

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Кафедра Транспортні вузли

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

/М. І. Березовий/

«18» 12 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **27 Транспорт**

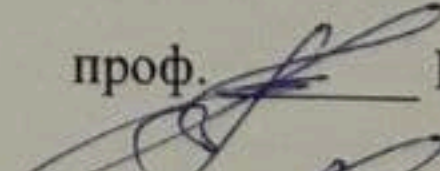
Спеціальність **275 Транспортні технології (за видами)**

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


Тема **Удосконалення техніко-технологічних параметрів сортувальних станцій у зв'язку з перерозподілом вагонопотоків на залізничних напрямках**

Theme **Improvement of technical - technological parameters of the sorting stations in connection with the redistribution of wagon flows on railway routes**


Керівник дипломної роботи

проф.  Р. В. Вернигора

Нормоконтролер

проф.  Р. В. Вернигора

Студент групи У32026

 Є. Є. Артемов

Student

Artemov Yevhen

Дніпро – 2021

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

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

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

Освітня програма 275.02 «Транспортні технології на залізничному транспорті»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

_____ /М. І. Березовий/

(підпис)

2021 р. _____ «__»

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття ОКР _____

магістр _____

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

отримав студент групи _____

У32026

(номер групи)

Артемов Євген Євгенович

(ПІБ)

1 Тема дипломної роботи Удосконалення техніко-технологічних параметрів

сортувальних станцій у зв'язку з перерозподілом вагонопотоків на залізничних напрямках

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

2 Термін подання студентом закінченої роботи « 06 » грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до дипломної роботи Схема залізничного напрямку, схема вузлової

технічної станції, схема тягових пліч, дані про обсяги поїзної роботи на напрямку,

статистичні дані про тривалість знаходження вагонів та локомотивів на станціях напрямку

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) _____

(див. календарний план)

5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу) _____

1. Основні положення роботи _____

2. План сортувальної станції А _____

3. Діаграма вагоно- та поїздопотоків сортувальної станції _____

4. План та профіль сортувальної гірки; графіки швидкості та часу скочування відчепів _____

5. Варіанти реконструкції колійного розвитку станції _____

6. Техніко-економічне порівняння варіантів розбудови станції _____

7. Формалізація технологічного процесу роботи приймально-відправного парку _____

8. Визначення раціональних параметрів приймально-відправного парку _____

9. Добовий план-графік роботи станції _____

6 Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу дипломної роботи	Термін виконання	Кількість аркушів/слайдів	Обсяг розділу, %
1. Проблеми удосконалення роботи сортувальних станцій України у сучасних умовах	11.10.2021	1	14
2. Техніко-експлуатаційна характеристика станції та визначення розрахункових обсягів роботи	11.10.2021	1	15
3. Аналіз техніко-експлуатаційних параметрів сортувальної гірки	08.11.2021	1	9
4. Аналіз існуючих техніко-технологічних параметрів станції	08.11.2021	-	12
5. Удосконалення конструкції колійного розвитку станції	08.11.2021	2	13
6. Визначення раціональних техніко-технологічних параметрів приймально-відправного парку на основі імітаційного моделювання його роботи	06.12.2021	2	14
7. Удосконалення технологічного процесу роботи станції	06.12.2021	-	8
8. Графоаналітичне моделювання роботи станції	06.12.2021	1	9
9. Забезпечення безпеки руху при розформуванні составів на гірці	06.12.2021	-	6

Дата видачі завдання: « 01 » вересня 2021 р.

Керівник дипломної роботи

_____ (підпис)

Вернигора Р. В.

_____ (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Артемов Є. Є.

_____ (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається з вступу, 9 розділів, висновків та 4 додатків. Загальний обсяг роботи складає 152 сторінок, з них основний текст викладено на 135 сторінках, список використаних джерел включає 99 найменувань на 10 сторінках, додатки на 7 сторінках. Основний текст включає 36 рисунки та 32 таблиці.

Об'єктом дослідження є процес функціонування сортувальних станцій.

Предметом дослідження є взаємозв'язки між техніко-технологічними параметрами сортувальних станцій та експлуатаційним і економічним показниками їх функціонування.

Метою дослідження є аналіз ефективності методів імітаційного моделювання для дослідження та оцінки заходів щодо удосконалення конструкції колійного розвитку та технології роботи сортувальних станцій.

В роботі розглянуто проблеми функціонування сортувальних станцій в сучасних умовах, визначені основні недоліки в роботі та напрямки їх вирішення, проаналізовано досвід науковців у розробці математичних методів та методів моделювання для дослідження і оцінки технічних та технологічних параметрів залізничних станцій.

Апробація методів удосконалення техніко-технологічних параметрів виконано на прикладі сортувальної станції А. Проаналізоване її технічне оснащення та технологія роботи, визначені перспективні обсяги роботи, виконано перевірку техніко-експлуатаційних параметрів сортувальної гірки. Перевірка кількості колій у парках станції показала необхідність їх збільшення для освоєння розрахункових обсягів роботи. Для дослідження та оптимізації техніко-технологічних параметрів одного з приймально-відправних парків станції виконано серію експериментів на імітаційній моделі станції. На основі результатів моделювання визначено найбільш раціональні варіанти організації роботи парку при різному вхідному потоці транзитних поїздів. Розроблено декілька варіантів реконструкції парків станції. На основі техніко-економічних розрахунків обрано найбільш раціональні варіанти реконструкції та розрахована загальна вартість реконструкції станції.

При розробці технології роботи станції виконано технічне нормування тривалості основних операцій технологічного процесу та запропоновано ряд удосконалень технологічного процесу роботи станції. На основі розробленої технології побудовано добовий план-графік роботи станції та розраховані його показники.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ, ВАГОНОПОТІК, СОРТУВАЛЬНА ГІРКА, РЕКОНСТРУКЦІЯ, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ.

ЗМІСТ

Стор.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ПРОБЛЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ УКРАЇНИ У СУЧАСНИХ УМОВАХ	10
1.1 Аналіз експлуатаційних показників роботи залізниць України	10
1.2 Сучасний стан сортувальних станцій України	12
1.3 Напрямки підвищення ефективності роботи сортувальних станцій	19
1.4 Аналіз методів моделювання сортувальних станцій.....	20
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ	31
2.1 Загальна характеристика станції	31
2.2 Характеристика парків станції.....	33
2.3 Характеристика технічного оснащення станції.....	34
2.4 Характеристика експлуатаційної роботи станції.....	35
2.5 Визначення розрахункових обсягів роботи станції	39
2.6 Перевірка технічної оснащеності прилеглих ліній.....	46
3 РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ.....	48
3.1 Розрахунок висоти сортувальної гірки та її поздовжнього профілю	48
3.2 Розрахунок та побудова графіків енергетичних висот	55
3.3 Аналіз працездатності сортувальної гірки	59
3.4 Перевірка наявної потужності гальмівних засобів гірки.....	61
4 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СТАНЦІЇ.....	63
4.1 Аналіз існуючого колійного розвитку станції	63
4.2 Нормування тривалості операцій технологічного процесу.....	71

					0042.206417.ДМР.2021.000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Артемів С. Є.				<i>Удосконалення техніко-технологічних параметрів сортувальних станцій у зв'язку з перерозподілом вагонопотоків на залізничних напрямках</i>	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівн.	Вернигора Р.В.					Н	4	155
Зав.каф.	Березовий М.І					УДУНТ ДІТ		
Н. контр.	Вернигора Р.В							

5 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТАНЦІЇ	82
5.1 Розробка варіантів реконструкції приймально-відправних парків.....	82
5.2 Розробка варіантів реконструкції парку відправлення «В»	83
5.3 Визначення затримок поїздів по варіантам реконструкції парку «В»	85
5.4 Визначення обсягів будівельних робіт по реконструкції станції	89
5.5 Економічна оцінка реконструкції парків станції	93
6 ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИЙМАЛЬНО-ВІДПРАВНОГО ПАРКУ НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЙОГО РОБОТИ.....	98
6.1 Постановка задачі дослідження.....	98
6.2 Модель «транзитної» підсистеми приймально-відправного парку	99
6.3 Моделювання роботи парку «Ф» по обслуговуванню транзитних поїздів .	105
6.4 Вибір раціонального варіанту організації роботи парку	107
7 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ СТАНЦІЇ	110
7.1 Аналіз технологічних змін в роботі станції після реконструкції.....	110
7.2 Технологія обслуговування поїздів, що прибули у розформування	111
7.3 Технологія розформування та формування поїздів.....	114
7.4 Підготовка составів свого формування до відправлення	117
9.5 Технологія роботи з составами транзитних поїздів	119
8 ГРАФОАНАЛІТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СТАНЦІЇ	122
9 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПРИ РОЗФОРМУВАННІ СОСТАВІВ НА ГІРЦІ	128
ВИСНОВКИ	134
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	136
ДОДАТОК А. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ	146
ДОДАТОК Б. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПАРКУ «Ф»	148
ДОДАТОК В. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ПОБУДОВИ ДОБОВОГО-ПЛАНУ ГРАФІКА РОБОТИ СТАНЦІЇ	149
ДОДАТОК В. ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ.....	152

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АСК ВП УЗ – автоматизована система керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці

АСОУП – автоматизована система оперативного управління перевезеннями

ВГ – вершина сортувальної гірки

ВОХР – воєнізована охорона

ВЧД – вагонне депо

ГП – гальмівна позиція

ГС – граничний стовпчик

ГСП – гірка середньої потужності

ДНУЗТ – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту

ДНЦ – поїзний диспетчер

ДП – дуже поганий бігун

ДСП – черговий по станції;

ДСПП – черговий по парку;

ДСЦ – маневровий диспетчер

ДСПГ – черговий по сортувальній гірці

ДСЦМ – маневровий диспетчер з місцевої роботи

ДХ – дуже хороший бігун

ЕЦ – електрична централізація

ЕОМ – електронна обчислювальна машина

ЗПП – запірно-пломбувальний пристрій

ІД – ізольована ділянка

КВ – капітальні вкладення

КО – комерційний огляд вагонів

КСЕОД-СС – комплексна система електронного обміну даними сортувальної станції

МПЗ – модифіковані приведені затрати

НІІЗТ – Новосибірський інститут інженерів залізничного транспорту
ОДР – область допустимих режимів
ПВ – піввагон
ППП – паркова гальмівна позиція
ПКО – пункт комерційного огляду
ПТЕ – правила технічної експлуатації
ПТО – пункт технічного обслуговування вагонів;
ПФП – план формування поїздів
ПЩ – пост централізації
РБ – розрахунковий бігун
РТ – розрахункова точка
СГ – сортувальна гірка
СМО – система масового обслуговування
СП – стрілочний перевод
СРСР – Союз Радянських Соціалістичних Республік
СТЦ – станційний технологічний центр обробки документів та інформації
ТНЛ – телеграма-натурний лист
ТО – технічний огляд вагонів
ТРА – техніко-розпорядчий акт станції;
ТЧ – локомотивне депо;
УВГ – умовна вершина сортувальної гірки
УкрДУЗТ – Український державний університет залізничного транспорту
УПОВ – уповільнювач
Х – хороший бігун

ВСТУП

Актуальність теми. Сортувальні станції є одним з найважливіших елементів транспортної інфраструктури держави. Саме на сортувальних станціях відбувається зародження та погашення основних поїздопотоків. Від якості роботи сортувальних станцій суттєво залежать як експлуатаційні, так і економічні показники роботи залізничної мережі. Більше 40% загальної величини обігу вагона складають простої вагонів на технічних, зокрема, сортувальних станціях. За останні 10 років середній простій вагонів на технічних станціях зріс майже удвічі: з 7,2 год у 2011 р. до 13 год. у 2020 р, що призвело до зростання загального обігу вагона за цей період на 40%. В зв'язку з цим особливої актуальності набувають питання удосконалення сортувальних станцій та приведення їх у відповідність до сучасних умов роботи. При цьому виникає проблема вибору раціонального комплексу заходів, спрямованих на удосконалення конструкції, технічних та технологічних параметрів станцій з урахуванням їх місця та ролі у системі організації вагонопотоків на мережі залізниць України. Масштабність та значення планованих з цією метою організаційно-технічних заходів висувають підвищені вимоги до якості проектних рішень та потребують їх достовірної кількісної оцінки.

Ефективним засобом аналізу й оцінки показників функціонування станцій у різних умовах, прогнозування їх техніко-технологічних і економічних параметрів є математичні та імітаційні моделі, що у сполученні із сучасними засобами обчислювальної техніки є потужним інструментом для дослідження станцій і оптимізації їх роботи. В зв'язку з цим тема магістерської роботи, що присвячена удосконаленню техніко-технологічних параметрів сортувальних станцій з використанням методів імітаційного моделювання, є актуальною.

Метою дослідження є підвищення ефективності роботи сортувальних станцій за рахунок удосконалення їх технічних та технологічних параметрів з використанням методів імітаційного моделювання. Поставлена мета досягається в результаті вирішення наступних завдань:

- дослідження сучасних умов функціонування сортувальних станцій України;
- аналіз методів моделювання роботи залізничних станцій;
- оцінка техніко-технічного оснащення та технології роботи великої сортувальної станції;
- розробка пропозицій по удосконаленню колійного розвитку парків сортувальної станції;
- дослідження та удосконалення техніко-технологічних параметрів приймально-відправного парку станції методами імітаційного моделювання;
- оцінка ефективності запропонованих заходів щодо удосконалення технічного оснащення та технології роботи сортувальної станції;

Об'єктом дослідження є процес функціонування сортувальних станцій.

Предметом дослідження є взаємозв'язки між техніко-технологічними параметрами сортувальних станцій та експлуатаційним і економічним показниками їх функціонування.

Методи дослідження: методи системного аналізу, математична статистика, методи теорії організації експлуатаційної роботи залізниць, теорія масового обслуговування, методи імітаційного моделювання, методи сітьового планування та управління, графоаналітичне моделювання технологічних процесів роботи залізничних станцій.

Апробація заходів щодо удосконалення роботи сортувальних станцій у магістерському дослідженні виконана на прикладі сортувальної станції А (Одеська залізниця), що є опорною на залізничному напрямку до чорноморських портів.

1. ПРОБЛЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ УКРАЇНИ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

1.1 Аналіз експлуатаційних показників роботи залізниць України

Незважаючи на суттєве зменшення за останні роки обсягів перевезень, залізничний транспорт наразі залишається в Україні основним перевізником, на який припадає майже 56 % загального вантажообігу країни (а без урахування трубопровідного транспорту – 72 %) та більше ніж 30 % загального пасажирообігу [1, 2]. Нині залізниці України переживають черговий етап реформування. При цьому серед стратегічних цілей цього процесу є перехід від технологічно-адміністративної до технологічно-економічної моделі управління залізничним транспортом та збільшення питомої ваги залізничних перевезень [3] у загальному обсязі перевезень вантажів усіма видами транспорту. «Стратегія АТ «Укрзалізниця» на 2019-2023 роки» (далі «Стратегія») у якості однієї з ключових цілей передбачає «створення конкурентного перевізника, підготовленого для відкриття ринку вантажних залізничних перевезень» [4]. Досягнення цієї цілі передбачає підвищення конкурентоспроможності залізниць на ринку транспортних послуг, зокрема за рахунок покращення якості транспортного сервісу та гнучкої тарифної політики. Як відомо, якість транспортних послуг значною мірою визначається таким показником, як термін доставки вантажів. У свою чергу, термін доставки вантажів тісно пов'язаний з обігом вагона, що є одним з основних експлуатаційних показників роботи залізниць. Варто зазначити, що ефект від реалізації «Стратегії» передбачає, зокрема, до 2023 р. скорочення термінів доставки вантажів на 15%, а обігу вагона на 20 % [4].

Слід зазначити, що величина обігу вантажного вагона багато в чому визначає якість організації перевізного процесу, а також впливає на собівартість перевезень. Разом з тим, як показує аналіз, за роки незалежності обіг вагона в цілому демонструє тенденцію до зростання. Так, порівняно з 1992 р., коли обіг складав 3,6 доб., у 2020 р. обіг виріс у 2,2 рази до рівня 8 діб. Важливо зазначити, що збільшення обігу вагона відбувається на фоні загального збільшення дільничної швидкості на 18 % – з 31,8 км/год у 1992 р. до 37,3 км/год у 2020 р. (рис. 1.1) [2, 5; 6].

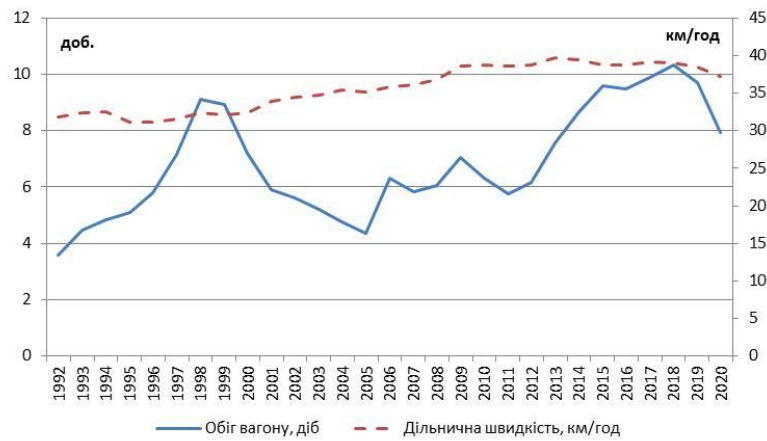


Рисунок 1.1 – Динаміка зміни обігу вагона та дільничної швидкості

Таким чином, основною причиною зростання обігу вагона є збільшення простоїв вагонів на станціях. Дослідження показують, що від 40 % до 45 % загальної величини обігу вагона складають простої вагонів на технічних станціях [7, 8]. Причому, як показав факторний аналіз, саме простої на технічних станціях найбільше впливають (у понад 60 % випадків) на зміну величини обігу вагона [9]. Варто зазначити, що середня кількість станцій, які проходить вагон протягом повного рейсу має тенденцію до зменшення; разом з тим обіг вагона, навпаки, зростає – тенденцію до зростання (рис. 1.2).

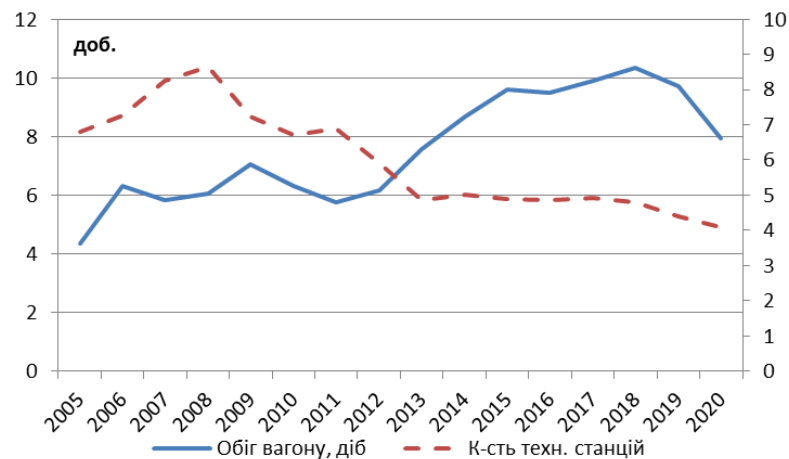


Рисунок 1.2 – Динаміка зміни обігу вагона та кількості технічних станцій, що проходить вагон протягом повного рейсу.

Основна причина такої тенденції – зростання простоїв на технічних станціях. Так, за останні 30 років середній простій вагонів на технічних станціях зріс у 2,5 рази: з 5,3 год у 1992 р. до 13 год у 2020 р. (рис. 1.3) [2, 5, 6].

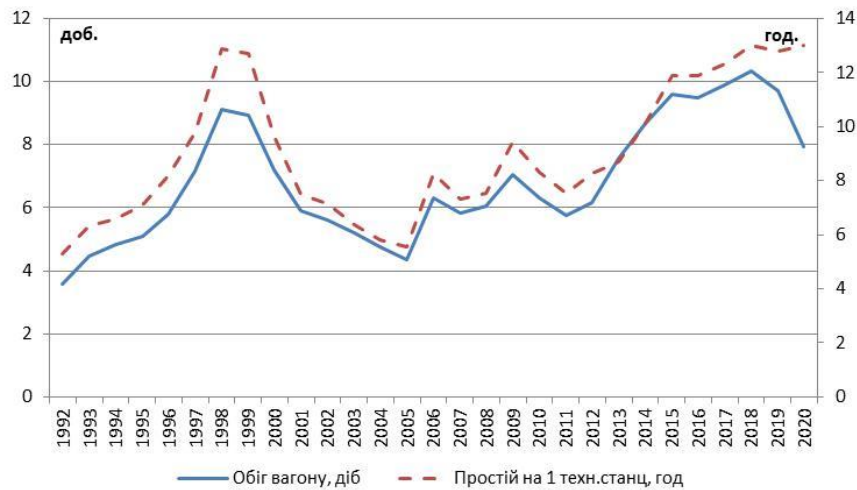


Рисунок 1.3 Динаміка зміни обігу вагону та простою на 1 технічній станції

Аналіз рис. 1.3 показує, що між величиною обігу вагону і величиною простою вагону на технічних станціях є повна кореляція. Отже, з метою прискорення обігу вагону, насамперед, необхідно зменшувати простої на технічних станціях, до яких, в першу чергу, відносяться сортувальні станції.

1.2 Сучасний стан сортувальних станцій України

Сортувальні станції є одними з найважливіших елементів транспортної інфраструктури держави та ключовими вузлами у системі організації вагонопотоків. Саме на сортувальних станціях відбувається зародження та погашення основних поїздотоків. Від якості роботи сортувальних станцій значно залежать як експлуатаційні, так і економічні показники роботи залізничної мережі.

В даний час суттєво змінились умови функціонування як залізничного транспорту в цілому, так і вантажних станцій зокрема. Це обумовлено як загальним переходом економіки країни на ринкові відносини та відмовою від жорсткого державного планування та регулювання перевезень, так і структурно-економічними змінами на ринку транспортних послуг. До таких змін можна віднести: зміну форми власності підприємств, які є відправниками і одержувачами вантажів; перехід від системи державного планування економіки до системи ринкового планування; появу приватного рухомого складу та постійне збільшення його частки в загальному парку вагонів; суттєве збільшення обсягів імпортно-експортних перевезень; розширення номенклатури

вантажів, в т.ч. і внаслідок їх диверсифікації по відправникам; переорієнтацію вантажопотоків, зокрема експортних на морські порти тощо [10].

Разом з тим технологія та технічне оснащення сортувальних станцій в останній час демонструють свою невідповідність новим умовам роботи, внаслідок чого зростають простой поїздів та вагонів, що призводить до збільшення обігу вагонів, термінів доставки вантажів, і, як наслідок – до зростання собівартості залізничних перевезень і зниження конкурентоздатності залізниць на ринку транспортних послуг. В зв'язку з цим особливої актуальності набувають питання удосконалення сортувальних станцій та приведення їх у відповідність до сучасних умов роботи.

В даний час на мережі залізниць України налічується 35 сортувальних станцій, з яких 31 станція є позакласними, а 4 – віднесені до 1 класу [11]. Всі станції біли побудовані протягом минулого сторіччя; деякі станції в процесі експлуатації були реконструйовані, причому основними причинами реконструкції являлись електрифікація ліній, впровадження більш потужних локомотивів, збільшення вагових норм поїздів та обсягів переробки вагонів, тобто схеми станцій, як правило, склалися історично [12].

1.2.1 Особливості існуючих схем сортувальних станцій

Значна кількість існуючих сортувальних станцій побудовані по нетиповим схемам. Деякі з них потребують реконструкції. До однієї з поширених схем відноситься комбінована, частина парків якої розташовуються паралельно один до одного, наприклад, сортувальний і парк відправлення. До таких станцій можна віднести станції Одеса-Застава-1, Одеса-Сортувальна, Коростень, Запоріжжя-Ліве, Верхівцеве та інші. Звичайно такі схеми виникають із-за труднощів у розміщенні всіх парків на площадці послідовно. При таких схемах перевантажуються горловини парків відправлення і переривається маневрова робота на витяжках при перестановці готових составів в парк відправлення.

Існують і нетипові схеми станцій, які враховують місцеві умови відносного розташування залізниці і міста. Зустрічаються схеми станцій з парка-

ми, що розташовані у вигляді трикутника (Жмеринка Південно-Західної залізниці) на підходах, що примикають. В таких схемах локомотивне господарство відірвано від основних парків і передачі локомотивів викликають значні ворожі перетинання. Зустрічаються також схеми станцій зі зміщеними парками, що розташовуються поряд з пасажирськими пристроями. Локомотивне господарство розташовано на них не раціонально.

Необхідно відмітити, що до теперішнього часу є сортувальні станції (Харків-Сортувальний Південної залізниці), в яких всі парки розташовані паралельно один до одного, а головні колії проходять між ними.

