод імітаційного моделювання на ПЕОМ, але для його використання потрібно мати певну підготовку та досвід у розробці комп'ютерних програм.

У цьому зв'язку для отримання показників функціонування станції у різних експлуатаційних умовах доцільно використовувати аналітичні методи, які базуються на використанні методів теорії масового обслуговування. Аналітичні методи дослідження функціонування роботи станції або її підсистем, як систем масового обслуговування, дозволяють представляти складні процеси, що проходять в них, спрощеними аналітичними залежностями. Для цього потрібно визначити певні числові характеристики вхідного потоку заявок та системи їх обслуговування.

Таким чином, у зв'язку зі збільшенням руху поїздів на напрямках, які примикають до станції, поставлена задача удосконалення технології роботи з поїздами у розформування на основі методів теорії систем масового обслуговування з метою підвищення ефективності функціонування сортувальної станції О.

3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

3.1 Добовий обсяг роботи сортувальної станції

Розрахунковий добовий обсяг роботи сортувальної станції прийнято у відповідності з даними додатку А.1 (таблиці А.1, А.2 і А.3), який поданий пасажирськими поїздопотоками (таблиця 3.1), транзитними вагонопотоками без переробки (таблиця 3.2) і транзитними вагонопотоками з переробкою (таблиця 3.3).

Таблиця 3.1 – Пасажирські поїздопотоки сортувальної станції

з	на				разом
	А	В	Г	Б	
А	-	0	7/8	4/4	11/12
В	0	-	5/7	2/4	7/11
Г	7/8	5/7	-	0	12/15
Б	4/4	2/4	0	-	6/8
разом	11/12	7/11	12/15	6/8	36/46

Примітка. У чисельнику – пасажирські, у знаменнику – приміські поїзда.

Таблиця 3.2 – Транзитні вагонопотоки без переробки

з	на				разом
	А	В	Г	Б	
А	-	119	336	303	758
В	87	-	219	244	550
Г	357	229	-	128	714
Б	258	200	138	-	596
разом	702	548	693	675	2618

Таблиця 3.3 – Транзитні вагонопотоки з переробкою

з	на					разом
	А	В	Г	Б	п/к	
А	-	58	121	232	15	426
В	65	-	112	211	14	402
Г	125	116	-	101	14	356
Б	219	196	96	-	15	526
п/к	15	14	14	15	-	58
разом	424	384	343	559	58	1768

Наведені вантажні вагонопотоки (таблиці 3.2 і 3.3) використовуються для визначення добових поїздопотоків станції, але для цього потрібно розрахувати масу та довжину вантажних поїздів.

3.2 Розрахунок маси та довжини вантажних поїздів

Розрахункова маса вантажного поїзда в основному залежить від сили тяги поїзного локомотива і від керівного ухилу на ділянці. Тому, відповідно до [65], визначимо вагу вантажного поїзда

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

де $F_{\text{кр}}$ – розрахункове значення дотичної сили тяги, 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 відповідно за формулами

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

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

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

q_0 – навантаження від осі вагона на рейку, κH .

Довжина поїзда з урахуванням довжини локомотива визначається по формулі

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

де m_c – кількість вагонів в составі;

$l_{\text{ваг}}$ – довжина вагона по осям автозчіпки, m ;

$l_{\text{лок}}$ – довжина локомотива по осям автозчіпки, m .

Кількість вагонів у складі поїзда може обмежуватися корисною довжиною приймально-відправних колій чи силою тяги локомотива. Тому прийнята кількість вагонів у складі поїзда повинна відповідати мінімальному з двох розрахованих значень

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

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

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

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

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

де Q – маса поїзда, t ;

$q_{\text{ваг}}$ – маса вагона, t .

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

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

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

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

Вихідні дані для визначення маси і довжини вантажних поїздів прийняті у відповідності з додатком А.1: серія вантажного локомотива – ВЛ-8, розрахунковий ухил на ділянках $i_p = 11,2 \text{ ‰}$, навантаження від осі вагона на рейку $q_0 = 16,25 \text{ кН}$. Згідно [65] для локомотива серії ВЛ-8 розрахункова швидкість на розрахунковому ухилі складає $V_p = 43,3 \text{ км/год}$, маса $P = 184,0 \text{ т}$ і дотична сила тяги $F_{\text{кр}} = 46500 \text{ Н}$. Виконаємо розрахунки:

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

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

$$Q = \frac{46500 - (2,90 + 11,2) \cdot 184,0}{1,44 + 11,2} = 3473,5 \text{ т, прийнято } Q = 3450 \text{ т};$$

$$m_F = \frac{3450}{65,0} = 53,1, \text{ прийнято } m_F = 53 \text{ ваг};$$

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

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

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

Таким чином, довжина вантажного поїзду не перевищує корисної довжини приймально-відправних колій і в наступних розрахунках прийнято $m_c = 53$ ваг.

Кількість вагонів в місцевих передачах прийнято 15 вагонів, а в збірних поїздах не менше ніж половина одногрупного составу.

3.3 Визначення розмірів поїздопотоків

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

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

де n – розрахунковий вагонопоток.

З урахуванням розрахункового транзитного вагонопотоку без переробки (див. табл. 3.2) визначена кількість транзитних поїздів, що обслуговує станція О.

Так, кількість транзитних поїздів з А на В буде складати

$$N_{\text{тр}}^{A-B} = \frac{119}{53} = 2,25, \text{ прийнято } N_{\text{тр}}^{A-B} = 3 \text{ поїзда.}$$

Результати розрахунку транзитного поїздопотоків для інших напрямків приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Транзитні поїздопотоки станції

з	на				разом
	А	В	Г	Б	
А	-	3	7	6	16
В	2	-	5	5	12
Г	7	5	-	3	15
Б	5	4	3	-	12
разом	14	12	15	14	55

Кількість поїздів у розформування та свого формування визначається з використанням розрахункового транзитного вагонопотоку без переробки (див. табл. 3.3). Так, з напрямку А за добу прибуває 426 вагонів, тоді кількість поїздів у розформування складатиме

$$N_{\text{розф}}^A = \frac{426}{53} = 8,1.$$

Прийнято, що з напрямку А прибуває $N_{\text{розф}}^A = 9$ поїздів, з яких 7 одногрупних і один збірний.

Результати розрахунку кількості поїздів у розформування та свого формування наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Вагонопотоки та поїздопотоки, що перероблюються

з	на					разом	у розформування	
	А	В	Г	Б	п/к		всього	в т.ч. зб.
А	-	58	121	232	15	426	9	2
В	65	-	112	211	14	402	8	1
Г	125	116	-	101	14	356	7	1
Б	219	196	96	-	15	526	10	1
п/к	15	14	14	15	-	58		
разом	424	384	343	559	58	1768		
свого формування	всього	9	8	7	11		35 / 34	
	в т.ч. зб.	2	2	2	1			

Таким чином, сортувальна станція обслуговує за добу 34 поїзда у розформування і формує 35 поїздів. При цьому обсяг транзитного поїздопотоку складає 55 поїздів на добу.

4 ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1 Технічне нормування тривалості основних операцій в парку прийому

Час заняття маршруту при прийомі поїзда в парк визначається по формулі [66]

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

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

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

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

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

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

м.

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

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

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

$l_{\text{п}}$ – довжина поїзду, *м*.

Для розрахунку тривалості операції прийому поїзда прийняті вихідні дані у відповідності з рекомендаціями [67]: $l_{\text{с}} = 300$ *м*, $l_{\text{гор}} = 350$ *м*, $l_{\text{п}} = 830$ *м* (див. п. 2.3),

$t_{\text{м}} = 0,15$ *хв*, $l'_{\text{бл}} = 1300$ *м*, $l''_{\text{бл}} = 1100$ *м*, $V = 70$ *км/год*, $V_{\text{вх}} = 40$ *км/год*.

$$L_{\text{вх}} = 300 + 350 + 830 = 1480 \text{ м},$$

$$t_{\text{пр}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1300}{70} + \frac{0,06 \cdot (1100 + 1480)}{40} = 5,1 \text{ хв}.$$

Прийнято $t_{\text{пр}} = 5$ *хв*.

Тривалість закріплення рухомого складу на коліях парку прийому або його зняття визначається за формулою [66]

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

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

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

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

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

Визначимо тривалість закріплення составів в парку станції. Згідно з додатком А.2 прийнято $l_{\text{ваг}} = 15$ м, $n_{\text{б}} = 8$ башмаків. У відповідності з рекомендаціями [67] прийнято $V_1 = 0,87$ м/с, $V_0 = 1,1$ м/с, $t_{\text{в/у}} = 5$ с.

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

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

Тривалість технічного огляду составу вантажного поїзда бригадою ПТО визначається за формулою [66]

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

де τ' – середня тривалість технічного огляду одного вагону з урахуванням нетрудомісткого безвідчіпного ремонту, хв;

$m_{\text{с}}$ – кількість вагонів в составі поїзду;

a – час підготовчо-заклучних операцій, хв.

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

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

де $N_{\text{р}}$ – добова кількість поїздів, що прибуває у розформування;

0,8 – припустимий коефіцієнт завантаження бригади ПТО.

У відповідності з рекомендаціями [66] прийнято $\tau' = 0,9$ хв, $a = 2,4$ хв. Також відомо, що $m_c = 53$ вагона (див. п. 2.3) і $N_p = 39$ поїздів (див. табл. 3.5). Виконаємо розрахунки:

$$K_{\text{гр}} = \frac{39 \cdot (0,9 \cdot 53)}{1440 \cdot 0,8} = 1,61.$$

Прийнято $K_{\text{гр}} = 2$ групи.

$$t_{\text{обр}} = \frac{0,9 \cdot 53}{2} + 2,4 = 26,3 \text{ хв.}$$

Прийнято $t_{\text{обр}} = 27$ хв.

4.2 Технічне нормування тривалості операцій по розформуванню составів на сортувальній гірці

Технологічний час на розформування поїздів на сортувальній гірці складається з тривалості заїзду гіркового локомотива в парк прибуття до составу t_3 , зняття закріплення $t_{\text{зак}}$, насуву составу на гірку $t_{\text{нас}}$, розпуску составу на сортувальній гірці t_p , осаджування составів у сортувальному парку $t_{\text{ос}}$. Схема взаємного розташування парку прийому «П» і сортувального парку «С» приведена на рисунку 4.1.

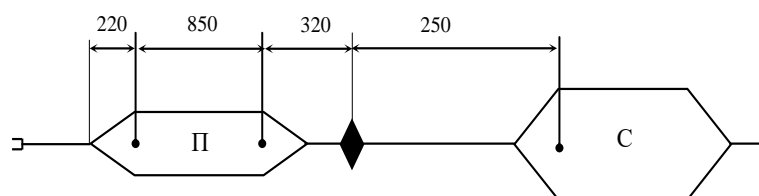


Рисунок 4.1 – Схема взаємного розташування парків «П» і «С»

Час на заїзд визначається як сума тривалості півреїсів заїзду. Тривалість маневрового півреїсу визначається за формулою [67]

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

де a, b – нормативні коефіцієнти, значення яких залежить від довжини маневрового півреїсу і визначаються по [67], хв;

m – кількість вагонів.

Довжина першого півреїса маневрового локомотива з горба гірки в локомотивний тупик (див. рис. 4.1.) складає:

$L_1 = 320 + 850 + 220 = 1390$ м, при цьому $a = 2,72$ хв.

Довжина другого піврейса з тупика під состав:

$L_2 = 220$ м, $a = 1,0$ хв.

Таким чином, тривалість заїзду локомотива під состав складає:

$t_3 = 2,72 + 1,0 = 3,72$ хв, прийнято $t_3 = 4$ хв.

Тривалість насуву составу на вершину гірки визначається за формулою [67]

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

де $l_{\text{нас}}$ – відстань насуву (див. рис. 4.1), 320 м.

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,068 \frac{320 - 60}{10} = 3,2 \text{ хв, прийнято } t_{\text{нас}} = 4 \text{ хв.}$$

Тривалість розпуску состава на гірці визначається за формулою [67]

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

де $l_{\text{ваг}}$ – довжина вагону, 15 м;

V_p – середня швидкість розпуску, м/с.

Для гірки середньої потужності значення V_p згідно з [68] складає $V_p = 1,4$ м/с.

$$t_p = \frac{15 \cdot 53}{1,40 \cdot 60} = 9,5 \text{ хв, прийнято } t_p = 10 \text{ хв.}$$

Тривалість осаджування вагонів на коліях сортувального парку визначається за формулою [67]

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

$$t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot 53 = 3,2 \text{ хв, прийнято } t_{\text{ос}} = 4 \text{ хв.}$$

Гірочний технологічний інтервал визначається за формулою

$$t_{\Gamma} = t_{\text{з}} + t_{\text{зак}} + t_{\text{н}} + t_{\text{р}} + t_{\text{ос}}, \quad (4.10)$$

$$t_{\Gamma} = 4 + 3 + 4 + 10 + 4 = 25 \text{ хв.}$$

При цьому завантаження гірочного локомотиву складає

$$\psi_{\text{лок}} = \frac{N_{\text{р}} \cdot t_{\Gamma}}{1440} = \frac{39 \cdot 25}{1440} = 0,68.$$

4.3 Технічне нормування основних операцій в сортувальному парку

В сортувальному парку «С», окрім процесу накопичення вагонів на відповідні напрямки, виконується закінчення формування збірних і групових поїздів. Згідно табл. 3.5, станція О формує 7 збірних і 31 одногрупний поїзд.

Процес закінчення формування збірних поїздів на даній станції виконується через гірку в наступному порядку. Маневровий диспетчер, після накопичення необхідної кількості вагонів, дає вказівку на проведення закінчення формування збірного поїзду. Для цього він візуально і по документах, визначає, які сортувальні колії найменш заповнені. Після цього состав збірного поїзду розпускається через гірку на наперед визначені колії відповідно до станцій призначення вагонів. Після закінчення розпуску маневровий локомотив збирає вагони з вищезгаданих колій в необхідному порядку. Таким чином, тривалість закінчення формування збірного можна визначити по формулі [67]

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

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

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

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

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

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

При заїзді локомотив проходить відстань 250 м від вихідної горловини парку прийому за граничний стовпчик сортувальної колії (див. рис. 4.1). Значення коефіціє-

єнту $a = 1,00$ хв відповідно до [67]. Час на причіпку прийнято 1 хв. Таким чином, $t_{з, п} = 1,00 + 1 = 2,0$ хв;

Тривалість витягування составу на колію парку прийому знаходиться за формулою (4.6). При середньому складі збірної поїзда 30 вагонів, довжина піврейсу витягування складає:

$$l_{\text{вит}} = 250 + 320 + 30 \cdot 15 = 1020, \quad a = 2,25 \text{ хв}, \quad b = 0,040 \text{ хв}.$$

Таким чином, $t_{\text{вит}} = 2,25 + 0,040 \cdot 30 = 3,5$ хв.

Тривалість розпуску составу збірної поїзда визначається за формулою (4.8)

$$t_p = \frac{15 \cdot 30}{1,40 \cdot 60} = 5,4 \text{ хв}.$$

Тривалість збирання груп вагонів з колій визначається за формулою [67]

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

де p – кількість колій, з яких збираються вагони;

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

Згідно рекомендацій [66] $p = 5$, $t_{зак} = 3$ хв (див. п. 3.1), тоді

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

$$T_{зф}^{зб} = 2,0 + 3 + 3,5 + 5,4 + 18,0 = 31,9 \text{ хв}.$$

Нормативний час на закінчення формування одногрупних поїздів визначається за формулою [67]

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

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

$T_{\text{підт}}$ – час, необхідний на підтягування вагонів з боку парку відправлення для усунення «вікон» на сортувальних коліях.

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

де B, E – нормативні коефіцієнти, що залежать від середньої кількості операцій по розчепленню вагонів на один состав n_0 , хв.

Значення n_0 прийнято згідно з додатком А.2 і складає $n_0 = 0,5$. При цьому у відповідності до рекомендацій [67] при $n_0 = 0,5$ $B = 1,6$ хв і $E = 0,1$ хв.

$$T_{\text{підт}} = 0,08 \cdot m, \quad (4.15)$$

$$T_{\text{пте}} = 1,6 + 0,1 \cdot 53 = 6,9 \text{ хв}, \quad T_{\text{підт}} = 0,08 \cdot 53 = 4,2 \text{ хв},$$

$$T_{\text{зф}}^{\text{од}} = 6,9 + 4,2 = 11,1 \text{ хв}.$$

4.4 Технічне нормування тривалості технологічних операцій в приймально-відправному парку

Тривалість перестановки состава з сортувального парку визначається в залежності від довжини піврейсу перестановки за формулою (4.6). Довжина піврейсу перестановки визначається відповідно до рисунка 4.2.

При перестановці состава свого формування з парку «С» в парк «В» потрібно подолати наступну відстань

$$l_{\text{пер}} = 600 + 850 = 1450 \text{ м}, \quad a = 2,89, \quad b = 0,048.$$

Тривалість перестановки состава в парк «В» складає:

$$t_{\text{пер}} = 2,89 + 0,048 \cdot 53 = 5,4 \text{ хв}, \text{ прийнято } t_{\text{пер}} = 6 \text{ хв}.$$

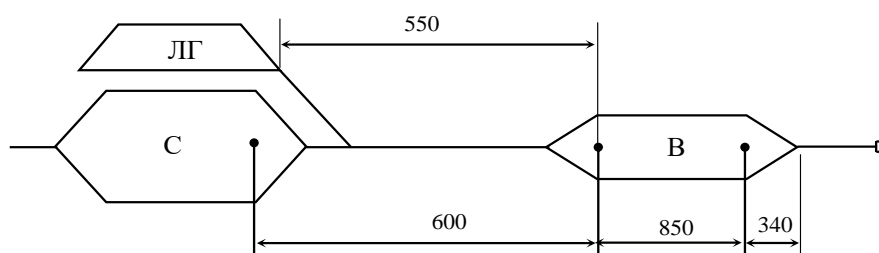


Рисунок 4.2 – Схема взаємного розташування парків «С» і «В»

Тривалість закріплення составів або його зняття $t_{\text{зак}}$ розраховується за формулою (4.3) та складає $t_{\text{зак}} = 3$ хв.

Тривалість обробки состава бригадою ПТО визначається за формулою [66]

$$t_{\text{обр}} = \frac{\tau \cdot m}{S_{\text{бр}} \cdot K_{\text{гр}}} + \alpha \cdot t_{\text{рем}} + a, \quad (4.16)$$

де α – частка составів, що вимагають трудомісткого безвідчіпного ремонту;

$t_{\text{рем}}$ – середня тривалість безвідчіпного ремонту вагонів, що припадає на один состав;

$S_{\text{бр}}$ – кількість бригад ПТО.

У відповідності з рекомендаціями [66] прийнято $\tau = 0,9$ хв, $a = 2,4$ хв, $\alpha = 0,2$, $t_{\text{рем}} = 20$ хв. У приймально-відправному парку «В» працює дві бригади ПТО, тобто $S_{\text{бр}} = 2$.

При цьому кількість груп в бригаді ПТО визначається за формулою

$$K_{\text{гр}} \geq \frac{(N_{\text{с/ф}} + N_{\text{тр}}) \cdot (\tau \cdot m_{\text{с}})}{1440 \cdot 0,75 \cdot S_{\text{бр}}}, \quad (4.17)$$

де $N_{\text{с/ф}}$ – добова кількість поїздів свого формування, $N_{\text{с/ф}} = 38$ поїздів (див. табл. 3.5);

$N_{\text{тр}}$ – добова кількість транзитних поїздів, $N_{\text{тр}} = 55$ поїздів (див. табл. 3.4);

0,75 – норма завантаження бригади ПТО.

Відомо, що $N_{\text{с/ф}} = 38$ поїздів (див. табл. 3.5), а $N_{\text{тр}} = 55$ поїздів (див. табл. 3.4).

Тоді кількість груп в бригаді ПТО складатиме:

$$K_{\text{гр}} \geq \frac{(38 + 55) \cdot (0,9 \cdot 53)}{1440 \cdot 0,75 \cdot 2} = 2,1.$$

Прийнято $K_{\text{гр}} = 3$ групи.

$$t_{\text{обр}} = \frac{0,9 \cdot 53}{3} + 0,2 \cdot 20 + 2,4 = 22,3 \text{ хв.} \quad \text{Прийнято } t_{\text{обр}} = 23 \text{ хв.}$$

Час на причіпку локомотива прийнято 2 хв.

Тривалість випробування автогальм визначається за формулою [67]

$$t_{\text{авт}} = 3,0 + 0,14 \cdot m, \quad (4.18)$$

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

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

Тривалість заняття колії при відправленні поїзда [66]

$$t_{\text{відп}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot L_{\text{вих}}}{V_{\text{вих}}}, \quad (4.19)$$

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

$V_{\text{вих}}$ – середня швидкість виходу поїзда зі станції з урахуванням розгону, згідно з [67] прийнято $V_{\text{вих}} = 35 \text{ км/год.}$

$$L_{\text{вих}} = l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (4.20)$$

де $l_{\text{гор}}$ – довжина горловини парку, приблизно складає 360 м;

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

$$L_{\text{вих}} = 360 + 830 = 1190 \text{ м}, \quad t_{\text{відп}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1190}{35} = 2,2 \text{ хв.}$$

Прийнято $t_{\text{відп}} = 3 \text{ хв.}$

Тривалість подачі та прибирання поїзних локомотивів розраховується за допомогою формули (4.6) та рис. 4.2. Причому подача та прибирання локомотивів з парної горловини парку «В» виконується за допомогою локомотивних тупиків №15 і №16.

$$L_{\text{под/приб}} = 550 + 850 + 340 = 1740 \text{ м.} \quad a = 3,43 \quad b = 0,054$$

$$t_{\text{под/приб}} = 3,43 \text{ хв.} \quad \text{Прийнято } t_{\text{под/приб}} = 4 \text{ хв.}$$

Таким чином, в даному розділі з урахуванням вимог нормативних документів розрахована тривалість виконання основних технологічних операцій з поїздами і складами на сортувальній станції.

5 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ КОЛІЙ В ПАРКАХ СТАНЦІЇ

5.1 Розрахунок необхідної кількості колій в парку прийому «П»

У парк прийому «П» прибувають поїзда у розформування з напрямків А, Б, В та Г. Колійний розвиток парку складається з 5 колій для прийому поїздів та двох головних колій, що укладені з обох сторін парку. Кількість колій, що необхідна в парку прийому визначається за формулою [66]

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

де N_p – кількість поїздів, що прибуває в розформування, $N_p = 39$ поїздів (див. табл. 3.5);

$n_{\text{оч}}^c$ – середня кількість составів, що знаходяться в парку в очікуванні і в процесі технічного огляду;

$n_{\text{оч}}^p$ – середня кількість составів, що знаходяться в парку прийому в очікуванні розформування;

Δ – параметр, що залежить від коефіцієнтів варіації інтервалів між моментами надходження составів в систему $v_{\text{вх}}$, коефіцієнта варіації тривалості обслуговування $v_{\text{об}}$ і завантаження системи ψ .