1.2.3 Сортувальні пристрої на станціях

Розформування поїздів на сортувальних станціях України виконується на 49 сортувальних гірках та 1 витяжній колії спеціального профілю [11]:

- гірок підвищеної потужності – 1;
- гірок великої потужності – 16;
- гірок середньої потужності – 15;
- гірок малої потужності – 17.

Сортувальні гірки великої, середньої та підвищеної потужності (за виключенням гірки середньої потужності станції Кривий Ріг-Сортувальний Придніпровської залізниці проект механізації якої в даний час знаходиться в стадії розробки) оснащені механізованими гальмівними позиціями на спускній частині.

1.2.3 Корисна довжина приймально-відправних колій

Корисну довжину приймально-відправних колій для вантажного руху слід встановлювати з урахуванням уніфікованої корисної довжини колій на прилеглих ділянках; її мінімальне значення приймати рівним 850 м і 1050 м/

Необхідно зазначити, що переважна кількість парків (98%) запроектована з урахуванням стандартної корисної довжини колій 850 м, а решта (2%) – з корисною довжиною колій 1050 м. Гістограми розподілу приймально-відправних колій за довжиною наведені на рис. 1. [12].

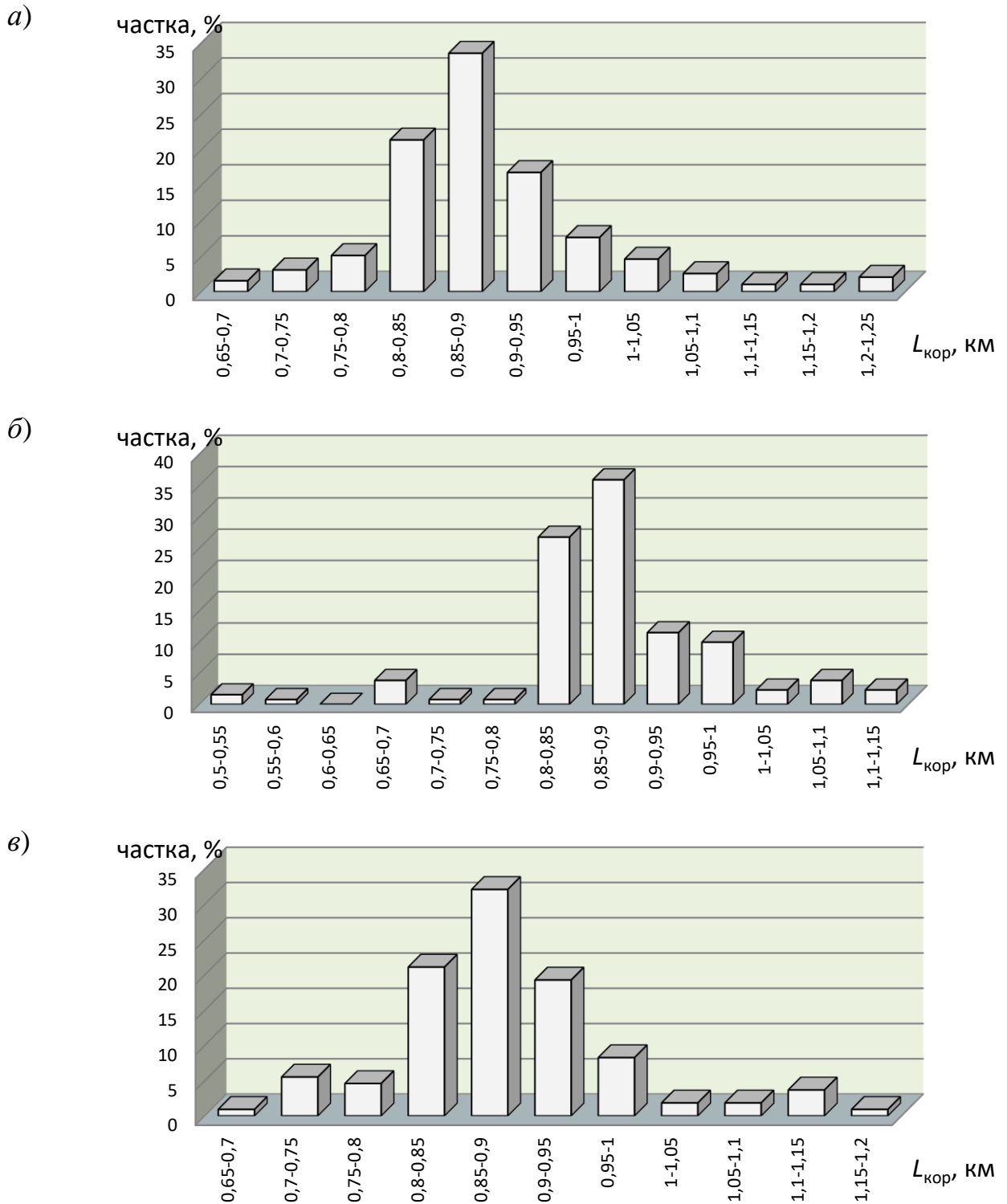


Рисунок 1.4– Гістограми розподілу колій за корисною довжиною: *a)* в парках прийому; *б)* в приймально-відправних парках; *в)* в парках відправлення

В цілому корисна довжина більшої частини колій приймально-відправних парків сортувальних станцій України відповідає довжині, яка рекомендується [13].

1.2.4 Аналіз кількості колій в приймально-відправних парках сортувальних станцій

Від кількості станційних колій залежить простій вагонів на станції, затримка поїздів на підходах, собівартість перевезки вагонів. Колійний розвиток сортувальних станцій, який забезпечує формування і розформування поїздів, об'єднаний у парки прийому, відправлення та приймально-відправні парки. Необхідно зазначити, що діапазон коливань кількості колій станційних парків достатньо широкий – від 3 до 18 колій. На рис. 1. наведено гістограми розподілу кількості колій в приймально-відправних парках сортувальних станцій [12].

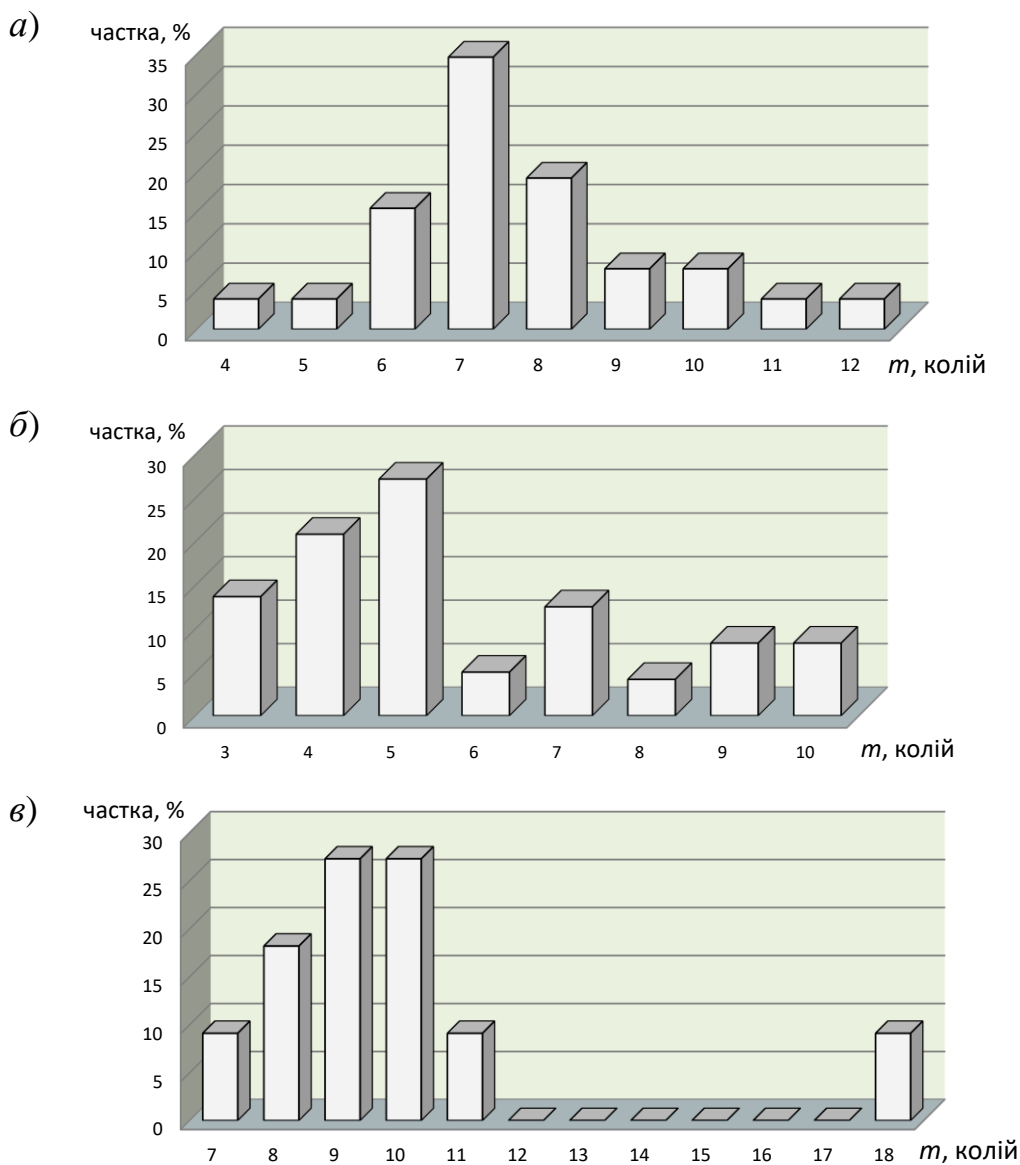


Рисунок 1.5 – Гістограми розподілу кількості колій:
 а) в парках прийому; б) в приймально-відправних парках;
 в) в парках відправлення

В цілому потужність колійного розвитку приймально-відправних парків сортувальних станцій України є значною і достатньою для забезпечення існуючих обсягів перевезень [14]. Інше питання стосується недостатньої потужності вагонопотоків, що спричиняє неінтенсивне використання колійного розвитку та іншого обладнання на більшості станцій. Це обумовлює високу собівартість відправленого вагона за рахунок витрат на утримання інфраструктурного комплексу.

1.3 Напрямки підвищення ефективності роботи сортувальних станцій

Як показав аналіз, в теперішній час підвищення ефективності функціонування сортувальних комплексів станцій проводиться за кількома основними напрямками [15]:

- концентрація переробки вагонопотоків; приведення потужності, переробної спроможності та експлуатаційного штату сортувальних комплексів у відповідність обсягам роботи;

- удосконалення конструктивно-технологічних параметрів сортувальних пристроїв;

- впровадження ресурсозберігаючих технологій переробки вагонопотоків та визначення раціональних режимів функціонування підсистем розформування;

- комплексна автоматизація сортувального процесу.

Одним з перспективних для сортувальних станцій сьогодні вважається принцип концентрації переробки вагонопотоків. Як зазначають автори [16], на теперішній час ефективність роботи сортувальних станцій з існуючим рівнем автоматизації та механізації знижується: з одного боку, утворилася потужність, що не використовується, з іншого – зростаючий знос засобів автоматизації та механізації призводить до зростання експлуатаційних витрат та погіршення якості роботи. Тому виникає необхідність реорганізації роботи станцій та концентрації переробки вагонів на меншій їх кількості – так званого принципу «технічного канібалізму» [17].

Виходячи з практики експлуатації сортувальних станцій та розробки планів формування поїздів авторами [18] сформульовано основоположний принцип інтенсифікації роботи сортувальних станцій в XXI сторіччі: «Найбільш доцільним слід вважати посилення потужності великих сортувальних станцій при концентрації переробки вагонопотоків на меншій кількості високооснащених гіркових сортувальних комплексів».

У [19] запропонована програма реорганізації роботи існуючих на мережі Укрзалізниці сортувальних станцій. Перший етап виконання даної програми передбачає переведення на денний режим роботи 19 станцій (26 сортувальних систем), на яких переробляється 35 % вагонопотоків мережі і які мають завантаження близько 50 %. Обов'язковою умовою для цього є організація ущільненого підведення поїздів в нічну зміну. Це дозволить забезпечити наявність певної кількості ресурсу вагонів для роботи з розформування формування поїздів на початок денної зміни і вивільнити від сортувальної роботи технічні засоби та персонал в нічну зміну, що дасть значну економію експлуатаційних витрат. Крім того, передбачається першочергове формування й відправлення дальніх і наскрізних поїздів, а відправлення інших сформованих поїздів – переважно наприкінці та після денної зміни. Це забезпечить економію за зонними тарифами на електроенергію для тяги поїздів та вказане вище ущільнене підведення поїздів до станції розформування. Технологія сортувальних станцій з транзитними поїздами залишається без змін.

В той же час, процес скорочення кількості сортувальних станцій вивчений не в повній мірі, оскільки за існуючої мережі станцій, кожна з них взаємодіє з багатьма іншими. Крім того, таке скорочення тягне за собою серйозні соціальні наслідки, тому воно повинно проводитися максимально помірно та обґрунтовано.

Іншим напрямком підвищення ефективності функціонування сортувальних комплексів станцій є удосконалення параметрів сортувальних гірок (СГ). З аналізу, проведеного авторами [20], можна зробити висновок, що основною метою досліджень, виконаних в даному напрямку за часів СРСР, бу-

ло підвищення ефективності їх функціонування в умовах інтенсивного приросту обсягів переробки вагопотоків, яке досягалось за рахунок прискорення сортувального процесу.

Відомо, що значна частина експлуатаційних витрат на сортувальних станціях припадає на виконання технологічних операцій з розформування составів поїздів. У цьому зв'язку актуальними є дослідження, спрямовані на економію енергоресурсів при виконанні сортувальної роботи. В теперішній час пошук шляхів вирішення зазначеної проблеми ведеться за декількома напрямками [21]:

- удосконалення конструкції плану та профілю сортувальних гірок;
- оптимізація режимів гальмування відчепів;
- розробка нових та модернізація існуючих вагонних уповільнювачів;
- вибір раціонального типу маневрового локомотиву та ін.

Проблема забезпечення ресурсозбереження при розформуванні составів розглядається в [22-24]. У [23] показано, що оптимальні конструктивно-технологічні параметри сортувальних гірок відповідають мінімально можливій їх висоті; при цьому буде забезпечено мінімум приведених річних витрат. В той же час зменшення висоти СГ призведе до відповідного зниження її переробної спроможності, що, як наслідок, призведе до збільшення тривалості простою рухомого складу в періоди згущеного прибуття поїздів в розформування. Одним з можливих шляхів вирішення вказаної проблеми є спорудження суміщених гірок різної висоти. Як показав аналіз, існує декілька прикладів використання таких сортувальних пристроїв [25] на СГ станцій, що знаходяться в зонах низьких температур, колії насуву запропоновано розташовувати в різних рівнях, розрахованих для роботи в зимових та літніх погодних умовах.

Енергетичні витрати при розформуванні составів складаються з витрат палива на насув та електроенергії на гальмування відчепів. У [26] виконано аналіз поздовжнього профілю насувної частини існуючих на мережі залізниць України гірок; при цьому встановлено, що конструкція насувних частин гірок в більшості випадків не відповідає вимогам [27]. В роботах [28, 29] проведено обґрунтування і вибір раціонального варіанту конструкції насувної частини гі-

рок за критерієм мінімізації енергетичних витрат на насув составів.

У [30] автором [53] запропонована методика комплексного розрахунку конструктивних параметрів сортувальних гірок, яка дозволить отримати оптимальну потрібну потужність вагонних уповільнювачів, що, своєю чергу, дозволить привести у відповідність енерговитрати та розміри переробки вагонів.

Як показав аналіз [31], понад 80 % всіх витрат на розформування составів складають витрати електроенергії на гальмування вагонів гірковими уповільнювачами. У зв'язку з цим постає проблема оптимізації режимів гальмування відчепів, вирішенню якої присвячено ґрунтовне дослідження р [32]. Встановлено, що для кожного відчепу існує область допустимих режимів гальмування (ОДР), на основі чого запропоновано ітераційний метод оптимізації режимів гальмування всіх відчепів составу.

Одним з основних напрямків підвищення ефективності функціонування сортувальних систем є комплексна автоматизація процесу розформування составів. Для вирішення вказаної задачі потрібно не лише замінити елементну базу технічних пристроїв, а й підходи до керування об'єктами [33].

1.4 Аналіз методів моделювання сортувальних станцій

Як показав аналіз технічне оснащення та технологія роботи залізничних станцій, в першу чергу, сортувальних наразі не відповідають сучасним умовам роботи транспортної системи, тому особливої актуальності набувають питання вдосконалення роботи станцій. При цьому, з одного боку, станції повинні мати достатній резерв пропускної й перероблювальної спроможності для ефективної роботи в умовах нерівномірності транспортних потоків, з іншого боку – невиправдане збільшення технічного потенціалу станцій приводить до росту їх експлуатаційних витрат. Для розв'язку зазначеного складного й суперечливого завдання необхідна достовірна кількісна оцінка планованих заходів щодо вдосконалення конструкції й технології роботи станцій. Ефективним засобом аналізу й оцінки показників функціонування станцій, їх техніко-технологічних і економічних параметрів є імітаційне мо-

делювання станційних процесів з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки. Використання імітаційних моделей при виконанні проектних робіт, а також при оперативному керуванні на станціях дозволить ухвалювати найбільш раціональні розв'язки, спрямовані на скорочення власних витрат станцій і збільшення прибутки від перевезень.

Дослідження із проблем створення імітаційних моделей залізничних станцій для вивчення й оптимізації їх роботи були початі в 60-х роках минулого століття з появою серійних ЕОМ [34, 35]. У зазначених роботах для аналізу завантаження технічних обладнань станцій пропонувалося використовувати статистичне моделювання технологічних процесів. При цьому для обліку нерівномірності роботи станцій 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 й простой поїздів.

Подальший розвиток теорія моделювання залізничних станцій одержала у фундаментальній роботі [36], 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 моделі залізничної станції або вузла. При цьому станція або вузол розглядається як багатофазна система масового обслуговування, у яку надходять заявки на обслуговування (поїзда, склади, локомотиви й ін.). Станція структурно представляється у вигляді набору різних технологічно зв'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 обслуговування, визначення пропускної здатності станцій, а також при виборі варіантів проектних рішень.

В 70-ті роки поява потужніших ЕОМ дала своєрідний поштовх до інтенсифікації робіт в області моделювання станцій і вузлів. У цей період розро-

блена безліч методів і алгоритмів моделювання, багато з яких були реалізовані на ЕОМ у вигляді програм.

Щодо цього слід особливо зазначити роботи [37, 38], у яких сформульовані основні проблеми й підходи до моделювання станцій, наведені описи моделюючих алгоритмів і результати досліджень. Практичною реалізацією ідей, викладених у зазначених роботах, став збірник програм для розрахунків станцій методом моделювання [39]. В [37, 38] також розглянута проблема вибору черговості пересувань при виникненні конфліктних ситуацій. Для її розв'язку запропоновано встановити систему правил на вибір черговості. З цією метою в [37] сформульовано п'ять 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 [38] розглядаються способи вибору варіантних маршрутів. При цьому рекомендується при розробці моделі станції список варіантних маршрутів доповнювати даними про порядок їх переваги.

У роботах [40] наведений опис і результати застосування імітаційної моделі сортувальної станції, розробленої в НІЗТі. Модель передбачає імітацію виконання всіх технологічних операцій з поїздами й вагонами у всіх парках станції, у тому числі й процес нагромадження складів у сортувальному парку. Об'єкти (поїзда), що надходять на станцію, обслуговуються відповідно до їхніх пріоритетів. Обслуговування об'єкта в кожному парку станції моделюється як одна наскрізна операція, що суттєво скорочує час моделювання, але не відповідає реальному технологічному процесу роботи.

За допомогою розробленої статистичної моделі в [41] вирішується завдання визначення «вузьких» місць у роботі сортувальної станції. У процесі моделювання на станцію надходить випадковий потік поїздів. При цьому для кожного поїзда встановлюється набір параметрів, що визначають технологію й тривалість його обслуговування. Станція представляється набором взаємозалежних блоків, що моделюють певну стадію (фазу) обслуговування об'єкта. Однак, моделювання тривалості знаходження об'єкта в кожній фазі викону-

ється без обліку окремих технологічних операцій, що є недоліком запропонованого методу, тому що не забезпечує адекватності моделі. Крім того, досить спрощено моделюється заняття горловин станції рухомим складом при його переміщенні й не враховується ворожість маршрутів.

Однієї із проблем, що виникають при розробці моделей станцій, є складність формалізації схем колійного розвитку для моделювання переміщень рухомого складу. В [42] запропонований спосіб формалізації схеми станції, який не вимагає розбивки горловин на елементи. Для моделювання пересувань складається таблиця можливих маршрутів, яка доповнюється таблицею ворожості маршрутів.

У багатьох роботах для моделювання роботи об'єктів транспортної інфраструктури пропонується використовувати апарат теорії масового обслуговування. Так, в [43] розглядається можливість застосування методів теорії масового обслуговування для дослідження роботи парку приймання сортувальної станції. При цьому математичний апарат теорії масового обслуговування використовується для визначення показників роботи парку приймання в різних умовах.

Модель сортувальної станції для нормування показників її роботи розглянуто в [44]. Станція розглядається як багатоканальна багатофазна система масового обслуговування. При моделюванні враховуються імовірнісні характеристики потоку поїздів і інтенсивності їх обслуговування. Передбачена також можливість вступу деяких категорій поїздів за графіком. Для кожного поїзда, що впливає в розформування, моделюється його склад. Тривалість операцій визначається з урахуванням параметрів поїзда й системи обслуговування. Запропонована також методика для моделювання процесу нагромадження вагонів у сортувальному парку. За результатами моделювання розраховується заелементний простій вагонів на станції.

В [45] процес обслуговування об'єктів на станції моделюється укрупнено, без деталізації на технологічні операції. При цьому тривалість знаходження об'єкта в кожній з фаз обслуговування ухвалюється постійної або визначається як значення лінійної функції залежно від параметрів об'єкта й по-

ста обслуговування. Спроби деталізувати процес обслуговування об'єктів у складних транспортних системах привели до створення моделей у вигляді мереж систем масового обслуговування (СМО), кожна з яких імітує окрему фазу обслуговування [46, 47]. Імовірнісний метод аналізу транспортних систем і їх елементів розроблений в [48]. Зазначений метод дозволяє визначити пропускну (переробну) здатність елементів станцій і вузлів з урахуванням коливань транспортних потоків і часу обслуговування окремих транспортних одиниць. Даний метод не вимагає проведення імітаційного моделювання транспортних систем і дає можливість одержати попередню оцінку заходів, спрямованих на вдосконалювання конструкції й технології роботи станцій.

Ще одна методика побудови моделі сортувальної станції запропонована в роботі [49]. 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 рухливого складу.

Розвиток засобів обчислювальної техніки, і в першу чергу ПЕОМ, перехід до нової інформаційної технології керування поклали початок роботам зі створення так званих імітаційних систем. У зазначених системах процедури імітаційного моделювання використовуються в комбінації з оптимізаційними методами; при цьому в цих системах реалізується діалог «людина – ЕОМ» на всіх стадіях імітаційного експерименту.

Розробці подібного роду імітаційних систем для моделювання залізничних станцій присвячені роботи [50, 51]. Запропонована методика заснована на використанні апарата теорії ймовірностей для моделювання вхідних потоків заявок і тривалості їх обслуговування. Модель застосовується для прогнозування роботи станцій у різних умовах і при виборі варіантів технічних розв'язків.

Методика побудови імітаційних моделей для визначення пропускну здатності транспортних систем розроблена в [52]. У даній роботі транспорт-

ний об'єкт (станція) представляється формалізованим описом його постійних пристроїв, змінних засобів і системи оперативного керування роботою. Реальну систему оперативного керування й, зокрема, визначення черговості обробки заявок в імітаційній моделі запропоновано описувати алгоритмами, за допомогою яких вибираються рішення конфліктних ситуацій. В [52] виділено чотири типи конфліктних ситуацій і запропоновані правила їх розв'язку. Реалізація цих правил являє собою досить складне завдання, яке, проте, не вирішує проблему вибору черговості у всьому різноманітті конфліктних ситуацій. Перевагою даної моделі є те, що в ній технологічний процес обробки заявок представляється сукупністю елементарних операцій, що виконуються паралельно або послідовно. При цьому для кожної елементарної операції визначені склад постійних пристроїв і змінні засоби, а також час їх заняття, що розглядається як випадкова величина із заданим законом розподілу.

За допомогою імітаційної моделі, розробленої на основі теорії масового обслуговування, вирішуються питання прогнозування й планування роботи залізничних станцій у дослідженні [53]. 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. Крім того, розглядається можливість застосування розробленої моделі для нормування різних показників роботи станції, а також аналізу якості роботи оперативної зміни. Із цією метою на початку зміни по прогнозних вихідних даних про підхід поїздів і вагонів виконується моделювання роботи станції. Аналіз ґрунтується на порівнянні показників роботи станції, отриманих за результатами роботи зміни й внаслідок моделювання роботи станції.

Розвиток засобів обчислювальної техніки створив передумови для вдосконалення систем імітаційного моделювання. В роботах [54, 55] розроблена система моделювання роботи сортувальної станції ІСТРА. Імітаційна модель використовується для оперативного планування роботи станції в змінних умовах і може бути застосована при розробці автоматизованого робочого мі-

сця маневрового диспетчера. Крім того, при використанні даної системи на станції є можливість одержання оперативної інформації безпосередньо з АСОУП. У загальному виді модель станції характеризується множиною елементів, операцій і оператором керування, який описує логічну послідовність виконання операцій залежно від стану моделі. Елементи моделі діляться на технологічні, інформаційні й керуючі. Технологічні елементи відображають реальні пристрої, інформаційні – імітують представлення реальних пристроїв у пам'яті диспетчера. Оператор керування реалізує ситуаційний принцип, на основі якого моделюється процес ухвалення рішення диспетчером. Операції моделі погоджуються між собою за допомогою «Таблиці взаємозв'язків операцій». У ній вказуються послідовність і умови виконання технологічних, інформаційних і керуючих операцій. При цьому в системі ІСТРА реалізований принцип покрокового моделювання, керованого подіями.

Комплексна імітаційна модель сортувальної станції розроблена на залізницях Польщі [56]. Вона є частиною програмного комплексу для розробки графіка руху поїздів і дозволяє одержати якісні й 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. Уводячи різні варіанти даних і аналізуючи отримані результати, можна вибирати варіант організації роботи станції, що забезпечує виконання графіка руху при найкращому використанні технічних засобів.

Метод моделювання станцій, заснований на використанні математичного апарата марковських випадкових процесів, розроблено в УкрДУЗТ [57, 58]. У цих роботах 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 тех-

ніко-технологічні параметри станції, необхідні для оптимізації її потужності. Даний метод досить ефективний, однак його складність різко зростає при переході до багатоканальних СМО й збільшенні числа колій на станції.

Для оцінки технічного оснащення й ефективності роботи сортувальних станцій в [59] використовується модель, в основу якої покладений метод динаміки середніх. На основі даного методу розроблені моделі для визначення оптимальної кількості колій і маневрових локомотивів на станції. При цьому процес функціонування маневрового локомотива моделюється як марківський процес, стани якого описуються системою рівнянь Колмогорова. Необхідно відзначити, що апарат ланцюгів Маркова досить широко використовується при моделюванні й дослідженні транспортних процесів у виді його відносної простоти [60, 61]. Однак, потоки заявок, що надходять для обслуговування на об'єкти залізничного транспорту, у більшості випадків не є найпростішими, а інтенсивність обслуговування в реальних умовах не постійна. Тому моделі, побудовані на основі такого підходу, можуть бути використані тільки на початковому етапі дослідження транспортних об'єктів для одержання попередніх даних про характер їх функціонування.

Широке поширення останнім часом одержали моделі транспортних об'єктів, розроблені з використанням апарата мереж Петрі [62-65]. Технологічний процес обробки поїздів у таких моделях представляється послідовністю позицій (станів) і переходів. При цьому переходи імітують обробку об'єктів протягом заданого часу, а позиції характеризують поточний стан системи й визначають умови переходів. При виконанні умов перехід спрацьовує, у результаті чого змінюється поточна розмітка мережі. Зокрема, в [64, 65] розглядаються можливості використання апарата мереж Петрі для моделювання сортувальних станцій і інших транспортних комплексів. Під керівництвом проф. Е. В. Нагорного розроблена методика формалізації комплексу “сортувальна станція – ділянки, що примикають” у вигляді мережі Петрі. У даній роботі показано, що шляхом ускладнення структури мережі можна досягти будь-якого ступеню деталізації системи. Передбачена також можливість моделювання випадкових ін-

тервалів між поїздами вхідного потоку, а також інших параметрів. Для реалізації моделі на ЕОМ можуть бути використані спеціалізовані програмні продукти. Модель, побудована на основі мереж Петрі, 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 також можливість дослідження моделі шляхом варіювання окремих кількісних параметрів.

З використанням зазначеної методики в [66] розроблена модель підсистеми розформування сортувальної станції, за допомогою якої було виконане дослідження функціонування однієї зі станцій України. Мережі Петрі також застосовуються для моделювання переміщення транспортних об'єктів (поїздів, локомотивів) у моделях залізничної мережі [67-69]. При цьому реальна конфігурація мережі залізниць задається відповідною мережею Петрі. Кожна позиція мережі моделює певний елемент залізничної мережі (блок-дільниця, світлофор, роздільний пункт і ін.). В [70] на основі мереж Петрі розроблена імітаційна модель залізничної станції, яка використовується для прогнозування показників її роботи в мінливих умовах шляхом автоматизованого побудови графіка виконаної роботи.

Метод моделювання роботи сортувальної станції, запропонований в [71], заснований на застосуванні теорії розкладів і використовується для визначення раціонального оперативного плану роботи станції. Критерієм вибору є мінімум усіх витрат на виконання технологічних операцій при обслуговуванні поїздів і вагонів на станції. Для визначення оптимального розв'язку (послідовності виконання операцій) пропонується використовувати генетичні алгоритми, які передбачають евристичний підхід. Однак технологічний процес обслуговування поїздів і вагонів на станції в [71] моделюється укрупнено, без врахування конструкції колійного розвитку, а також можливих збоїв і відмов у системі обслуговування.

В [72] запропонована імітаційна модель сортувальної станції, розроблена на основі теорії масового обслуговування, а також сітьового планування й

управління. Її програмна реалізація виконана з використанням сучасного об'єктно-орієнтованого підходу. Технологічний процес обробки транзитного вагонопотоку формалізований у моделі на основі сітьового графіка. При цьому переходи між окремими операціями можуть бути детермінованими, імовірнісними й умовними. Умовні переходи реалізуються при настанні певних подій. Імовірнісні переходи розігруються відповідно до заданого вектора ймовірностей і дозволяють урахувати багатоваріантність організації технологічного процесу. При імітаційному моделюванні сортувальної станції використовується транзактно-процесний спосіб організації. За допомогою моделі оцінюються різні варіанти технології роботи станції по обслуговуванню транзитного вагонопотоку. Відмінною рисою моделі є можливість інтерактивної участі оператора, який на основі надаваної інформації (графіки показників, діаграми використання ресурсів) може втручатися в процес моделювання, вибираючи той або інший варіант технологічної послідовності виконання операцій.

В останні роки для дослідження роботи залізничних станцій усе частіше використовуються сучасні програмні системи моделювання. Так, в [73] розроблена модель залізничної станції на основі системи Anylogic, у якій реалізовані всі три сучасні парадигми побудови імітаційних моделей: системно-динамічна, дискретно-подійна та агентна. Наявність сучасного графічного інтерфейсу дозволяє конструювати моделі із численних готових об'єктів, що втримуються в готових проблемно-орієнтованих бібліотеках. Наприклад, для створення імітаційних моделей роботи об'єктів залізничного транспорту існує «Залізнична бібліотека». Особливістю опису залізничних об'єктів з використанням цієї бібліотеки є представлення операцій перевізного процесу за допомогою певних об'єктів бібліотеки. При цьому поїзди, локомотиви та вагони представляються у вигляді «заявок», оброблюваних цими об'єктами. Схема колійного розвитку станції задається групою векторних фігур – ламаних ліній і окружностей, що зображують відповідно залізничні колії й стрілочні переводи. Маршрут руху задається переліком елементів колійного розвитку; при русі контролюється зайнятість елементів маршруту, а стрілки переводяться автоматично.

Для імітаційного моделювання роботи сортувальної станції та виявлення її недоліків автори наукової праці [74] використовують програму Advanced Model Designer (AMD), яка базується на методах моделювання однорідних і неоднорідних СМО. Програма AMD дозволяє коригувати структуру й параметри моделі СМО, зокрема й під час моделювання.

У роботі [75] запропонована імітаційна модель роботи залізничного вузла на основі агентного моделювання: на інфраструктурному рівні агентами є залізничні колії, локомотиви, бригади; на сервісному рівні агентами є під'їзні колії, вантажні райони, сортувальні гірки, витяжні колії тощо; керуючі агенти (агенти, що моделюють роботу вузлового диспетчера, чергового по станції, маневрового диспетчера тощо) забезпечують взаємодію агентів інфраструктурного та сервісного рівнів.

Останнім часом набувають поширення інтелектуальні транспортні системи, які використовують інноваційні розробки в моделюванні транспортних систем і регулюванні транспортних потоків, являють собою єдиний комплекс автоматизованих систем, які розроблені спеціально для вирішення транспортних завдань [76]. Розв'язання транспортних задач базується на застосуванні сучасних інформаційних і телекомунікаційних технологій і методів управління. Так, у статті [77] визначено загальні умови побудови інтелектуальних станційних систем, використання яких дозволить суттєво підвищити ефективність функціонування залізничних станцій. У [78] розроблена інтелектуальна модель функціонування залізничної станції, а саме – модель визначення колії приймання для поїздів різних категорій. Однак при прийманні транзитних поїздів без переробки не враховується необхідність зміни локомотива та/або локомотивної бригади.

Заслуговує на особливу увагу досвід вчених ДНУЗТ, де під керівництвом професора В. І. Бобровського створено наукову школу з функціонального моделювання роботи залізничних станцій [79] та запропоновано концепцію ергатичного моделювання, яка передбачає безпосередню участь людини-оператора в роботі моделі.

2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЙ ТА ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ

2.1 Загальна характеристика станції

Станція А (рис. 2.1) є односторонньою сортувальною станцією. За характером роботи є сортувальною, за обсягами віднесена до позакласної [80]. До станції примикають три електрифіковані перегони [81]:

1) перегін А-М, двоколіїний – колії №№ 3 та 4. Колія №3 обладнана двостороннім автоматичним блокуванням без прохідних світлофорів., колія №4 обладнана одностороннім автоматичним блокуванням без прохідних світлофорів;

2) перегін А-Ч, двоколіїний – колії №№ I, II. Колія №I обладнана одностороннім автоматичним блокуванням без прохідних світлофорів, колія № II обладнана двостороннім автоматичним блокуванням без прохідних світлофорів.

3) перегін А-Л, двоколіїний – колії №№ I, II-обвідної. Колія № I обладнана одностороннім автоматичним блокуванням без прохідних світлофорів. Колія № II-обвідна обладнана одностороннім автоматичним блокуванням без прохідних світлофорів.

У поїзній роботі на станції задіяні локомотиви, серії яких встановлені графіком руху поїздів, це ВЛ-80, ВЛ-60 (у вантажному русі), ЧС-4, ЧС-8 (у пасажирському русі). Маневрова робота на станції виконується локомотивами ВЛ-60, ЧМЕ-3, які приписані до локомотивного депо станції А (ТЧ-7). Вагові норми вантажних поїздів на дільницях уніфіковано для всіх напрямків і встановлено 4100 т. Норма довжини поїздів на дільницях – 53 умовних вагонів.

Станція А виконує: приймання і відправлення вантажних транзитних поїздів зі зміною та без зміни локомотива, прийом та відправлення місцевих та приміських поїздів, пропуск пасажирських поїздів; формування і розформування наскрізних, дільничних і збірних поїздів; причеплення та відчеплення вагонів від поїздів; добірку, прибирання та подачу вагонів по пунктам навантаження і розвантаження, ремонт вагонів, ремонт та обслуговування локомотивів.

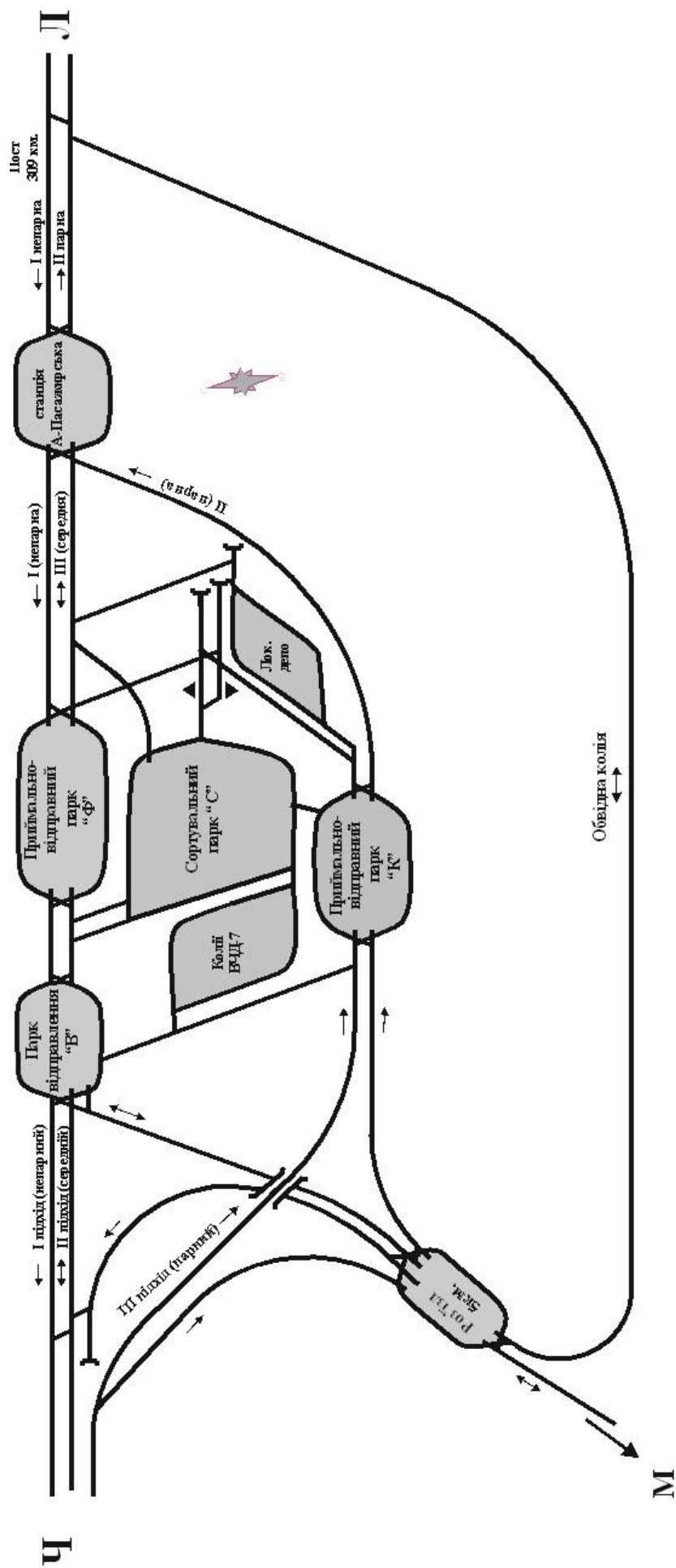


Рисунок 2.1 - Принципова схема сортувальної станції А

2.2 Характеристика парків станції

Колійний розвиток станції А об'єднано в 4 парки: приймально-відправний парк „Ф”, приймально-відправний парк “К”, парк відправлення “В”, і сортувальний парк „С”. Станція А об'єднує паралельно розміщені приймально-відправний парк “К”, сортувальний парк „С” і приймально-відправний парк „Ф” та послідовно до них розміщений із західної сторони парк відправлення “В” [80, 81].

Приймально-відправний парк “К” включає 7 приймально-відправних колій: Пк, 1к, 3к, 4к, 5к, 6к, 7к, які спеціалізовані для приймання транзитних поїздів і поїздів, що надходять у розформування із усіх напрямків, а також для відправлення транзитних поїздів на ці напрямки. Корисна довжина колій від 850 м до 995 м.

Приймально-відправний парк „Ф” включає: 7 приймально-відправних колій Іф, ІVф, 3ф, 5ф, 6ф, 7ф, 8ф. Приймально-відправні колії спеціалізовані для приймання транзитних поїздів і поїздів, що поступають у розформування, із напрямку Ш, а при ускладненнях поїзного положення в приймально-відправному парку “К” – для приймання з напрямків Ч, М та для відправлення транзитних поїздів на ці напрямки. Корисна довжина колій від 850 м до 1162 м.

Сортувальний парк «С» включає 24 колії 1с–38с, об'єднаних в 3 пучка. І-й пучок включає 8 колій: 11с–18с, ІІ-й пучок – 8 колій: 21с–28с, ІІІ-й пучок – 8 колій: 31с–38с. Корисна довжина колій від 995 м до 1160 м.

У парку відправлення «В» 7 колій №№№ I, II, 3, 4, 5, 6, 8, які спеціалізовані для приймання і відправлення транзитних поїздів з усіх напрямків, а також для перестановки поїздів свого формування з колій сортувально-відправного парку «С». Корисна довжина колій від 850 м до 1270 м.

Для приймання і відправлення пасажирських поїздів у парку відправлення «В» спеціалізовані: для парних пасажирських поїздів – колія № I, для непарних пасажирських поїздів – колія № II.

Довжина витяжних колій №41, №42 становить 850 м.

2.3 Характеристика технічного оснащення станції

Розформування составів здійснюється на механізованій гірці середньої потужності, яка розміщена зі східної сторони сортувального парку «С» (з непарного напрямку), має 2 витяжні тупикові колії, 2 колії насуву, обладнана ГАЦ. Витяжні тупикові колії не спеціалізовані для кожного приймально-відправного парку окремо і на витяжні колії є можливість витягувати состави як з парку «Ф» так і з парку «К». Гальмування відчепів виконується на трьох гальмових позиціях, управління якими здійснюється дистанційно [80].

На I-й гальмівній позиції встановлено 2 вагонних уповільнювачі типу КНП-5. На II-й гальмівній позиції встановлено по 2 вагонних уповільнювачі типу КНП-5. На III-й гальмівній позиції (парковій) встановлено уповільнювачі ВЗПГ-3 по 1 уповільнювачу на кожній колії; нижче уповільнювачів III-ї гальмової позиції встановлені башмакоскидачі [81].

Район поста централізації (далі ПЦ) розташований з західної сторони Сортувального парку «С». Стрілки, що входять в район обслуговування ПЦ переводяться з пульта управління ЕЦ-2, а у разі передачі їх на місцеве управління - з пульта ПЦ оператором поста централізації.

Східна горловина парку «Ф» обладнана двома бункерами для приймання документів від локомотивних бригад поїздів, що прибувають в переробку. З бункерів документи доставляються в станційний технологічний центр (СТЦ) працівником СТЦ – постачальником поїзних документів.

Станція А є лише пунктом посадки, висадки пасажирів із місцевих, приміських поїздів. З метою посадки, висадки пасажирів із місцевих, приміських поїздів на станції А обладнано дві низькі пасажирські платформи: зі східного боку парку відправлення «В» між коліями №І-3 та у парку «К» біля колії №ІІ збоку парної стрілочної горловини.

На території станції А також розміщені наступні будівлі і споруди [81]:

- 1) пост електричної централізації №1 (ЕЦ-1) - у східній горловині парку «Ф»;
- 2) пост електричної централізації №2 (ЕЦ-2) – у західній горловині парку «Ф»;
- 3) гірковий пост, у якому на першому поверсі знаходиться приміщення

приймальників поїздів парку «Ф», на третьому поверсі – приміщення чергового по гірці (ДСПГ) та операторів гірки, маневрового диспетчера (ДСЦ), операторів СТЦ;

4) приміщення маневрового диспетчера з місцевої роботи (ДСЦМ) – у східній горловині парку «К»;

5) пост чергового по парку «К» (ДСПП) – у східній горловині парку «К»;

6) пост чергового по парку «Ф» – у західній горловині парку «Ф»;

Станція А обладнана маршрутнo-релейною електричною централізацією стрілок та сигналів, управління якими здійснюється з пультів-маніпуляторів, встановлених в приміщеннях ЕЦ-1 та ЕЦ-2. Стрілочні переводи спускної частини гірки та східної горловини парку «К» обладнані пристроями пневматичного обдуву в зимовий період.

Для забезпечення диспетчерського керівництва маневровою роботою та організації прийому та відправлення поїздів станція обладнана наступними засобами зв'язку [80]:

- поїзним диспетчерським та міжстанційним зв'язком;
- прямим телефонним зв'язком;
- двобічним гучномовним парковим зв'язком;
- поїзним і маневровим радіозв'язком;
- телефонним зв'язком місцевої автоматизованої телефонної станції.

Документи з парку «К» надходять до СТЦ по пневматичній пошті.

Станція А обслуговує підприємства міста, що мають власні під'їзні колії.

До станції А примикають під'їзні колії 2-х підприємств міста:

- 1) ТОВ «Елеватор», примикає до парної стрілочної горловини парку «К».
- 2) ТОВ «Нафтобаза» примикає до колії №74 парку «Ф».

2.4 Характеристика експлуатаційної роботи станції

2.4.1 Основні операції, які виконуються на станції

Згідно з планом формування, графіком руху поїздів, планом вантажної роботи станція А виконує такі операції [80]:

- прийом та відправлення місцевих та приміських пасажирських поїздів;
- прийом та відправлення вантажних транзитних поїздів;

- прийом поїздів в розформування з усіх напрямків;
- зміна локомотивів та локомотивних бригад у транзитних поїздів;
- технічний та комерційний огляд всіх вантажних поїздів;
- розформування та формування поїздів;
- подача та прибирання локомотивів з та у депо.

У приймально-відправному парку «Ф» здійснюється пропуск пасажирських поїздів із Л, прийом, технічний та комерційний огляд составів транзитних поїздів з Л, зміна локомотивів або бригад, відправлення транзитних поїздів на напрямки Ч та М, а також прийом, технічний та комерційний огляд поїздів, що прибувають у розформування з напрямку Л, їх підготовку до розформування.

У приймально-відправному парку «К» здійснюється пропуск пасажирських поїздів з Ч та М, прийом, технічний та комерційний огляд составів транзитних поїздів з Л, зміна локомотивів або бригад, відправлення транзитних поїздів на напрямок Л, а також прийом, технічний та комерційний огляд поїздів, що прибувають у розформування з напрямків Ч та М, їх підготовку до розформування.

У парку відправлення «В» виконується підготовка до відправлення вантажних поїздів свого формування, в т.ч. технічний та комерційний огляди, безвідчепний ремонт вагонів, причеплення поїзних локомотивів, випробування автогальм та відправлення поїздів на всі напрямки.

У сортувальному парку «С» виконується накопичення составів поїздів по призначенням плану формування, операції по закінченню формування составів та їх перестановка у парк відправлення «В».

2.4.2 Технологія роботи з поїздами та вагонами

Транзитні поїзди приймаються в парк “Ф” (з напрямку Л) та в парк “К” (з напрямків Ч та М), де після технічне обслуговування та випробування автогальм, комерційного огляду состава та усунення комерційних несправностей, зміни локомотива або локомотивної бригади, вантажні транзитні прямі поїзди відправляються по призначенню на всі напрямки. При обробці транзитних поїздів зі зміною ваги та довжини, заздалегідь, до прибуття поїзда, готуються групи

вагонів, які будуть причеплені до поїзда після його прибуття на станцію.

Поїзди, що надходять у розформування, приймаються у приймально-відправні парки „Ф” (з напрямку Л), “К” (з напрямків Ч та М). Після технічного й комерційного огляду та відчеплення поїзного локомотива состави поїздів маневровим локомотивом розформовують через сортувальну гірку. У Сортувальному парку здійснюється накопичення составів наскрізних й збірних поїздів. Після накопичення усі состави готових поїздів маневровим локомотивом переставляються в відправні парки, звідки відправляються відповідно до призначення.

Із західної сторони станції два електровози серії ВЛ-60 та два тепловози серії ЧМЕ-3 виконують маневрову роботу з перестановки составів із Сортувального парку на колії парку відправлення, поповнення або зменшення ваги і довжини составів, відчеплення вагонів з технічними та комерційними несправностями, осаджування, підтягування, перестановки вагонів, закінчення формування поїздів та інші маневри. Тепловози серії ЧМЕ-3, крім того, виконують місцеву роботу з подачі та збирання вагонів із вантажних фронтів.

Зі східної сторони станції три гіркових електровози серії ВЛ-60К по витягуванню составів на тупики гірки, поповнення або зменшення ваги і довжини составів, відчеплення вагонів з технічними і комерційними несправностями, переставляння вагонів, осаджування, підтягування та інші маневри.

Також з східної сторони працюють два тепловози серії ЧМЕ-3 по витягуванню составів із Сортувального парку на колії парку відправлення, витягування составів на тупики гірки, поповнення або зменшення ваги составів, відчеплення вагонів з технічними і комерційними несправностями, осаджування, підтягування, переставляння вагонів, закінчення формування поїздів та інші маневри.

Місцеві вагони, що прибули на станцію для вивантаження, сортування контейнерів на контейнерному майданчику та відібрані для навантаження на станції А. У КСЕОД-СС виділені фіктивні колії, на яких ведеться накопичення місцевих вагонів по об'єктах навантаження-вивантаження. Повідомлення про операції з перевізними документами передаються товарним касиром на сервер вантажної роботи, який перевіряє правильність оформлення документів та фо-

рмує повідомлення про стан вагона в АСК ВП УЗ. Повідомлення про подавання, готовність вагонів до забирання, повідомлення про забирання вагонів передається прийомоздавальником вантажу в АСК ВП УЗ.