Середня кількість составів, що знаходяться в парку в очікуванні і в процесі технічного огляду визначається за формулою [66]

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

де $n_{\text{оч}}^{\text{то}}$ – середня кількість составів, що знаходяться в очікуванні технічного огляду;

$\psi_{\text{бр}}$ – завантаження бригади ПТО.

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

Враховуючи те, що час обробки состава бригадою ПТО був визначений раніше і складає $t_{\text{обр}} = 27$ хв. (див. п. 3.1), маємо

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{27 \cdot 39}{1440} = 0,73.$$

Середня кількість составів, що знаходяться в очікуванні технічного огляду, визначається за формулою [66]

$$n_{\text{оч}}^{\text{то}} = \frac{\psi_{\text{бр}} \cdot (1 + v_{\text{то}}^2) + v_{\text{вх}}^2 - 1}{2 \cdot (\psi_{\text{бр}}^{-1} - 1)} + 0,06, \quad (5.4)$$

де $v_{\text{то}}$ – коефіцієнт варіації тривалості технічного огляду составів бригадою ПТО, згідно [66] $v_{\text{то}} = 0,25$;

$v_{\text{вх}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами прибуття поїздів в парк прийому, згідно [66] $v_{\text{вх}} = 0,8$.

$$n_{\text{оч}}^{\text{то}} = \frac{0,73 \cdot (1 + 0,25^2) + 0,8^2 - 1}{2 \cdot (0,73^{-1} - 1)} + 0,06 = 0,621 \text{ поїздів},$$

$$n_{\text{оч}}^{\text{с}} = 0,621 + 0,73 = 1,351 \text{ поїздів}.$$

Середня кількість составів, що знаходяться в парку прийому в очікуванні розформовування визначається за формулою [66]

$$n_{\text{оч}}^{\text{р}} = \frac{\psi_{\text{г}} \cdot (1 + v_{\text{г}}^2) + v_{\text{вх.г}}^2 - 1}{2 \cdot (\psi_{\text{г}}^{-1} - 1)} + 0,09, \quad (5.5)$$

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

$v_{\text{г}}$ – коефіцієнт варіації гіркового інтервалу, згідно [66] $v_{\text{г}} = 0,4$;

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

Коефіцієнт завантаження сортувальної гірки визначається за формулою

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

$$\psi_{\text{г}} = \frac{39 \cdot 20}{1440} = 0,54.$$

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

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

$$v_{\text{вх.Г}} = 0,8 - 0,5 \cdot (0,8 - 0,25) \cdot 0,54^{2 \cdot 0,8} = 0,697 .$$

$$n_{\text{оч}}^p = \frac{0,54 \cdot (1 + 0,4^2) + 0,697^2 - 1}{2 \cdot (0,54^{-1} - 1)} + 0,09 = 0,156 \text{ поїздів.}$$

Згідно [66] $\Delta = 0,27$. Тоді кількість колій в парку прийому складає

$$Z_{\text{П}} = 0,01 \cdot 39 + 1,351 + 0,156 + 2 \cdot \sqrt{1,351^2 + (0,156 + 0,27)^2} = 5,7 .$$

Таким чином, потрібна кількість колій в парку «П» з урахуванням додаткової ходової колії складає $Z_{\text{П}} = 7$ колій, що не задовольняє існуючій кількості колій ($Z_{\text{П}}^{\text{існ}} = 5$). У цьому зв'язку є необхідність виконання реконструкції колійного розвитку парку прибуття або удосконалення технології роботи з поїздами у розформування з метою скорочення тривалості виконання най триваліших технологічних операцій

5.2 Розрахунок необхідної кількості колій в сортувальному парку «С»

В сортувальному парку «С» виконується накопичення вагонів по призначенням плану формування. Необхідна кількість колій в сортувальному парку визначається по кількості призначень плану формування поїздів і по кількості вагонів на ці призначення. Якщо на даний напрямок за добу надходить більше 200 вагонів, то для цього напрямку необхідно виділити дві сортувальні колії, якщо менше – одну. Добовий вагонопотік по призначенням плану формування прийнято у відповідності з додатком А.1 (див. таблицю А.4). Результати розрахунку кількості сортувальних колій в парку «С» наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок кількості колій в сортувальному парку «С»

№	призначення	вагонопотік	кількість колій
1	наскрізні на А1	149	1
2	наскрізні на А2	136	1
3	дільничні на А	76	1
4	збірні на А	63	1
5	наскрізні на В	154	1
6	дільничні на В	173	1
7	збірні на В	57	1
8	наскрізні на Г	130	1
9	дільничні на Г	144	1
10	збірні на Г	69	1
11	наскрізні на Б1	190	1
12	наскрізні на Б2	173	1
13	дільничні на Б	157	1
14	збірні на Б	39	1
15	місцеві	58	1
16	для несправних вагонів	-	1
всього			16

Таким чином, в сортувальному парку «С» потрібно мати 16 колій, що задовольняє існуючій кількості колій.

5.3 Розрахунок необхідної кількості колій в приймально-відправному парку «В»

В приймально-відправний парк «В», прибувають для обслуговування транзитні вантажні поїзди з напрямків А, В, Г та Б, а також виставляються состави свого формування з сортувального парку «С».

Необхідна кількість колій в приймально-відправному парку визначається за формулою [66]:

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

де $N_{\text{с/ф}}$ – кількість поїздів свого формування, згідно з табл. 3.5
 $N_{\text{с/ф}} = 38$ поїздів;

$N_{\text{тр}}$ – кількість транзитних поїздів, згідно з табл. 3.4 $N_{\text{тр}} = 55$ поїздів;

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

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

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

$n_{\text{с}}^{\text{обр}}$ – середня кількість составів в очікуванні обробки.

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

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

$v_{\text{вх}}$ – коефіцієнт варіації вхідного потоку, згідно [66] $v_{\text{вх}} = 0,9$;

$v_{\text{обр}}$ – коефіцієнт варіації тривалості обробки состава, згідно [66] $v_{\text{обр}} = 0,3$;

S – кількість бригад ПТО.

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО, що працює в парку «В»

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{t_{\text{обр}} \cdot (N_{\text{тр}} + N_{\text{сф}})}{1440 \cdot S}, \quad (5.10)$$

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{23 \cdot (55 + 38)}{1440 \cdot 2} = 0,74.$$

Середня кількість составів в очікуванні обробки в парку «В»

$$n_c^{\text{обр}} = \left(\frac{0,74^3(0,9^2 + 0,3^2)}{1 - 0,74^2} - 0,74 \cdot (1 - 0,9^2) + 0,06 \right) + 2 \cdot 0,74 = 2,206 \text{ поїздів.}$$

Середня кількість составів, що знаходяться в очікуванні причіпки локомотива визначається за формулою [66]

$$n_{\text{оч}}^{\text{л}} = (1,16 \cdot v_{\text{гот}} + 0,81 \cdot v_{\text{л}}^2 - 0,29) + (2,58 \cdot v_{\text{гот}}^2 + 3,23 \cdot v_{\text{л}}^2 + 0,75)(\psi_{\text{л}} - 0,7), \quad (5.11)$$

де $v_{\text{гот}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами завершення технічного огляду составів, що відправляються на дані ділянки, згідно [66] $v_{\text{гот}} = 0,6$;

$\psi_{\text{л}}$ – коефіцієнт завантаження локомотивів, згідно [66] $\psi_{\text{л}} = 0,75$;

$v_{\text{л}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами готовності локомотивів для подачі їх до составів поїздів, згідно з [66] $v_{\text{л}} = 0,6$.

$$n_{\text{оч}}^{\text{л}} = (1,16 \cdot 0,6 + 0,81 \cdot 0,6^2 - 0,29) + (2,58 \cdot 0,6^2 + 3,23 \cdot 0,6^2 + 0,75)(0,75 - 0,7) = 0,840 \text{ поїздів.}$$

Середня кількість поїздів в очікуванні відправлення визначається за формулою [66]

$$n_{\text{оч}}^{\text{від}} = \frac{\psi_{\text{діл}} \cdot (1 + v_{\text{від}}^2) + (v'_{\text{гот}})^2 - 1}{2 \cdot (\psi_{\text{діл}}^{-1} - 1)} + 0,06, \quad (5.12)$$

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

$v_{\text{від}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між розкладами відправлення поїздів по графіку, згідно [66] $v_{\text{від}} = 0,7$;

$v'_{\text{гот}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами фактичної причіпки локомотивів до поїздів, що відправляються.

$$v'_{\text{гот}} = v_{\text{гот}} - 0,5 \cdot (v_{\text{гот}} - v_{\text{лок}}) \cdot \psi_{\text{лок}}^{2 \cdot v_{\text{гот}}}. \quad (5.13)$$

Для всіх напрямків маємо

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

Коефіцієнт завантаження ділянки визначається за формулою [66]

$$\Psi_{\text{діл}} = \frac{(N_{\text{тр}} + N_{\text{сф}} + N_{\text{пас}})}{n}, \quad (5.14)$$

де n – наявна пропускна спроможність ділянки, залежить від потрібної пропускної спроможності, що визначається за формулою [69]

$$N_{\Pi} = \alpha(N_{\text{вант}} + N_{\text{пас}} \cdot \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}}(\varepsilon_{\text{зб}} - 1)), \quad (5.15)$$

де α – коефіцієнт резерву пропускної спроможності, згідно [69] $\alpha = 1,2$;

$N_{\text{вант}}$ – 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 з'йому вантажних поїздів пасажирськими, $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,5$;

$\varepsilon_{\text{зб}}$ – коефіцієнт з'йому вантажних поїздів збірними, $\varepsilon_{\text{зб}} = 2,0$;

Для напрямку А у відповідності з табл. 3.1, 3.4 і 3.5 $N_{\text{вант}} = 25$ поїздів, $N_{\text{пас}} = 23$ поїздів, $N_{\text{зб}} = 2$ поїзда, $N_{\text{тр}} = 16$ поїздів, $N_{\text{сф}} = 9$ поїздів.

$$N_{\Pi} = 1,2 \cdot (25 + 23 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) = 73,8 \text{ пар поїздів.}$$

Прийнято $N_{\Pi} = 74$ пари поїздів. Згідно з [69] при $N_{\Pi} = 74$ пар поїздів $n = 100$ пар поїздів.

$$\Psi_{\text{діл}} = \frac{(16 + 9 + 23)}{100} = 0,48$$

$$n_{\text{оч}}^{\text{від}} = \frac{0,48 \cdot (1 + 0,7^2) + 0,6^2 - 1}{2 \cdot (0,48^{-1} - 1)} + 0,06 = 0,09$$

Результати розрахунку потрібної та наявної спроможності, а також коефіцієнту завантаження дільниці наведені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок потрібної та наявної спроможностей

показник	напрямок			
	А	В	Г	Б
$N_{\text{вант}}$, поїздів	25	20	23	25
$N_{\text{пас}}$, поїздів	23	18	27	14
$N_{\text{зб}}$, поїздів	2	2	2	1
$N_{\text{п}}$, пар поїздів	74	59	79	57
n , пар поїздів	100	100	100	100
$N_{\text{тр}}$, поїздів	16	12	15	14
$N_{\text{сф}}$, поїздів	9	8	7	11
$\Psi_{\text{діл}}$	0,48	0,38	0,49	0,39
$n_{\text{оч}}^{\text{від}}$, составів	0,09	0,04	0,10	0,04

З урахуванням розрахованих параметрів роботи діляниць визначимо розрахункову кількість колій в приймально-відправному парку «В» (див. таблицю 4.3).

Таблиця 5.3 – Розрахунок числа колій в парку «В»

параметри		значення
$N_{\text{тр}}$, поїздів		55
$N_{\text{сф}}$, поїздів		39
$n_{\text{с}}^{\text{обр}}$, составів		2,206
$n_{\text{оч}}^{\text{л}}$, составів		0,840
$n_{\text{оч}}^{\text{від}}$, составів	А	0,09
	В	0,04
	Г	0,10
	Б	0,04
$Z_{\text{в}}$, колій		8,95

Таким чином, потрібна кількість колій в парку «В» складає 9 колій, що задовольняє існуючій кількості колій.

6 РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

6.1 Аналіз параметрів існуючої сортувальної гірки

Розформування составів вантажних поїздів виконується на сортувальній гірці середньої потужності (ГСП). Крім того, на гірці виконується також закінчення формування збірних поїздів, що відправляються на прилягаючі перегони. Колійний розвиток сортувального парку «С» складається з 16 колій, що об'єднані у два пучки по 8 колій. Висота існуючої гірки згідно додатка А.3 складає 2,956 м. Гальмування відчепів при розпуску здійснюється на трьох гальмових позиціях (ГП), обладнаних вагонними уповільнювачами (див. додаток А.3):

- перед першою розділовою стрілкою на спускній частині гірки розташована ГП1, що обладнана двома уповільнювачами типу КНП-5;
- перед пучковими розділовими стрілками розташована ГП2 (пучкова), що обладнана двома сповільнювачами типу КНП-5;
- паркова гальмова позиція (ППП), розташована безпосередньо на кожній сортувальній колії за круговими кривими, обладнана двома уповільнювачами типу РНЗ-2.

У гірочній горловині укладені симетричні стрілочні переводи марки 1/6, що відповідає нормам [68]. Також гірочна горловина обладнана однією колією насуву. Міжколійні між сортувальними коліями складають 5,30 м, а між пучками – 6,50 м. Радіуси, що спрягають колії, не менше 150 м.

6.2 Розрахунок висоти сортувальної гірки

Розрахунок висоти гірки H_r виконується для розрахункової «важкої» колії, у якості якої прийнята колія №11, оскільки від вершини гірки до цієї колії розташовано 5 стрілочних переводів і сума кутів повороту всіх кривих є найбільшою. Суміжною колією є колія №12. Для розрахунку втрат енергетичних висот розрахункового бігуна побудовано розгорнутий план «важкої» колії №11 (дивись рисунок 6.1).






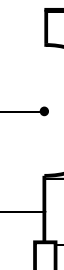



Контрольні точки			Схема розгорнутого плану	Елементи плану		
Назва	S, м	Прив'язка, м		Назва	Довжина, м	S, м
УВГ	0,00					0,00
A	30,00	30,00			50,00	
B	48,00	48,00				50,00
C	78,83	2,88		ГП1 2 x КНП-5	25,95	75,95
		2,88			5,76	81,71
D	107,69	8,47		СП №301	17,51	99,22
		2,00		КР 1	10,47	109,69
					1,50	111,19
E	140,02	2,88		ГП2 2 x КНП-5	25,95	137,14
		2,88			5,76	142,90
				СП №303	17,51	160,41
				КР 2	7,97	168,38
				СП №305	17,51	185,89
					0,01	185,90
				КР 3	5,24	191,14
					0,01	191,15
				СП №309	17,51	208,66
					6,46	215,12
				СП №315	17,51	232,63
					5,85	238,48
ГС	252,07			КР 4	54,92	293,40
F	295,40	2,00			4,00	297,40
		2,00		ПГП 2 x РНЗ-2	9,85	307,25
G	309,25	2,00			50,00	
		48,00				
РТ	357,25					357,25
				ИТОГО	357,25	

Рисунок 6.1 – Розгорнутий план «важкої» колії №11

При розрахунку H_r весь шлях скочування відчепу з гірки розділено на чотири розрахункових ділянки, які характеризуються розрахунковою швидкістю скочування (таблиця 6.1), прийнятою згідно з [68].

Таблиця 6.1 – Середні швидкості скочування відчепів на ділянках

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

Параметри кожної розрахункової ділянки (довжина, число стрілочних переводів и сума кутів повороту) приведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Параметри розрахункових ділянок

розрахункова ділянка	довжина L , м	число стрілочних переводів n , шт	сума кутів повороту α , град.
1	48,00	0	0,000
2	85,16	2	14,310
3	184,88	3	36,931
4	57,92	0	0,000

Висота є одним з головних параметрів сортувальної гірки і визначається за формулою [68]

$$H_p = 1,75 \cdot (h_{\text{осн}} + h_{\text{ск}} + h_{\text{св}}) + h_{\text{сн}} - h_0, \quad (6.1)$$

де $h_{\text{осн}}$ – 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 та інею, м.е.в.;

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

На кожній розрахунковій ділянці визначаються величини сил опору. Розрахунок втрат енергетичних висот при визначенні H_r виконується для розрахункового бігуна. Відповідно до [68] за розрахунковий бігун прийнятий критий 4-вісний вагон на роликових підшипниках вагою $Q = 25 \text{ т}$ і основним питомим опором руху $w_0 = 1,75 \text{ Г/кН}$.

Дані метеорологічних умов прийняті згідно вихідним даним у додатку А.3 і наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Метеорологічні умови проектування

параметри	позначення	значення
середня швидкість вітру, m/c	V_B	4,20
розрахункова температура повітря, $^{\circ}C$	t	-22

Питома робота основних сил опору руху визначається за формулою [68]

$$h_{\text{осн}} = w_0 \cdot L_p \cdot 10^{-3}, \quad (6.2)$$

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

L_p – розрахункова довжина маршруту від УВГ до РТ.

Питома робота сил опору руху від стрілок і кривих визначається за формулою [68]

$$h_{\text{ск}} = (0,56n + 0,23\sum\varphi) \cdot \bar{V}^2 \cdot 10^{-3}, \quad (6.3)$$

де n – число стрілочних переводів на маршруті скочування;

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

\bar{V} – середня швидкість скочування відчепів на ділянці, m/c .

Питома робота сил опору руху від середовища і вітру на маршруті скочування визначається за формулою [68]

$$h_{\text{св}} = \sum_{i=1}^k w_{\text{св}_i} \cdot L_i \cdot 10^{-3}, \quad (6.4)$$

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

L_i – розрахункова довжина i -ої ділянки, m .

$$w_{\text{св}} = K_{\text{св}} \cdot C_x \cdot V_p^2, \quad (6.5)$$

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

C_x – коефіцієнт повітряного опору вагона, згідно [68] $C_x = 1,12$;

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

$$K_{bc} = \frac{17,8 \cdot S}{(273 + t^\circ) \cdot Q}, \quad (6.6)$$

де S – площа поперечного перерізу вагона, згідно [68] $S = 9,7 \text{ м}^2$;

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

Q – вага розрахункового відчепу, $кН$.

$$h_{оч} = 1,75 \cdot 357,25 \cdot 10^{-3} = 0,625 \text{ м.е.в.};$$

$$K_{bc} = \frac{17,8 \cdot 9,7}{(273 + (-22)) \cdot 25} = 0,0275.$$

Результати розрахунку питомих робіт сил опору руху від стрілок і кривих та від середовища і вітру наведені в таблицях 6.4 і 6.5 відповідно.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунку опору від стрілок і кривих

ділянки	$L, \text{ м}$	$\Sigma\phi, \text{ град}$		$n, \text{ шт.}$	$V_i, \text{ м/с}$	$h_{ск}, \text{ м.е.в.}$	
		№11	№12			№11	№12
1	50,00	0,00		0	4,00	0,00	
2	61,19	7,73		1	5,00	0,058	
3	186,21	43,69	37,19	4,00		0,197	0,173
4	59,85	0,00		0	2,00	0,000	0,000
всього	357,25					0,255	0,231

Таблиця 6.5 – Результати розрахунку опору від середовища і вітру

ділянки	$L, \text{ м}$	$V, \text{ м/с}$	$V_p, \text{ м/с}$	$w_{св}, \text{ Н/кН}$	$h_{св}, \text{ м.е.в.}$
1	50,00	4,0	8,20	2,07	0,104
2	61,19	5,0	9,20	2,61	0,160
3	186,21	4,0	8,20	2,07	0,385
4	59,85	2,0	6,20	1,18	0,071
всього	357,25				0,720

Питома робота сил опору руху від снігу й інею розраховується за формулою [68]

$$h_{\text{сн}} = w_{\text{сн}} \cdot L_{\text{сн}} \cdot 10^{-3}, \quad (6.7)$$

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

$L_{\text{сн}}$ – довжина ділянки колії, на якій розглядається дія сил опору снігу й інею, м.

Значення $w_{\text{сн}}$ залежить від температури навколишнього повітря, яка складає $t^{\circ} = -22^{\circ}\text{C}$ (див. додаток А.3), і згідно [68] $w_{\text{сн}} = 0,34 H/\kappa H$. Опір від снігу й інею розраховується для зимових умов у межах стрілочної зони і на сортувальних коліях, тобто на ділянці від кінця ГП2 до РТ.

Таким чином, $L_{\text{сн}} = 186,21 + 59,85 - 25,95 = 220,11 \text{ м}$.

$$h_{\text{сн}} = 0,34 \cdot 220,11 \cdot 10^{-3} = 0,075 \text{ м.е.в.}$$

Енергетична висота, що відповідає початковій швидкості розпуску розраховується за формулою [68]

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2 \cdot g'}, \quad (6.8)$$

де V_0 – початкова швидкість розпуску, згідно [68] для ГСП $V_0 = 1,40 \text{ м/с}$;

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

$$g' = \frac{g}{1 + \frac{0,42 \cdot n_{\text{ос}}}{Q}}, \quad (6.9)$$

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

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

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{25}} = 9,19 \text{ м/с}^2, \quad h_0 = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,19} = 0,107 \text{ м.е.в.}$$

$$H_r = 1,75 \cdot (0,625 + 0,255 + 0,720) + 0,075 - 0,107 = 2,768 \text{ м.е.в.}$$

Розрахункова висота гірки складає $H_r = 2,768$ м, а висота існуючої гірки – $H_{існ} = 2,956$ м. Оскільки $H_r < H_{існ}$, то сортувальна гірка забезпечує докочування розрахункового бігуна до розрахункової точки. Параметри поздовжнього профілю існуючої сортувальної гірки прийнято згідно вихідних даних у додатку А.3 (таблиця А.6) і наведені у таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Поздовжній профіль сортувальної гірки

назва елемента профілю	довжина елемента L , м	ухил i , ‰
СК	48,00	0,6
ПГП	13,85	1,5
СЗ	155,38	2,0
ГП2	32,33	7,0
ПР	28,86	10,0
ГП1	30,83	12,0
ШВ1	18,00	20,0
ШВ2	30,00	45,0

6.3 Аналіз поздовжнього профілю сортувальної гірки

Аналіз конструкції поздовжнього профілю спускної частини сортувальної гірки не виявив відхилень від встановлених [68] нормативів. Слід зазначити, що якість поздовжнього профілю існуючої гірки залежить не тільки від відповідності нормативам, але й від профільної висоти головної ділянки.

Профільна висота головної ділянки – це різниця між відмітками вершини сортувальної гірки та початком ГП1. Профільна висота головної ділянки розраховується виходячи з максимально допустимої швидкості входу дуже хорошого відчепу на першу гальмівну позицію за формулою [68]

$$h_{\max} = \frac{(V_{\max})^2 - (V_0^{\max})^2}{2 \cdot g'} + h_{\text{осн}} + h_{\text{ск}}, \quad (6.10)$$

де V_{\max} – максимально допустима швидкість входу хорошого відчепу на ГП1, м/с.