Для виконання завдань з місцевої роботи використовується один тепловоз серії ЧМЕ-3. Під час ускладнень у поїзній та маневровій роботі допускається взаємозаміна маневрових локомотивів.

При виявленні в парку прийому або на сортувальній гірці вагонів, що вимагають відцепного ремонту, складачі поїздів, регулювальники швидкості руху вагонів, приймальники поїздів, оператори сортувальної гірки повідомляють номера таких вагонів і виявлені ушкодження ДСЦ особисто або через ДСПГ гірки. Ушкоджені вагони маневровим локомотивом з парку прийому переставляються на колію Сортувального парку № 38с або на коліях вагонного депо ВЧД-7. Подавання вагонів з колій станції у вагонне депо для виконання планових чи непланових видів ремонтів, їхнє прибирання з депо, а також розміщення цих вагонів на внутрішньоцехових чи інших тракційних коліях вагонного депо виконуються локомотивом, машиністом і складачем вагонного депо. Подача названого рухомого складу з колій станції у вагонне депо локомотивом і складачем станції С дозволяється тільки на колії 11с і 38с (колії передавання вагонів).

Приміські поїзди з усіх напрямків приймаються в парки „К” (колія №II), та “В” (колії №I-3) до пасажирських платформ. Транзитні пасажирські швидкісні поїзди пропускаються без зупинки. Манєврова робота на коліях, що мають вихід на маршрут слідування такого поїзда, припиняється до його відправлення з сусідньої станції, але не менше чим за 10 хвилин до прослідування поїзда.

2.4.3 Характеристика манєврової роботи

Манєврова робота станції А розділена на вісім районів роботи манєврових локомотивів.

Манєвровий район №1 включає непарну горловину парку “Ф”. Основний характер роботи – витягування составів на витяжні тупики гірки, поповнення або зменшення ваги і довжини составів, відчеплення вагонів з технічними та комерційними несправностями.

Маневровий район №2 включає парну горловину парку “Ф”. Основний характер роботи – поповнення або зменшення ваги і довжини составів, відчеплення вагонів з технічними та комерційними несправностями.

Маневровий район №3 включає непарну горловину парку «К». Основний характер роботи – витягування составів на витяжні тупики гірки, поповнення або зменшення ваги і довжини составів, відчеплення вагонів з технічними та комерційними несправностями, формування груп місцевих вагонів.

Маневровий район №4 включає парну горловину Сортувально парку. Основний характер роботи – поповнення або зменшення ваги і довжини составів, відчеплення вагонів з технічними та комерційними несправностями, осаджування, підтягування, перестановка вагонів та закінчення формування поїздів.

Маневровий район №5 включає західну горловину парку відправлення «В». Основний характер роботи – поповнення або зменшення ваги і довжини составів, відчеплення вагонів з технічними та комерційними несправностями.

Маневровий район №6 включає східну горловину парку відправлення «В». Основний характер роботи – поповнення або зменшення ваги і довжини составів, відчеплення вагонів з технічними та комерційними несправностями.

Маневровий район №7 включає парну горловину Сортувального парку: колії №1с-12с. Основний характер роботи – осаджування, підтягування, перестановка вагонів, закінчення формування поїздів, формування маневрових составів з місцевих вагонів.

Маневровий район №8 включає парну горловину Сортувального парку. Основний характер роботи осаджування, підтягування, перестановка вагонів, закінчення формування поїздів, формування маневрових составів з місцевих вагонів.

2.5. Визначення розрахункових обсягів роботи станції

2.5.1 Дослідження динаміки зміни обсягів роботи станції

Станція А розташована на шляху прямування транзитних вагонопотоків у морські порти Одеського регіону. При цьому в останні роки спостерігається

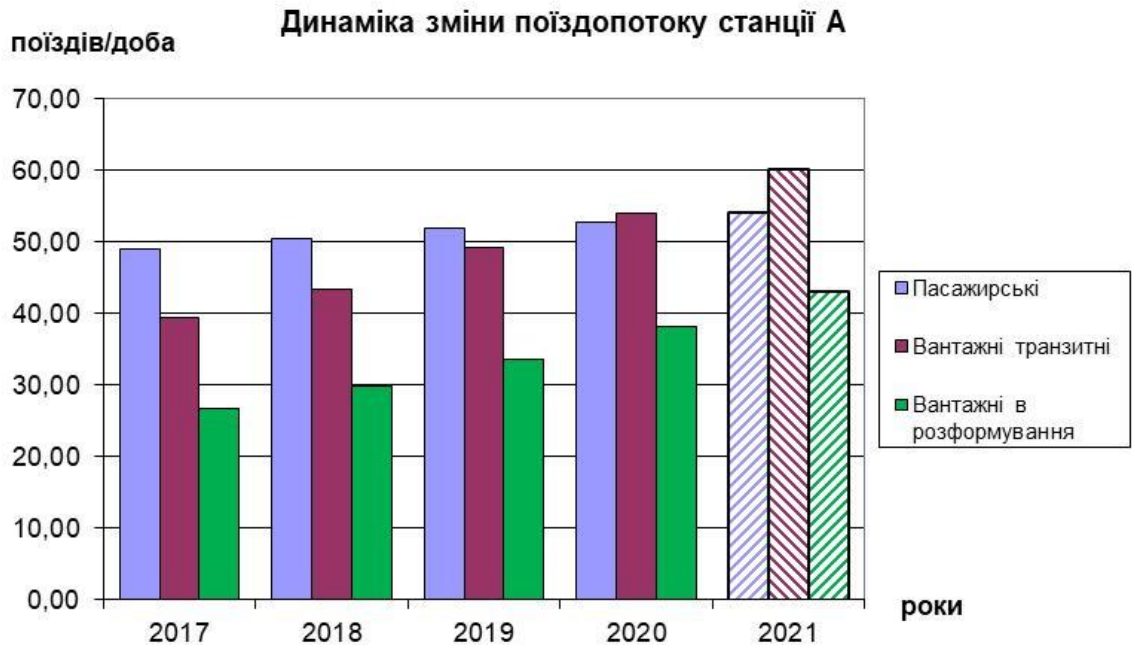
суттєве зростання обсягів перевалки вантажів у морських портах [10]. Основна частка вантажів доставляється в порти залізничним транспортом. Відповідно, зростають і обсяги вантажного транзитного вагонопотоку, що проходить через станцію А. При цьому виникає проблема приведення технічного оснащення і технології залізничних станцій до нових умов роботи. В напрямку портів (зі сторони підходу Ч) в основному прямує завантажений вагонопотік, а у зворотному напрямку (з підходів М та Л) – переважно порожній.

Для визначення розрахункових обсягів роботи станції А подальшої розробки її технологічного процесу були отримані основні показники роботи станції за останні 4 роки: 2017-2020 р.р. (Додаток А, табл. А.1) та виконаний їх аналіз (див. табл. 2.1). Згідно даних табл. 2.1 були побудовані діаграми, що відображають динаміку зміни обсягів роботи станції А (рис. 2.2).

Таблиця 2.1. Динаміка зміни основних показників роботи станції А за період 2017-2020 р.р.

Показник	2017			2018			2019			2020		
	За рік	За добу	%	За рік	За добу	%	За рік	За добу	%	За рік	За добу	%
Поїздопотік												
Загальний	41964	115,0	7,5	45045	123,4	7,3	49158	134,7	9,1	52786	144,6	7,4
Пасажирський	17856	48,9	5,9	18365	50,3	2,9	18947	51,9	3,2	19211	52,6	1,4
Вантажний транзитний	14366	39,4	8,5	15784	43,2	9,9	17968	49,2	13,8	19678	53,9	9,5
В розформ.	9742	26,7	8,9	10896	29,9	11,8	12243	33,5	12,4	13897	38,1	13,5
Вагонопотік												
Загальний	1263185	3460,8	10,0	1398187	3830,6	10,7	1570546	4302,9	12,3	1744540	4779,6	11,1
Транзитний без переробки	734102	2011,2	9,1	822977	2254,7	12,1	931461	2551,9	13,2	1010938	2769,7	8,5
Транзитний з переробкою	525093	1438,6	11,4	571081	1564,6	8,8	634950	1739,6	11,2	729346	1998,2	14,9
Простої вагонів												
Місцевий	3989	10,9	3,7	4128	11,3	3,5	4135	11,3	0,2	4256	11,7	2,9
Транзитний без переробки год	1013062	1,38	-3,5	1267386	1,54	11,6	1583484	1,70	10,4	1839906	1,82	7,1
Транзитний з переробкою, год	5303447	10,10	6,3	5253947	9,20	-8,9	6095521	9,60	4,3	7366395	10,10	5,2
Місцевий, год	57043	14,30	0,7	56966	13,80	-3,5	57601	13,93	0,9	60010	14,10	1,2

а)



б)

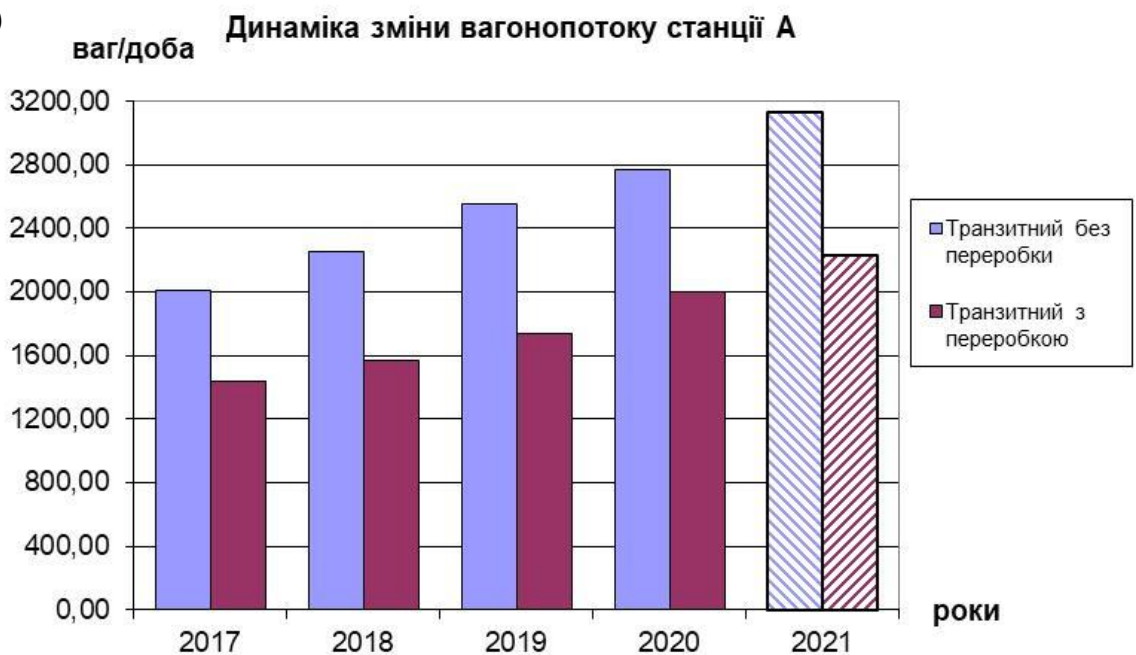


Рисунок 2.2 – Динаміка зміни обсягів роботи станції С за період 2017-2021 р.р.:
 а) динаміка зміни поїздопотоків; б) динаміка зміни вагонопотоків

З врахуванням тенденції росту за даними табл. 2.1 був розрахований середній коефіцієнт K річного приросту обсягів перевезень, а також побудовані рівняння регресії [82], на основі яких були спрогнозовані розрахункові обсяги роботи станції А на поточний 2021 рік (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Розрахунок середньодобових обсягів роботи станції А

Показник	2020	K	Модель*	Розрахункові	Прийняті на 2021 р.
Загальний поїздопотік	144,6	-	-	-	157
пасажирських	52,6	1,03	$4,04\ln(x)+46,12$	54,4	54
транзитних	53,9	1,10	$0,38x^2+2,23x+33,53$	59,5	60
в розформування	38,1	1,12	$0,37x^2+1,15x+22,96$	42,5	43
Загальний вагонопотік	4779,6	-	-	5318,4	5374
транзитний без переробки	2769,7	1,12	-	3089,2	3132
транзитний з переробкою	1998,2	1,12	$19,37x^2+55,33x+1227,4$	2229,2	2230
місцевий	11,7	1,03	-	11,9	12

*у якості аргументу x моделі приймається умовний порядковий номер року: 2017 – $x=1$, 2018 – $x=2$,, 2021 – $x=5$.

В табл. 2.1. наведено також дані про простої вагонів на станції А. Динаміку зміни величини простою вагонів ілюструють графіки, що наведені на рис. 2.3. Слід зазначити, що в останні роки спостерігається збільшення величини простою в середньому на 7%. Це пояснюється тим, що в умовах зростання обсягів перевезень (див. рис. 2.2) технічне оснащення та технологія роботи станції А залишились без змін. В цьому зв'язку необхідно розробити організаційно-технічні заходи щодо підвищення ефективності роботи станції А.

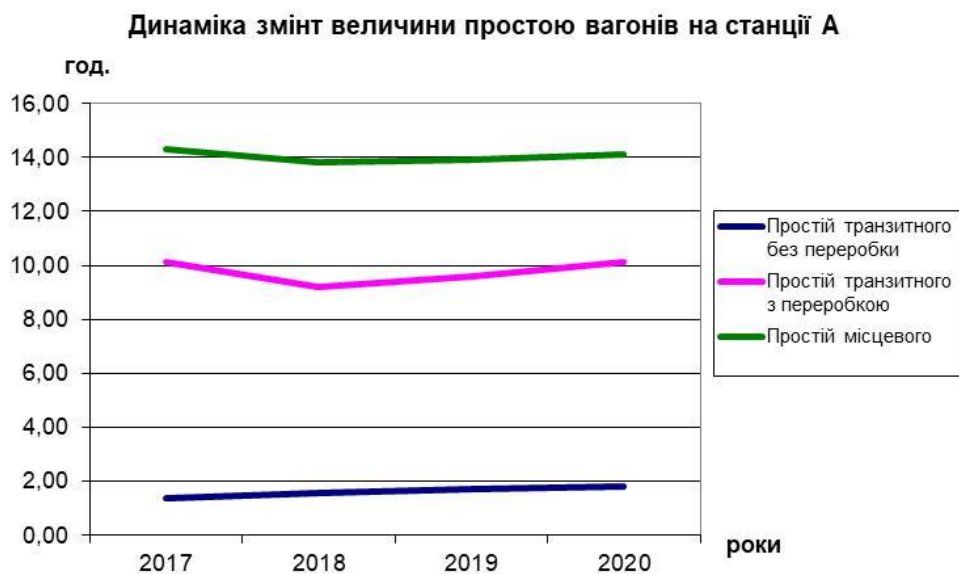


Рисунок 2.3 – Динаміка зміни величини простою вагонів на станції А

2.5.2 Розрахункові обсяги роботи сортувальної станції

На станцію А прибувають поїзди: пасажирські, вантажні транзитні, вантажні в розформування. Загальні обсяги роботи станції А на 2021 р. визначені на основі статистичного аналізу (Додаток А, табл. А.1.) та прогнозу (табл. 2.2). Розподіл поїздопотоків та вагонопотоків по напрямкам наведено у табл. 2.3-2.5. Так, розміри руху пасажирських поїздів наведені у табл. 2.3; вантажних транзитних - в табл. 2.4., а розміри вагонопотоків з переробкою – в табл. 2.5.

Таблиця 2.3 - Розміри пасажирських поїздопотоків

З	На			Всього
	Л	Ч	М	
Л	Х	19	8	27
Ч	19	Х	-	19
М	8	-	Х	8
Всього	27	19	8	54

Таблиця 2.4 - Розміри вантажних транзитних поїздопотоків

З	На			Всього
	Л	Ч	М	
Л	Х	18	7	25
Ч	21	Х	2	23
М	10	2	Х	12
Всього	31	20	9	60

Таблиця 2.5 - Розміри вагонопотоків з переробкою

З	На			Місцеві	Всього
	Л	Ч	М		
Л	Х	548	299	8	855
Ч	548	Х	239	7	794
М	297	265	Х	6	568
Місцеві	5	5	3	Х	13
Всього	850	818	541	21	2230

2.5.3 Розрахунок маси складу поїзда та кількості вагонів у складі

Для визначення кількості поїздів, які надходять в розформування, необхідно визначити кількість вагонів в складі вантажного поїзда. Маса складу визначається при рівномірному русі для заданого розрахункового керівного підйому може визначатися за формулою:

$$Q = \frac{F_{кр} - P(\dot{w}_0 + i_p)}{\ddot{w}_0 + i_p}, \quad (2.1)$$

де $F_{кр}$ – розрахункова сила тяги локомотива, $кг/тс$;

P – розрахункова маса локомотива, $т$;

w_0' – основний питомий опір руху локомотиву, $кг/тс$;

w_0'' – основний питомий опір руху складу, $кг/тс$;

i_p – крутизна розрахункового керівного підйому, $‰$.

Основним типом вантажного локомотива на прилеглих до станції А ділянках є ВЛ80 (див. Додаток А.2), відповідно $F_{кр} = 51200 кг/тс$, $P = 192 т$ [83]. Згідно вихідних даних $i_p = 10,5 ‰$ (Додаток А.2).

Основний питомий опір руху локомотива w_0' в режимі тяги під струмом залежить від швидкості та конструкції колії. Основний питомий опір руху для електровозів при русі по ланковій колії визначається за формулою:

$$\dot{w}_0' = 1,9 + 0,01 \cdot V_p + 0,0003 \cdot V_p^2, \quad (2.2)$$

де V_p - розрахункова швидкість, $V_p = 43,5 км/год$ [83]

$$w_0' = 1,9 + 0,01 \cdot 43,5 + 0,0003 \cdot 43,5^2 = 2,90 \text{ кгс/тс}$$

Основний питомий опір руху вантажних вагонів w_0'' у складі поїзда також залежить від конструкції колії та при середній масі складу, яка припадає на одну вісь колісної пари $q_0 > 6 т$, визначається за формулою:

$$w_0'' = 0,7 + (a + b \cdot V_p + c \cdot V_p^2) / q_0, \text{ кгс/тс} \quad (2.3)$$

де a , b та c – емпіричні коефіцієнти; $a=3$, $b=0,1$, $c=0,0025$ для чотиривісних вагонів; $a=6$, $b=0,038$ та $c=0,0021$ для восьмивісних вагонів [83];

q_0 - навантаження на вісь, $q_0 = 19 т/вісь$ (див. Додаток А.2).

При наявності в складі поїзда різнотипних вагонів питомий опір руху складу визначається як середньозважена величина.

Основний питомий опір руху чотиривісних вагонів визначається як:

$$w_{04}'' = 0,7 + (3 + 0,1 \cdot 43,5 + 0,0025 \cdot 43,5^2) / 19 = 1,34 \text{ кгс/мс}$$

Основний питомий опір руху восьмивісних вагонів:

$$w_{08}'' = 0,7 + (6 + 0,038 \cdot 43,5 + 0,0021 \cdot 43,5^2) / 19 = 1,31 \text{ кгс/мс}$$

При відомих коефіцієнтах, що характеризують частки чотири- та восьмивісних вагонів в складі по масі, основний питомий опір руху складу можливо визначити за формулою:

$$w_0'' = \alpha_4 \cdot w_{04}'' + \alpha_8 \cdot w_{08}'' , \text{ кгс/тс} \quad (2.4)$$

де α_4 - частка чотиривісних вагонів в складі поїзда;

α_8 - частка восьмивісних вагонів в складі.

Відповідно до Додатка А.2 $\alpha_4 = 0,95$; $\alpha_8 = 0,05$.

$$w_0'' = 0,95 \cdot 1,34 + 0,05 \cdot 1,31 = 1,33 \text{ кгс/мс}$$

Маса складу поїзда для електровозу ВЛ 80:

$$Q = \frac{51200 - (2,90 + 10,5) \cdot 192}{1,33 + 10,5} = 4110 \text{ т}$$

Маса поїзду згідно [83] установлюється з точністю до 50 т, тоді $Q = 4100$ т.

Кількість розрахункових вагонів в складі можливо визначити як:

$$m_e = \frac{Q}{4 \cdot q_0} \cdot \alpha_4 + \frac{Q}{8 \cdot q_8} \cdot \alpha_8 , \text{ ваг} \quad (2.5)$$

$$m_e = \frac{4100}{4 \cdot 19} \cdot 0,95 + \frac{4100}{8 \cdot 19} \cdot 0,05 = 52,6 = 53 \text{ ваг}$$

Визначимо обсяги транзитного вагонопотоку без переробки (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 - Розміри вантажних транзитних вагонопотоків

З	На			Всього
	Л	Ч	М	
Л	Х	954	371	1325
Ч	1113	Х	106	1219
М	530	106	Х	636
Всього	1643	1060	477	3180

2.5.4 Розрахунок обсягів вантажних поїздопотоків станції

На основі m_B отриманої кількості вагонів визначається кількість поїздів, що прибувають на станцію А:

$$N = \frac{B}{m_g} \quad (2.6)$$

де B - сумарний вагонопотік з(на)напрямку (див. табл. 2.4 та табл. 2.5);

Визначимо кількість поїздів, які розформуються і формуються станцією за добу. Результати розрахунку наведені у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Розміри вагоно- та поїздопотоків з переробкою

З	На				Всього	Поїзди в розформування	
	Л	Ч	М	Місцеві		В розф.	Збірні
Л	X	548	299	8	855	17	2
Ч	548	X	239	7	794	15	1
М	297	265	X	6	568	11	1
Місц	5	5	3	X	13	X	
Всього	850	818	541	21	2230	43	4
Поїзди свого форм.	Св. форм	17	16	11	X	44	
	Збірні	2	1	1		4	

2.6 Перевірка технічної оснащеності прилеглих ліній

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

$$N_n = \alpha(N_{\text{ван}} + N_{\text{пас}} \cdot E_{\text{пас}} + N_{\text{зб}}(E_{\text{зб}} - 1)) \quad (2.7)$$

де α - коефіцієнт резерву пропускної спроможності, $\alpha = 1,2$;

$N_{\text{ван}}$ - число вантажних поїздів на даній лінії (з урахуванням збірних, маршрутних та передаточних);

$N_{\text{пас}}, N_{\text{зб}}$ - число пасажирських та збірних поїздів на даній лінії;

$E_{\text{пас}}, E_{\text{зб}}$ - коефіцієнт з'йому вантажних поїздів, відповідно, пасажирськими і збірними поїздами, прийнято $E_{\text{пас}} = 1,5; E_{\text{зб}} = 2$ [84].

Розрахуємо потрібну пропускну спроможність прилеглих ліній:

$$\text{Лінія А-М } N_{\text{ван}}^{\text{пар}} = (12+12)=24 \quad N_{\text{ван}}^{\text{непар}} = (9+12)=21 \quad N_{\text{пас}} = 8 \quad N_{\text{зб}} = 1$$

$$N_{\Pi} = 1,2 \cdot (24 + 8 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2 - 1)) = 44 \text{ пар поїздів}$$

$$\text{Лінія А-Ч } N_{\text{ван}}^{\text{пар}} = (23+16)=39 \quad N_{\text{ван}}^{\text{непар}} = (20+17)=37 \quad N_{\text{пас}} = 19 \quad N_{\text{зб}} = 1$$

$$N_{\Pi} = 1,2 \cdot (39 + 19 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2 - 1)) = 83 \text{ пар поїздів}$$

$$\text{Лінія А-Л } N_{\text{ван}}^{\text{пар}} = (31+19)=50 \quad N_{\text{ван}}^{\text{непар}} = (25+19)=44 \quad N_{\text{пас}} = 27 \quad N_{\text{зб}} = 2$$

$$N_{\Pi} = 1,2 \cdot (50 + 27 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) = 111 \text{ пар поїздів}$$

Число головних колій на прилеглих до станції лініях і технічні засоби регулювання інтервалів між поїздами приймаються залежно від розрахованої потрібної пропускну спроможності згідно [84].

Виходячи з цього лінії А-Ч та А-Л повинні бути двоколіїні, обладнані автоблокуванням, а лінія А-М – одноколіїна з двоколіїним вставками, обладнана диспетчерської централізацією. Таке технічне оснащення ліній відповідає існуючому.

3 АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

Існуюча сортувальна гірка середньої потужності (ГСП) переробляє в середньому 2230 вагонів за добу. Для накопичення вагонів згідно плану формування поїздів (ПФП) в сортувальному парку є 24 колії.