V_0^{\max} – максимальна початкова швидкість розпуску, $V_0^{\max} = 2,5$ м/с.

Для уповільнювачів типу КНП-5 $V_{\max} = 7$ м/с. Значення $h_{\text{осн}}$ та $h_{\text{ск}}$ розраховуються тільки на головній ділянці – відстані між вершиною гірки та початком ГП1. Відповідно до рис. 6.1 ця відстань складає 50,0 м.

Середню питому роботу основних сил опору можна розрахувати за формулою (6.2), де значення w_0 для дуже хорошого бігуна складає 0,5 Г/кН

$$h_{\text{осн}} = 0,5 \cdot 50,0 \cdot 10^{-3} = 0,025 \text{ м.е.в.}$$

Середню питому роботу сил опору від стрілок та кривих можна розрахувати за формулою (6.3), де значення \bar{V} дорівнюється середній швидкості руху відчепу на головній ділянці

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

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

Значення g' для дуже хорошого бігуна складає 9,62 м/с². Отже маємо:

$$h_{\max} = \frac{7,0^2 - 2,5^2}{2 \cdot 9,62} + 0,025 = 2,247 \text{ м.е.в.}$$

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

$$h_{\text{гол}} = (i_{\text{шв2}} \cdot l_{\text{шв2}} + i_{\text{шв1}} \cdot l_{\text{шв1}} + i_{\text{гп1}} \cdot l') \cdot 10^{-3}, \quad (6.11)$$

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

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

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

Користуючись розгорнутим планом (рис. 6.1) та поздовжнім профілем сортувальної гірки (табл. 6.6) виконаємо розрахунок

$$h_{\text{гол}} = (45,0 \cdot 30,0 + 20,0 \cdot 18,0 + 12,0 \cdot 2,0) \cdot 10^{-3} = 1,734 \text{ м.е.в.}$$

Розраховані значення профільної висоти головної ділянки повинні відповідати умові $h_{\max} \geq h_{\text{гол}}$. Якщо $h_{\max} < h_{\text{гол}}$, то порушується умова щодо максимальної швидкості входу відчепу на ГП1.

У зв'язку з тим, що параметри елементів поздовжнього профілю існуючої сортувальної гірки, а також профільна висота головної ділянки не перевищують нор-

мативних значень, можна стверджувати, що поздовжній профіль гірки відповідає висунутим нормативам проектування сортувальних пристроїв.

6.4 Розрахунок втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів

Перевірка працездатності сортувальної гірки виконується графоаналітичним моделюванням процесу скочування розрахункової групи відчепів з гірки. План і профіль гірки повинні забезпечувати розподіл даної групи відчепів на стрілочних переводах (СП), уповільнювачах і граничному стовпчику (ГС).

Розрахунковою групою відчепів для ГСП згідно [68] приймається поєднання ДП-Х-ДП, де ДП – дуже поганий бігун, Х – хороший бігун. При цьому бігун ДП скочується на «важку» колію №11, а бігун Х – на суміжну з нею колію №12. Характеристика розрахункових бігунів згідно [68] приведена в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Характеристика розрахункових бігунів

тип	род	число осей n_{oc}	вага Q, t	$w_0, H/\kappa H$	довжина вагона l_B, m	база вагона b, m	S, m^2	$g', m/c^2$	K_{BC}
ДП	пв	4	22	4,5	13,92	10,5	8,5	9,11	0,0263
Х	пв	4	70	0,8	13,92	10,5	8,5	9,58	0,0083

Результати розрахунку втрат енергетичних висот для бігунів ДП і Х зведені в таблицях 6.8 и 6.9 відповідно.

Таблиця 6.8 – Втрати енергетичної висоти бігуна ДП

ділянка	параметри		параметри розрахункового бігуна ДП								
			$K_{BC} = 0,0274 \ C_x = 1,755$								
	L, m	$V, m/c$	$V_B, m/c$	$w_0, H/\kappa H$	$V_P, m/c$	$w_{CB}, H/\kappa H$	втрати енергетичної висоти, $m.e.v.$				
							$h_{оч}$	h_{CK}	h_{CB}	h_w	H_w
1	50,00	4,0	4,20	4,5	8,20	3,23	0,225	0,000	0,162	0,387	0,387
2	61,19	5,0	4,20	4,5	9,20	4,07	0,275	0,058	0,249	0,582	0,969
3	186,21	4,0	4,20	4,5	8,20	3,23	0,838	0,197	0,601	1,636	2,605
4	59,85	2,0	4,20	4,5	6,20	1,85	0,269	0,000	0,111	0,380	2,985

Таблиця 6.9 – Втрати енергетичної висоти бігуна X

ділянка	параметри		параметри розрахункового бігуна X								
			$K_{BC} = 0,0086 \ C_X = 1,755$								
	$L, м$	$V, м/с$	$V_B, м/с$	$w_0, H/кН$	$V_p, м/с$	$w_{CB}, H/кН$	втрати енергетичної висоти, <i>м.е.в.</i>				
							h_{OCH}	h_{CK}	h_{CB}	h_w	H_w
1	50,00	4,0	4,20	0,8	8,20	1,01	0,040	0,000	0,051	0,091	0,091
2	61,19	5,0	4,20	0,8	9,20	1,28	0,049	0,058	0,078	0,185	0,276
3	186,21	4,0	4,20	0,8	8,20	1,01	0,149	0,173	0,188	0,510	0,786
4	59,85	2,0	4,20	0,8	6,20	0,58	0,048	0,000	0,035	0,083	0,869

З табл. 6.9 видно, що бігун X у кінці маршруту скочування втрачає в цілому 0,869 *м.е.в.*, тобто він має ще запас енергії, що відповідає деякій швидкості, яка перевищує встановлену [70] припустиму швидкість співударяння вагонів $V_{доп} = 5 \text{ км/год}$ ($V_{доп} = 1,39 \text{ м/с}$). У цьому зв'язку необхідно виконати гальмування бігуна X на гальмових позиціях. Гальмування виконується таким чином, щоб зрівняти швидкості бігунів ДП і X на розрахункових ділянках. При цьому варто враховувати максимальну потужність гальмівних позицій.

6.5 Розрахунок швидкості і часу скочування розрахункових бігунів

Визначити швидкість відчепу в будь-якій точці по маршруту скочування можливо за формулою [68]

$$V_i = \sqrt{2 \cdot g' \cdot h_i}, \quad (6.12)$$

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 зведені в таблиці 6.10.

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

$$t_{i,i+1} = \frac{2 \cdot \Delta S_{i,i+1}}{V_i + V_{i,i+1}}. \quad (6.13)$$

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

$$T_j = \sum_{i=1}^j t_i . \quad (6.14)$$

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

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot 9,11 \cdot 0,108} = 1,40 \text{ м/с}, \quad V_2 = \sqrt{2 \cdot 9,11 \cdot 0,667} = 3,49 \text{ м/с}.$$

$$\Delta S_{1,2} = 15 - 0 = 15 \text{ м}.$$

$$t_{1,2} = \frac{2 \cdot 15}{1,40 + 3,49} = 6,14 \text{ с}.$$

$$T_1 = 0 \text{ с}, \quad T_2 = T_1 + t_{1,2} = 0 + 6,14 = 6,14 \text{ с}.$$

Аналогічним чином визначаються значення V_i , $t_{i,i+1}$ і T_i для розрахункових бігунів у інших точках. Результати розрахунку наведені в таблиці 6.10.

Інтервал між відчепами на вершині гірки визначається за формулою

$$I_0 = \frac{l_{\text{ваг}}^1 + l_{\text{ваг}}^2}{V_0}, \quad (6.15)$$

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

$$I_0 = \frac{13,92 + 13,92}{1,40} = 9,94 \text{ с}.$$

Таблиця 6.10 – Розрахунок швидкості і часу скочування відчепів

№ точки	Название	S, м	ΔS , м	Yh, мм		h, м.э.в.		V, м/с		tx, с		Tx, с	
				ДП	Х	ДП	Х	ДП	Х	ДП	Х	ДП	Х
1	УВГ	0,00		5,4	5,1	0,108	0,102	1,40	1,40			0,00	0,00
			15,00							6,14	5,78		
2	-	15,00		33,4	37,5	0,667	0,750	3,49	3,79			6,14	5,78
			15,00							3,65	3,35		
3	-	30,00		61,3	69,9	1,226	1,397	4,73	5,17			9,79	9,13
			14,25							2,91	2,64		
4	вх. УПОВ ГП1	44,25		70,0	82,8	1,401	1,656	5,05	5,63			12,70	11,77
			23,98							4,67	4,34		
5	вих. УПОВ ГП1	68,23		75,0	76,6	1,500	1,533	5,23	5,42			17,37	16,11
			2,97							0,57	0,55		
6	вх. СП 301	71,20		75,4	75,6	1,508	1,513	5,24	5,38			17,94	16,66
			10,00							1,90	1,88		
7	вих. ГП1	81,20		76,4	72,0	1,528	1,441	5,28	5,25			19,84	18,54
			11,88							2,25	2,23		
8	вих. СП 301	93,08		76,7	76,2	1,534	1,523	5,29	5,40			22,09	20,77
			12,36							2,34	2,26		
9	вх. УПОВ ГП2	105,44		77,0	80,5	1,540	1,610	5,30	5,55			24,42	23,02
			23,98							4,56	4,61		
10	вих. УПОВ ГП2	129,42		75,0	61,5	1,500	1,231	5,23	4,86			28,98	27,63
			2,97							0,57	0,62		
11	вх. СП 303	132,39		74,7	59,1	1,494	1,182	5,22	4,76			29,55	28,25
			10,00							1,93	2,19		
12	вих. ГП2	142,39		73,2	50,2	1,464	1,005	5,17	4,39			31,48	30,43
			11,88							2,33	2,71		
13	вих. СП 303	154,27		69,2	49,8	1,384	0,996	5,02	4,37			33,81	33,15
			15,73							3,20	3,61		
14	-	170,00		63,9	49,2	1,277	0,984	4,82	4,34			37,00	36,76
			10,64							2,24	2,46		
15	вх. СП 309	180,64		60,3	48,8	1,205	0,976	4,69	4,33			39,24	39,22
			21,88							4,82	5,08		
16	вих. СП 309	202,52		52,8	48,0	1,056	0,960	4,39	4,29			44,06	44,30
			2,09							0,48	0,49		
17	вх. СП 315	204,61		52,1	47,9	1,042	0,959	4,36	4,29			44,54	44,78
			21,88							5,21	5,13		
18	вих. СП 315	226,49		44,7	47,1	0,894	0,943	4,04	4,25			49,76	49,91
			18,62							4,79	4,40		
19	вх. ГС	245,11		38,4	46,4	0,767	0,929	3,74	4,22			54,55	54,31
			13,92							3,84	3,31		
20	вих. ГС	259,03		33,7	45,9	0,673	0,919	3,50	4,20			58,39	57,62
			33,12							10,42	7,95		
21	вх. ПГП	292,15		22,4	44,7	0,448	0,894	2,86	4,14			68,81	65,56
			20,35							7,64	7,11		
22	вих. ПГП	312,50		16,8	6,6	0,335	0,131	2,47	1,59			76,44	72,67
			17,50							7,71	11,30		
23	-	330,00		11,7	6,0	0,235	0,119	2,07	1,51			84,15	83,97
			27,25							16,71	18,73		
24	РТ	357,25		3,9	5,1	0,078	0,102	1,19	1,40			100,86	102,70

6.6 Розрахунок інтервалів між відчепами на розділових елементах

Однією з головних умов якості запроєктованої гірки є розділення відчепів на розділових елементах. До розділових елементів відносяться уповільнювачі гальмівних позицій, стрілочні переводи, що розділяють маршрути скочування, а також граничні стовпчики.

При проходженні відчепів на різні колії сортувального парку необхідно здійснювати перевід розділових елементів з одного положення в інше, що займає якийсь час. Для цього між відчепами, що слідують друг за другом, необхідно витримувати деяку відстань (дивись рисунок 6.2).

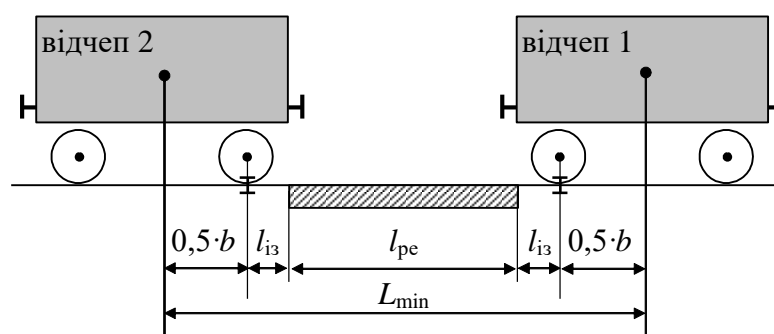


Рисунок 6.2 – Відстань між відчепами на розділовому елементі

Мінімальна відстань L_{min} між суміжними відчепами відповідно до рис. 6.2 визначається за формулою

$$L_{min} = b + 2 \cdot l_{из} + l_{ре}, \quad (6.16)$$

де $l_{из}$ – довжина ізолюваного ділянки розділового елемента, м;

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

b – база вагона, м.

Для розділового елемента «граничний стовпчик» час на перевід його з одного стану в інше не потрібно, тому відстань між суміжними відчепами на граничному стовпчику визначається як

$$L_{min} = 0,5 \cdot l_{ваг}^1 + 0,5 \cdot l_{ваг}^2. \quad (6.17)$$

Координати входу $S_{вх}$ і виходу $S_{вих}$ з розділових елементів вказані в табл. 6.10.

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

$$\delta t = I_0 + T_{\text{вх}2} - T_{\text{вих}1}, \quad (6.18)$$

де $T_{\text{вх}2}$ – момент входу другого відчепа на розділювальний елемент, с;

$T_{\text{вих}1}$ – момент виходу першого відчепа с розділювального елементу, с.

Інтервал часу δt має обмеження знизу, тобто $\delta t \geq \delta t_{\min}$. Значення δt_{\min} для різних розділових елементів представлені в таблиці 6.11.

Таблиця 6.11 – Значення інтервалів δt_{\min}

розділювальний елемент	$\delta t_{\min}, c$	
	ДП ₁ -Х ₂	Х 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 на розділових елементах приведені в таблиці 6.12.

Таблиця 6.12 – Розрахунок інтервалів на розділових елементах

№	розділювальний елемент	бігун ДП		бігун Х		$\delta t, c$	
		$T_{\text{вх}}$	$T_{\text{вих}}$	$T_{\text{вх}}$	$T_{\text{вих}}$	ДП-Х	Х-ДП
1	ІД УПОВ 1	12,70	17,37	11,77	16,11	4,34	6,54
2	ІД СП 301	17,94	22,09	16,66	20,77	4,51	7,11
3	ІД УПОВ 2	24,42	28,98	23,02	27,63	3,98	6,73
4	ІД СП 303	29,55	33,81	28,25	33,15	4,38	6,34
5	ІД СП 309	39,24	44,06	39,22	44,30	5,09	4,89
6	ІД СП 315	44,54	49,76	44,78	49,91	4,97	4,57
7	ІД ГС 0	54,55	58,39	54,31	57,62	5,86	6,87
8	ПГП	68,81	76,44	65,56	72,67	-0,94	6,08

Як видно з результатів розрахунків, розподіл відчепів виконується до ГС включно, що каже про якісний поздовжній профіль сортувальної гірки.

6.7 Перевірка потужності гальмівних засобів

Відповідно до [68], сумарна наявна потужність гальмівних засобів у межах спускної частини гірки середньої потужності по маршруту скочування відчепів повинна забезпечувати при сприятливих умовах скочування зупинку чотиривісного

вагона вагою 100 кН і опором 0,5 Н/кН на ГП2. При цьому гальмування вагона на ГП1 виконується одним вагоноуповільнювачем.

Перевірка умови виконана в графічному виді на листі, а всі необхідні дані для побудови графіків втрат енергетичних висот при гальмуванні бігуна вагою 100 кН приведені в таблиці 6.13.

Таблиця 6.13 – Розрахунок втрат енергетичної висоти бігуна вагою 100 кН

ділянка	L , м	$h_{осн}$, м.е.в.	$h_{ск}$, м.е.в.	h_w , м.е.в.	H_w , м.е.в.
1	48,00	0,024	0,000	0,024	0,024
2	85,16	0,043	0,110	0,153	0,177
3	31,20	0,016	0,000	0,016	0,192

Запас енергії бігуна на УВГ складає

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{100}} = 9,68 \text{ м/с}^2, \quad h_0^{100} = \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,68} = 0,322 \text{ м.е.в.}$$

Перевірка потужності гальмових засобів показала, що є можливість загальмувати бігун вагою 100 кН на спускній частині гірки, використовуючи при цьому половину потужності ГП1 і всю потужність ГП2.

6.8 Визначення переробної спроможності гірки

Потенційна переробна спроможність гірки визначається за формулою

$$N_{\Pi} = \frac{\alpha_{вр} \cdot (1440 - T_{пост})}{t_{\Gamma}} \cdot m_c, \quad (6.19)$$

де $\alpha_{вр}$ – коефіцієнт, що враховує перерви в роботі гірки через наявність ворожих пересувань, згідно [68] $\alpha_{вр} = 0,97$;

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

t_{Γ} – гірочний технологічний інтервал, $t_{\Gamma} = 25$ хв. (дивись п. 3.2);

m_c – кількість вагонів у складі поїзду, $m_c = 53$ вагона (дивись п. 2.2).

$$N_{\Pi} = \frac{0,97 \cdot (1440 - 120)}{25} \cdot 53 = 2714,4.$$

Прийнято $N_{\Pi} = 2714$ вагонів.

Добовий обсяг роботи гірки складає $N_{\text{д}} = 1769$ вагонів (див. табл. 3.3). Оскільки $N_{\text{д}} < N_{\Pi}$, тобто $1769 < 2714$, то сортувальна гірка має запас переробної спроможності. При цьому її завантаження складає

$$\psi_{\Gamma} = \frac{N_{\text{д}}}{N_{\Pi}} = \frac{1769}{2714} = 0,65.$$

Таким чином, виконаний аналіз та розрахунки техніко-експлуатаційних параметрів сортувальної гірки підтвердив її працездатність в заданих умовах.

7 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

7.1 Технологія роботи з транзитними поїздами

Непарні транзитні поїзда зі зміною або без зміни поїзних локомотивів з напрямків А і В прибувають у приймально-відправний парк «В» в основному на колії № 3, № 4 і № 5. У разі їх зайнятості можливий прийом поїздів на колії № 6 або № 7 цього ж парку. Парні транзитні поїзда зі зміною або без зміни поїзних локомотивів з напрямків Б і Г прибувають у приймально-відправний парк «В» на колії № 10, № 13 або № 14. Кутові транзитні поїзда з А на В або з В на А приймаються на колію № 3, а з Б на Г або з Г на Б – на колію № 10.

ДСП одержавши інформацію про відправлення поїзда із сусідньої станції сповіщає працівників ПТО і СТЦ про прибуття поїзда з вказівкою номера колії приймання та наступну роботу (зміну локомотива чи локомотивної бригади).

Поїзд, який прибуває, зустрічають біля колії приймання працівники, які беруть участь в його обробці. Після зупинки поїзда на колії приймання, состав закріплюється гальмовими башмаками. Закріплення проводить сигналіст.

При виконанні зміни поїзного локомотива у парного поїзда в парку «В», який прибув з напрямку А або Г, локомотив відчіпляється від составу і прямує безпосередньо в локомотивне господарство з непарної горловини парку. При виконанні даної операції для непарного транзитного поїзда, який прибув з напрямку Б або Г, прибирання поїзного локомотива виконується у два напіврейса: з парної горловини парку у локомотивний тупик № 15, потім – з тупика у ЛГ по вільній приймально-відправній колії парку. Якщо зміна поїзного локомотива не потрібна, то він залишається на відповідній колії причепленим до составу.

По закінченні закріплення та відчіплення поїзного локомотива (якщо потрібно), состав на приймально-відправній колії огорожується оператором ПТО і бригада оглядачів приступає до технічного огляду составу. Після закінчення технічного огляду старший оглядач вагонів, переконавшись у відсутності людей під вагонами, повідомляє оператора ПТО про закінчення огляду та про можливість зняття сигналів огороження. Оператор ПТО знімає огороження та сповіщає про це по парковому

зв'язку всіх працівників, що знаходяться у парку, після чого доповідає ДСП про готовність составу.

Одночасно з технічним обслуговуванням проводиться комерційний огляд составу та усунення виявлених несправностей. Комерційний огляд составу виконується приймальниками поїздів пункту комерційного огляду (ПКО) з двох боків составу відповідно до [71]. Комерційний огляд составу та перевірка правильності закріплення вантажу на відкритому рухомому складі виконується згідно з [72]. Про результати огляду состава у комерційному відношенні та готовність його до відправлення приймальники поїздів повідомляють чергового по станції з подальшою відміткою про це у книзі форми ГУ-98.

Перед відправленням поїзда черговий по станції переконується в готовності поїзда у технічному та комерційному відношенні. Заїзд поїзного локомотиву під состав при його зміні здійснюється тільки після зняття огородження. При зміні локомотивних бригад (без зміни локомотиву) локомотивна бригада приймає локомотив і перевізні документи безпосередньо від локомотивної бригади, що прибула з поїздом або від оператора СТЦ та проводить випробування автогальм. Прийом й здача локомотива та перевізних документів засвідчується підписами у маршрутах машиністів з вказівкою часу оформлення передачі.

Після причеплення поїзного локомотиву до составу оглядачі вагонів проводять повне випробування автогальм, заповнюють довідку про гальма та вручають її машиністу поїзного локомотиву. При відсутності зміни поїзного локомотива перед відправленням поїзда виконується скорочене випробування автогальм.

Виконання операцій по вилученню гальмових башмаків здійснюється після доповіді машиніста про включення та випробування автогальм. По закінченні всіх технологічних операцій ДСП готує маршрут відправлення і поїзд відправляється зі станції.

Графік виконання технологічних операцій з транзитним поїздом, що потребує зміни локомотива наведено на рисунку 7.1. Тривалості операцій визначені у п. 4.4.

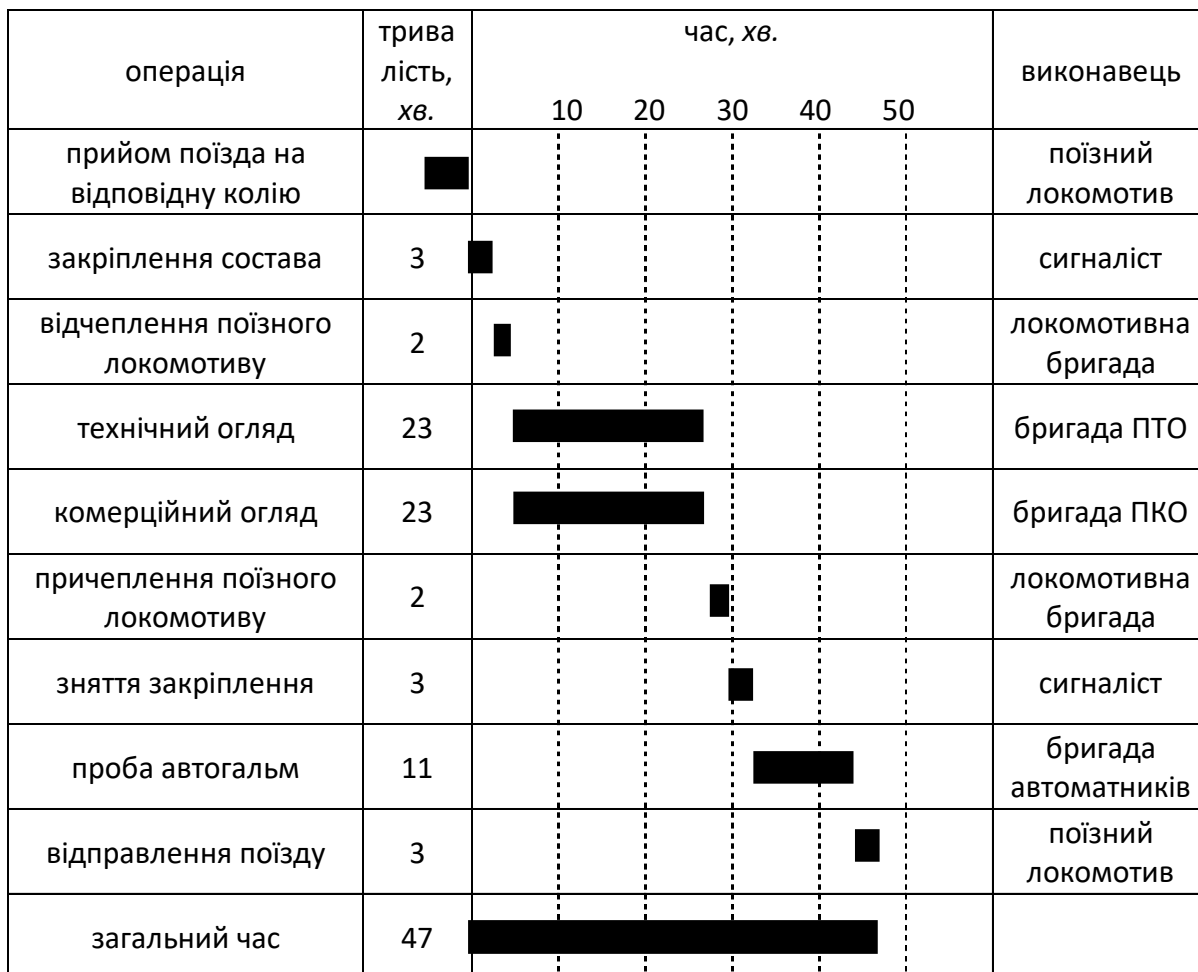


Рисунок 7.1 – Графік обробки транзитного поїзда зі зміною локомотива

7.2 Технологія роботи з поїздами, що надходять у розформування

Непарні поїзда у розформування з напрямків А і В прибувають у парк прийому «П» в основному на колії № 1 або № 2. При зайнятості цих колій можливий прийом поїзда на колію № 3. Парні поїзда у розформування з напрямків Б і Г прибувають у парк прийому «П» в основному на колії № 4 або № 5.

При виході поїзда з сусідньої станції ДСП сповіщає працівників СТЦ, ПТО і ПКО про номер поїзда, колію приймання і час його прибуття для підготовки до зустрічі поїзда працівників, які беруть участь в його обробці. ДСП дає вказівки про закріплення состава поїзда згідно вимог ТРА станції.

Після зупинки поїзда, його закріплення та відчеплення поїзного локомотиву оператор ПТО огорожує состав і оглядачі вагонів починають його огляд. Паралельно з технічним оглядом приймальники поїздів оглядають вагони у комерційному відношенні для виявлення і усунення комерційних несправностей, що загрожують безпеці руху та збереженню вагонів і вантажів. На вагони з несправностями, усу-

нення яких вимагає подачі на спеціальні колії для перевантаження, перевірки та вивантаження навантаження, наноситься відповідна крейдяна позначка.

Після закінчення технічного обслуговування та комерційного огляду состава і зняття огороження, оператор ПТО повідомляє старшому оператору СТЦ номери вагонів, які потребують відчеплення для ремонту, з подальшим заповненням на ці вагони повідомлень форми ВУ-23, а приймальники поїздів номери вагонів, які потребують подачі на спеціальні колії для усунення комерційних несправностей, з подальшим складанням на них актів загальної форми ГУ-23.

Про закінчення огляду і зняття огороження оператор ПТО та приймальник поїздів повідомляють ДСП і ДСЦ по гучномовному парковому зв'язку або по телефону.

Графік виконання технологічних операцій з поїздом у розформування, наведено на рисунку 7.2. Тривалості операцій визначені у п 4.1.









операція	до прибу ття	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	27				бригада ПТО
комерційний огляд состава	27				бригада ПКО
загальний час	32				

Рисунок 7.2 – Графік обробки поїзда, що прибув у розформування

7.3 Технологія розформування та формування составів поїздів

Розформування-формування составів поїздів на станції виконується на сортувальній гірці малої потужності. Роботою маневрового локомотива керує ДСПГ. Розформування і формування составів поїздів на станції виконується на основі завдань ДСЦ, які надаються ДСПГ, кожні 1-1,5 години. Ці завдання складаються на підставі 4-х годинних оперативних планів роботи сортувальної станції О, даних інформації про підхід поїздів і вагонів на станцію, положення на станційних коліях.

Перед початком розпуску вагонів, ДСПГ переконується через оператора поста централізації про готовність регулювальників швидкості руху вагонів до розпуску та про вилучення гальмових башмаків з-під рухомого складу зі сторони сортувальної гірки на тих коліях, які будуть використовуватись для розформування-формування составів поїздів.

Згідно виданого заздалегідь сортувального листка складач поїздів здійснює розпуск вагонів на сортувальній гірці, а регулювальники швидкості руху вагонів – гальмування відчепів.

На сортувальній гірці середньої потужності розформуванням, формуванням составів поїздів керує ДСПГ з погодження ДСЦ. Складач поїздів знаходиться на горбу сортувальної гірки і виконує розчеплення вагонів. Гальмування відчепів при розпуску здійснюється на двох гальмівних позиціях, обладнаних вагонними сповільнювачами.

Оператор поста централізації інформує регулювальників швидкості руху вагонів про кількість вагонів у відчепах і порядок їх прямування на сортувальні колії, попереджає про наявність відчепів, що потребують при гальмуванні особливої обережності.

Збірний поїзд формується по масі і довжині згідно встановлених норм і наказів поїзного диспетчера про причеплення вагонів на проміжних станціях. Постановка у состав поїзда вагонів з небезпечними вантажами, які потребують особливої обережності, виконується складачем поїздів по вказівці маневрового диспетчера у повній відповідності до [73].

7.4 Технологія роботи з поїздами свого формування

По закінченні накопичення у сортувальному парку «С» состава поїзда свого формування маневровим локомотивом виконується операція закінчення формування, під час якої встановлюється певний порядок слідування вагонів в складі. Закінчення формування составу може виконуватися методом осаджування в хвостовій горловини сортувального парку «С» або через сортувальну гірку порядком, описаним в п. 4.2.

Після закінчення формування состав переставляють маневровим локомотивом у приймально-відправний парк «В». При цьому поїзда призначенням на Б або Г установлюються на колії № 6, № 7 або № 9, а призначенням на А або В – на колії № 9, № 11 або № 12. Далі ДСП для проведення технічного та комерційного огляду повідомляє оператора ПТО і приймальників поїздів про номер колії, на якій знаходиться сформований состав, та запланований час відправлення поїзда.

Оператор ПТО огорожує состав відповідними сигналами, а оглядачі вагонів проводять контроль технічного стану та при необхідності поточний безвідчіпний ремонт вагонів, перевірку справності автозчеплень вагонів, виявляють невідповідність між поздовжніми осями автозчепів.

При виявленні у составі поїзда вагонів з технічними несправностями, які потребують ремонту, старший оглядач вагонів повідомляє ДСП для відчеплення вагонів від составу поїзда, на вагоні робить помітку крейдою, виписує повідомлення форми ВУ-23 і вручає ДСП, який в свою чергу повідомляє станційний технологічний центр обробки поїзної інформації і перевізних документів.

Після закінчення технічного обслуговування вагонів слюсарі-ремонтники стирають з вагонів усі крейдяні надписи, які були нанесені раніше працівниками ПТО, а старший оглядач вагонів впевнившись у відсутності людей під вагонами, особисто, або через оператора ПТО дає вказівку про зняття огороження і повідомляє чергового по станції про технічну готовність составу з наступним записом про це у Книзі форми ВУ-14.

Одночасно з технічним обслуговуванням проводиться комерційний огляд составу для виявлення несправностей, що загрожують збереженню вантажів і безпеці руху поїздів. Комерційний огляд проводиться з двох боків составу поїзда двома

приймальниками поїздів. На виявленні під час огляду комерційні несправності, які загрожують безпеці руху і збереженню вантажів, приймальники поїздів оформляють акти загальної форми ГУ-23, які засвідчують своїми підписами.

Під'їзд поїзного локомотиву під сформований состав здійснюється по вказівці ДСП тільки після закінчення його огляду у технічному та комерційному відношенні та знятті огороження. Зняття огороження здійснюється по узгодженню з ДСП оператором ПТО.

Після причеплення поїзного локомотива до составу, включення та випробування автогальм машиніст повідомляє про це ДСП. Перед відправленням поїзда ДСП передає ДНЦ індекс поїзда, його призначення, номер локомотиву, вагу составу, кількість осей, довжину составу в умовних вагонах, наявність у составі поїзда вагонів з небезпечними вантажами, негабаритними вантажами та інші дані, які передбачені дорожньою інструкцією по інформації. Поїзний диспетчер присвоює поїзду номер і надає дозвіл на його відправлення.

Графік виконання технологічних операцій з поїздом у свого формування, наведено на рисунку 7.3. Тривалості операцій визначені у п. 7.4.

7.5 Технологія обробки документів у технічній конторі

Станційний технологічний центр забезпечує всі станційні процеси, а також роботу товарної контори інформацією про поїзди, вагони і вантажі, основою, якої служить натурний лист поїзда. У СТЦ виконуються операції, послідовність яких відповідає технології роботи станції.

У процесі прибуття поїзда на станцію в ЕОМ уводиться повідомлення 201 про прибуття поїзда, а також листок списування – повідомлення 05, після чого працівники технічної контори одержують розмічену ТГНЛ. Документи доставляються з прийомного бункера в технічну контору порядком, установленим начальником станції.

По прибуттю виконується перевірка розміченої ТГНЛ (повідомлення 02) з перевізними документами і повідомленням 05. Невідповідності, виявлені при перевірці, видаються у виді заготівлі повідомлення 09. Після обробки цього повідомлення і введення коректувального повідомлення 09 автоматично виконується розрахунок сортувального листка і видача його на телетайпи ДСЦ, ДСПГ, бригаді склада-

чів, операторів паркової гальмової позиції і на посаді укладачів гірки. У випадку виявлення вагонів, що вимагають відчіпного ремонту, після внесення необхідних коректив сортувальний лист видається повторно.

операція	трива лість, хв.	час, хв.					виконавець
		10	20	30	40	50	
перестановка состава в приймально- відправний парк	<div></div>						маневровий локомотив
закріплення состава	3	<div></div>					сигналіст
відчеплення маневрового локомотиву	2	<div></div>					локомотивна бригада
технічний огляд	23	<div></div>					бригада ПТО
комерційний огляд	23	<div></div>					бригада ПКО
причеплення поїзного локомотиву	2			<div></div>			локомотивна бригада
зняття закріплення	3			<div></div>			сигналіст
проба автогальм	11			<div></div>			бригада автоматників
відправлення поїзду	3				<div></div>		поїзний локомотив
загальний час	47	<div></div>					

Рисунок 7.3 – Графік обробки поїзда свого формування

Після розпуску поїзда ДСЦ уводить повідомлення 203 про фактичне закінчення розпуску поїзда. У свою чергу після цього повідомлення ЕОМ видає накопичувальну відомість. Дані накопичувальної відомості підклеюються до аркушів накопичення на відповідні сортувальні колії.

Оператор технічної контори здійснює звірку заготівки натурального листа з даними накопичувальної відомості. При наявності невідповідностей він складає повідомлення 08 чи виконується маневрова робота з викиду з поїзда «чужих» вагонів.

Після обробки цього повідомлення на друк в технічній конторі видаються:

- натурний лист поїзда форми ДУ-1;
- довідка для заповнення маршруту машиніста;
- накопичувальна відомість залишкової групи вагонів на колії, з якого був

виставлений поїзд.

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

При формуванні групи вагонів на під'їзні колії під вивантаження, документи передаються в товарну контору.

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

8 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

8.1 Аналіз роботи підсистеми розформування

Підсистема розформування сортувальної станції О складається з парку прийому «П», колії насуву, сортувальної гірки середньої потужності та гіркової горловини сортувального парку. Колійний розвиток парку «П» налічує 5 колій для прийому поїздів у розформування. З напрямків А і В поїзди в основному приймаються на колії № 1, № 2 або № 3, а з напрямків Г та Б – на колії № 4 і № 5. Для заїзду гіркового локомотиву під состав під час розформування, в парку передбачений локомотивний тупик № 7. Поїзні локомотиви від поїздів, які прибули в парк прибираються у локомотивне господарство.

Докладна технологія роботи з поїздами, що прибувають у парк прийому викладена у розділі 6, а немасштабна схема підсистеми розформування сортувальної станції О наведена на рисунку 8.1.

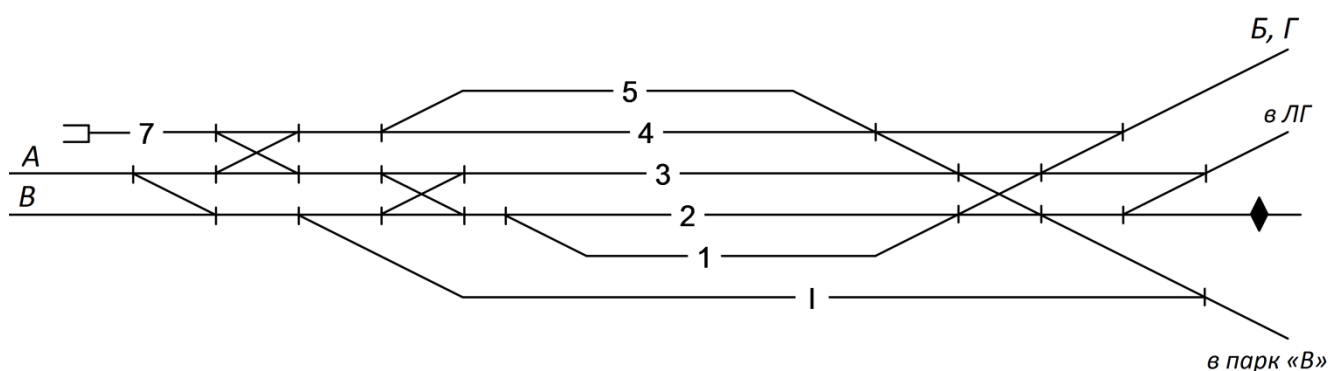


Рисунок 8.1 – Схема підсистеми розформування

8.1.1 Розрахунок параметрів вхідного потоку

З метою поглибленого дослідження функціонування підсистеми розформування та впливу її технічного оснащення і технології роботи на техніко-економічні показники роботи станції, необхідно розрахувати числові характеристики вхідного потоку та параметри составів, що надходять у розформування. У свою чергу це потребує проведення статистичного аналізу вказаних показників.

Дослідження вхідного потоку поїздів у розформування припускає наявність параметрів інтервалів прибуття. З цією метою необхідно побудувати статистичний

ряд інтервалів прибуття поїздів. Варіаційний ряд інтервалів прибуття поїздів зі всіх напрямків наведений в додатку Б (див. таблицю Б.1).

Статистичний ряд випадкової величини утворюється шляхом групування спостережень у розряди. Інтервал групування визначається за формулою [74]

$$\Delta I = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{1 + 3,2 \cdot \lg n}, \quad (8.1)$$

де I_{\max}, I_{\min} – максимальний та мінімальний елементи варіаційного ряду, $I_{\max} = 149$ хв. Оскільки до парку прибуття примикає декілька підходів, то можливий прийом поїздів у розформування з однаковим моментом прибуття. У цьому зв'язку приймається $I_{\min} = 0$ хв;

n – об'єм варіаційного ряду, $n = 119$.

$$\Delta I = \frac{149 - 0}{1 + 3,2 \cdot \lg 119} = 19,5$$

У подальших розрахунках прийнято $\Delta I = 19$ хв. Статистичний ряд інтервалів прибуття поїздів у парк прийому «П» наведений у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Статистичний ряд інтервалів прибуття поїздів

№ розряду	Межа розряду		Середина розряду \bar{t}_i	Кількість спостережень a_i	P_i	$P_i \cdot \bar{t}_i$	$P_i \cdot (\bar{t}_i)^2$	h_i
	ліва	права						
1	0	19	9,5	37	0,311	2,95	28,06	0,016
2	19	38	28,5	24	0,202	5,75	163,82	0,011
3	38	57	47,5	23	0,193	9,18	436,08	0,010
4	57	76	66,5	16	0,134	8,94	594,59	0,007
5	76	95	85,5	12	0,101	8,62	737,17	0,005
6	95	114	104,5	2	0,017	1,76	183,53	0,001
7	114	133	123,5	3	0,025	3,11	384,51	0,001
8	133	152	142,5	2	0,017	2,39	341,28	0,001
Разом				119	1,000	42,71	2869,04	

На основі приведених у таблиці 8.1 згрупованих розрядів і кількості спостережень у кожному розряді a_i , розраховуються статистичні ймовірності P_i за формулою

$$P_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^k n_i}, \quad (8.2)$$

де n_i – кількість спостережень у i -му розряді;

k – кількість розрядів статистичного ряду.

До основних числових характеристик випадкової величини інтервалу прибуття I відносяться математичне очікування $M[I]$, дисперсія $D[I]$, середнє квадратичне відхилення $\sigma[I]$, коефіцієнт варіації вхідного потоку $v_{\text{вх}}$ та інтенсивність вхідного потоку $\lambda_{\text{вх}}$.

Математичне очікування інтервалу прибуття і математичне очікування квадрату інтервалу прибуття можна визначити відповідно за формулами [74]

$$M[I] = \sum_{i=1}^k \bar{I}_i \cdot P_i, \quad (8.3)$$

$$M[I^2] = \sum_{i=1}^k \bar{I}_i^2 \cdot P_i, \quad (8.4)$$

де \bar{I}_i – середнє значення i -го розряду.

$$D[I] = M[I^2] - (M[I])^2, \quad (8.5)$$

$$\sigma[I] = \sqrt{D[I]}, \quad (8.6)$$

$$v_{\text{вх}} = \frac{\sigma[I]}{M[I]}, \quad (8.7)$$

$$\lambda_{\text{вх}} = \frac{1}{M[I]}. \quad (8.8)$$

Числові характеристики випадкової величини I

$$M[I] = 42,71 \text{ хв}; \quad M[I^2] = 2869,04 \text{ хв}^2;$$

$$D[I] = 2869,04 - (42,71)^2 = 1044,90 \text{ хв}^2; \quad \sigma[I] = \sqrt{1044,90} = 32,32 \text{ хв};$$

$$v_{\text{вх}} = \frac{32,32}{42,71} = 0,757; \quad \lambda_{\text{вх}} = \frac{1}{42,71} = 0,023 \text{ поїздів/хв.}$$

Для наочності статистичний ряд подано у графічному вигляді (рисунок 8.2), для чого попередньо розраховано ординати гістограми, тобто щільності ймовірностей відповідних розрядів [74]

$$h_i = \frac{P_i}{\Delta I}, \quad (8.9)$$

де ΔB – ширина розряду, хв.

Ординати гістограми розраховані у таблиці 8.1.

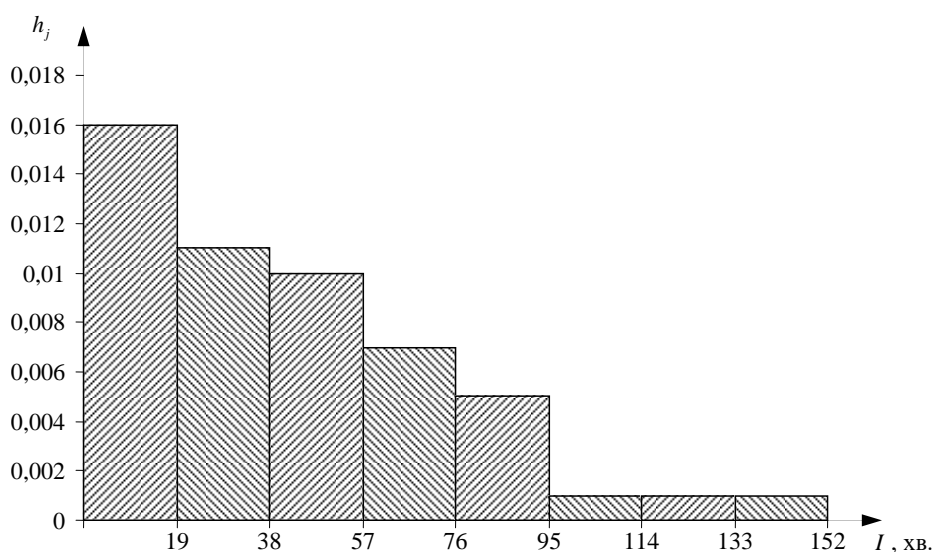


Рисунок 8.2 – Гістограма розподілу інтервалів прибуття поїздів в парк прийому «П»

Таким чином, вхідний потік поїздів у розформування є випадковим, та не простішим, оскільки $v_{\text{вх}} \neq 1$.

8.1.2 Розрахунок параметрів випадкової величини кількості вагонів у составі поїзда у розформування

Основним найбільш тривалим елементом технологічного процесу обслуговування поїздів в парку прийому є технічний огляд. Тому для детального дослідження функціонування підсистеми розформування потрібно визначити параметри випадкової величини тривалості технічного огляду $t_{\text{обс}}$. Як відомо з [66] тривалість технічного огляду залежить від кількості вагонів в составі поїзда m , тривалості огляду одного вагона τ та кількості груп в бригаді ПТО $K_{\text{гр}}$, тобто $t_{\text{обс}} = f(m, \tau, K_{\text{гр}})$.

Отже, для розрахунку значення тривалості обслуговування составів бригадою ПТО та подальшого його використання в дослідницькій роботі, необхідно визначити числові характеристики кількості вагонів в составі поїзда у розформування. У цьому зв'язку за допомогою варіаційного ряду m , що наведений в додатку В будується статистичний ряд розподілення випадкової величини кількості вагонів у составі поїзда у розформування, що наведений у таблиці 8.2. При цьому ширина розряду статистичного ряду приймається $\Delta m = 1$, оскільки випадкова величина m дискретного типу та її значення лежать в неширокому діапазоні ($m_{\min} = 50$ і $m_{\max} = 55$).