Гірочна горловина сортувального парку має наступну характеристику: дві колії насуву, одна колія розпуску, одна обхідна колія та три гальмівні позиції: ГП1 (головна) – 2 уповільнювачі КНП-5, ГП2 (пучкова) – по 2 уповільнювачі КНП-5 та ПГП (паркова) – 1 уповільнювач ВЗПГ-3. Колії сортувального парку зібрані в 3 пучки по 8 колій. Рейки в межах сортувального парку мають тип Р50, а стрілочні переводи гірочної горловини – марку хрестовини 1/6. Існуюча висота сортувальної гірки $H_p=3,318$ м

3.1 Розрахунок висоти сортувальної гірки та її поздовжнього профілю

Висота сортувальної гірки повинна забезпечувати пробіг вагонів розрахункової вагової категорії при несприятливих погодних умовах та умовах роботи гірки до розрахункової точки. Розрахункова точка приймається на розрахунковій важкій колії на відстані 50 м від вихідного кінця паркової гальмівної позиції.

За розрахунковий бігун прийнято критий 4-вісний вагон легкої вагової категорії вагою 25 тс з роликівими підшипниками.

За розрахункову важку колію приймаємо ту колію, на якій по маршруту скочування сумарна питома робота всіх сил опору руху має найбільше значення. В даній роботі за важку колію приймаємо колію № 11 по наступним міркуванням:

- найбільша довжина маршруту від умовної вершини гірки до останнього стрілочного переводу;
- найбільша кількість стрілочних переводів та сума кутів повороту.

Розгорнутий план колії №11с наведено на рис. 3.1.

Для розрахунку висоти гірки визначаються всі нормативи для ГСП [27]:

- розрахунковий бігун (РБ) – критий 4-вісний вагон;
- міра відхилення розрахункового значення $\sum h_w$ від її середньої величини, $k_p = 1,75$;
- середня величина основного питомого опору вагонів легкої вагової категорії, прийнято $w_0 = 1,75 \text{ кгс/тс}$;
- додатковий опір від снігу та інею при температурі $t_p = -32^\circ\text{C}$ (див. Додаток А.4) складає згідно;
- розрахункова швидкість розпуску для гірок середньої потужності, прийнято $V_0 = 1,4 \text{ м/с}$;
- середні швидкості руху вагонів на розрахункових ділянках гірки середньої потужності (табл. 3.1), прийнято відповідно до:

Таблиця 3.1 - Середні швидкості руху вагонів на розрахункових ділянках сортувальної гірки

№ ділянок	Межі ділянок	$V_i, \text{ м/с}$
1	УВГ- ГП1	4,0
2	ГП1- ГП2	5,0
3	ГП2- ПГП	4,0
4	ПГП-РТ	2,0

Висотою гірки (H_r) називається профільна різниця рівнів вершини гірки (ВГ) і розрахункової точки (РТ). Висота гірки повинна забезпечувати скочування вагонів від ВГ до РТ, тобто повинна відповідати умові:

$$H_r \geq \sum_{\text{ВГ}}^{\text{РТ}} h_w, \quad (3.1)$$

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

Враховуючи випадковий характер h_w , розрахункову висоту гірки можна визначити за формулою:

$$H_p = k_p (\bar{h}_{\text{очн}} + \bar{h}_{\text{ск}} + \bar{h}_{\text{св}}) + h_{\text{сн}} - h_0, \quad (3.2)$$

де k_p – міра відхилення розрахункового значення h_w від його середньої величини;

$h_{очн}$, $h_{ск}$, $h_{св}$ – середні величини (математичні очікування) питомої роботи відповідних сил опору руху: основного, стрілочних переводів і кривих ділянок, середовища і вітру, *м.е.в.*;

$h_{сн}$ – питома робота опору руху від снігу та інею, *м.е.в.*;

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

Визначимо складові елементи даної формули. Розрахунок $h_{очн}$ виконаємо за формулою:

$$h_{очн} = w_o L_p 10^{-3}, \quad (3.3)$$

де L_p – розрахункова довжина маршруту від ВГ до РТ, *м* (див. рис. 3.1.);

w_o – середня величина основного питомого опору руху вагона.

$$h_{очн} = 1,75 \cdot 386,65 \cdot 10^{-3} = 0,677 \text{ м. е. в.}$$

Розрахуємо $h_{ск}$. Ця величина визначається як сума середніх величин питомої роботи сил опору руху стрілок і кривих на окремих ділянках гірки:

$$\bar{h}_{ск} = \sum_{i=1}^k h_{ски}, \quad (3.4)$$

де k – кількість розрахункових ділянок, що визначаються згідно з планом горловини (для ГСП $k = 4$).

Розрахунок $h_{ски}$ виконується за допомогою формули:

$$h_{ски} = (0,56n + 0,23 \sum \varphi) \cdot V^2 \cdot 10^{-3}, \quad (3.5)$$

де n , $\sum \varphi$ – кількість стрілочних переводів та сума кутів повороту (включаючи стрілочні) на маршруті чи ділянці скочування;

V – середня швидкість вагона на маршруті чи ділянці скочування, *м/с*; приймаємо згідно з табл. 3.1.

Для розрахунку $h_{ск}$ на основі рис. 3.1. визначаємо параметри (довжина L та сума кутів повороту $\sum \varphi$) розрахункових ділянок по важкій (№11) та суміжній (№12) з нею колії. Вказані параметри наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри для розрахунку $h_{ск}$

№ ділянки	11		12	
	$L, м$	$\sum \varphi$	$L, м$	$\sum \varphi$
1	46,30	5,43	46,30	5,43
2	85,14	13,73	85,14	13,73
3	197,29	49,69	197,29	40,22
4	57,92	0,00	57,92	0,00

Виконаємо розрахунок $h_{ск}$ для кожної ділянки за формулою (3.5).

Вихідні дані і результати розрахунків зведемо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків $h_{ск}$

Ділянки	$L, м$	$\sum \varphi$, градуси		n , <i>шт</i>	\bar{V}_i , <i>м/с</i>	$h_{скi}$, <i>м.е.в.</i>	
		колія 11	колія 12			колія 11	колія 12
1	46,3	5,43	5,43	1	4,0	0,029	0,029
2	85,14	13,73	13,73	1	5,0	0,093	0,093
3	197,29	49,69	40,22	4	4,0	0,219	0,184
4	57,92	0	0	0	2,0	0	0
Σ	386,65	-	-	-	-	0,341	0,306

Розрахунок $h_{св}$ визначається як сума середніх величин питомої роботи сил опору руху середовища і вітру на окремих ділянках гірки за формулою:

$$h_{св} = \sum_{s=1}^R h_{свi} = \sum_{i=1}^K w_{свi} L_i 10^{-3}, \quad (3.6)$$

де L_i – довжина i -ї ділянки, $м$;

$w_{св i}$ – середня величина питомого опору руху середовища і вітру на i -й ділянці гірки, $кгс/мс$.

Для розрахунку $w_{свi}$ використовуємо спрощений метод: як $w_{св i}$ приймаємо опір середовища і вітру при середніх величинах швидкості вітру V_B та кута між напрямком вітру і напрямком скочування вагонів. Роза вітрів побудована на базі даних (див. додаток А, табл. А.3) і зображена на рис. 3.2. При цьому V_B визначають як середньозважену величину швидкості вітру серед зустрічних румбів.

$$V_B = \frac{\sum V_{Bj} P_j}{\sum P_j}, \quad (3.7)$$

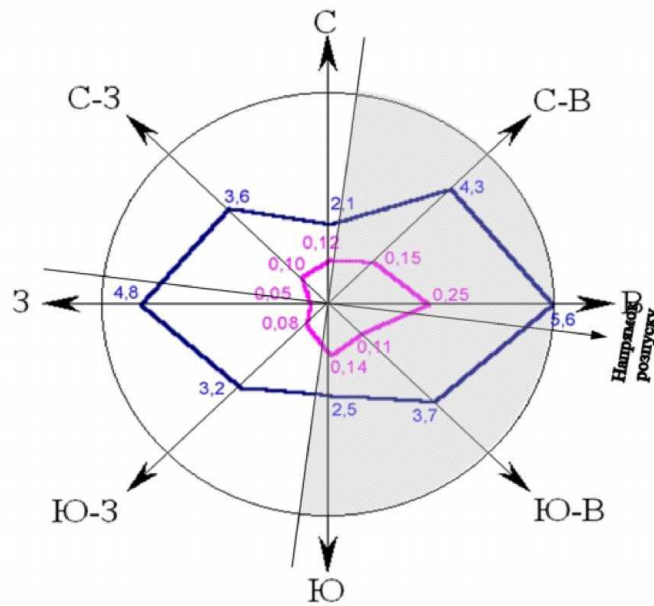


Рисунок 3.2 – «Роза» вітрів

Середньозважена величина швидкості вітру серед зустрічних румбів, згідно додатку А, визначається за формулою (3.7) і становить:

$$V_{\text{ср}} = \frac{2,5 \cdot 0,14 + 3,7 \cdot 0,11 + 5,6 \cdot 0,25 + 4,3 \cdot 0,15}{0,14 + 0,11 + 0,25 + 0,15} = 4,31 \text{ м/с}$$

Для розрахунку $w_{\text{св}}$ приймаємо $V_{\text{В}} = 4,31 \text{ м/с}$, $\beta = 0$:

$$\pm w_{\text{св}} = K_{\text{ВС}} C_x V_{\text{р}}^2 \quad (3.8)$$

де C_x – коефіцієнт повітряного опору вагона, приймаємо згідно з [27] $C_x = 1,12$;
 $V_{\text{р}}$ – відносна швидкість вагона та вітру, м/с, визначаємо за формулою:

$$V_{\text{р}} = V + V_{\text{В}}, \quad (3.9)$$

де V – швидкість вагона, (див. табл. 3.1);

$V_{\text{В}}$ – швидкість вітру, згідно розрахунків $V_{\text{В}} = 4,31 \text{ м/с}$.

$K_{\text{ВС}}$ – приведений коефіцієнт параметрів відчепу та середовища, розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{ВС}} = \frac{17,8 \cdot S}{(273 + t) \cdot Q}, \quad (3.10)$$

де S – площа поперечного перерізу вагона, прийнято $S = 9,7 \text{ м}^2$ [27];

t – температура повітря навколишнього середовища, $t = -32^\circ\text{C}$ (Додаток А.4);

Q – вага вагона, прийнято $Q = 25 \text{ тс}$ [27].

Тоді приведений коефіцієнт параметрів відчепу та середовища:

$$K_{\text{св}} = \frac{17,8 \cdot 9,7}{(273 - 32) \cdot 25} = 0,0276$$

Питома робота опору визначається за формулою:

$$h_{\text{св}} = w_{\text{св}} L \cdot 10^{-3} \quad (3.11)$$

Таким чином визначимо опір руху від середовища і вітру для кожної ділянки важкої колії №11, результати розрахунків наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати розрахунку $h_{\text{св}}$

Ділянки	$L, \text{ м}$	$V_i, \text{ м/с}$	$V_p, \text{ м/с}$	$w_{\text{св}}, \text{ кгс/тс}$	$h_{\text{св}}, \text{ м. е. в.}$
1	46,3	4,0	8,31	2,22	0,103
2	85,14	5,0	9,31	2,79	0,238
3	197,29	4,0	8,31	2,22	0,438
4	57,92	2,0	6,31	1,28	0,074
Разом	386,65	-	-	-	0,853

Розрахунок $h_{\text{сн}}$ виконується за формулою:

$$h_{\text{сн}} = w_{\text{сн}} L 10^{-3}, \quad (3.12)$$

де $w_{\text{сн}}$ – опір від снігу та інею, прийнято $w_{\text{сн}} = 0,66 \text{ кгс/тс}$ [27];

L – довжина зони від кінця ГП2 до РТ, яка дорівнює:

$$L = L_3 + L_4 - l_{\text{ГП2}} = 197,29 + 57,92 - 25,95 = 229,26 \text{ м.}$$

Тоді: $h_{\text{сн}} = 0,66 \cdot 229,26 \cdot 10^{-3} = 0,151 \text{ м. е. в.}$

Розрахунок h_0 виконується за формулою:

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g'}, \quad (3.13)$$

де V_0 – швидкість розпуску, прийнято згідно з [27] $V_0 = 1,4 \text{ м/с}$;

g' – приведенне прискорення вільного падіння, що враховує енергетичний вплив ваги колісних пар, що обертаються, визначаємо за формулою:

$$g' = \frac{g}{1 + \frac{0,42n}{Q}}, \quad (3.14)$$

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

n – кількість колісних пар вагона, $n = 4$.

Таким чином:

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

$$h_0 = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,19} = 0,107 \text{ м. е. в.}$$

Розрахункова висота гірки:

$$H_p = 1,75 \cdot (0,677 + 0,341 + 0,853) + 0,151 - 0,107 = 3,128 \text{ м.}$$

Оскільки існуюча висота сортувальної гірки $H_{\text{існ}}=3,318$ м перевищує розрахункову, то, відповідно, існуюча гірка забезпечить докочування розрахункового вагона до розрахункової точки.

3.2 Розрахунок та побудова графіків енергетичних висот

3.2.1 Розрахунок графіків енергетичних висот при скочуванні бігуна ДП на важку колію та бігуна X на суміжну з важкою колію.

Конструкція та технічне оснащення сортувальної гірки повинно забезпечувати безперервне та безпечне розформування составів при виконанні всіх технічних та технологічних вимог зі швидкістю розпуску не менше 1,4 м/с для комбінації вагонів ДП-Х-ДП. Тому, окрім висоти гірки, необхідно виконати перевірку її поздовжнього профілю. Ухили елементів спускної частини існуючої сортувальної гірки приведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Розрахунок параметрів профілю сортувальної гірки

Елемент	$L, \text{ м}$	$\sum L, \text{ м}$	$i, \text{ ‰}$	$\Delta h, \text{ м. е. в.}$	$\sum \Delta h, \text{ м. е. в.}$
СП	48,00	48,00	0,6	0,029	0,029
ПП	11,92	59,92	1,5	0,018	0,047
СЗ	167,34	227,26	2,0	0,335	0,382
ГП2	34,45	261,71	7,0	0,241	0,623
ПР	49,81	311,52	8,6	0,428	1,051
ГП1	44,59	356,11	20,0	0,892	1,943
ШВ1	30,54	386,65	45,0	1,374	3,318
Разом	386,65	-	-	3,128	-

Для оцінки якості конструкції гірки береться розрахунковий місяць з несприятливими умовами роботи. За розрахункові бігуни дуже поганий (ДП) та хороший (X) приймаються 4-вісні піввагони на роликових підшипниках, параметри яких наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Параметри розрахункових бігунів

Бігуни	Рід	n_{oc}	Q , тс	w_0	l_B	b_K	g'	S
ДП	ПВ	4	22	4,5	13,92	10,5	9,11	8,5
Х	ПВ	4	70	0,8	13,92	10,5	9,58	8,5

Основну силу опору руху розрахуємо за формулою (3.3) для бігуна Х. Сила опору від стрілок та кривих розрахована раніше. Силу опору руху від середовища та вітру розрахуємо за формулою (3.6) для ПВ. При розрахунку прийемо, що кут між напрямком вітру і напрямком скочування $\beta = 30^\circ$, так як при цьому w_{cb} має максимальне значення, яке в свою чергу розраховується за формулою (3.8), в якій K_{BC} – приведений коефіцієнт параметрів відчепа та середовища, розраховуємо за формулою (3.10) для ПВ; C_x – коефіцієнт повітряного опору піввагона, приймаємо згідно з [27] для кута $\alpha = \beta/2 = 30/2 = 15^\circ$, $C_x = 1,75$, S – площа поперечного перерізу піввагона, приймаємо згідно з [27], $S = 8,5 \text{ м}^2$.

$$K_{bc}^{ДП} = \frac{17,8 \cdot 8,5}{(273 - 32) \cdot 22} = 0,0285 \quad K_{bc}^X = \frac{17,8 \cdot 8,5}{(273 - 32) \cdot 70} = 0,009$$

Розрахунки втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів ДП та Х наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 - Розрахунок втрат енергетичних висот для ДП та Х бігунів

№	Параметри		Параметри розрахункових бігунів									
	L , м	V , м/с	V_B , м/с	w_0 , кг/м	V_D , м/с	w_{cb} , кг/м	Втрати енергетичної висоти, м.е.в.					Y , мм масшт.
							h_{ocH}	h_{cK}	h_{cb}	h_w	H_w	
Бігун ДП												
1	46,30	4,0	4,31	4,5	8,31	3,45	0,208	0,029	0,160	0,397	0,397	19,9
2	85,14	5,0	4,31	4,5	9,31	4,34	0,383	0,093	0,370	0,846	1,243	62,2
3	197,29	4,0	4,31	4,5	8,31	3,45	0,888	0,219	0,681	1,788	3,031	151,6
4	57,92	2,0	4,31	4,5	6,31	1,99	0,261	0,000	0,115	0,376	3,407	170,4
Бігун Х												
1	46,30	4,0	4,31	0,8	8,31	1,09	0,037	0,029	0,050	0,116	0,116	5,8
2	85,14	5,0	4,31	0,8	9,31	1,37	0,068	0,093	0,117	0,278	0,394	19,7
3	197,29	4,0	4,31	0,8	8,31	1,09	0,158	0,184	0,215	0,557	0,951	47,6
4	57,92	2,0	4,31	0,8	6,31	0,63	0,046	0,000	0,036	0,082	1,033	51,7

Кінетична енергія ДП бігуна становить: $h_0^{ДП} = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,11} = 0,108 \text{ м.е.в.}$

Кінетична енергія Х бігуна становить: $h_0^X = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,58} = 0,102 \text{ м.е.в.}$

За результатами розрахунків виконується графічне зображення графіків втрат енергетичних висот розрахунковими бігунами.

3.2.2 Розрахунок і побудова графіків швидкості і часу скочування відчепів з сортувальної гірки

Визначити швидкість відчепу в будь-якій точці по маршруту скочування можна за формулою:

$$V_i = \sqrt{2 \cdot g' \cdot h_i}, \quad (3.15)$$

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

Розрахунки швидкості відчепів в кожній розрахунковій точці зведені в табл. 3.9. З урахуванням швидкості відчепу в кожній точці (V_i і V_{i+1}), а також відстані між точками (ΔS), визначається час ходу між i -ю і $(i+1)$ -ою точкою:

$$t_{i,i+1} = \frac{2 \cdot \Delta S_{i,i+1}}{V_i + V_{i+1}} \quad (3.16)$$

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

$$T_j = \sum_{i=1}^j t_i \quad (3.17)$$

Розрахунок $t_{i, i+1}$ и T_j для бігунів ДП і Х також виконаний в таблиці 3.9.

Розрахунок координат точок входу на розмежувальний елемент і точок виходу з нього виконано у вигляді табл. 3.8, а розрахунок часу слідування по кожному елементу сортувальної гірки – у вигляді табл. 3.9.

Таблиця 3.8 - Визначення координат точок входу і виходу на розділові елементи

№	Тип	Назва елемента	$S_{\text{поч}}, \text{м}$	$S_{\text{вх}}, \text{м}$	$S_{\text{вих}}, \text{м}$
1	УПОВ	ІД УПОВ 1	46,30	40,55	64,50
2	СП	ІД СП 1	78,01	67,50	89,38
3	УПОВ	ІД УПОВ 2	131,44	125,69	149,64
4	СП	ІД СП 11	163,15	152,64	174,52
5	СП	ІД СП 17	211,40	200,89	222,77
6	СП	ІД СП 19	235,37	224,86	246,74
7	ГС	ГС	287,62	280,66	294,58
8	ПГП	ПГП	328,73	323,48	341,90

Інтервал між відчепами на вершині гірки приблизно можна визначити за формулою:

$$I_0 = \frac{l_{\text{ваг}}^1 + l_{\text{ваг}}^2}{2 \cdot V_0}, \quad (3.18)$$

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

$$I_0 = \frac{13,92 + 13,92}{2 \cdot 1,40} = 9,94 \text{ с}$$

Таблиця 3.9 – Розрахунок швидкості та часу слідування по ділянкам сортувальної гірки.

№ точки	Назва	S, м	ΔS, м	Yh, мм		h, м.э.в.		V, м/с		tx, с		Tx, с		Δt, с
				ДП	Х	ДП	Х	ДП	Х	ДП	Х	ДП	Х	
1	УВГ	0,00	10,00	5,4	5,1	0,108	0,102	1,40	1,40	4,61	4,37	0,00	0,00	0,00
2	-	10,00	10,00	23,6	26,4	0,472	0,527	2,93	3,18	2,93	2,69	4,61	4,37	0,24
3	-	20,00	10,00	41,8	47,6	0,837	0,952	3,90	4,27	2,33	2,13	7,54	7,06	0,48
4	-	30,00	10,00	60,0	68,8	1,201	1,377	4,68	5,14	2,20	1,99	9,87	9,18	0,69
5	вхід ІД УПОВ 1	40,55	10,55	66,7	78,7	1,335	1,575	4,93	5,49	0,10	0,09	12,06	11,17	0,90
6	вхід ГП1	41,05	0,50	67,0	79,2	1,341	1,584	4,94	5,51	4,55	4,27	12,17	11,26	0,91
7	вихід ІД УПОВ 1	64,50	23,45	79,2	78,2	1,584	1,564	5,37	5,47	0,56	0,55	16,71	15,53	1,18
8	вхід ІД СП 1	67,50	3,00	80,7	78,1	1,614	1,562	5,42	5,47	1,82	1,84	17,27	16,08	1,19
9	вихід ГП1	77,50	10,00	84,4	76,3	1,687	1,527	5,54	5,41	2,15	2,17	19,09	17,92	1,18
10	вихід ІД СП 1	89,38	11,88	83,6	79,5	1,672	1,589	5,52	5,52	6,63	6,39	21,24	20,09	1,15
11	вхід ІД УПОВ 2	125,69	36,31	81,1	89,1	1,622	1,781	5,44	5,84	0,09	0,09	27,87	26,48	1,39
12	вхід ГП2	126,19	0,50	81,0	89,2	1,620	1,783	5,43	5,85	4,35	4,33	27,96	26,57	1,39
13	вихід ІД УПОВ 2	149,64	23,45	78,4	65,2	1,567	1,304	5,34	5,00	0,56	0,61	32,31	30,89	1,42
14	вхід ІД СП 11	152,64	3,00	78,1	62,1	1,561	1,243	5,33	4,88	1,89	2,15	32,87	31,50	1,37
15	вихід ГП2	162,64	10,00	76,2	51,1	1,524	1,022	5,27	4,43	2,29	2,69	34,76	33,65	1,11
16	вихід ІД СП 11	174,52	11,88	72,0	50,6	1,440	1,012	5,12	4,40	5,33	6,02	37,05	36,34	0,71
17	вхід ІДСП 17	200,89	26,37	62,7	49,5	1,254	0,991	4,78	4,36	4,73	5,05	42,37	42,36	0,01
18	вихід ІД СП 17	222,77	21,88	55,0	48,6	1,100	0,973	4,48	4,32	0,47	0,48	47,10	47,41	-0,31
19	вхід ІДСП 19	224,86	2,09	54,3	48,6	1,085	0,971	4,45	4,31	5,11	5,10	47,57	47,89	-0,32
20	вихід ІД СП 19	246,74	21,88	46,5	47,7	0,930	0,953	4,12	4,27	4,26	3,98	52,68	52,99	-0,31
21	-	263,70	16,96	40,5	47,0	0,811	0,939	3,84	4,24	4,59	4,01	56,94	56,97	-0,03
22	вхід ГС	280,66	16,96	34,5	46,3	0,691	0,925	3,55	4,21	4,07	3,32	61,53	60,98	0,54
23	вихід ГС	294,58	13,92	29,6	45,7	0,592	0,914	3,29	4,18	4,61	3,47	65,60	64,30	1,30
24	-	309,03	14,45	24,5	45,1	0,490	0,902	2,99	4,16	5,12	3,49	70,21	67,77	2,44
25	вхід ПГП	323,48	14,45	19,4	44,5	0,388	0,890	2,66	4,13	7,48	6,41	75,32	71,25	4,07
26	вихід ПГП	341,90	18,42	14,1	6,9	0,282	0,137	2,27	1,62	11,42	14,29	82,80	77,66	5,14
27	-	364,28	22,38	7,5	6,0	0,150	0,119	1,65	1,51	19,97	15,39	94,23	91,95	2,28
28	РТ	386,65	22,38	1,0	5,1	0,019	0,102	0,59	1,40			114,20	107,34	6,86

Проаналізувавши дані табл. 3.9, можна стверджувати, що швидкість входу обох бігунів на дві ГП не перевищує максимально допустиму.

3.3 Аналіз працездатності сортувальної гірки

Виконаємо перевірку швидкостей входу бігунів на ГП1 та ГП2 в порівнянні з максимально допустимою для сповільнювачів, що встановлені :

$$- \text{ГП1 } V_{\text{вх}}^{\text{max}} = 8 \text{ м/с}, V_{\text{вх}}^{\text{ДП}} = 4,82 \text{ м/с}, V_{\text{вх}}^{\text{X}} = 5,34 \text{ м/с};$$

$$- \text{ГП2 } V_{\text{вх}}^{\text{max}} = 8 \text{ м/с}, V_{\text{вх}}^{\text{ДП}} = 5,11 \text{ м/с}, V_{\text{вх}}^{\text{X}} = 5,49 \text{ м/с}.$$

3.3.1 Аналіз умов розділення відчепів

Аналіз розділення полягає в перевірці можливості переведення вістряків стрілочних переводів і шин уповільнювачів з одного положення в інше перед відчепом, що скочується. Ця перевірка виконується шляхом визначення величини інтервалу між відчепами на ізольованих ділянках розділювальних елементів. Розділення відчепів відбувається при умові:

$$I_0 + T_{\text{вх2}} > T_{\text{вих1}}, \quad (3.19)$$

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

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

Інтервал на розділювальному елементі між моментом виходу першого відчепу з розділювального елемента та моментом входу другого відчепу на розділювальний елемент може бути знайдений за допомогою виразу:

$$\delta t = I_0 + T_{\text{вх2}} - T_{\text{вих1}}, \quad (3.20)$$

В формулі (3.20) повинна виконуватися умова: $\delta t \geq \delta t_{\text{min}}$, значення δt_{min} для різних розділових елементів наведені в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 - Значення δt_{min} для роздільних елементів

№	Елемент	t_3 , с	t_p , с	δt_{min} , с	
				ДП-Х	Х-ДП
1	ГП1 КНП-5	0,8	1,2	0,8	1,2
2	ГП2 КНП-5	0,8	1,2	0,8	1,2
3	ПГП ВЗПГ-3	0,7	0,6	0,7	0,6
4	СП	-	-	1,0	1,0
5	ГС	-	-	0,0	0,0

Розрахунки інтервалів між відчепами на всіх роздільних елементах наведені в табл. 3.11.

Таблиця 3.11 - Розрахунок інтервалів між відчепами на розділових елементах

№	Елемент	ДП		Х		$\delta t, c$	
		$T_{вх.с}$	$T_{вих.с}$	$T_{вх.с}$	$T_{вих.с}$	ДП-Х	Х-ДП
1	ІД УПОВ 1	12,06	16,71	11,17	15,53	4,39	6,48
2	ІД СП 1	17,27	21,24	16,08	20,09	4,78	7,12
3	ІД УПОВ 2	27,87	32,31	26,48	30,89	4,11	6,92
4	ІД СП 11	32,87	37,05	31,50	36,34	4,39	6,47
5	ІД СП 17	42,37	47,10	42,36	47,41	5,20	4,91
6	ІД СП 19	47,57	52,68	47,89	52,99	5,15	4,52
7	ГС	61,53	65,60	60,98	64,30	5,32	7,17
8	ПТП	75,32	82,80	71,25	77,66	-1,61	7,60

Як видно з табл. 3.11 на жодному елементі до ізолюваної ділянки ПС включно інтервал δt менше величини δt_{\min} . На елементі ПТП інтервал δt негативний - це означає, що хороший бі обігнав поганий бігун, але вони не перетнулися, тому що розрахункові бігуни слідуєть на різні колії. Таким чином, на всіх ізолюваних ділянках розділових елементів виконується розділення відчепів.

3.3.2 Визначення потенційної переробної спроможності гірки та коефіцієнту її завантаження

Потенційна переробна спроможність гірки визначається за формулою:

$$N_{\pi} = \frac{\alpha_{вр} \cdot (1440 - T_{\text{пост}})}{t_{\Gamma}} \cdot m_c, \quad (3.21)$$

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

$T_{\text{пост}}$ – час заняття гірки за добу постійними технологічними перервами для технічного обслуговування та ремонту гірочних пристроїв, зміни локомотивних бригад; прийнято згідно Додатку А.3 $T_{\text{пост}} = 120 \text{ хв}$;

m_c – кількість вагонів у складі поїзда $m_c = 53 \text{ ваг}$ (див. розділ 2);

t_{Γ} – гірочний технологічний інтервал.

В наближених розрахунках величина t_{Γ} визначається за формулою:

$$t_{\Gamma} = t_p + t_{\text{инт}}, \quad (3.22)$$

де t_p – тривалість розпуску состава з гірки, *хв*;

$t_{\text{инт}}$ – середня тривалість інтервалу між моментом закінчення розпуску одного состава і початком розпуску наступного, прийнято $t_{\text{инт}} = 10 \text{ хв}$.

Тривалість розпуску состава з гірки:

$$t_p = \frac{m_c l_b}{60 \bar{V}_{0e}}, \quad (3.23)$$

де l_b – середня довжина одного вагона, прийнято $l_b = 15 \text{ м}$;

\bar{V}_{0e} – середня експлуатаційна швидкість розпуску, *м/с*.

При середній експлуатаційній швидкості розпуску $\bar{V}_{0e} = 1,4 \text{ м/с}$, тривалість розпуску состава становить:

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

Гірочний технологічний інтервал становитиме: $t_{\Gamma} = 9,5 + 10,0 = 19,5 \text{ хв}$

Визначимо потенційну переробну спроможність гірки:

$$N_{\Pi} = \frac{0,97 \cdot (1440 - 120)}{19,5} \cdot 53 = 3480 \text{ ваг}$$

Зважаючи на те, що розрахунковий обсяг переробки вагонів становить $N_p = 2230$ ваг (див. розділ 2), при роботі одного локомотива потенційна переробна спроможність сортувальної гірки перевищує розрахунковий обсяг переробки. При цьому коефіцієнт завантаження гірки становить:

$$\psi_{\Gamma} = \frac{2230}{3480} = 0,64$$

Отриманий коефіцієнт завантаження гірки при роботі одного локомотива менше рекомендованого (0,75..0,85), таким чином навіть при деякому збільшенні обсягів роботи гірки одного локомотива буде достатньо.

3.4 Перевірка наявної потужності гальмівних засобів гірки

Відповідно до [27], сумарна наявна потужність гальмових засобів у межах спускної частини гірки по маршруту скочування відчепів повинна

забезпечувати при сприятливих умовах скочування зупинку чотиривісного вагона вагою 100 тс і опором 0,5 кгс/тс на ГП2. При цьому гальмування вагона на ГП1 виконується одним вагонним уповільнювачем. Початкова швидкість розпуску складає 2,5 м/с. Перевірка умови виконана графічним методом, а всі необхідні дані для побудови кривих втрат енергетичних висот бігуна вагою 100 тс приведені табл. 3.12.

$$h_{0\max} = \frac{V_{0\max}^2}{2g'} \quad (3.24)$$

При максимальній швидкості розпуску $V_{0\max} = 2,5$ м/с.

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{100}} = 9,65 \text{ м/с}^2 \quad h_0 = \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,65} = 0,324 \text{ м.е.в.}$$

Таблиця 3.12 - Перевірка наявної потужності гальмівних засобів.

№ ділянок	L, м	w _о , кгс/тс	Втрати енергетичної висоти, м.е.в.				Y, мм
			h _{осн}	h _{ск}	h _w	H _w	
1	46,30	0,5	0,023	0,029	0,052	0,052	2,6
2	85,14	0,5	0,043	0,093	0,136	0,188	9,4
3	31,20	0,5	0,016	0,000	0,016	0,204	10,2

Перевірка потужності гальмівних засобів показала, що є можливість загальмувати бігун ДХ масою 100 т на спускній частині гірки, використовуючи для цього потужність одного сповільнювача ГП1 та двох сповільнювачів ГП2. Таким чином, виконані в даному розділі розрахунки показали, що діюча сортувальна гірка станції А відповідає вимогам [27] і не вимагає реконструкції.

4 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СТАНЦІЇ

4.1 Аналіз існуючого колійного розвитку станції

Колійний розвиток парків станції повинен не тільки відповідати розрахунковим обсягам роботи станції і забезпечувати найменші простоя поїздів, пов'язані з відсутністю вільних колій для приймання чи перестановки составів, а також відповідати сучасним європейським нормам та вимогам, що надасть змогу залізниці витримувати зростаючі обсяги вантажних і пасажирських потоків міжнародного сполучення. Існуючий колійний розвиток станції А включає: в приймально-відправному парку «Ф» 7 колій (з них дві – головні), в приймально-відправному парку «К» 7 колій (з них одна – головна), в сортувальному парку «С» – 24 колії, в парку відправлення „В” – 7 колій (з них дві – головні). В даному розділі виконано перевірку достатності кількості колій в парках станції та відповідності колійного розвитку парків розмірам поїзної та маневрової роботи. При визначенні необхідної кількості колій використана методика, запропонована в [85].

4.1.1 Розрахунок кількості колій в приймально-відправному парку „Ф”

Приймально-відправні колії парку “Ф” спеціалізовані для приймання транзитних поїздів і поїздів, що поступають у розформування, із напрямку Л, а при ускладненнях поїзного положення в парку “К” – для приймання з напрямків Ч та М ,а також для відправлення транзитних поїздів на ці напрямки.

Необхідна кількість колій в приймально-відправному парку визначається як [85]:

$$P = 0,015 \cdot (N_{тр} + N_{розф}) + n_c^{обп} + n_{оч}^л + \sum_{i=1}^d n_{оч}^{від} + 1,5 \cdot \sqrt{(n_c^{обп})^2 + (n_{оч}^л + 0,5)^2 + \sum_{i=1}^d (n_{оч}^{від} + 0,5)_i^2} \quad (4.1)$$

де $N_{тр}$ – кількість транзитних поїздів, $N_{тр} = 25$ поїздів (див. табл. 2.4);

$N_{розф}$ — кількість поїздів у розформування, $N_{розф} = 19$ поїздів (див. табл. 2.6);

d – кількість напрямків відправлення поїздів ($d = 2$ – на М та Ч);

$n_{оч}^л$ – середнє число составів в очікуванні причіпки локомотива;

$n_{оч}^{від}$ – середнє число поїздів в очікуванні відправлення;

$n_c^{обр}$ – середнє число составів в очікуванні обробки;

$$\Psi_{обр} = \frac{t_{обр} \cdot N}{S \cdot (1440 - T_{пер})} \quad (4.2)$$

де $\Psi_{обр}$ – коефіцієнт завантаження бригади ПТО у парку „Ф”;

$V_{вх}$ – коефіцієнт варіації вхідного потоку, згідно до рекомендацій [85] прийнято $V_{вх} = 0,6$;

$V_{обр}$ – коефіцієнт варіації тривалості обробки, $V_{обр} = 0,3$ прийнято згідно з рекомендаціями [85];

S – кількість бригад ПТО, $S=2$;

$$\Psi_{обр} = \frac{t_{обр} \cdot N}{S \cdot (1440 - T_{пер})} \quad (4.3)$$

де $t_{обр}$ – середній час обробки состава у парку, *хв.*;

N – загальна кількість поїздів, що обслуговується у парку;

$T_{пер}$ – загальний час технологічних перерв у роботі, прийнято $T_{пер} = 120$ *хв.*

Тривалість обробки состава з ремонтом бригадою ПТО [85]:

$$t_{обр} = \frac{\tau \cdot m}{K_{гр}} + \alpha \cdot t_{рем} + a \quad (4.4)$$

де τ' – середня тривалість технічного огляду одного вагону без ремонту, *хв.*

m – кількість вагонів у складі передаточного поїзду;

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

a – час підготовчо-заклучних операцій, *хв.*

α - частка составів, що вимагають трудомісткого безвідчепного ремонту;

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

Згідно до рекомендацій [84, 85] $\tau' = 1,2$ *хв.*, $a = 2,4$ *хв.*, $\alpha = 0,2$; $t_{рем} = 20,0$ *хв.* Тривалість обробки состава бригадою ПТО у парку «Ф» становить:

$$t_{обр}^{\Phi} = \frac{1,2 \cdot 53}{2} + 0,2 \cdot 20 + 2,40 = 38,2 \text{ хв}$$

$$\psi_{\text{бр}}^{\phi} = \frac{38,2 \cdot (25+19)}{2 \cdot (1440-120)} = 0,63$$

$$n_c^{\text{обр}} = \left(\frac{0,63^3 \cdot (0,6^2 + 0,3^2)}{1 - 0,63^2} - 0,63 \cdot (1 - 0,6^2) + 0,06 \right) + 2 \cdot 0,63 = 1,10 \text{ поїздів}$$

Середнє число составів, що знаходяться в очікуванні причіпки локомотива визначається по формулі:

~~$$n_{\text{оч}} = \frac{v_{\text{оч}} \cdot \psi_{\text{л}} \cdot \psi_{\text{бр}}^2 \cdot v_{\text{ом}}}{2 \cdot \left(\frac{1}{\psi_{\text{л}}} \right)} \quad (4.5)$$~~

де $v_{\text{ом}}$ - коефіцієнт варіації інтервалів між моментами завершення технічного огляду составів, що відправляються на дані ділянки;

$\psi_{\text{л}}$ - коефіцієнт завантаження локомотивів, згідно з рекомендаціями [85] прийнято $\psi_{\text{л}} = 0,75$;

$v_{\text{л}}$ - коефіцієнт варіації інтервалів між моментами готовності локомотивів для подачі їх до поїздів, згідно з рекомендаціями [85] прийнято $v_{\text{л}} = 0,5$;

ε - коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта варіації інтервалів між моментами прибуття поїздів в парк прийому, при $v_{\text{вх}} = 0,6$, $\varepsilon = 0,06$ [85].

Коефіцієнт варіації інтервалів між моментами завершення технічного огляду составів, що відправляються на дані ділянки, визначається по формулі:

$$v_{\text{ом}} = v_{\text{вх}} - \frac{1}{2S} (v_i + v_{\text{обр}}) \cdot \Psi_{\text{бр}}^{2 \cdot v_i} \quad (4.6)$$

$$v_{\text{ом}}^{\phi} = 0,6 - \frac{1}{2 \cdot 2} (0,6 + 0,3) \cdot 0,63^{2 \cdot 0,6} = 0,47$$

$$n_{\text{оч}}^{\text{л}} = (1,16 \cdot 0,47 + 0,81 \cdot 0,5^2 - 0,35 + 0,06) + (2,58 \cdot 0,47^2 + 3,23 \cdot 0,5^2 + 0,75) \cdot (0,75 - 0,7) = 0,56 \text{ поїздів.}$$

Середнє число поїздів в очікуванні відправлення визначається як:

~~$$n_{\text{оч}}^{\text{л}} = \frac{v_{\text{оч}} \cdot \psi_{\text{л}} \cdot \psi_{\text{бр}}^2 \cdot v_{\text{ом}}^{\text{л}}}{2 \cdot \left(\frac{1}{\psi_{\text{л}}} \right)} \quad (4.7)$$~~

де $\psi_{\text{л}}^{\text{дін}}$ - коефіцієнт завантаження i -ї ділянки;

$V_i^{\delta i \theta}$ - коефіцієнт варіації інтервалів між розкладами відправлення поїздів по графіку, приймаємо для ділянки А-М $v_A^{\delta i \theta} = 0,6$, а для ділянки А-Ч $v_B^{\delta i \theta} = 0,8$ (згідно рекомендації [85]);

V_{zom}^i - коефіцієнт варіації інтервалів між моментами фактичної причіпки локомотивів до поїздів, що відправляються на ділянку.

$$V_{zom}^i = 0,47 - 0,5(0,47 - 0,5) \cdot 0,75^{2 \cdot 0,47} = 0,48 \quad (4.8)$$

$$V_{zom}^i = 0,47 - 0,5(0,47 - 0,5) \cdot 0,75^{2 \cdot 0,47} = 0,48$$

Коефіцієнт завантаження ділянки визначається по формулі:

$$\psi_i^{\delta i \theta} = \frac{(N_i^{mp} + N_i^{c\phi} + \varepsilon_{nac} N_i^{nac} + (\varepsilon_{nac} - 1) N_i^{3\phi})}{n_i} \quad (4.9)$$

де N_i^{mp} , $N_i^{c\phi}$, N_i^{nac} , $N_i^{3\phi}$ – відповідно, кількість вантажних транзитних поїздів, вантажних свого формування, пасажирських поїздів та збірних поїздів, що відправляються за добу на i -ту ділянку (див. розділ 2);

ε_{nac} , $\varepsilon_{3\phi}$ – коефіцієнт з'йому вантажних поїздів, відповідно, пасажирськими і збірними поїздами, прийнято $E_{nac} = 1,5$; $E_{3\phi} = 2,0$ [84];

n_i - наявна пропускна спроможність i -ї ділянки, пар поїздів.

Наявна пропускна спроможність ділянок визначається згідно з рекомендаціями [84] в залежності від потрібної пропускної спроможності N_{Π} (див. розділ 2).

Для ділянки А-М: $N_{\Pi} = 44$ $N = 48$:

$$\psi_M^{\delta i \theta} = \frac{(9 + 12 + 1,5 \cdot 8 + (2 - 1) \cdot 1)}{48} = 0,71$$

$$n_{\text{від}}^{\text{оч}} = \frac{0,71(1 + 0,6^2) + 0,48^2 - 1}{2\left(\frac{1}{0,71} - 1\right)} + 0,06 = 0,76 \text{ поїздів}$$

Для ділянки А-Ч: $N_{\Pi} = 83$ $N = 90$:

$$\psi_{\text{Ч}}^{\delta i \theta} = \frac{(20 + 17 + 1,5 \cdot 19 + (2 - 1) \cdot 1)}{90} = 0,75$$

$$n_{\text{від}}^{\text{оч}} = \frac{0,75(1 + 0,8^2) + 0,48^2 - 1}{2\left(\frac{1}{0,75} - 1\right)} + 0,06 = 0,98 \text{ поїздів}$$

Тоді необхідна кількість колій в приймально-відправному парку „Ф”:

$$P_{\phi} = 0,015 \cdot (25+19) + 1,10 + 0,56 + (0,76+0,98) + \\ + 1,5 \cdot \sqrt{(1,10)^2 + (0,56+0,5)^2 + (0,76+0,5)^2 + (0,98+0,5)^2} = 7,78 \text{ колій}$$

Таким чином, для виконання поставленого об'єму робіт в парку „Ф” необхідно мати 8 приймально-відправних колій, а з врахуванням 2-х головних – всього 10 колій, що більше існуючого колійного розвитку парку. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що колійний розвиток приймально-відправного парку «Ф» недостатній для освоєння заданих розмірів руху.

4.1.2 Розрахунок кількості колій в приймально-відправному парку „К”

Приймально-відправні колії парку “К” спеціалізовані для приймання транзитних поїздів і поїздів, що надходять у розформування із напрямків Ч та М, а також для відправлення транзитних поїздів на напрямок Л. Необхідна кількість колій у парку «К» розраховується аналогічно парку «Ф» (п. 4.2.); при цьому використовуються формули (4.1) – (4.9).

В парк «К» у середньому за добу прибуває з напрямку М: 12 транзитних поїздів та 12 поїздів у розформування, а з напрямку Ч – 23 транзитних поїзда та 16 у розформування. Технічний огляд составів в парку «К» здійснюють 2 бригади ПТО, кожна з яких включає 3 групи оглядачів вагонів. Відповідно, тривалість обробки состава у парку «К» складає:

$$t_{обр}^K = \frac{1,2 \cdot 53}{3} + 0,2 \cdot 20 + 2,40 = 27,6 \text{ хв.}$$

Завантаження бригади ПТО у парку «К»:

$$\psi_{обр}^K = \frac{27,6 \cdot (12+12+23+16)}{2 \cdot (1440-120)} = 0,66.$$

Середнє число составів в очікуванні обробки:

$$n_c^{обр} = \left(\frac{0,66^3 \cdot (0,6^2 + 0,3^2)}{1 - 0,66^2} - 0,66 \cdot (1 - 0,66^2) + 0,06 \right) + 2 \cdot 0,66 = 1,18 \text{ поїздів}$$

Розрахуємо середнє число составів, що знаходяться у парку «К» в очікуванні причеплення локомотива:

$$v_{\text{зом}}^K = 0,6 - \frac{1}{2 \cdot 2} (0,6 + 0,3) \cdot 0,66^{2 \cdot 0,6} = 0,46$$

$$n_{\text{оч}}^L = (1,16 \cdot 0,46 + 0,81 \cdot 0,5^2 - 0,35 + 0,06) + (2,58 \cdot 0,46^2 + 3,23 \cdot 0,5^2 + 0,75) \cdot (0,75 - 0,7) = 0,55 \text{ поїздів.}$$

Коефіцієнт варіації інтервалів між моментами фактичної причіпки локомотивів до поїздів, що відправляються на ділянку.

$$v'_{\text{зом}(K)} = 0,46 - 0,5(0,46 - 0,5) \cdot 0,75^{2 \cdot 0,46} = 0,48$$

З парку «К» поїзди відправляються в напрямку підходу Л. Потрібна пропускна здатність лінії А-Л складає 111 пар поїздів (див. розділ 2), відповідно, наявна пропускна здатність складає 120 пар поїздів [84]. Коефіцієнт завантаження ділянки А-Л складає:

$$\psi_{\text{Л}}^{\text{діл}} = \frac{(50 + 1,5 \cdot 27 + (2 - 1) \cdot 2)}{120} = 0,77$$

$$n_{\text{від}}^{\text{оч}} = \frac{0,77(1 + 0,8^2) + 0,48^2 - 1}{2\left(\frac{1}{0,77} - 1\right)} + 0,06 = 1,67 \text{ поїздів}$$

Тоді необхідна кількість колій в приймально-відправному парку „К”:

$$P_K = 0,015 \cdot (12 + 23 + 12 + 16) + 1,18 + 0,55 + 1,67 + 1,5 \cdot \sqrt{(1,18)^2 + (0,55 + 0,5)^2 + (1,67 + 0,5)^2} = 8,42 \text{ колій}$$

Таким чином, для виконання перспективних обсягів робіт в парку „К” необхідно мати 9 колій, а з врахуванням однієї головної – всього 10 колій, що більше існуючого колійного розвитку парку. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що колійний розвиток парку «К» недостатній для заданих розмірів руху.

4.1.3 Розрахунок кількості колій в відправному парку „В”

Колії парку відправлення «В» спеціалізовані для перестановки поїздів свого формування з колій 11с...38с сортувального парку та відправлення на всі напрямки. Необхідна кількість колій в парку «В» визначається аналогічно іншим приймально-відправним паркам. При цьому використовуються формули (4.1) – (4.9). В парк «В» у середньому за добу виставляється 44 поїзда: на напрямок М – 11 поїздів, на Ч – 16 поїздів, на Л – 17 поїздів. Технічний огляд составів в парку «В» здійснюють 2 бригади ПТО, кожна з яких включає 2 групи оглядачів вагонів. Відповідно, тривалість обробки состава у парку «В» складає:

$$t_{обр}^B = \frac{1,2 \cdot 53}{2} + 0,2 \cdot 20 + 2,40 = 38,2 \text{ хв.}$$

Завантаження бригади ПТО у парку «В»:

$$\psi_{бр}^B = \frac{38,2 \cdot 44}{2 \cdot (1440 - 120)} = 0,63.$$

Середнє число составів в очікуванні обробки:

$$n_c^{обр} = \left(\frac{0,63^3 \cdot (0,6^2 + 0,3^2)}{1 - 0,63^2} - 0,63 \cdot (1 - 0,6^2) + 0,06 \right) + 2 \cdot 0,63 = 1,10 \text{ поїздів}$$

Середнє число составів, що знаходяться у парку в очікуванні локомотива:

$$v_{зот}^B = 0,6 - \frac{1}{2 \cdot 2} (0,6 + 0,3) \cdot 0,63^{2 \cdot 0,6} = 0,47$$

$$n_{оч}^л = (1,10 \cdot 0,47 + 0,81 \cdot 0,5^2 - 0,35 + 0,06) + (2,58 \cdot 0,47^2 + 3,23 \cdot 0,5^2 + 0,75) \cdot (0,75 - 0,7) = 0,56 \text{ поїздів.}$$

Коефіцієнт варіації інтервалів між моментами фактичної причіпки локомотивів до поїздів, що відправляються на ділянку.

$$v'_{зот(B)} = 0,47 - 0,5(0,47 - 0,5) \cdot 0,75^{2 \cdot 0,47} = 0,48$$

З парку «О» поїзди відправляються в напрямку підходів М, Ч, Л. Коефіцієнти завантаження ділянок (п. 4.1.2 та п. 4.1.2) $\psi_M=0,71$; $\psi_{Ч}=0,75$; $\psi_L=0,77$. Кількість поїздів, що очікують відправлення в парку «В»: $n_{від(M)}^{оч} = 0,76$ поїздів;

$$n_{від(Ч)}^{оч} = 0,98 \text{ поїздів, } n_{від(Л)}^{оч} = 1,67 \text{ поїздів.}$$

Тоді необхідна кількість колій в приймально-відправному парку „В”:

$$P_B = 0,015 \cdot 44 + 1,10 + 0,56 + (0,76 + 0,98 + 1,67) + \\ + 1,5 \cdot \sqrt{(1,10)^2 + (0,56 + 0,5)^2 + (0,76 + 0,5)^2 + (0,98 + 0,5)^2 + (1,67 + 0,5)^2} = 10,7 \text{ колій}$$

Таким чином, для виконання перспективного обсягу робіт в парку відправлення „В” необхідно мати 11 колій, тобто колійний розвиток парку «В» недостатній для заданих обсягів робіт і потребує реконструкції.