Таблиця 8.2 – Статистичний ряд кількості вагонів в складі поїзду

№ розряду	Значення m_i	Кількість спостережень	P_m	$P_m \cdot m_i$	$P_m \cdot m_i^2$
1	50	18	0,150	7,50	375,00
2	51	22	0,183	9,35	476,85
3	52	20	0,167	8,67	450,67
4	53	17	0,142	7,51	397,94
5	54	23	0,192	10,35	558,90
6	55	20	0,167	9,17	504,17
Разом		120	1,000	52,54	2763,53

Розрахуємо основні числові характеристики випадкової величини m .

- математичне очікування $M[m] = 52,54$ ваг;
- дисперсія $D[m] = 2763,53 - (52,54)^2 = 3,08$ ваг²;
- середнє квадратичне відхилення $\sigma[m] = \sqrt{3,08} = 1,75$ ваг;
- коефіцієнт варіації кількості вагонів составі $v_m = \frac{1,75}{52,54} = 0,033$.

За даними статистичного ряду побудовано багатокутник статистичного розподілу ймовірностей P_m випадкової величини m (рисунок 8.3). Слід мати на увазі, що для випадкових величин дискретного типу ймовірності існують тільки в окремих точках, які відповідають можливим значенням величини m . Проміжні значення величини m не існують, отже ймовірності у проміжках дорівнюють нулю.

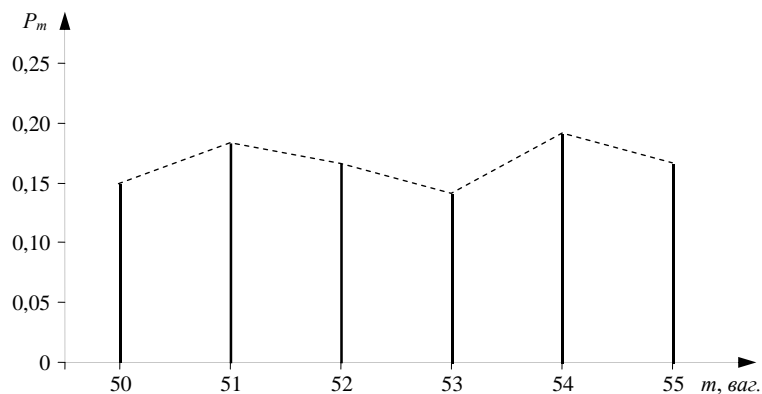


Рисунок 8.3 – Багатокутник розподілу випадкової величини кількості вагонів в составі поїздів у розформування

Як видно з багатокутника розподілу статистичної ймовірності P_m (див. рис. 8.3) величина m має різні значення, отже є випадковою і у подальших розрахунках використовується її середнє значення, яке визначається її математичним очікуванням $M[m]$.

8.2 Розрахунок параметрів тривалості обслуговування составів в парку прибуття

Тривалість обслуговування составів в парку прибуття є випадковою величиною, оскільки залежить від кількості вагонів m в составі поїздів у розформування і визначається за формулою

$$M[t_{\text{обс}}] = \frac{M[m] \cdot M[\tau]}{K_{\text{гр}}}, \quad (8.10)$$

де $M[m]$ – математичне очікування середньої кількості вагонів в составі поїздів у розформування, згідно до п. 7.1. $M[m] = 52,54$ ваг;

$M[\tau]$ – математичне очікування тривалості обслуговування одного вагону, згідно з додатком Б, $M[\tau] = 0,95$ хв/ваг;

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

Інші числові характеристики випадкової величини $t_{обс}$ визначаються за формулами [75]

$$D[t_{обс}] = \frac{1}{K_{гр}^2} \cdot D[\tau] \cdot M[m] , \quad (8.11)$$

$$\sigma[t_{обс}] = \sqrt{D[t_{обс}]} , \quad (8.12)$$

$$v_{обс} = \frac{\sigma[t_{обс}]}{M[t_{обс}]} , \quad (8.13)$$

де $D[\tau]$ – дисперсія тривалості огляду одного вагону визначається за формулою:

$$D[\tau] = (M[\tau] \cdot v[\tau])^2 , \quad (8.14)$$

де $v[\tau]$ – коефіцієнт варіації тривалості огляду одного вагону, згідно з додатком В $v[\tau] = 0,25$. Отже $D[\tau] = (0,95 \cdot 0,25)^2 = 0,0564$ (хв/ваг)².

З метою дослідження і установки залежності показників роботи підсистеми розформування від кількості груп $K_{гр}$ та бригад ПТО $S_{бр}$ пропонується варіювати значення $K_{гр}$ в межах від 1 до 4, а значення $S_{бр}$ – від 1 до 2. При зміні вказаних показників технічного оснащення парку прибуття змінюється тривалість технічного огляду $t_{обс}$ складу, інтенсивність обслуговування складів $\mu_{обс}$ та завантаження бригади ПТО $\psi_{пто}$, які визначаються за формулами [75]

$$\mu_{обс} = \frac{S_{бр}}{M[t_{обс}]} , \quad (8.15)$$

$$\psi_{пто} = \frac{\lambda_{вх}}{\mu_{обс}} . \quad (8.16)$$

Значення параметрів тривалості обслуговування складів у розформування у парку прибуття по варіантам наведено в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Показники обслуговування составів в парку прибуття

Варі- ант	$S_{бр}$	$K_{гр}$	$M[t_{обс}], \text{хв.}$	$D[t_{обс}], \text{хв.}^2$	$\sigma[t_{обс}], \text{хв.}$	$v_{обс}$	$\mu_{обс},$ сост./хв.	$\Psi_{пто}$
1	1	1	49,91	2,96	1,72	0,034	0,020	1,80
2	1	2	24,96	0,74	0,86	0,034	0,040	0,90
3	1	3	16,64	0,33	0,57	0,034	0,060	0,60
4	1	4	12,48	0,19	0,43	0,034	0,080	0,45
5	2	1	49,91	2,96	1,72	0,034	0,040	0,90
6	2	2	24,96	0,74	0,86	0,034	0,080	0,45
7	2	3	16,64	0,33	0,57	0,034	0,120	0,30
8	2	4	12,48	0,19	0,43	0,034	0,160	0,22

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО повинно знаходитись в межах від 0 до 1,0. У цьому зв'язку варіант 1, при якому $S_{бр} = 1$ і $K_{гр} = 1$, із подальших розрахунків виключається, оскільки $\Psi_{пто} > 1,0$.

8.3 Розрахунок параметрів процесу розформування составів

Як відомо, сортувальна гірка є «вузьким» місцем в процесі обслуговування поїздів в підсистемі розформування. У цьому зв'язку додаткового дослідження потребує вплив кількості локомотивів $K_{лок}$, що приймають участь у розформування составів, на показники функціонування підсистеми розформування.

Основними елементами процесу розформування є заїзд локомотива під состав t_3 , зняття закріплення $t_{зак}$, насув составу $t_н$, розформування составу t_p та осадження $t_{ос}$. Значення вказаних елементів визначено в розділі 3 і складають: $t_3 = 4 \text{ хв}$, $t_{зак} = 3,0 \text{ хв}$, $t_н = 4 \text{ хв}$, $t_p = 10 \text{ хв}$ і $t_{ос} = 4 \text{ хв}$. При цьому тривалість гіркового технологічного інтервалу складає $t_T = 25,0 \text{ хв}$ (дивись розділ 3). Якщо в парку прибуття буде працювати два гіркових локомотива, то тривалість процесу розформування одного составу зменшується за рахунок паралельного виконання деяких операцій. Графік роботи сортувальної гірки при використанні двох локомотивів наведений на рисунку 8.4.

Таким чином, тривалість гіркового технологічного інтервалу при роботі двох локомотивів складає $t_T = 57 / 3 = 19,0 \text{ хв}$.

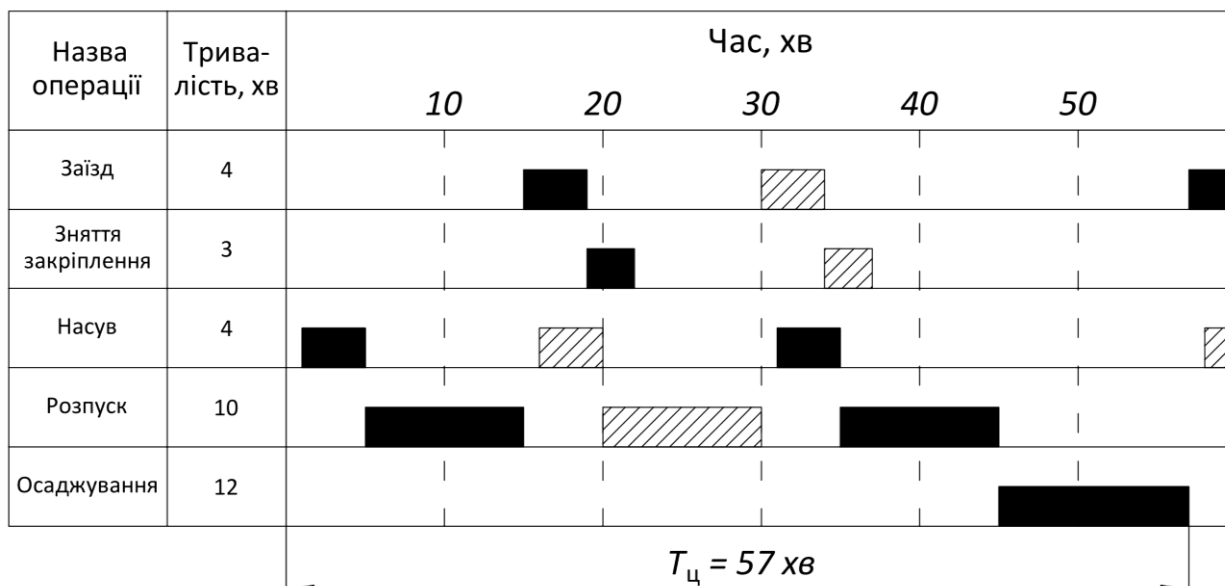


Рисунок 8.4 – Графік роботи гірки при двох гіркових локомотивах

Тривалість розрахункового гіркового технологічного інтервалу, що враховує перерви в роботі сортувальної гірки визначається за формулою [75]

$$t_{гр} = t_{г} \left(1 + \frac{T_{п}}{1440 - T_{п}} \right), \quad (8.17)$$

де $T_{п}$ – тривалість технологічної перерви в роботі гірки, $T_{п} = 120 \text{ хв}$.

До основних показників процесу розформування составів відноситься інтенсивність розформування $\mu_{г}$ та завантаження сортувальної гірки $\psi_{г}$, які визначаються за формулами [75]

$$\mu_{г} = \frac{1}{t_{гр}}, \quad (8.18)$$

$$\psi_{г} = \frac{\lambda_{вх}}{\mu_{г}}. \quad (8.19)$$

Розрахунок показників процесу розформування составів по варіантам наведений в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Показники процесу розформування составів

Варіант	$K_{\text{лок}}$	$t_{\Gamma}, \text{хв}$	$t_{\Gamma\text{р}}, \text{хв}$	$\mu_{\Gamma}, \text{сост/хв}$	Ψ_{Γ}
1	1	25,0	27,3	0,037	0,62
2	2	19,0	20,7	0,048	0,48

Оскільки завантаження сортувальної гірки не перевищує одиниці, то в подальших розрахунках можна розглядати всі запропоновані варіанти.

Показники коливань величини t_{Γ} визначати аналітичними методами дуже складно, тому для їх характеристики використовують результати обробки реальних даних, згідно з якими коефіцієнт варіації тривалості гірочного технологічного інтервалу становить $v_{\Gamma} = 0,35$.

8.4 Розрахунок показників функціонування підсистеми розформування по варіантам її технічного оснащення

Підсистему розформування сортувальної станції слід розглядати як двофазну систему масового обслуговування (СМО) з послідовною обробкою вимог (составів) у кожній фазі, принципова схема якої наведена на рисунку 8.5. При цьому фаза 1 – обробка составів бригадою ПТО, а фаза 2 – розформування составів на гірці.

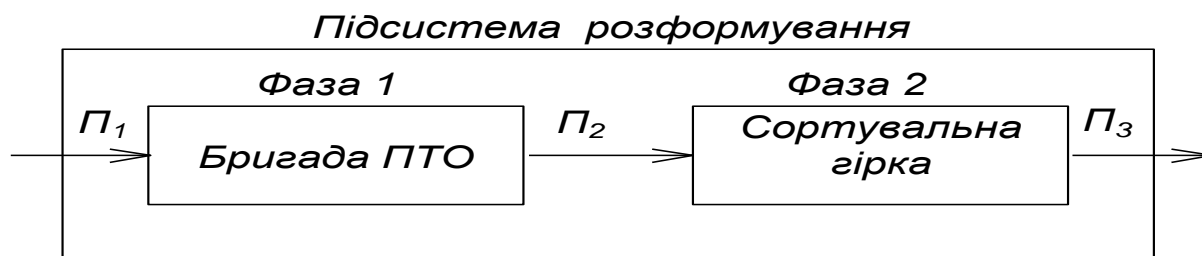


Рисунок 8.5 – Принципова схема двофазної СМО.

Окрема фаза являє собою систему масового обслуговування з випадковим вхідним потоком (Π_1 , Π_2 на рис. 8.5) і параметрами $\lambda_{\text{вх}}$ і $v_{\text{вх}}$, та випадковою тривалістю обслуговування з параметрами $\mu_{\text{обс}}$ і $v_{\text{обс}}$ та характеризується такими кількісними показниками функціонування:

– кількість вимог в окремий момент часу у стані очікування обслуговування (у черзі) $n_{\text{оч}}$, у стані обслуговування $n_{\text{обс}}$, загалом у системі $n_{\text{с}}$;

– тривалість знаходження окремої вимоги у стані очікування $t_{\text{оч}}$, під обслуговуванням $t_{\text{обс}}$, загалом у системі t_c .

Оскільки перелічені показники є випадковими величинами, для характеристики систем використовують їх математичні очікування і дисперсії [75]

$$M[n_{\text{оч}}] = \frac{\Psi}{2(1-\Psi)} \left(\Psi(v_{\text{в}}^2 + v_{\text{об}}^2) - 0,15 \cdot (2-\Psi)(1-v_{\text{в}}^2) \cdot v_{\text{об}}^2 \right), \quad (8.20)$$

$$M[t_{\text{оч}}] = \frac{M[n_{\text{оч}}]}{\lambda_{\text{вх}}}, \quad (8.21)$$

$$M[n_c] = M[n_{\text{оч}}] + \Psi, \quad (8.22)$$

$$M[t_c] = M[t_{\text{оч}}] + t_{\text{об}}, \quad (8.23)$$

$$D[n_c] = \frac{\Psi}{4(1-\Psi)^2} \left((1+2\Psi-3\Psi^2) \cdot v_{\text{об}}^2 + (3-2\Psi+3\Psi^2 v_{\text{об}}^2) \cdot v_{\text{в}}^2 \right) + \Psi(1-\Psi)(1-v_{\text{в}}^2)(1-v_{\text{об}}^2), \quad (8.24)$$

$$D[n_{\text{оч}}] = D[n_c] - (M[n_c] + M[n_{\text{оч}}])(1-\Psi), \quad (8.25)$$

де Ψ – коефіцієнт завантаження системи (фази);

$v_{\text{в}}$ – коефіцієнт варіації вхідного потоку (інтервалів між вимогами);

$v_{\text{об}}$ – коефіцієнт варіації тривалості обслуговування вимог.

Показники функціонування визначаються окремо для кожної фази. Оскільки вихідний потік з фази 1 є вхідним потоком для фази 2 (потік П2 на рис. 8.5), потрібно розрахувати коефіцієнт варіації інтервалів між моментами закінчення обслуговування [75]

$$v_{\text{вих}} = v_{\text{в}} - (v_{\text{в}} - v_{\text{об}}) \Psi^{2v_{\text{в}}}. \quad (8.26)$$

Як видно з формул (8.20)-(8.25) основні показники залежать від величин Ψ , $v_{\text{в}}$ і $v_{\text{об}}$. У зв'язку з цим в табл. наведені відповідності між вказаними величинами та величинами фаз обслуговування та розформування.

Таблиця 8.5 – Відповідності вихідних даних в фазах підсистеми розформування

Показник	Фаза 1 – Обслуговування	Фаза 2 – Розформування
Ψ	$\Psi_{\text{пто}}$	$\Psi_{\text{г}}$
$v_{\text{в}}$	$v_{\text{вх}}$	$v_{\text{вих}}$
$v_{\text{об}}$	$v_{\text{обс}}$	$v_{\text{г}}$
$t_{\text{об}}$	$M[t_{\text{обс}}]$	$t_{\text{н}} + t_{\text{р}}$

Результати розрахунків показників функціонування обох фаз підсистеми розформування наведені в таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Розрахунок показників підсистеми розформування

Фаза	Показ- ник	Значення показника $\lambda_{\text{вх}} = 0,023 \text{ н/хв } v_{\text{вх}} = 0,757$													
Варіант		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Фаза 1 - Обслуговування	$S_{\text{бр}}$	1						2							
	$K_{\text{гр}}$	2		3		4		1		2		3		4	
	$M[t_{\text{обс}}]$	24,96		16,64		12,48		49,91		24,96		16,64		12,48	
	$\Psi_{\text{пто}}$	0,90		0,60		0,45		0,90		0,45		0,30		0,22	
	$v_{\text{обс}}$	0,034													
	$M[n_{\text{оч}}]$	1,274		0,142		0,058		1,274		0,058		0,020		0,010	
	$M[t_{\text{оч}}]$	35,389		3,944		1,611		35,389		1,611		0,556		0,278	
	$M[n_{\text{с}}]$	2,174		0,742		0,508		2,174		0,508		0,320		0,230	
	$M[t_{\text{с}}]$	60,349		20,584		14,091		85,299		26,571		17,196		12,758	
	$D[n_{\text{с}}]$	8,558		0,695		0,415		8,558		0,415		0,259		0,190	
	$D[n_{\text{оч}}]$	8,213		0,341		0,104		8,213		0,104		0,021		0,003	
	$v_{\text{вих}}$	0,09		0,26		0,34		0,09		0,34		0,42		0,46	

Продовження таблиці 8.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Фаза 2 – Розформування	$K_{\text{лок}}$	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	$M[t_{\text{об}}]$	14,0													
	v_{Γ}	0,35													
	ψ_{Γ}	0,62	0,48	0,62	0,48	0,62	0,48	0,62	0,48	0,62	0,48	0,62	0,48	0,62	0,48
	$M[n_{\text{оч}}]$	0,11	0,04	0,18	0,08	0,24	0,11	0,10	0,04	0,24	0,11	0,32	0,15	0,37	0,18
	$M[t_{\text{оч}}]$	2,92	1,33	5,08	2,41	6,86	3,30	2,91	1,33	6,86	3,30	9,08	4,41	10,3	5,05
	$M[n_{\text{с}}]$	0,87	0,70	0,95	0,74	1,01	0,77	0,87	0,70	1,01	0,77	1,09	0,81	1,14	0,84
	$M[t_{\text{с}}]$	15,6	14,0	17,7	15,1	19,5	16,0	15,6	14,0	19,5	16,0	21,7	17,1	23,0	17,7
	$D[n_{\text{с}}]$	0,47	0,36	0,81	0,50	1,09	0,61	0,47	0,36	1,09	0,61	1,44	0,76	1,64	0,84
	$D[n_{\text{оч}}]$	0,24	0,10	0,55	0,21	0,80	0,31	0,24	0,10	0,80	0,31	1,11	0,42	1,29	0,49
Підсистема розформування в цілому	$N_{\text{р}}$	33,12													
	$T_{\text{пс}}$	75,9	74,3	38,3	35,7	33,6	30,0	100	99,3	46,1	42,5	38,9	34,3	35,8	30,5
	$M[n_{\text{с}}]$	2,27	2,22	0,92	0,82	0,75	0,62	2,27	2,22	0,75	0,62	0,64	0,47	0,60	0,41
	$D[n_{\text{с}}]$	8,80	8,66	1,25	0,91	1,21	0,72	8,80	8,66	1,21	0,72	1,37	0,68	1,48	0,68
	Z	9	9	5	5	5	4	9	9	5	4	5	4	5	4

Для наочності на рисунках 8.6 і 8.7 наведені відповідно графіки залежності завантаження бригад ПТО $\psi_{\text{ПТО}}$ та простою составів $T_{\text{п}}$ від різної кількості груп в бригаді ПТО $K_{\text{гр}}$.