4.1.4. Перевірка кількості колій у сортувальному парку

В сортувальному парку „С” виконується накопичення вагонів по призначенням плану формування. Колійний розвиток парку включає 24 колії. Необхідну кількість колій в сортувальному парку можна визначити по кількості при-

значень 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. Окрім того, в сортувальному парку необхідно виділити колії для ремонту вагонів, колію для вагонів з розрядними вантажами, резервну колію, колію для місцевих вагонів. Розрахунок кількості сортувальних колій виконано в табличній формі (табл. 4.1). Дані по кількості призначень плану формування поїздів і по кількості вагонів на ці призначення наведені в Додатку А (табл. А.2).

Таблиця 4.1 - Розрахунок необхідного числа колій в сортувальному парку

№ п/п	Спеціалізація колій	Кількість вагонів за добу	Кількість колій
1	Для накопичення вагонів на Л1	189	1
2	Для накопичення вагонів на Л2	136	1
3	Для накопичення вагонів на Л3	118	1
4	Для накопичення вагонів на Л4	115	1
5	Для накопичення вагонів на Л5	110	1
6	Для накопичення вагонів на Л6	105	1
7	Для накопичення вагонів на Л7	77	1
8	Для накопичення вагонів на Ч1	227	2
9	Для накопичення вагонів на Ч2	129	1
10	Для накопичення вагонів на Ч3	168	1
11	Для накопичення вагонів на Ч4	113	1
12	Для накопичення вагонів на Ч5	71	1
13	Для накопичення вагонів на Ч6	110	1
14	Для накопичення вагонів на М1	166	1
15	Для накопичення вагонів на М2	147	1
16	Для накопичення вагонів на М3	134	1
17	Для накопичення вагонів на М4	94	1
18	Для накопичення місцевих вагонів	21	1
19	Для ремонту вагонів	-	2
20	Для вагонів з розрядними вантажами	-	1
21	Резервна колія	-	2
	Разом	2230	24

формування тривалості операцій технологічного процесу
4.2.1 Загальна методика нормування тривалості технологічних операцій

Технічне нормування тривалості основних операції технологічного процесу станції є однією з головних умов злагодженої роботи окремих систем сортувальної станції А. До них можна віднести парк відправлення „В”, підсистему розформування та формування поїздів, і приймально-відправні парки «Ф» та «К». Для проведення розрахунків, пов'язаних з нормуванням основних операції, можна

скористатися методикою, наведеною в [85, 86]. Результати технічного нормування тривалості технологічних операцій є основою як для розробки технологічного процесу роботи станції, так і для побудови добового плану-графіка її роботи, що дозволяє оцінити ефективність та працездатність станції.

4.2.2 Технічне нормування тривалості операцій у приймально-відправних парках

На сортувальну станцію А у приймально-відправні парки «Ф» та «К» прибувають вантажні поїзди у розформування та транзитні. З поїздами, що прибувають у розформування виконуються такі основні технологічні операції:

- прийом поїзда на колію парку;
- технічний та комерційний огляд;
- розформовування составів на гірці.

З вантажним транзитними поїздами виконуються такі основні операції:

- прийом поїзда;
- технічний та комерційний огляд;
- безвідчіпний ремонт вагонів;
- зміна локомотива та/або локомотивної бригади;
- випробування автогальм;
- відправлення поїзда.

Час заняття маршруту при прийомі поїзда в парк визначається як:

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

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

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

$l_{\text{бл}}'$, $l_{\text{бл}}''$ – відповідно, перша та друга блок-ділянки наближення, м;

V , $V_{\text{вх}}$ – відповідно, швидкість руху поїзда по перегону та входу на станцію, км/год

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

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

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

Довжина вантажного поїзда визначається як:

$$l_{п(вант)} = l_{лок} + m_B \cdot l_{ваг} \quad (4.12)$$

де $l_{лок}$ – довжина вантажного локомотива, м;

m_B – склад вантажного поїзда, ваг.;

$l_{ваг}$ – середня довжина вагона, м.

Згідно до розділу 3 $m_B = 53$ вагони, довжина локомотива ВЛ80 (див. розділ 3) $l_{лок} = 34$ м [83, 87], $l_{ваг} = 15$ м (див. додаток А.3).

$$l_{п(вант)} = 34 + 53 \cdot 15 = 829 \text{ м.}$$

Згідно до Додатка А.3 $t_M = 0,15$ хв, $l_{бл}' = 1100$ м; $l_{бл}'' = 1300$ м, $V = 60$ км/год, $V_{вх} = 40$ км/год, $V_{вих} = 35$ км/год. Відстань l_c при електричній тязі складає 300 м [85].

Визначимо тривалість прийому вантажного поїзда в парк «К» з напрямків М та Ч. Довжина вхідної горловини становить $l_{гор} = 565$ м (рис. 4.1).

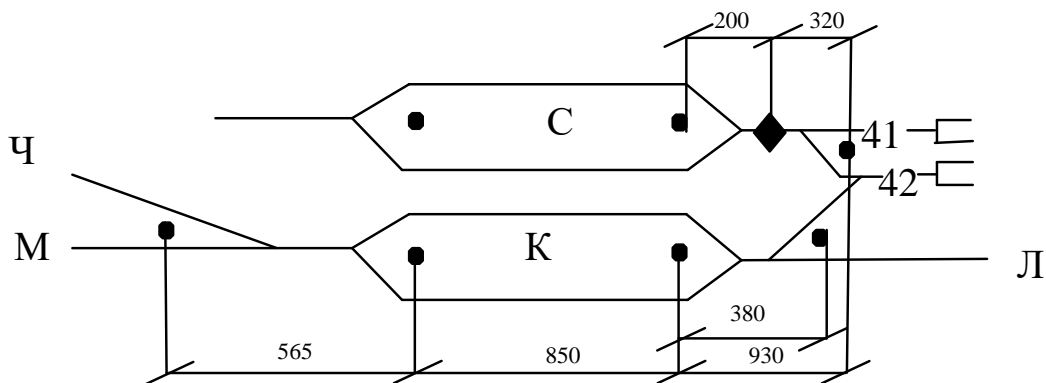


Рисунок 4.1 — Схема взаємного розташування парків «С» та «К»

$$L_{вх} = 300 + 565 + 829 = 1694 \text{ м;}$$

$$t_{пр}^{паркК} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1100}{60} + \frac{0,06 \cdot (1300 + 1694)}{40} = 5,7 \text{ хв}$$

Для подальших розрахунків приймаємо $t_{пр} = 6$ хв.

Визначимо тривалість прийому вантажного поїзда в парк «Ф» з напрямку Л. Довжина вхідної горловини становить $l_{гор} = 1140$ м (рис. 4.2).

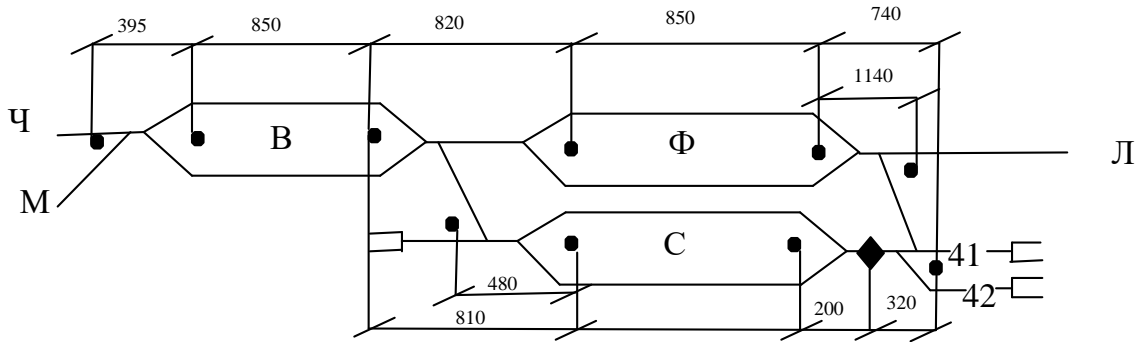


Рисунок 4.2 — Схема взаємного розташування парків «С» та «Ф»

$$L_{вх} = 300 + 1140 + 829 = 2269 \text{ м};$$

$$t_{пр}^{парк\Phi} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1100}{60} + \frac{0,06 \cdot (1300 + 2269)}{40} = 6,6 \text{ хв}$$

Для подальших розрахунків приймаємо $t_{пр} = 7 \text{ хв}$.

Тривалість технічного огляду поїздів визначається за формулою (4.4). При цьому для транзитних поїздів виконується безвідчіпний ремонт вагонів ($\alpha = 0,2$; $t_{рем} = 20,0 \text{ хв}$), а для поїздів, що прибувають у розформування такий ремонт у приймально-відправному парку не виконується ($\alpha = 0$). Коефіцієнт завантаження бригади ПТО розраховується за формулою (4.3).

В парку «Ф» технічний огляд составів виконують 2 бригади ПТО, в кожній з яких по 2 групи оглядачів вагонів. Відповідно до розрахунків, виконаних у п.4.1, тривалість огляду транзитного поїзда у парку «Ф» становить 38,2 хв, а поїзда у розформування 34,2 хв; при цьому коефіцієнт завантаження бригад ПТО у парку «Ф» становить 0,63, що забезпечує нормальний режим роботи оглядачів вагонів.

В парку «К» технічний огляд составів виконують 2 бригади ПТО, в кожній з яких по 3 групи оглядачів вагонів. Відповідно до розрахунків, виконаних у п.4.1, тривалість огляду транзитного поїзда у парку «К» становить 27,6 хв, а поїзда у розформування 23,6 хв; при цьому коефіцієнт завантаження бригад ПТО у парку «К» становить 0,66, що забезпечує нормальний режим роботи оглядачів вагонів.

Час на причеплення локомотива приймаємо рівним 2 хв. [86].

Тривалість випробування автогальм визначається за формулою:

$$t_{авт} = 3 + 0,14 \cdot 53, \quad (4.13)$$

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

Приймаємо $t_{авт} = 11 \text{ хв}$.

Час зайняття колії при відправленні поїзда:

$$t_{відп} = t_{відп} + \frac{L_{вих}}{V_{вих}}, \quad (4.14)$$

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

$V_{вих}$ – швидкість відправлення поїзда, км/год;

$$L_{вих} = l_{гор} + l_n, \quad (4.15)$$

Визначимо тривалість відправлення транзитного поїзда з парку «К». Довжина вихідної горловини становить 380 м (див. рис. 4.1). Отже:

$$L_{вих} = 380 + 829 = 1209 \text{ м} \quad t_{відп}^K = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1209}{35} = 2,2 \text{ хв}$$

Визначимо тривалість відправлення транзитного поїзда з парку «Ф». Довжина маршруту, яку проходить поїзд при відправленні з парку «Ф» на напрямки М або Ч становить $820 + 850 + 395 = 2065 \text{ м}$ (див. рис. 4.2). Отже:

$$L_{вих} = 2065 + 829 = 2894 \text{ м} \quad t_{відп}^Ф = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 2894}{35} = 5,1 \text{ хв}$$

4.2.3 Технічне нормування тривалості основних операцій в парку «В»

У парк відправлення «В» виставляються поїзди свого формування та відправляються на всі напрямки. В парку «В» виконуються такі основні операції:

- перестановка составів з сортувального парку «С»;
- технічний та комерційний огляд сформованих составів;
- безвідчіпний ремонт вагонів;
- причеплення поїзного локомотива;
- випробування автогальм;
- відправлення поїздів.

Згідно зі схемою взаємного розташування парків «С» та «В» (рис. 4.2) тривалість перестановки состава свого формування з сортувального парку «С» в парк відправлення «В» визначається як:

$$t_{nep} = t_{3,n} + t_{вум} \quad (4.16)$$

де $t_{3,n}$ – тривалість заїзду та причеплення маневрового локомотива, *хв.*;

$t_{вум}$ – тривалість рейсу витягування состава на колію парку «В», *хв.*

Тривалість маневрового піврейсу визначається за формулою:

$$t_{n/p} = a + b \cdot m, \quad (4.17)$$

де a , b – нормативні коефіцієнти, значення яких залежить від довжини маневрового піврейса і визначається згідно з [85, 86].

Довжини піврейсів перестановки згідно з рис. 4.2 становлять:

– заїзд $l_3 = 480$ м ($a = 1,44$)

– витягування $l_{вум} = 850 + 810 = 1650$ м ($a = 3,24$ та $b = 0,098$)

Таким чином,

– заїзд (з врахуванням причеплення 2 *хв*) $t_{3,п} = 1,44 + 2 = 3,44$ *хв.*

– подача $t_{вум} = 3,24 + 0,098 \cdot 53 = 8,4$ *хв.*

– перестановка $t_{nep} = 8,4 + 3,44 = 11,9$ *хв.*

Тривалість технічного огляду составів свого формування визначається за формулою (4.4); при цьому у парку «В» виконується безвідчіпний ремонт вагонів ($\alpha = 0,2$; $t_{рем} = 20,0$ *хв*).

В парку «В» технічний огляд составів виконують 2 бригади ПТО, в кожній з яких по 2 групи оглядачів вагонів. Відповідно до розрахунків, виконаних у п. 4.1., тривалість огляду транзитного поїзда у парку «В» становить 38,2 *хв*; при цьому коефіцієнт завантаження бригад ПТО у парку «В» становить 0,63, що забезпечує нормальний режим роботи оглядачів вагонів.

Час на причеплення локомотива приймаємо рівним 2 *хв.* [86].

Тривалість випробування автогальм визначається за формулою (4.13) і становить $t_{авт} = 11$ *хв.*

Визначимо тривалість відправлення поїзда свого формування з парку «В» на напрямки Ч та М. Довжина вихідної горловини при цьому становить 395 м (див. рис. 4.2). Отже:

$$L_{\text{вих}} = 395 + 829 = 1224 \text{ м} \quad t_{\text{відн}(М,Ч)}^B = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1224}{35} = 2,2 \text{ хв}$$

Визначимо тривалість відправлення поїзда свого формування з парку «В» на напрямок Л; довжина маршруту відправлення при цьому (через парк «Ф») становить $820+850+1140=2810$ м (див. рис. 4.2). Отже:

$$L_{\text{вих}} = 2810 + 829 = 3639 \text{ м} \quad t_{\text{відн}(Л)}^B = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 3639}{35} = 6,4 \text{ хв}$$

4.2.4 Технічне нормування тривалості операцій у сортувальному парку

У сортувальному парку «С» виконуються операції по розформуванню составів на сортувальній гірці та операції, пов'язані з формуванням составів для їх подальшого відправлення.

Розформування составів виконується маневровими локомотивами №1 та №2. За необхідності до розформування составів долучається маневровий локомотив №3, який зазвичай працює в хвостовій горловині парку «С». Розформування составів виконується за наступною технологією:

- заїзд гіркового локомотива в парк «Ф» або «К» за составом t_3 ;
- зняття закріплення состава;
- витягування состава на витяжну колію №41 або №42;
- насув состава до вершини гірки $t_{\text{нас}}$;
- розпуск состава на сортувальній гірці $t_{\text{роз}}$;
- осаджування составів у сортувальному парку $t_{\text{ос}}$.

Схема взаємного розташування приймально-відправних парків «Ф» та «К» і сортувального парку «С» наведена на рис. 4.3.

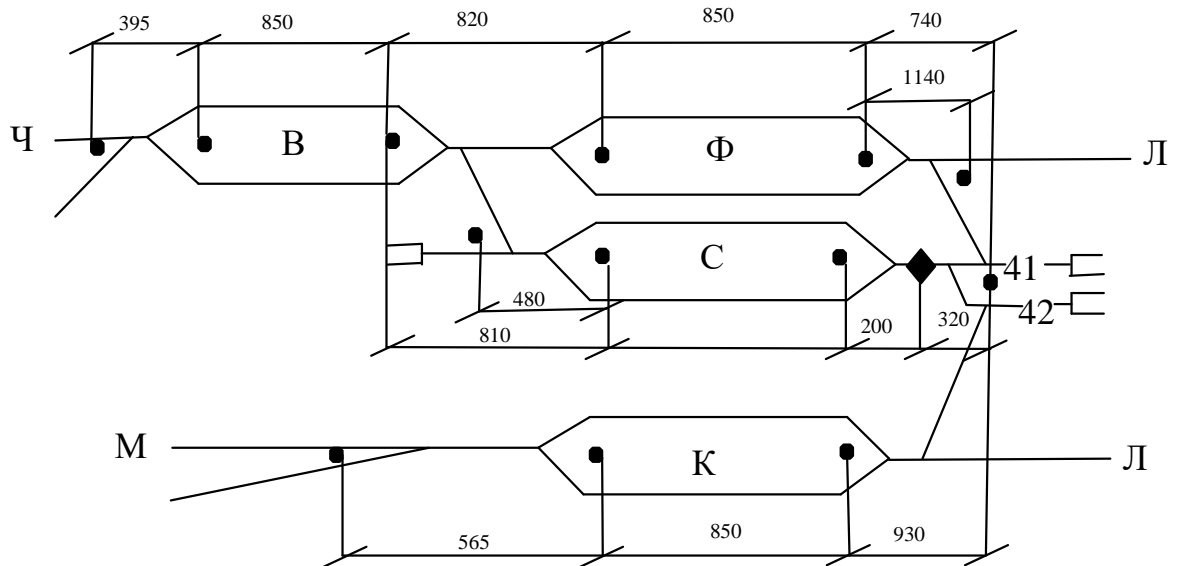


Рисунок 4.3 — Схема взаємного розташування парків «С», «Ф» та «К»

Тривалість заїзду маневрового локомотива та витягування состава на витяжну колію розраховується за формулою (4.17).

Довжина першого піврейса руху маневрового локомотива з горба гірки в тупик складає (див. рис. 4.3.):

$$L_1 = 200 + 320 = 520 \text{ м} \quad a = 1,44. \quad t_{31} = 1,44 \text{ хв}$$

Довжина другого піврейса з тупика під состав:

$$L_2 = 1140 \text{ м} \quad a = 2,40 \quad t_{32} = 2,40 \text{ хв}$$

Таким чином, тривалість заїзду локомотива під состав з врахуванням причеплення складає:

$$t_3 = 1,4 + 2,40 + 2,0 = 5,8 \text{ хв.}$$

Час на витягування состава з парку на витяжну колію складатиме:

$$t_{\text{вум}} = 1,44 + 0,042 \cdot 53 = 3,66 \text{ хв}$$

Тривалість насуву составу на вершину гірки визначається за формулою:

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,068 \frac{l_{\text{нас}} - 60}{10} \quad (4.18)$$

де $l_{\text{нас}}$ – відстань насуву

Згідно до рис. 4.3 $l_{\text{нас}} = 320 \text{ м}$, звідси:

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,068 \frac{320 - 60}{10} = 3,18 \text{ хв,}$$

Час на розпуск состава на гірці визначається за формулою:

$$t_{роз} = \frac{l_6 \cdot m_6}{V_{розп} \cdot 60}, \quad (4.19)$$

де $V_{розп}$ – середня швидкість розпуску, $м/с$.

Для гірки середньої потужності $V_{розп} = 1,4 м/с$ [27], звідси

$$t_{роз} = \frac{15 \cdot 53}{1,4 \cdot 60} = 9,1 хв$$

Осаджування виконується після розформування трьох составів. Час на осаджування вагонів на коліях сортувального парку визначається як:

$$t_{ос} = 0,06 \cdot m, \quad (4.20)$$

$$t_{ос} = 0,06 \cdot 53 = 3,1 хв$$

Технологічний час на розформування составу на гірці складає

$$t_{роз} = 5,8 + 3,7 + 3,2 + 9,1 + 3,1 = 24,9 хв.$$

Графік організації роботи гірки при двох маневрових локомотивах наведено на рис. 4.4

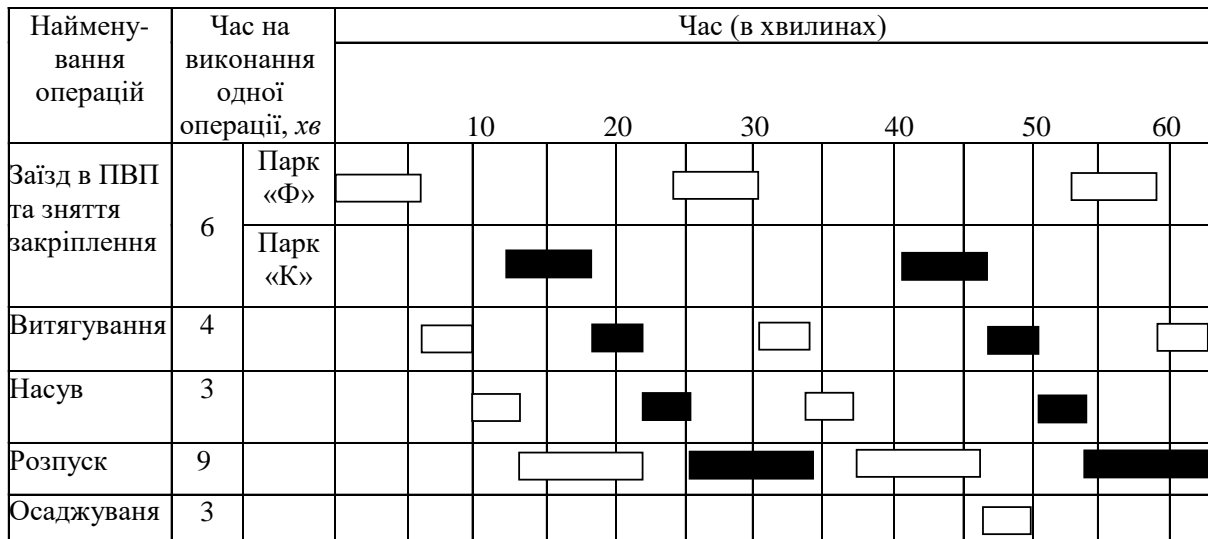


Рисунок 4.4 - Графік роботи сортувальної гірки

Як видно з графіка технологічний цикл роботи гірки, тобто час між початком (закінченням) одного осаджування до початку (закінчення) наступного, дорівнює $T_{ц} = 50 хв$. Таким чином, гірковий технологічний інтервал становить:

$$t_r = 50/3 = 16,7 \text{ хв}$$

Переробна спроможність сортувальної гірки та її завантаження були визначені у п. 4.1; однак при цьому не була врахована можливість паралельного виконання деяких операцій гіркового циклу (рис. 4.4). З врахуванням цього уточнене значення переробної спроможності гірки визначається як:

$$N_r = \frac{1440 - T_{\text{тех}}}{t_r} \cdot a_{\text{вор}} \cdot \varphi \quad (4.21)$$

де $T_{\text{тех}}$ – час на технологічні перерви у роботі сортувальної гірки, хв.;

$a_{\text{вор}}$ – коефіцієнт ворожих маршрутів;

Відповідно до Додатку А.2 $T_{\text{тех}} = 120 \text{ хв}$, $a_{\text{вор}} = 0,97$; таким чином:

$$N_r = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,97}{16,7} \cdot 53 = 4063 \text{ ваг/доб}$$

Таким чином, паралельність операцій гіркового циклу дозволяє збільшити переробну спроможність на 583 вагони (16,7%) і відповідно зменшити завантаженість сортувальної гірки:

$$\varphi = \frac{N_{\text{факт}}}{N_r} \quad (4.22)$$

де $N_{\text{факт}}$ – добовий вагонопотік в переробку, ваг.

Добовий вагонопотік в переробку становить $N_{\text{факт}} = 2230 \text{ ваг}$ (див. табл. 2.6).

$$\varphi = \frac{2230}{4063} = 0,55$$

Оскільки $\varphi < 0,80$, то дана сортувальна гірка забезпечуватиме нормальний режим роботи.

Визначимо завантаженість маневрових локомотивів, які виконують розформування составів на сортувальній гірці.

$$\varphi_{\text{лок(гірк)}} = \frac{N_{\text{розф}} \cdot t_{\text{роз}}}{(1440 - T_{\text{тех(лок)}}) \cdot M_{\text{лок(гірк)}}}, \quad (4.23)$$

де $N_{\text{розф}}$ – середньодобова кількість поїздів у розформування (див. розділ 2);

$T_{\text{тех(лок)}}$ – час на технологічні перерви у роботі маневрових локомотивів, хв.

$M_{\text{лок(гірк)}}$ – кількість локомотивів, що працюють на гірці.

Відповідно до розділу 2 $N_{\text{розф}} = 43$ поїзда, а згідно Додатку А.2 $T_{\text{тех(лок)}} = 120$ хв.

$$\varphi_{\text{лок(гірк)}} = \frac{43 \cdot 24,9}{(1440 - 120) \cdot 2} = 0,41$$

Як показують розрахунки, два локомотиви є достатні для розформування заданої кількості поїздів.

В сортувальному парку «С» після накопичення на сортувальних коліях виконується закінчення формування одногрупних та збірних поїздів, які в подальшому переставляються в відправний парк «В».