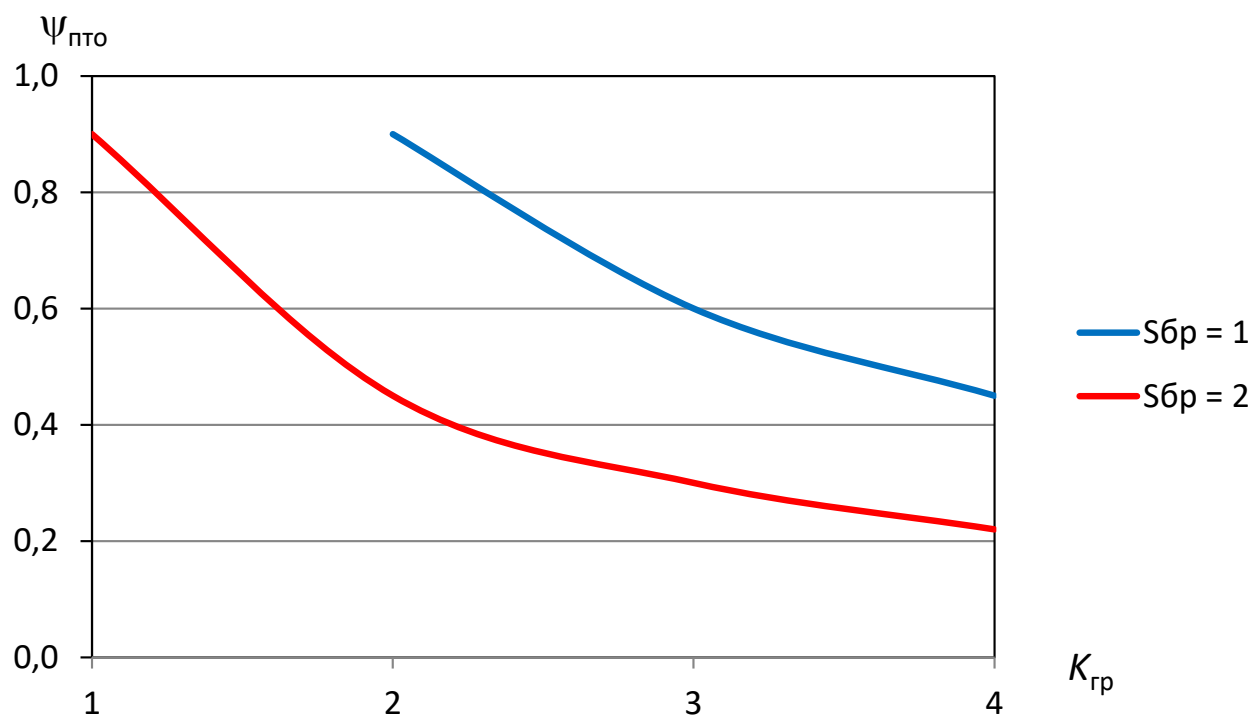


Рисунок 8.6 – Завантаження бригад ПТО від кількості груп

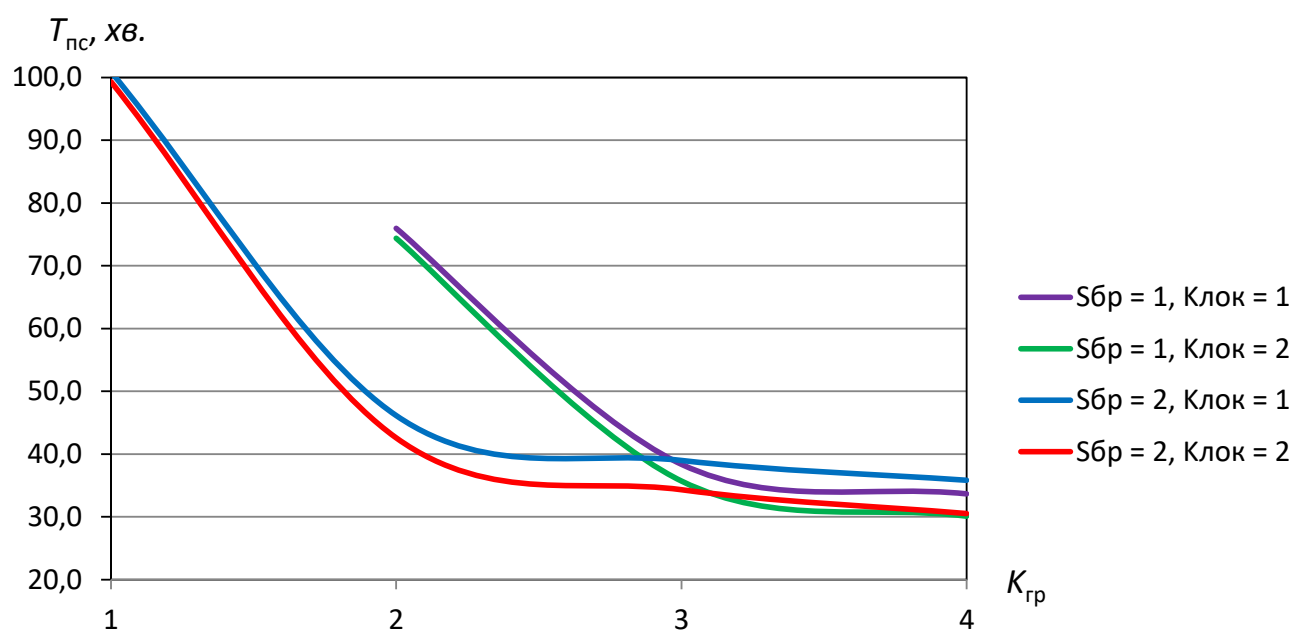


Рисунок 8.7 – Тривалість знаходження складів в підсистемі розформування

На основі отриманих показників фаз обслуговування і розформування (див. таблицю 8.6) визначаються параметри функціонування підсистеми розформування в цілому:

- прості составів в системі T_{π} ;
- математичне очікування кількості составів в системі $M[n_c]$;
- дисперсію кількості составів в системі $D[n_c]$;
- потрібну кількість колій в парку прибуття Z .

$$T_{\pi} = M[t'_c] + M[t''_c], \quad (8.27)$$

$$M[n_c] = M[n'_c] + M[n''_{оч}], \quad (8.28)$$

$$D[n_c] = D[n'_c] + D[n''_{оч}], \quad (8.29)$$

$$Z = 0,015 \cdot N_p + M[n_c] + 1,5\sqrt{D[n_c]} + 1, \quad (8.30)$$

де $M[t'_c]$, $M[t''_c]$ – час простою составів в фазах обслуговування і розформування відповідно;

$M[n'_c]$, $D[n'_c]$ – математичне очікування і дисперсія кількості составів, що знаходяться в фазі обслуговування відповідно;

$M[n''_{оч}]$, $D[n''_{оч}]$ – математичне очікування і дисперсія кількості составів, що знаходяться в фазі розформування відповідно;

N_p – добова кількість поїздів, що надходять у розформування.

Результати розрахунків показників функціонування підсистеми розформування наведені в табл. 8.6.

Вибір раціонального варіанту технічного оснащення підсистеми розформування виконується на підставі техніко-економічного порівняння варіантів.

9 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОЇЗДІВ В ПАРКУ СТАНЦІЇ

В розділі 8 отримані показники функціонування підсистеми розформування для 14-ти варіантів умов її експлуатації. Кожний з розглянутих варіантів відрізняється від інших кількістю груп у бригаді ПТО і кількістю маневрових локомотивів. У цьому зв'язку тривалість знаходження составів у підсистемі розформування, кількість колій у парку прибуття та кількість стрілочних переводів для їх з'єднання відрізняються по варіантам. Експлуатаційні характеристики по варіантам наведені в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 – Експлуатаційні характеристики варіантів технічного оснащення підсистеми розформування

Показник	Значення показника по варіантам													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
число бригад ПТО $S_{бр}$	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
число груп в бригаді ПТО $K_{гр}$	2	2	3	3	4	4	1	1	2	2	3	3	4	4
число маневрових локомотивів $K_{лок}$	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
необхідна кількість колій в парку Z	9	9	5	5	5	4	9	9	5	4	5	4	5	4
необхідна кількість стрілок $K_{стр}$	16	16	8	8	8	6	16	16	8	6	8	6	8	6
тривалість простою составу в системі, хв $T_{пс}$	75,9	74,3	38,3	35,7	33,65	30,0	100,9	99,3	46,13	42,57	38,9	34,31	35,81	30,51

Слід зазначити, якщо необхідна кількість колій Z більша за наявну (5 колій), то в парку потрібно улаштування додаткових колій. У іншому випадку, колій необхідна кількість колій менша за наявну, то, з метою скорочення витрат, зайві колії демонтуються. Те ж саме стосується і стрілочних переводів.

З метою визначення найкращого варіанта технічного оснащення підсистеми потрібно обрати критерій ефективності, тобто загальний показник, який би врахову-

вав усі фактори, якими варіанти відрізняються. Таким критерієм можуть виступати модифіковані приведені витрати [76]

$$\text{МПВ} = K + (E \cdot (1 - H_{\text{пп}}) - A \cdot H_{\text{пп}}) \cdot \frac{1 - (1 + D)^{-T}}{D}, \quad (9.1)$$

де K – капітальні вкладення, *грн.*;

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

A – амортизаційні відрахування, *грн.*;

$H_{\text{пп}}$ – норма податку на прибуток, яка згідно [77] складає 18%, тобто $H_{\text{пп}} = 0,18$;

D – ставка дисконту (мінімальна необхідна норма доходу на капітал), яка згідно [78] складає 15%, тобто $D = 0,15$;

T – тривалість життєвого циклу проекту, $T = 25$ років.

Капітальні вкладення визначаються за формулою

$$K = (Z_{\text{укл}} \cdot c_{\text{км}}^{\text{укл}} + Z_{\text{дем}} \cdot c_{\text{км}}^{\text{дем}}) \cdot L_{\text{кор}} \cdot 1,1 + K_{\text{стр}}^{\text{укл}} \cdot c_{\text{стр}}^{\text{укл}} + K_{\text{стр}}^{\text{дем}} \cdot c_{\text{стр}}^{\text{дем}} + K_{\text{лок}} \cdot c_{\text{лок}}, \quad (9.2)$$

де $Z_{\text{укл}}$, $Z_{\text{дем}}$ – кількість колій, що укладаються або демонтуються в парку прибуття відповідно;

$L_{\text{кор}}$ – корисна довжина колій прибуття, $L_{\text{кор}} = 0,85$ км;

1,1 – коефіцієнт, що враховує відношення корисної довжини колії до будівельної довжини;

$c_{\text{км}}^{\text{укл}}$, $c_{\text{км}}^{\text{дем}}$ – вартість укладання або демонтажу 1 км колії в парку прибуття відповідно, *грн./км*;

$K_{\text{стр}}^{\text{укл}}$, $K_{\text{стр}}^{\text{дем}}$ – кількість стрілочних переводів, що укладаються або демонтуються в парку прибуття відповідно. Приблизну кількість стрілок можна визначити за допомогою виразу $K_{\text{укл(дем)}} = 2 \cdot Z_{\text{укл(дем)}}$;

$c_{\text{стр}}^{\text{укл}}, c_{\text{стр}}^{\text{дем}}$ – вартість укладання або демонтажу одного комплекту стрілочного

переводу марки 1/9 відповідно, *грн.*;

$K_{\text{лок}}$ – кількість маневрових локомотивів;

$c_{\text{лок}}$ – вартість одного маневрового локомотива, *грн.*

У відповідності з даними Регіональної філії «Придніпровська залізниця» ПАТ «Укрзалізниця» за 2018 рік $c_{\text{км}}^{\text{укл}} = 2,0$ млн. *грн./км*, $c_{\text{км}}^{\text{дем}} = 0,8$ млн. *грн./км*, $c_{\text{стр}}^{\text{укл}} = 0,55$ млн. *грн.*, $c_{\text{стр}}^{\text{дем}} = 0,18$ млн. *грн.* і $c_{\text{лок}} = 14,0$ млн. *грн.*

Кількість колій, яка укладається визначається за допомогою виразу

$$Z_{\text{укл}} = \begin{cases} Z > Z_{\text{існ}}, & Z - Z_{\text{існ}} \\ Z \leq Z_{\text{існ}}, & 0 \end{cases} \quad (9.3)$$

де Z – потрібна кількість колій в парку прибуття. яка розрахована в розділі 8;

$Z_{\text{існ}}$ – існуюча кількість колій в парку прибуття, $Z_{\text{існ}} = 5$.

Кількість колій, яка демонтується визначається за допомогою виразу

$$Z_{\text{дем}} = \begin{cases} Z < Z_{\text{існ}}, & Z_{\text{існ}} - Z \\ Z \geq Z_{\text{існ}}, & 0 \end{cases} \quad (9.4)$$

Експлуатаційні витрати складаються з

$$E = E_{\text{к}} + E_{\text{стр}} + E_{\text{пто}} + E_{\text{лок}} + E_{\text{пс}}, \quad (9.5)$$

де $E_{\text{к}}$ – витрати на утримання колій парку в парку прибуття, *грн.*;

$E_{\text{стр}}$ – витрати на утримання стрілочних переводів, *грн.*;

$E_{\text{пто}}$ – витрати на утримання бригади ПТО, *грн.*;

$E_{\text{лок}}$ – витрати на придбання та утримання маневрових локомотивів, *грн.*;

$E_{\text{пс}}$ – витрати, що пов'язані з простоєм вагонів у підсистемі розформування, *грн.*

Витрати на утримання колій парку в парку прибуття

$$E_k = Z \cdot L_{\text{кор}} \cdot 1,1 \cdot e_k, \quad (9.6)$$

де e_k – річна вартість утримання 1 км колії в парку прибуття, грн.

Витрати на утримання стрілочних переводів

$$E_{\text{стр}} = K_{\text{стр}} \cdot e_{\text{стр}} \quad (9.7)$$

де $e_{\text{стр}}$ – річна вартість утримання одного комплексу стрілочного переводу,

грн.

Витрати на утримання бригади ПТО

$$E_{\text{пто}} = 4,3 \cdot S_{\text{бр}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot e_{\text{пто}}, \quad (9.8)$$

де $S_{\text{бр}}$ – кількість бригад ПТО;

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

$e_{\text{пто}}$ – річні витрати на утримання однієї групи ПТО, $e_{\text{пто}} = 60$ тис. грн.;

4,3 – кількість змін.

Витрати на придбання та утримання маневрових локомотивів:

$$E_{\text{лок}} = K_{\text{лок}} \cdot e_{\text{лок}}, \quad (9.9)$$

де $e_{\text{лок}}$ – річна вартість утримання одного маневрового локомотива, грн.;

Витрати, що пов'язані з простоем вагонів у підсистемі розформування

$$E_{\text{пс}} = 365 \frac{T_{\text{пс}}}{60} e_{\text{в-г}} \cdot N_p \cdot M[m], \quad (9.10)$$

де $T_{\text{пс}}$ – тривалість простою составу в підсистемі розформування, хв.;

$e_{\text{в-г}}$ – вартість вагоно-години простою, грн.;

N_p – середньодобова кількість поїздів у розформування, згідно з розділом 7

$N_p = 33,12$ поїздів;

$M[m]$ – математичне очікування кількості вагонів в составі поїзда у розформування, згідно з розділом 7 $M[m] = 52,54$ ваг.

У відповідності з даними Регіональної філії «Придніпровська залізниця» ПАТ «Укрзалізниця» за 2018 рік $e_k = 200,0$ тис. грн./км, $e_{стр} = 132,0$ тис. грн., $e_{лок} = 500,0$ тис. грн., $e_{в-г} = 0,80$ грн.

Амортизаційні відрахування визначаються за формулою:

$$A = \frac{K}{T}. \quad (9.11)$$

Виконаємо розрахунок модифікованих приведених по першому варіанту, для якого в розділі 7 встановлені такі показники:

- кількість бригад ПТО $S_{бр} = 1$;
- кількість груп в бригаді ПТО $K_{гр} = 2$;
- кількість маневрових локомотивів $K_{лок} = 1$;
- потрібна кількість колій в парку прибуття $Z = 9$;
- кількість колій, що необхідно укласти в парку $Z_{укл} = 4$;
- кількість колій в парку прибуття, які необхідно демонтувати $Z_{дем} = 0$;
- середній прості составів в підсистемі розформування $T_{пс} = 75,9$ хв;
- потрібна кількість стрілочних переводів в парку прибуття $K_{стр} = 16$;
- кількість стрілок, що необхідно укласти в парку $K_{стр}^{укл} = 8$;
- кількість стрілок в парку, які необхідно демонтувати $K_{стр}^{дем} = 0$.

$$K_1 = (4 \cdot 2,0 + 0 \cdot 0,8) \cdot 0,85 \cdot 1,1 + 8 \cdot 0,55 + 0 \cdot 0,132 + 1 \cdot 14,0 = 25,88 \text{ млн. грн.},$$

$$E_k = 9 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 0,200 = 1,68 \text{ млн. грн.}, \quad E_{стр} = 16 \cdot 0,132 = 2,11 \text{ млн. грн.},$$

$$E_{пто} = 4,3 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 0,06 = 0,52 \text{ млн. грн.}, \quad E_{лок} = 1 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ млн. грн.},$$

$$E_{пс} = 365 \cdot \frac{75,9}{60} \cdot 0,80 \cdot 10^{-6} \cdot 33,12 \cdot 52,54 = 0,64 \text{ млн. грн.},$$

$$E_1 = 1,68 + 2,11 + 0,52 + 0,5 + 0,64 = 5,45 \text{ млн. грн.},$$

$$A_1 = \frac{25,88}{25} = 1,04 \text{ млн. грн.},$$

$$\text{МПВ}_1 = 25,88 + (5,45 \cdot (1 - 0,18) - 1,04 \cdot 0,18) \cdot \frac{1 - (1 + 0,15)^{-25}}{0,15} = 53,59 \text{ млн. грн.}$$

Процедура розрахунку модифікованих приведених витрат по іншим варіантам виконується аналогічно. Результати розрахунків наведені в таблиці 9.2

Таблиця 9.2 – Розрахунок модифікованих приведених витрат по варіантам

Показник	Значення показника по варіантам													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$S_{\text{бр}}$	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
$K_{\text{гр}}$	2	2	3	3	4	4	1	1	2	2	3	3	4	4
$K_{\text{лок}}$	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Z	9	9	5	5	5	4	9	9	5	4	5	4	5	4
$Z_{\text{укл}}$	4	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0
$Z_{\text{дем}}$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1
$T_{\text{пс}}$	75,9	74,3	38,3	35,7	33,65	30,0	100,9	99,3	46,13	42,57	38,9	34,31	35,81	30,51
$K_{\text{стр}}$	16	16	8	8	8	6	16	16	8	6	8	6	8	6
$K_{\text{стр}}^{\text{укл}}$	8	8	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0
$K_{\text{стр}}^{\text{дем}}$	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	2	0	2
K	25,88	39,88	14,00	28,00	14,00	29,11	25,88	39,88	14,00	29,11	14,00	29,11	14,00	29,11
$E_{\text{к}}$	1,68	1,68	0,94	0,94	0,94	0,75	1,68	1,68	0,94	0,75	0,94	0,75	0,94	0,75
$E_{\text{стр}}$	2,11	2,11	1,06	1,06	1,06	0,79	2,11	2,11	1,06	0,79	1,06	0,79	1,06	0,79
$E_{\text{пто}}$	0,52	0,52	0,77	0,77	1,03	1,03	0,52	0,52	1,03	1,03	1,55	1,55	2,06	2,06
$E_{\text{лок}}$	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00
$E_{\text{пс}}$	0,64	0,63	0,32	0,30	0,28	0,25	0,85	0,84	0,39	0,36	0,33	0,29	0,30	0,26
A	1,04	1,60	0,56	1,12	0,56	1,16	1,04	1,60	0,56	1,16	0,56	1,16	0,56	1,16
МПВ	53,59	69,51	32,38	48,26	33,53	48,04	54,71	70,63	34,09	48,60	36,51	50,96	39,10	53,53

Отже, доцільним варіантом технічного оснащення є варіант 3, при якому в парку прибуття працює одна бригада ПТО з трьох груп та один маневровий локомотив. При цьому простій склав в підсистемі розформування складатиме 38 хв. В існуючому варіанті технічного оснащення працює одна бригада з двох груп.

Таким чином, за рахунок удосконалення технології обслуговування поїздів в парку прийому тривалість їх простою скоротилася на $\Delta T_{\text{пс}} = 75,9 - 38,3 = 37,6 \text{ хв}$, що складає 50%, а економія річних витрат – на $\Delta E = \text{МПВ}_1 - \text{МПВ}_3 = 53,59 - 32,38 = 21,21 \text{ млн. грн.}$

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

10.1 Вихідні дані до розробки добового плану-графіка роботи

Добовий план-графік роботи станції є графічним відображенням роботи станції: прийому поїздів, їх обробки в станційних парках та відправлення. На планах графіках відображають також роботу всіх пристроїв, що знаходяться на станції (наприклад, пункти навантаження-розвантаження, контейнерні площадки, сортувальні площадки). Мета добового плану-графіка – пов’язати роботу всіх елементів станції, їх взаємодію з графіком прибуття і відправлення поїздів, з роботою під’їзних колій підприємства, уточнити завантаження окремих парків, колій, горловин, маневрових локомотивів, визначити норми часу знаходження на станції вагонів різних категорій обробки. На плані-графіку видно «вузькі» місця, міжопераційні інтервали, 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 В.

10.2 Розробка добового плану-графіку роботи станції

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

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

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

Тривалість знаходження транзитного вагона з переробкою у парку «П» визначається за формулою [79]

$$t_{\text{тр з/п}}^{\text{П}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оч}} + t_{\text{то}} + t_{\text{р}}^{\text{оч}})}{N_{\text{р}}}, \quad (10.1)$$

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 складом розформування на гірці, хв;

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

$$t_{\text{тр з/п}}^{\text{П}} = \frac{1298}{34} = 38,2 \text{ хв.}$$

Тривалість знаходження транзитного вагону без переробки у парку «В» визначається за формулою

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

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.

$$t_{\text{тр б/п}}^{\text{В}} = \frac{2519}{55} = 45,8 \text{ хв.}$$

Тривалість знаходження транзитного вагона з переробкою у парку «В» визначається по формулі

$$t_{\text{тр з/п}}^{\text{В}} = \frac{\Sigma(t_{\text{ТО}}^{\text{оч}} + t_{\text{ТО}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{відп}}^{\text{оч}})}{N_{\text{сф}}}, \quad (10.3)$$

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

$$t_{\text{тр з/п}}^{\text{В}} = \frac{1530}{35} = 43,7 \text{ хв.}$$

Тривалість простою транзитного вагона з переробкою у парку «С» під накопиченням

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

де Σnt – вагоно-години накопичення за добу;

n – добова кількість вагонів на обраному призначенні.

Результати розрахунку тривалості простою транзитного вагона з переробкою під накопиченням для кожної сортувальної колії наведено у таблиці 10.1.

Таблиця 10.1 – Розрахунок часу простою вагонів під накопиченням

№ колії	Σnt , <i>ваг-год.</i>	n , <i>ваг.</i>	$t_{\text{нак}}$, <i>год.</i>
12	574,9	102	4,20
13	617,1	170	3,47
14	709,6	144	4,41
15	631,8	161	3,14
16	391,1	43	6,86
17	750,9	81	7,74
18	691,1	114	4,43
21	494,5	177	2,69
22	697,7	133	4,91
23	690,4	84	6,00
24	597,7	124	4,01
25	642,0	99	5,78
26	852,4	111	5,79
27	100,9	27	3,60
28	315,5	58	8,09
Разом	8757,6	1768	

Середній простій вагону в сортувальному парку під накопиченням складає

$$\bar{t}_{\text{нак}} = \frac{5785,6}{1768} = 4,3 \text{ год.}$$

Час знаходження транзитного вагону з переробкою на сортувальній станції визначається за формулою [79]

$$t_{\text{тр}}^{3/\text{п}} = t_{\text{тр } 3/\text{п}}^{\text{А}} + \bar{t}_{\text{нак}} + t_{\text{тр } 3/\text{п}}^{\text{В}}. \quad (10.5)$$

$$t_{\text{тр}}^{3/\text{п}} = 38,2 + 4,3 \cdot 60 + 43,7 = 339,9 \text{ хв.}$$

Робочий парк транзитних вагонів визначається за формулою

$$n_{\text{р}} = \frac{n_{\text{тр}}^{6/\text{п}} \cdot t_{\text{тр}}^{6/\text{п}} + n_{\text{тр}}^{3/\text{п}} \cdot t_{\text{тр}}^{3/\text{п}}}{1440}, \quad (10.6)$$

де $n_{\text{тр}}^{6/\text{п}}$ $n_{\text{тр}}^{3/\text{п}}$ – відповідно добова кількість транзитних вагонів без переробки та з переробкою.

$$n_{\text{р}} = \frac{2618 \cdot 45,8 + 1768 \cdot 339,9}{1440} = 500 \text{ ваг.}$$

Коефіцієнт завантаження маневрових локомотивів визначається за формулою [79]

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

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

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

Завантаження гірочного локомотива $K_{\text{л}} = \frac{639}{1440 - 60} = 0,46$.

Завантаження маневрового локомотива $K_{\text{л}} = \frac{434}{1440 - 60} = 0,31$.

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

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі отримане рішення актуальної науково-практичної задачі підвищення ефективності функціонування сортувальної станції за рахунок використання її раціональних техніко-технологічних параметрів. Основні результати і висновки дипломної роботи полягають у наступному:

1. Визначено розрахункові розміри роботи сортувальної станції. Встановлено, що станція за добу переробляє 1768 вагонів, а також обслуговує 55 транзитних поїздів, з яких 54% зі зміною локомотивів. Розраховано масу поїзда, яка дорівнює 3754 *t* при цьому в складі поїзда налічується 53 вагона.

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

3. Розраховано техніко-експлуатаційні параметри сортувальної гірки середньої потужності висотою 2,956 *m*. Проаналізовано конструкцію існуючого поздовжнього профілю гірки та її технічного оснащення і встановлено, що вказані параметри забезпечують достатню якість процесу розформування составів. При цьому потенційна переробна спроможність має значний запас і складає 2714 вагонів на добу.

4. Визначено раціональні техніко-технологічні параметри підсистеми розформування з використанням методів теорії масового обслуговування. Отримана залежність технічного оснащення парку прибуття і технології обслуговування составів від обсягу добової переробки. Встановлено, що при розрахункових обсягах переробки доцільно тримати в парку прибуття п'ять колій і одну бригаду ПТО з трьох груп при цьому приведені річні витрати складатимуть 21,21 млн. грн. рік.

5. Розроблено технологічний процес роботи сортувальної станції. Працездатність станції перевірено на основі графічного моделювання її роботи за допомогою побудови добового плану-графіка. Аналіз показників графіку виявив, що стрілочні зони горловин парків завантажені в середньому на 50 %, а колії парків – на 75 %. Це

свідчить, що при підвищенні обсягів роботи, станція буде мати запас по переробної спроможності і, відповідно, зможе цілком справитися з заданими розмірами роботи. Тривалість знаходження транзитного вагона з переробкою на станції складає 5,7 год. Коефіцієнт завантаження локомотивів не перевищує 0,7, що відповідає нормальній їх роботі.

6. Розроблені питання з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. При цьому вказано на що спрямована робота з охорони праці на сортувальній станції О, які небезпечні та шкідливі фактори можуть впливати на працівників станції. Розроблені заходи з безпеки руху при прийомі і відправлення поїздів в умовах порушення нормальної роботи пристроїв СЦБ на станції О. Вказані дії працівників при прийомі поїзда при забороняючому сигналі вхідного світлофора та відправленні поїзда при забороняючому сигналі вихідного світлофора при автоблокуванні.

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 распуска 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. Персианов В.А. Моделирование транспортных систем / В.А. Персианов, К.Ю. Скалов, Н.С. Усков – М.: Транспорт, 1972. – 208 с.
22. 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.
23. 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.
24. Руководство по расчету станций методом моделирования на ЕС ЭВМ / М.: ЦНИИС, 1984. - 110 с.
25. 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.
26. 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
27. Федотова Т.Н. Моделирование транспортных систем с приоритетами // Вопросы проектирования железнодорожных станций: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 589. - М.: МИИТ, 1978. - с. 97 - 107.
28. 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.
29. 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.

30. 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.

31. Быкадоров А.В. Парк приема сортировочной станции как двухфазная система массового обслуживания. //Сб. трудов НИИЖТа. – 1973. - №146. с. 63 – 80

32. Падня В.А. Применение теории массового обслуживания на транспорте. - М.: Транспорт, 1968. – 208 с.

33. Покавкин В.А. Нормирование показателей работы и загрузки устройств сортировочных станций // Железнодорожный транспорт. – 1972. - №11. – с. 14-17.

34. Муха Ю. А., Бобровский В. И. Моделирование на ЭЦВМ процесса скатывания отцепов с сортировочной горки // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. - Вып. 90/6. - Днепропетровск, 1969. - с. 53 - 63.

35. 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.

36. 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.

37. 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.

38. 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.

39. 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.

40. 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.

41. Лещинский Е.И. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 1977. - 176 с.

42. Сотников Е.А. Интенсификация работы сортировочных станций. - М.: Транспорт, 1979. - 239 с.

43. Грунтов П.С., Захаров В.А. Решение практических задач с помощью моделирования работы станций // Железнодорожный транспорт. – 1979. – №1. – с.22-25.

44. Грунтов П.С., Захаров В.А. Прогнозирование работы сортировочных станций методом моделирования на ЭВМ. Гомель. 1981. – 152 с.

45. Грунтов П.С. Эксплуатационная надежность станций. – М.: Транспорт, 1986. – 247 с.

46. 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.

47. Миркин А.Г. Расчет прогнозных показателей работы сортировочной станции в изменяющихся условиях эксплуатации с использованием имитационного моделирования // Вестник ВНИИЖТа. – 1990. - №3. – с. 7-10

48. Ульяненкова Н. В., Храбров В. В. Современные тенденции рационального использования технического оснащения грузовой станции // Транспорт: Наука, техника, управление. - ВИНТИ. - 1999. - № 5. - с. 65 - 66.

49. Тютюнов Ю. П. Исследование технологии работы железнодорожных узлов методом имитационного моделирования: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.08/ БелГУТ. - Гомель, 1995. - 16 с.

50. 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.

51. 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.

52. Нагорный Е.В., Бутыко 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.

53. 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).

54. Козлов И. Т. Пропускная способность транспортных систем. - М.: Транспорт, 1985. - 214 с.

55. Шавзис С.С. Планирование поездообразования: новые подходы и решения. //Железнодорожный транспорт. – 2003. - №8. – с. 43-47.

56. Кокурин И.М. Методика количественной оценки деятельности человека-оператора железнодорожных автоматизированных систем управления // Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 404. - Л.: ЛИИЖТ, 1977. - с. 73 – 83.

57. Кокурин И.М. Улучшение условий труда дежурных по станции при МРЦ // Железнодорожный транспорт. – 1974. - №6. – с. 32-35.

58. Кокурин И.М. Формализация расчета загрузки железнодорожных операторов // Вестник ВНИИЖТа. – 1983. - №5. – с.51-54.

59. Сапунов Н.А., Кожевников А.И., Столяров А.С. Улучшить подготовку дежурных по станциям // Железнодорожный транспорт. – 1997. - №1. – с. 16-19.

60. Сапунов Н.А. Об оценке количества информации в системе управления сортировочной станцией // Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 364. - Л.: ЛИИЖТ, 1973. - с. 80 – 91.

61. Прашил Я., Садлонь Л. Имитационная модель работы дежурного по промежуточной станции // Совершенствование управления процессами перевозок на железнодорожном транспорте: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 716. - М.: МИИТ, 1982. - с. 120 - 127.

62. Бобровский В.И. Теоретические основы совершенствования конструкции и технологии работы железнодорожных станций. Автореф. дис. докт. техн. наук: ДНУЗТ. - 2002. - 36 с.

63. Бобровский В.И. Моделирование системы управления пропуском поездов через пересечения // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. пр. - Вип. 33. - Харків: ХарДАЗТ, 1998. - с. 71 - 79.

64. Бобровский В.И., Козаченко Д.Н., Вернигора Р. В. Эргатические модели железнодорожных станций. // Зб. наук. праць КУЕТТ: Серія «Транспортні системи і технології», Вип. 5. – К.: КУЕТТ, 2004. – с. 80-86.

65. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст] – В.: Транспорт, 1985.

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

67. Руководство по техническому нормированию маневровой работы [Текст]. – МПС – В.: Транспорт, 1978.

68. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР [Текст]. – В.: Транспорт, 1992.

69. Бобровский В.И. Расчет числа путей в приемо-отправочных парках участковой станции [Текст]: методические указания по проектированию участковых станций / В.И. Бобровский – Днепропетровск: ДИИТ, 1987.

70. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]: затв. наказ. Мінітрансу України 20.12.96. № 411 / Міні-во трансп. – А.: Транспорт України – 2003. – 256 с.

71. Правила комерційного огляду поїздів та вагонів [Текст]: затв. наказ. Укр-залізниця № 110-Ц 2006р.

72. Правил безпеки для працівників залізничного транспорту на електрифікованих лініях [Текст]: затв. наказ. Мін-ва праці та соц. політики №120 від 30.05.2000р.

73. Правила перевезень небезпечних вантажів на залізницях [Текст]: затв. наказ. Мін-ва тр-ту та зв'язку № 1430 від 25.11.2008р.

74. Шторм Р. Теория вероятностей, Математическая статистика, Статистический контроль качества [Текст] / Р. Шторм – Из-во «Мир» – 1970 г.

75. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни Основи теорії транспортних процесів та систем [Текст] / Дніпропетр. держ. техн. ун-т залізн. трансп.; Укл.: В.П. Божко, В.В. Журавель. Дніпропетровськ – 2001.

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

77. Про внесення змін до Податкового кодексу України та деяких законодавчих актів України щодо податкової реформи [Текст]: закон України від 28.12.2014 р. № 71-VIII.

78. Значення облікової ставки НБУ з 1993 по 2015 роки: [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: http://bank-ua.com/discount_rate/.

79. Рекомендації з техніко-економічних розрахунків окремих показників експлуатаційної роботи залізниць [Текст] / Розроб.: О. Ф. Вергун, Н. В. Липовець, Л. Ю. Гаркуша. – С.: Транспорт України, 2002 – 64 с.

ДОДАТОК А

ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

А.1 Вихідні дані для визначення розрахункових обсягів роботи станції



Рисунок А.1 – Схема примикання підходів до станції

Розрахункові обсяги роботи станції наведені у табл. А.1-А.3.

Таблиця А.1 – Пасажирські поїздопотоки сортувальної станції

з	на				разом
	А	В	Г	Б	
А	-	0	7/8	4/4	11/12
В	0	-	5/7	2/4	7/11
Г	7/8	5/7	-	0	12/15
Б	4/4	2/4	0	-	6/8
разом	11/12	7/11	12/15	6/8	36/46

Примітка. У чисельнику – пасажирські, у знаменнику – приміські поїзда.

Таблиця А.2 – Транзитні вагонопотоки без переробки

з	на				разом
	А	В	Г	Б	
А	-	119	336	303	758
В	87	-	219	244	550
Г	357	229	-	128	714
Б	258	200	138	-	596
разом	702	548	693	675	2618

Таблиця А.3 – Транзитні вагонопотоки з переробкою

з	на					разом
	А	В	Г	Б	п/к	
А	-	58	121	232	15	426
В	65	-	112	211	14	402
Г	125	116	-	101	14	356
Б	219	196	96	-	15	526
п/к	15	14	14	15	-	58
разом	424	384	343	559	58	1768

Кількість вагонів в составі збірної поїзда – не менше 30 вагонів.

Таблиця А.4 – Добовий вагонопотік за призначеннями плану формування поїздів

№	Призначення ПФП	Вагонопотік
1	наскрізні на А1	149
2	наскрізні на А2	136
3	дільничні на А	76
4	збірні на А	63
5	наскрізні на В	154
6	дільничні на В	173
7	збірні на В	57
8	наскрізні на Г	130
9	дільничні на Г	144
10	збірні на Г	69
11	наскрізні на Б1	190
12	наскрізні на Б2	173
13	дільничні на Б	157
14	збірні на Б	39
15	місцеві	58

Таблиця А.5 – Дані і норми до визначення маси і довжини поїзда

Параметри	Позначення	Значення
Довжина вагона, m	$l_{\text{ваг}}$	15,0
Середня маса вагона, t	$q_{\text{ваг}}$	65,0
Навантаження від осі вагона на рейку, t	q_0	16,25
Серія поїзного локомотива	—	ВЛ-8
Розрахунковий ухил на підходах, що примикають до станції, ‰	i_p	11,2

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 – $n_6 = 8$ башмаків.

Середня кількість операцій по розчепленню вагонів на один состав – $n_0 = 0,5$.

А.3 Вихідні дані до перевірки техніко-експлуатаційних параметрів сортувальної гірки

Сортувальна гірка середньої потужності має три гальмових позиції, які обладнані вагонними уповільнювачами типу КНП-5 на першій та другій позиціях і типу РНЗ-2 – на парковій гальмовій позиції.

Розрахункова температура повітря $t^{\circ} = -22^{\circ}\text{C}$.

Середня швидкість вітру $V_{\text{в}} = 4,20 \text{ м/с}$.

Профільна висота існуючої гірки 2,956 м.

Параметри поздовжнього профілю існуючої сортувальної гірки наведено 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	13,85	1,5
СЗ	155,38	2,0
ГП2	32,33	7,0
ПР	28,86	10,0
ГП1	30,83	12,0
ШВ1	18,00	20,0
ШВ2	30,00	45,0

ДОДАТОК Б

ВИХІДНІ ДАНІ ДО АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОЇЗДІВ В ПІДСИСТЕМІ РОЗФОРМУВАННЯ

Таблиця Б.1 – Інтервали між моментами прибуття поїздів у розформування та кількість вагонів в їх составі.

№п/п	Інтервал	Кількість ва- гонів	№п/п	Інтервал	Кількість ва- гонів	№п/п	Інтервал	Кількість ва- гонів	№п/п	Інтервал	Кількість ва- гонів
1	33	54	31	6	54	61	55	52	91	73	55
2	23	51	32	92	52	62	45	53	92	22	53
3	48	51	33	62	52	63	94	51	93	59	52
4	23	53	34	140	52	64	1	52	94	31	50
5	7	52	35	86	53	65	31	54	95	49	52
6	40	51	36	10	55	66	14	51	96	43	55
7	2	51	37	16	54	67	63	55	97	16	54
8	88	50	38	60	52	68	1	51	98	54	52
9	73	54	39	12	55	69	15	55	99	10	54
10	6	54	40	28	55	70	42	51	100	7	51
11	68	51	41	16	53	71	27	52	101	81	50
12	41	50	42	80	50	72	37	51	102	5	55
13	48	53	43	27	50	73	7	55	103	9	51
14	61	50	44	79	55	74	101	52	104	19	54
15	13	51	45	20	51	75	36	50	105	73	54
16	3	50	46	75	55	76	12	54	106	47	53
17	38	53	47	56	53	77	47	55	107	37	52
18	96	55	48	62	51	78	59	50	108	29	54
19	46	55	49	46	51	79	24	55	109	10	50
20	41	50	50	34	50	80	55	50	110	18	51
21	57	50	51	17	50	81	9	51	111	12	52
22	11	52	52	18	50	82	40	53	112	149	51
23	5	54	53	34	54	83	77	53	113	123	54
24	58	53	54	42	55	84	41	52	114	37	53
25	17	55	55	3	53	85	34	50	115	33	52
26	15	55	56	2	51	86	82	52	116	86	51
27	41	54	57	2	55	87	33	52	117	59	53
28	129	54	58	81	51	88	52	54	118	60	54
29	26	53	59	77	54	89	1	52	119	14	55
30	130	54	60	30	53	90	8	54	120	-	54

Параметри обслуговування одного вагону визначаються математичним очікуванням тривалості огляду одного вагону $M[\tau]=0,95$ хв/ваг та її коефіцієнтом варіації $v_{\text{обс}}=0,25$.

ДОДАТОК В

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗКЛАДУ ПРИБУТТЯ ПОЇЗДІВ І СКЛАДУ ПОЇЗДІВ У РОЗФОРМУВАННЯ

Таблиця В.1 – Розклад прибирання вагонів з під’їзної колії.

№	номер подачі	час
1	9901	04-00
2	9902	08-30
3	9903	14-00
4	9904	19-20

Таблиця В.2 – Розкладання составів поїздів у розформування, що прибувають з напрямків Б і Г та з під’їзної колії

Підхід	Номер поїзда	наскрізні на К1	наскрізні на К2	дільничні на А	збірні на А	наскрізні на В	дільничні на В	збірні на В	наскрізні на Г	дільничні на Г	збірні на Г	наскрізні на О1	наскрізні на О2	дільничні на Б	збірні на Б	місцеві	склад поїзда, ваг
№ колії		12	13	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	26	27	28	
з напрямку А	2400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	30	-	-	53
	2402	-	-	-	-	-	-	-	27	-	26	-	-	-	-	-	53
	3402	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	22	-	-	-	27
	2404	-	-	-	-	21	1	-	13	-	3	-	-	-	-	15	53
	3404	-	-	-	-	-	6	-	-	22	-	-	-	-	-	-	28
	2406	-	-	-	-	-	8	7	-	5	-	6	2	10	15	-	53
	2408	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-	34	-	-	-	-	53
	2410	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	10	38	3	-	-	53
	2412	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	39	-	-	53
з напрямку В	2420	9	-	-	8	-	-	-	-	-	7	29	-	-	-	-	53
	2422	-	8	-	-	-	-	-	-	-	11	-	25	-	9	-	53
	2424	1	1	2	7	-	-	-	42	-	-	-	-	-	-	-	53
	3410	5	3	-	-	-	-	-	3	-	-	-	7	11	2	-	31
	2426	-	-	-	-	-	-	-	-	22	-	16	-	12	-	3	53
	2428	-	-	14	-	-	-	-	-	-	2	-	23	-	3	11	53
	2430	5	-	1	-	-	-	-	1	3	-	4	4	35	-	-	53
	2432	-	-	1	-	-	-	-	2	19	-	31	-	-	-	-	53
з П/А	9901	1	-	-	-	-	-	-	-	2	4	-	-	8	-	-	15
	9902	4	2	-	4	-	-	-	-	-	-	2	-	-	3	-	15
	9903	-	-	1	-	4	3	2	2	-	-	-	-	-	1	-	13
	9904	-	-	2	1	-	-	5	6	-	-	-	-	-	1	-	15

Таблиця В.3 – Розкладання составів поїздів у розформування, що прибувають з напрямків Г і Б

Підхід	Номер поїзда	наскрізні на Д1	наскрізні на Д2	дільничні на А	збірні на А	наскрізні на В	дільничні на В	збірні на В	наскрізні на Г	дільничні на Г	збірні на Г	наскрізні на О1	наскрізні на О2	дільничні на Б	збірні на Б	місцеві	склад поїзда, ваг
№ колії		12	13	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	26	27	28	
з напрямку Г	2401	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	23	-	-	-	-	53
	3401	-	-	12	-	-	14	-	-	-	-	-	-	5	-	7	38
	2403	-	-	-	7	12	-	-	-	-	-	19	15	-	-	-	53
	2405	4	-	10	-	12	-	-	-	-	-	15	12	-	-	-	53
	2407	7	12	-	4	-	8	6	-	-	-	1	2	4	2	7	53
	2409	22	18	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	3	-	53
	2411	7	22	-	-	-	4	20	-	-	-	-	-	-	-	-	53
з напрямку Б	2421	29	-	16	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	7	53
	2423	-	-	-	10	-	37	1	-	-	-	-	-	-	-	5	53
	2425	-	-	13	-	-	-	-	-	37	-	-	-	-	-	3	53
	3403	-	23	-	13	-	-	-	-	7	6	-	-	-	-	-	49
	2427	-	-	-	-	35	-	-	14	-	4	-	-	-	-	-	53
	2429	6	2	4	2	29	4	-	4	1	1	-	-	-	-	-	53
	2431	-	-	-	-	-	47	-	-	6	-	-	-	-	-	-	53
	2433	19	25	-	-	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53
	2435	29	3	-	-	8	12	-	1	-	-	-	-	-	-	-	53
	2437	1	17	-	7	-	13	-	15	-	-	-	-	-	-	-	53

Таблиця В.4 – Розклад прибуття поїздів на станцію О

№ п/п	Напрямок А			Напрямок В			Напрямок Г			Напрямок Б		
	поїзд	приб.	катег.*	поїзд	приб.	катег.	поїзд	приб.	катег.	поїзд	приб.	катег.
1	2000	01-38	Т	2100	00-15	Т	2001	00-15	Т	2101	00-15	Т
2	2400	02-39	Р	30	00-37	П	1	00-42	П	2421	01-16	Р
3	2402	03-13	Р	32	01-52	П	2003	00-57	Т	2103	01-42	Т
4	2	03-48	П	34	02-10	П	2005	01-22	Т	2423	02-41	Р
5	4	04-03	П	2102	03-02	Т	3	01-49	П	2105	03-04	Т
6	2002	04-28	Т	36	03-28	П	5	02-07	П	2107	03-20	Т
7	2004	04-47	Т	6030	04-12	П	2401	02-24	Р	2109	03-55	Т
8	6002	05-43	П	2420	04-42	Р	3401	02-39	Р	2111	04-29	Т
9	2006	06-00	Т	2104	05-15	Т	2403	03-28	Р	31	04-51	П
10	6004	06-18	П	6032	05-34	П	7	03-44	П	2425	08-19	Р
11	6006	06-33	П	6034	06-47	П	9	04-23	П	2113	08-55	Т
12	2008	06-59	Т	2422	07-12	Р	11	04-40	П	6031	10-13	П
13	6	07-16	П	2424	07-34	Р	2007	05-02	Т	33	10-41	П
14	6008	07-33	П	2106	07-57	Т	2009	05-25	Т	2115	11-10	Т
15	3402	07-55	Р	2108	08-18	Т	6001	05-41	П	3403	12-19	Р
16	6010	08-17	П	6036	08-49	П	6003	06-08	П	6033	12-50	П
17	8	08-36	П	3410	09-07	Р	6005	07-11	П	2427	13-31	Р
18	2010	09-04	Т	2426	09-31	Р	13	07-26	П	2429	14-08	Р
19	2012	09-24	Т	38	10-28	П	6007	07-45	П	2431	14-43	Р
20	2404	09-49	Р	2110	11-01	Т	2011	08-11	Т	6035	15-08	П
21	6010	10-20	П	6038	12-14	П	6009	08-27	П	35	15-29	П
22	6012	10-55	П	2428	12-40	Р	6011	09-34	П	2433	15-59	Р
23	2014	11-23	Т	2112	13-06	Т	2013	09-50	Т	6037	16-50	П
24	10	12-05	П	6040	13-34	П	2015	10-45	Т	6039	17-15	П
25	3404	12-26	Р	6042	13-57	П	2405	11-02	Р	37	17-30	П
26	12	14-09	П	40	14-42	П	15	11-21	П	39	18-24	П
27	14	14-39	П	2430	15-06	Р	2407	12-02	Р	2117	18-45	Т
28	2406	15-05	Р	6044	16-00	П	6013	12-42	П	2119	19-36	Т
29	2016	15-26	Т	2114	16-22	Т	2409	12-57	Р	2435	20-20	Р
30	6014	15-56	П	6046	16-38	П	6015	13-20	П	6041	20-54	П
31	2018	16-13	Т	2116	17-26	Т	6017	14-23	П	6043	21-14	П
32	2020	16-41	Т	6048	18-21	П	2017	14-53	Т	6045	21-43	П
33	2408	17-13	Р	2118	20-25	Т	17	15-09	П	2437	22-03	Р
34	2410	18-03	Р	2432	20-50	Р	6019	15-43	П	41	22-18	П
35	6016	18-18	П	6050	21-29	П	2019	15-58	Т	2121	23-01	Т
36	2022	18-43	Т	2120	21-51	Т	2021	16-41	Т	2123	23-36	Т
37	2024	19-27	Т	42	23-15	П	19	17-42	П			
38	2026	19-42	Т	2122	23-50	Т	6021	18-11	П			
39	6018	20-06	П				2023	18-37	Т			
40	2028	20-38	Т				6023	19-20	П			
41	2412	21-07	Р				2025	19-53	Т			
42	16	21-23	П				6025	20-37	П			
43	6020	21-41	П				21	21-04	П			
44	6022	22-04	П				6027	21-24	П			
45	2030	22-47	Т				2027	21-57	Т			
46	18	23-10	П				2029	22-21	Т			
47	20	23-30	П				6029	22-46	П			
48	22	23-45	П				23	23-03	П			
49							2411	23-40	Р			

*Примітка. Т – транзитний, Р – у розформування, П – пасажирський.

ДОДАТОК Г
МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ

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

**Дипломна робота
на тему:**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ
СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ О**

Доповідач: Калакура Ігор Васильович

Мета роботи:

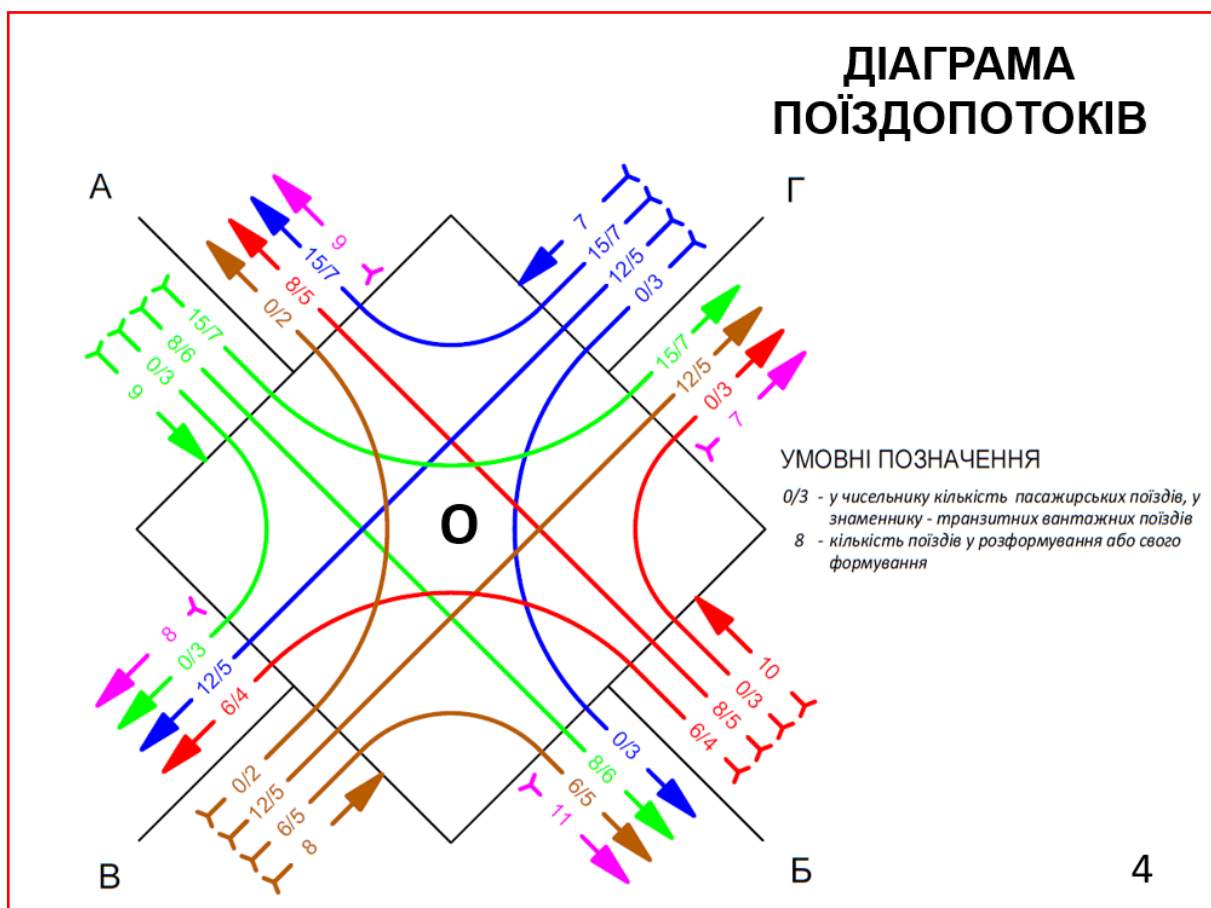
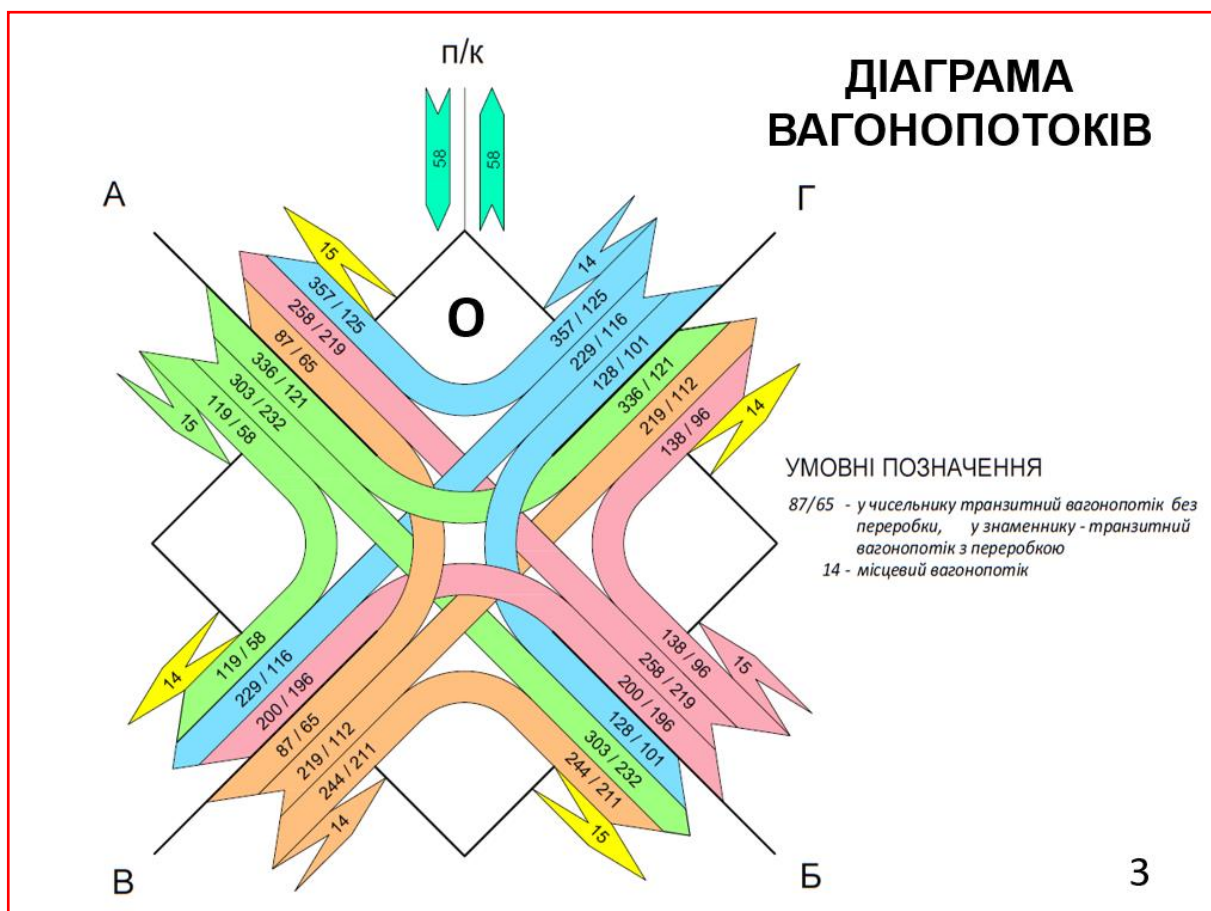
підвищення ефективності функціонування сортувальної станції за рахунок використання її раціональних техніко-технологічних параметрів.

Об'єкт дослідження:

функціонування сортувальної станції О.

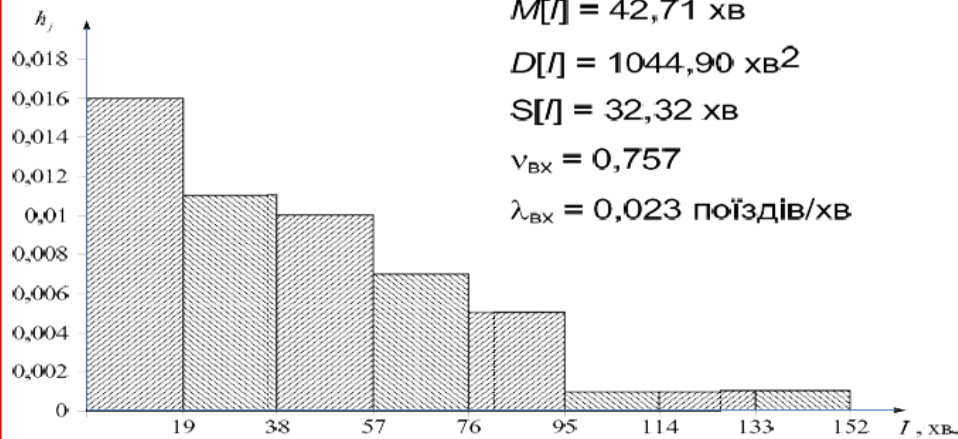
Предмет дослідження:

конструкція та технологія роботи сортувальної станції О.



Статистичний ряд розподілу інтервалів прибуття поїздів

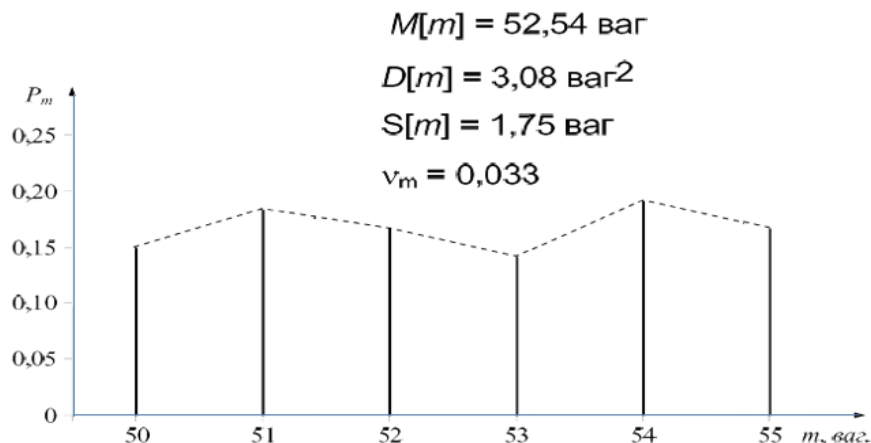
№ розряду	Межа розряду		Середина розряду t_i	Кількість спостережень a_i	P_i	$t_i P_i$	$t_i^2 P_i$	h_i
	ліва	права						
1	0	19	9,5	37	0,311	2,95	28,06	0,016
2	19	38	28,5	24	0,202	5,75	163,82	0,011
3	38	57	47,5	23	0,193	9,18	436,08	0,010
4	57	76	66,5	16	0,134	8,94	594,59	0,007
5	76	95	85,5	12	0,101	8,62	737,17	0,005
6	95	114	104,5	2	0,017	1,76	183,53	0,001
7	114	133	123,5	3	0,025	3,11	384,51	0,001
8	133	152	142,5	2	0,017	2,39	341,28	0,001
Разом				119	1,000	42,71	2869,04	



5

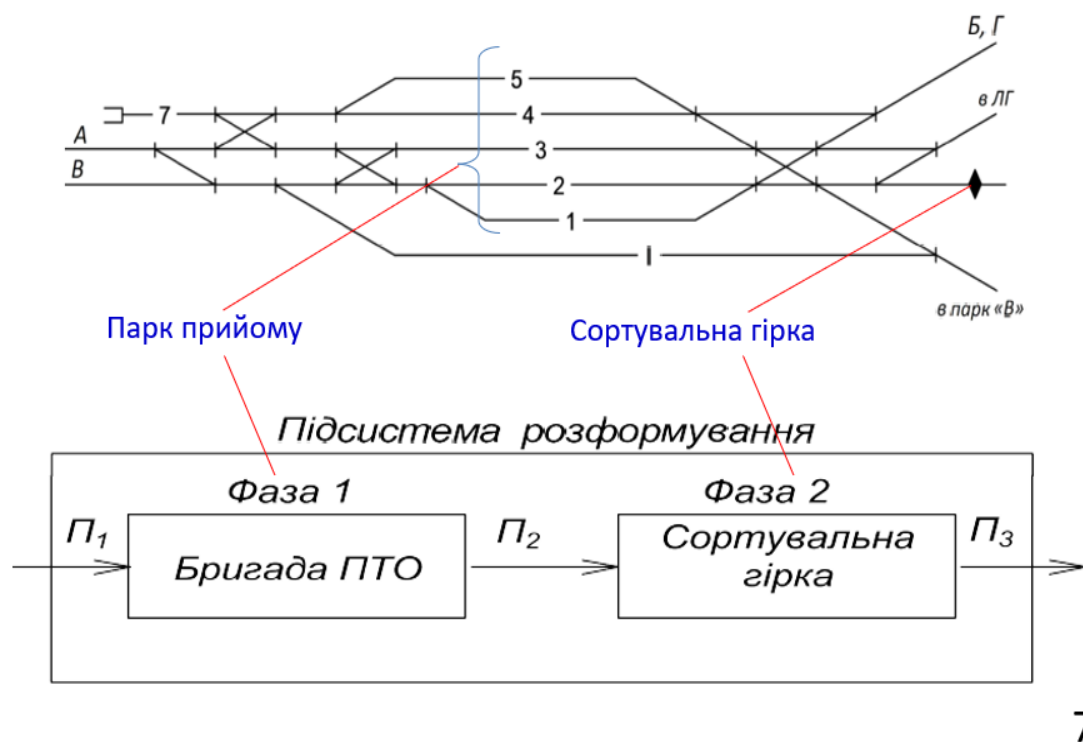
Статистичний ряд розподілу кількості вагонів в складі поїзду

№ розряду	Значення m_i	Кількість спостережень	P_m	$P_m \cdot m_i$	$P_m \cdot m_i^2$
1	50	18	0,150	7,50	375,00
2	51	22	0,183	9,35	476,85
3	52	20	0,167	8,67	450,67
4	53	17	0,142	7,51	397,94
5	54	23	0,192	10,35	558,90
6	55	20	0,167	9,17	504,17
Разом		120	1,000	52,54	2763,53

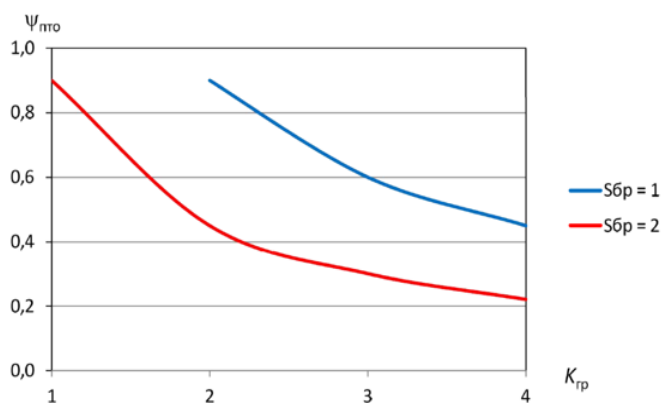


6

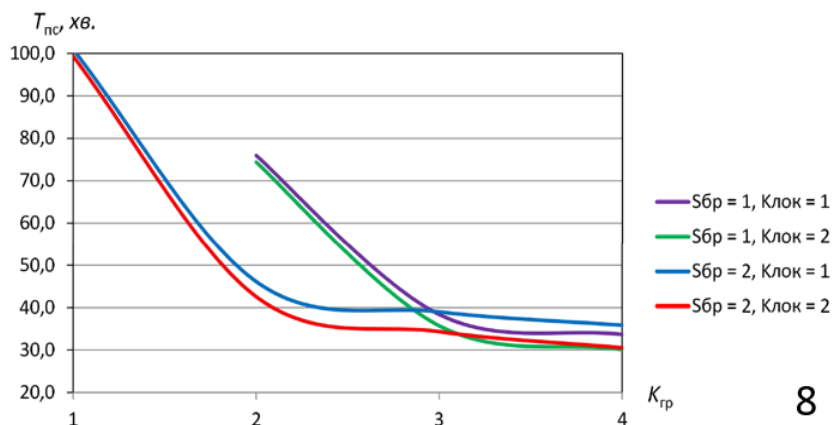
СХЕМА ПІДСИСТЕМИ РОЗФОРМУВАННЯ СТАНЦІЇ О



Завантаження бригади ПТО



Простий составів в підсистемі розформування



ПАРАМЕТРИ ПІДСИСТЕМИ РОЗФОРМУВАННЯ

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

$$K = (Z_{\text{укл}} \cdot c_{\text{км}}^{\text{укл}} + Z_{\text{дем}} \cdot c_{\text{км}}^{\text{дем}}) \cdot L_{\text{кор}} \cdot 1,1 + K_{\text{стр}}^{\text{укл}} \cdot c_{\text{стр}}^{\text{укл}} + K_{\text{стр}}^{\text{дем}} \cdot c_{\text{стр}}^{\text{дем}} + K_{\text{лок}} \cdot c_{\text{лок}}$$

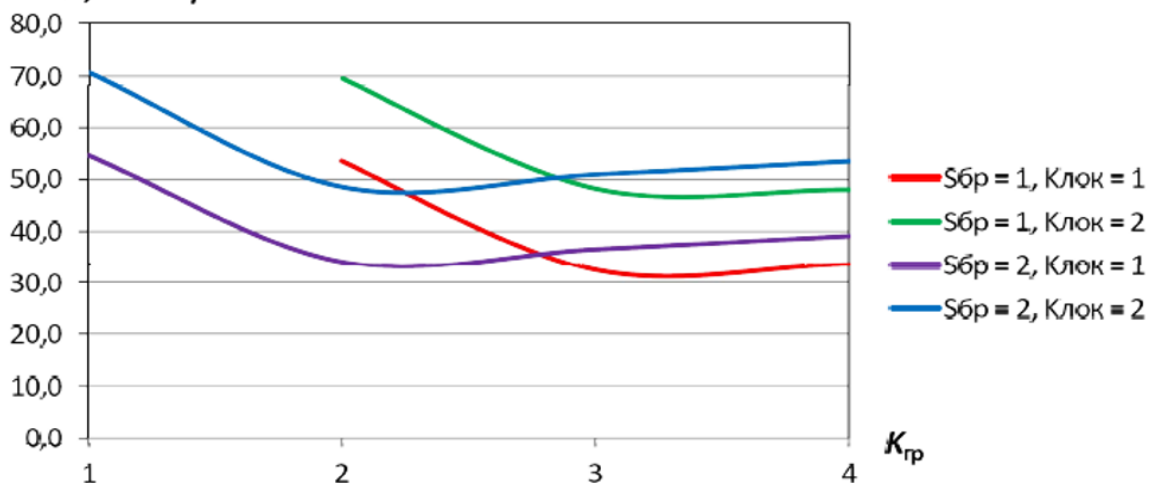
$$E = E_{\text{к}} + E_{\text{стр}} + E_{\text{пто}} + E_{\text{люк}} + E_{\text{пс}}$$

Показ- ник	Значення показника по варіантам													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$S_{\text{бр}}$	1						2							
$K_{\text{тр}}$	2	3	3	4			1	2	3	4				
$K_{\text{лок}}$	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Z	9	9	5	5	5	4	9	9	5	4	5	4	5	4
$Z_{\text{укл}}$	4	4	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-
$Z_{\text{дем}}$	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1	-	1
$T_{\text{пс}}$	76	75	38	36	34	30	101	99	46	43	39	34	36	30
$K_{\text{стр}}$	16	16	8	8	8	6	16	16	8	6	8	6	8	6
$K_{\text{стр}}^{\text{укл}}$	8	8	-	-	-	-	8	8	-	-	-	-	-	-
$K_{\text{стр}}^{\text{дем}}$	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	2	-	2

9

МОДИФІКОВАНІ ПРИВЕДЕНІ ВИТРАТИ

МПВ, млн. грн.



$$\Delta T_{\text{пс}} = 75,9 - 38,3 = 37,6 \text{ хв}$$

$$\Delta E = \text{МПВ}_1 - \text{МПВ}_3 = 53,59 - 32,38 = 21,21 \text{ млн. грн.}$$

10

ПОКАЗНИКИ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ

Показник	Формула	Значення
Простий составів поїздів у розформування в парку прийому «П»	$t_{\text{пр}}^{\text{р}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оу}} + t_{\text{то}} + t_{\text{р}}^{\text{оу}})}{N_{\text{р}}}$	38,2 хв
Простий вагонів під накопиченням у сортувальному парку «С»	$t_{\text{нак}} = \frac{\Sigma n}{n}$	258,1 хв
Простий составів поїздів свого формування у приймально-відправному парку «В»	$t_{\text{пр}}^{\text{сф}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оу}} + t_{\text{то}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{вип}}^{\text{оу}})}{N_{\text{сф}}}$	43,7 хв
Простий составів транзитних поїздів у приймально-відправному парку «В»	$t_{\text{пр}}^{\text{тр}} = \frac{\Sigma(t_{\text{то}}^{\text{оу}} + t_{\text{то}} + t_{\text{лок}} + t_{\text{вип}}^{\text{оу}})}{N_{\text{тр}}}$	45,8 хв
Час знаходження транзитного вагону з переробкою на сортувальній станції	$t_{\text{пр}}^{\text{зп}} = t_{\text{пп}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{пв}}$	339,9 хв
Робочий парк вагонів	$n_{\text{р}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot t_{\text{пр}}^{\text{сн}} + n_{\text{сф}} \cdot t_{\text{пр}}^{\text{зп}}}{1440}$	500 ваг
Завантаження гіркового локомотива	$K_{\text{л}} = \frac{T_{\text{звн}}^{\text{л}}}{1440 - t_{\text{тех}}}$	0,46
Завантаження маневрового локомотива		0,31

11

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

ДОДАТОК Д
ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

№ п/п	Назва матеріалу ДР, що надано до захисту	Аркушів (слайдів)	Характеристика матеріалу	Формат листа
1	Підвищення ефективності роботи сортувальної станції О	131	Пояснювальна записка	A4
2	План сортувальної станції О	1	Лист 1	A3×4
3	План та профіль сортувальної гірки; графіки швидкості та часу	1	Лист 2	A1
4	Добовий план-графік роботи сортувальної станції	1	Лист 3	A0
5	Мультимедійний демонстраційний матеріал	12	Слайди	A4