Тривалість закінчення формування збірного поїзда через сортувальну гірку можна визначити по формулі:

$$T_{\text{зф}}^{\text{зб}} = t_{\text{з}} + t_{\text{вит}} + t_{\text{роз}} + T_{\text{зб}}, \quad (4.24)$$

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

Час збирання вагонів з відповідних колій визначаємо за формулою:

$$T_{\text{зб}} = 1,8 \cdot p + 0,3 \cdot m_{\text{с}}, \quad (4.25)$$

де p - кількість колій, з яких збираються вагони.

У даному випадку їх можна прийняти по середній кількості призначень вагонів у збірному поїзді $p = 5$ (див. Додаток А.2).

$$T_{\text{зб}} = 1,8 \cdot 5 + 0,3 \cdot 53 = 23,4 \text{ хв.}$$

$$\text{Таким чином, } T_{\text{зф}}^{\text{зб}} = 3,8 + 3,7 + 24,9 + 23,4 = 55,8 \text{ хв.}$$

Нормативний час на закінчення формування поїздів одногрупного поїзда визначається за формулою:

$$T_{\text{зф}} = T_{\text{ПТЕ}} + T_{\text{підт}}, \quad (4.26)$$

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

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

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

$$T_{\text{ПТЕ}} = B + E \cdot m_c, \quad (4.27)$$

де B , E – нормативні коефіцієнти, що визначаються по [85].

При $n_0 = 0,5$ (середня кількість операцій по розчепленню вагонів на один состав) $B = 1,6$ та $E = 0,1$. Таким чином, маємо:

$$T_{\text{ПТЕ}} = 1,6 + 0,1 \cdot 53 = 7 \text{ хв}$$

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

$$T_{\text{підт}} = 0,08 \cdot m_c, \quad (4.28)$$

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

Загальний час на закінчення формування одногрупного поїзда:

$$T_{\text{зф}} = 7 + 4,24 = 11,24 \text{ хв}.$$

Визначимо завантаженість маневрових локомотивів, які виконують закінчення формування составів у сортувальному парку.

$$\varphi_{\text{лок(форм)}} = \frac{N_{\text{сф(од)}} \cdot T_{\text{од}} + N_{\text{сф(зб)}} \cdot T_{\text{зб}} + (N_{\text{сф(од)}} + N_{\text{сф(зб)}}) \cdot t_{\text{перест}}}{(1440 - T_{\text{тех(лок)}}) \cdot M_{\text{лок(форм)}}}, \quad (4.29)$$

де $N_{\text{сф(од)}}$, $N_{\text{сф(зб)}}$, – середньодобова кількість поїздів у свого формування, відповідно, одногрупних та збірних;

$M_{\text{лок(форм)}}$ – кількість локомотивів, що виконують формування поїздів.

Відповідно до розділу 2 $N_{\text{сф(од)}} = 40$ поїздів, $N_{\text{сф(зб)}} = 4$ поїзда.

$$\varphi_{\text{лок(форм)}} = \frac{40 \cdot 11,2 + 4 \cdot 55,8 + (40 + 4) \cdot 11,9}{(1440 - 120) \cdot 2} = 0,45$$

Як показують розрахунки, два локомотиви є достатні для закінчення формування та перестановки заданої кількості поїздів.

Отримані дані необхідні для розробки технологічного процесу роботи станції А та побудови добового плану графіку її роботи.

5 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТАНЦІЇ

5.1 Розробка варіантів реконструкції приймально-відправних парків

Відповідно до розрахунків, виконаних у розділі 4, для приведення колійного розвитку станції А у відповідність до розрахункових обсягів поїздопотоків необхідно додатково укласти 3 колії в приймально-відправному парку “Ф” та 3 колії в приймально-відправному парку “К”.

В парку «Ф», що призначений для приймання вантажних поїздів з напрямку Л, додаткові 3 колії укладаються з північної сторони парку, оскільки це дозволяє існуюча місцевість (відсутні будь-які капітальні споруди та наявна відповідна територія для розширення станційної площадки). З південної ж сторони укладання додаткових колій неможливе через наявність колій сортувального парку «С». Прийнятий варіант укладання додаткових колій у парку «Ф» наведено на рис. 5.1.

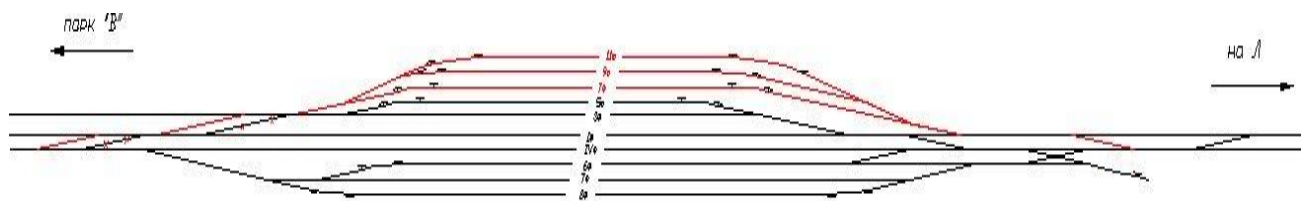


Рисунок 5.1 – Варіант реконструкції парку «Ф»

В парку «К», що призначений для приймання вантажних поїздів з напрямків М і Ч, додаткові 3 колії укладаються з південної сторони цього парку, оскільки це дозволяє існуюча місцевість (відсутні будь-які капітальні споруди та наявна відповідна територія для розширення станційної площадки). З північної ж сторони парку «К» укладання додаткових колій неможливе через наявність колій сортувального парку «С» та будівель вагонного депо. Прийнятий варіант укладання додаткових колій у парку «К» наведено на рис. 5.2.

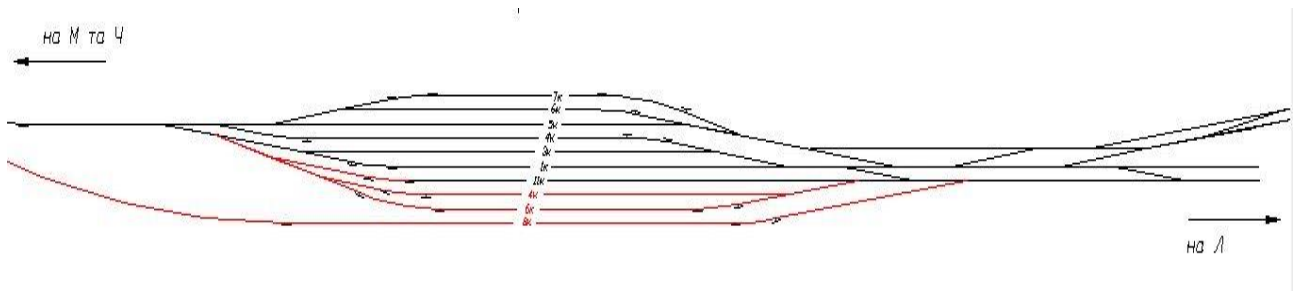


Рисунок 5.2 – Варіант реконструкції парку «К»

5.2 Розробка варіантів реконструкції парку відправлення «В»

В парк відправлення «В» з сортувального парку «С» виставляються поїзди свого формування для їх відправлення на всі напрямки. Відповідно до розрахунків, виконаних у розділі 4, для приведення колійного розвитку парку відправлення «В» в ньому додатково необхідно укласти 4 приймально-відправні колії. При цьому особливу увагу, в першу чергу, необхідно звернути на розробку варіантів реконструкції парної горловини парку «В», оскільки в цій горловині відбувається багато різних пересувань: відправлення поїздів на напрямки М та Ч, причеплення поїзних локомотивів, робота маневрових локомотивів по перестановці та закінченню формування составів, прийом поїздів з напрямків М та Ч у парк «К» тощо. Розглянемо можливі варіанти реконструкції парної горловини парку «В».

На рис. 5.3. наведено варіант горловини з добудовою 4-х колій з однієї (північної) сторони парку «В» без додаткової витяжної колії (варіант 1). 1-й варіант вимагає переукладання 2 звичайних стрілочних переводів марки 1/9 та одного перехресного марки 1/9.

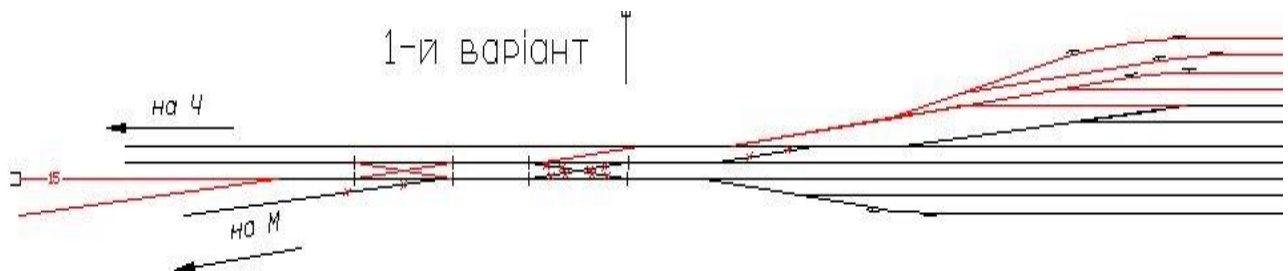


Рисунок 5.3 – Варіант 1 реконструкції парної горловини парку «В»

На рис. 5.4. наведено варіант горловини з добудовою 4-х колій з однієї (північної) сторони парку «В» з додатковою витяжною колією (варіант 2). В 2-му варіанті виникає необхідність в укладанні чотирьох додаткових звичайних стрілочних переводів марки 1/9.

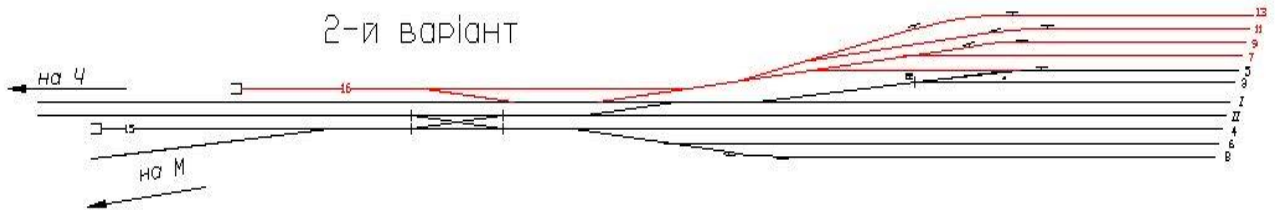


Рисунок 5.4 – Варіант 2 реконструкції парної горловини парку «В»

На рис. 5.5 наведено 3-й варіант реконструкції, який передбачає добудову 3-х колій з однієї сторони парку (північної) та 1-ї колії з іншої сторони (південної) без додаткової витяжної колії та необхідності перебудови шляхопроводу, але з переукладанням стрілочних переводів, що передбачено і у варіанті 1.

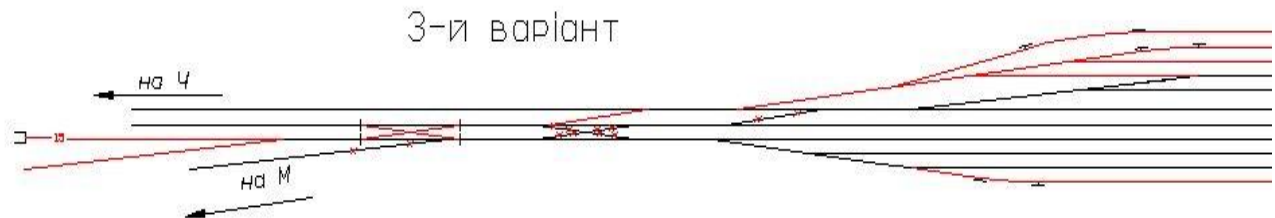


Рисунок 5.5 – Варіант 3 реконструкції парної горловини парку «В»

Варіант 4, що наведений на рис. 5.6, додає до схеми 3-го варіанту додаткову витяжну колію та укладання 4-х додаткових стрілочних переводів;

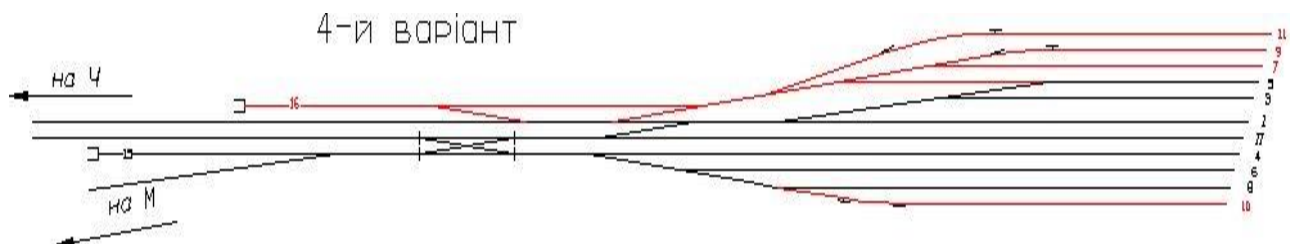


Рисунок 5.6 – Варіант 4 реконструкції парної горловини парку «В»

На рис. 5.7 наведено 5-й варіант реконструкції горловини, що пропонує розміщення двох додаткових колій з однієї сторони парку (північної) та двох з іншої сторони (південної). При цьому, окрім переукладання одного звичайного стрілочного переводу марки 1/9 та одного перехресного марки 1/9, в цьому варіанті виникає необхідність в перебудові шляхопроводу, який забезпечує рух поїздів на підходах М та Ч.

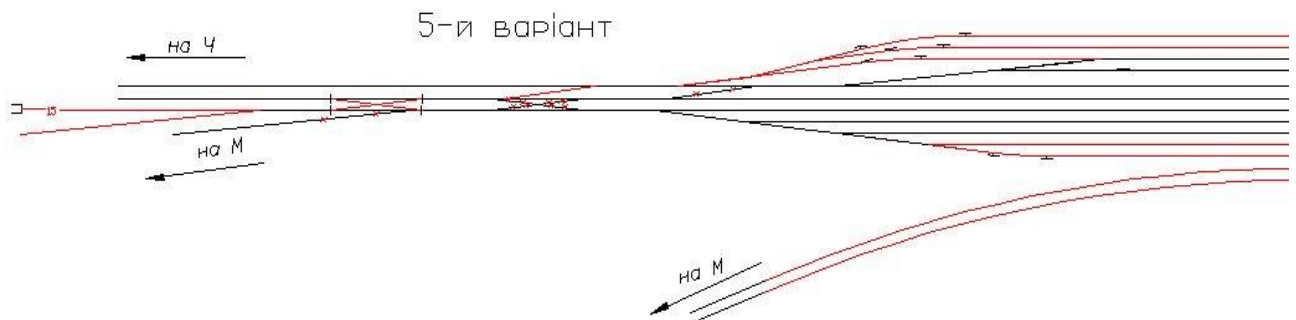


Рисунок 5.7 – Варіант 5 реконструкції парної горловини парку «В»

До переваг варіантів 1, 2 та 3 відносяться безпека руху поїздів та менша кількість затримок у зв'язку з перетинанням маршрутів прийому та відправлення поїздів, до недоліків слід віднести значні капітальні вкладення у зв'язку з переукладанням та укладанням нових стрілочних переводів, будівництвом додаткової витяжної колії чи подовження існуючої. Основним недоліком 4-го варіанту є зниження безпеки руху поїздів та наявність затримок і пов'язаних з ними витрат при перетинанні ворожих маршрутів. До недоліків 5-го варіанту слід віднести перебудову шляхопроводу, що потребує найбільших капітальних вкладень та є економічно невиправданим при заданих обсягах роботи.

Таким чином на основі попереднього аналізу варіантів примикання нової лінії, для подальших розрахунків обираємо варіанти 1, 2 та 3.

5.3 Визначення затримок поїздів по варіантам реконструкції парку «В»

Для того, щоб виконати техніко-економічні розрахунки щодо вибору найбільш раціонального та економічно доцільного варіанту реконструкції парку «В» необхідно, в першу чергу, визначити ефективність та працездатність горловин по різним варіантам реконструкції. З цією метою необхідно порівняти за-

тримки поїздів, маневрових составів та локомотивів, що виникають у горловині по тим чи іншим варіантам реконструкції.

У парній горловині парку відправлення «В» відбуваються такі основні пересування:

- пропуск пасажирських поїздів з М та Ч через парк «В» на пасажирську станцію;
- пропуск пасажирських поїздів з пасажирської станції на М та Ч;
- пропуск вантажних транзитних поїздів з парку «Ф» на М та Ч;
- відправлення поїздів свого формування на М та Ч;
- прибирання маневрових локомотивів після перестановки составів свого формування з сортувального парку «С» в парк «В»;
- подача поїзних локомотивів під состави свого формування, що відправляються на М та Ч.

Виходячи з запропонованої конструкції горловини по конкурентним варіантам №№ 1, 2, 3 (рис. 5.3-5.5), можна зробити висновок, що по варіантам №№1 та 3 перетинання і, відповідно, затримки рухомого складу будуть однакові. Оскільки варіант №2 передбачає влаштування додаткової витяжної колії №16 (рис. 5.4), то при реалізації цього варіанту у парній горловині парку «В» будуть відсутні наступні перетинання маршрутів прибирання маневрових локомотивів і подачі поїзних локомотивів з поїзними маршрутами, ці затримки локомотивів будуть присутні при реалізації варіантів №№1, 3.

Ймовірне число затримок K_3 та ймовірна тривалість затримок T_3 протягом доби визначаються за формулами [88]:

$$K_3 = \frac{N_1 N_2 (t_1 + t_2)}{1440} \quad (5.1)$$

$$T_3 = K_3 \cdot \tau, \quad (5.2)$$

де N_1, N_2 – кількість пересувань (поїздів, локомотивів, маневрових составів) за розрахунковий період відповідно по першому та другому потокам;

t_1, t_2 – час зайняття перетину відповідно по першому та другому маршрутам;

τ – ймовірна тривалість однієї затримки, хв;

Ймовірна тривалість затримки при нерівноправних та рівноправних маршрутах визначається за формулами:

$$\tau_H = \frac{(t_1 + t_2)}{2}; \quad (8.3)$$

$$\tau_P = \frac{t_1^2 + t_2^2}{2(t_1 + t_2)} \quad (8.4)$$

Тривалість зайняття перетинання при прийманні та відправленні поїзда визначається за формулами:

$$t_{np} = t_M + \frac{l_{\text{бл}}''}{16,7 \cdot V} + \frac{l_{\text{бл}}'' + l_{\text{пер}} + l_n}{16,7 \cdot V_{\text{ex}}}, \quad (8.5)$$

$$t_{\text{відп}} = t_M + \frac{0,06 \cdot (l_n + l_{\text{пер}})}{V_{\text{вих}}}, \text{ хв} \quad (8.6)$$

де $l_{\text{пер}}$ – довжина перетинання, м;

Інші елементи формул (5.5) та (5.6) аналогічні поясненням до (5.1) та (5.5)

Згідно до Додатка А.3 $t_M = 0,15$ хв, $l_{\text{бл}}' = 1100$ м; $l_{\text{бл}}'' = 1300$ м, $V = 60$ км/год, $V_{\text{ex}} = 40$ км/год, $V_{\text{вих}} = 35$ км/год, $l_{n(\text{нас})} = 500$ м. Виходячи з масштабного плану парної горловини парку «В» $l_{\text{пер}} = 300$ м.

Довжина вантажного поїзда складає $l_{\text{п(вант)}} = 829$ м. (див. п. 4.2).

Визначимо час зайняття горловини (перетинання) при прийманні вантажних та пасажирських поїздів:

$$t_{np}^{\text{вант}} = 0,15 + \frac{1100}{16,7 \cdot 60} + \frac{1300 + 300 + 829}{16,7 \cdot 40} = 4,8 \text{ хв},$$

$$t_{np}^{\text{нас}} = 0,15 + \frac{1100}{16,7 \cdot 60} + \frac{1300 + 300 + 500}{16,7 \cdot 40} = 3,5 \text{ хв},$$

Визначимо час зайняття горловини (перетинання) при відправленні вантажних та пасажирських поїздів:

$$t_{\text{відп}}^{\text{вант}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot (829 + 300)}{35} = 2,1, \text{ хв}$$

$$t_{\text{відн}}^{\text{nac}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot (500 + 300)}{35} = 1,5, \text{ хв}$$

Тривалість зайняття горловини (перетинання) при подачі та прибиранні локомотивів у передпроектних розрахунках прийнято $t_{\text{лок}} = 3 \text{ хв}$ (див. Додаток А.3).

У варіантах №№1 та 3, у порівнянні з варіантом №2, мають місце додаткові простої маневрових та поїзних локомотивів в очікуванні пропуску пасажирських та вантажних поїздів з напрямків М та Ч, а також на ці напрямки. Затримки, що однаково мають місце в усіх варіантах горловини не враховуються.

Розрахунок ймовірної кількості та тривалості затримок локомотивів по варіантах виконаний у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Розрахунок ймовірної кількості та тривалості затримок

№ марш	Маршрути		Кат	N_1	N_2	$t_1, \text{ хв}$	$t_2, \text{ хв}$	K	$\tau, \text{ хв}$	$T_3, \text{ хв}$
1	Прибирання маневрового локомотива	Прийом пасажирських з М та Ч	н	44	27	3	3,5	5,4	3,25	17,4
2	Прибирання маневрового локомотива	Відправлення пасажирських на М та Ч	н	44	27	3	1,5	3,7	2,25	8,4
3	Прибирання маневрового локомотива	Відправлення свого формування на М та Ч	н	44	27	3	2,1	4,2	2,55	10,7
4	Прибирання маневрового локомотива	Відправлення транзитних на М та Ч	н	44	29	3	4,8	6,9	3,9	27,0
5	Подача поїзного локомотива	Прийом пасажирських з М та Ч	н	27	27	3	3,5	3,3	3,25	10,7
6	Подача поїзного локомотива	Відправлення пасажирських на М та Ч	н	27	27	3	1,5	2,3	2,25	5,1
7	Подача поїзного локомотива	Відправлення свого формування на М та Ч	н	27	27	3	2,1	2,6	2,55	6,6
8	Подача поїзного локомотива	Відправлення транзитних на М та Ч	н	27	29	3	4,8	4,2	3,9	16,5
9	Прибирання маневрового локомотива	Подача поїзного локомотива	р	44	27	3	3	5,0	1,5	7,4
Всього								37,5	-	109,8

Таким чином, загальна тривалість додаткового простою маневрових та поїзних локомотивів у варіантах горловини №№1 та 3 складає 109,8 хв. на добу, причому простій маневрових локомотивів складає 70,9 хв, а поїзних – 38,9 хв на добу. Отримані значення у подальшому будуть використані при техніко-економічному порівнянні обраних варіантів реконструкції парної горловини парку «В».

5.4 Визначення обсягів будівельних робіт по реконструкції станції

Для економічної оцінки запланованої реконструкції станції необхідно визначитись з обсягами будівельних робіт, пов'язаними з розбудовою колійного розвитку парків. При цьому потрібно кількісно оцінити обсяги виконання наступних основних робіт:

- розбирання існуючого колійного розвитку;
- розбирання існуючих стрілочних переводів;
- укладання нового колійного розвитку;
- укладання нових стрілочних переводів (за типами);
- оснащення колій контактною мережею;
- оснащення колій засобами станційної автоматики;
- площа відведення землі під нові колії;
- обсяги земляних робіт, що розширення станційної площадки.

Для парку «В» обсяги будівельних робіт визначаються для трьох конкурентних варіантів №№1, 2, 3 (рис. 5.3 -5.5).

Будівельна довжина колій визначається за формулою:

$$L^{\text{буд}} = L^{\text{повн}} - n \cdot L^{\text{стр}}, \quad (5.8)$$

де $L^{\text{повн}}$ – повна довжина колії, м;

n – кількість стрілочних переводів, які входять в повну довжину колії;

$L^{\text{стр}}$ – довжина стрілочного переводу, яка залежить від його марки, м.

Повна довжина колій, що розбираються та укладаються визначається з масштабного плану варіантів реконструкції парків «Ф», «К» та «В». Довжина переводу марки 1/9 тип Р50 становить 31,06 м, а стрілочного переводу марки 1/11 тип Р50 – 33,53 м [87].

Кількість стрілочних переводів, що розбираються та укладаються визначається схемою запропонованого варіанта реконструкції (рис. 5.1-5.5).

Довжина колій, які необхідно обладнати контактною мережею та засобами СЦБ в попередніх розрахунках може бути прийнята рівною повній довжині колій, які укладаються.

Дані про обсяги будівельних робіт по варіантам реконструкції парків станції А наведено в табл. 5.3.

Розрахунок обсягів земляних робіт виконаний за методикою, наведеною в [89]. Існуюча станційна площадка парків «Ф», «К» та «В» розташована на насипу. Відповідно нові колії в цих парках будуть також розміщуватись на насипу, для чого необхідно розширення насипу станційної площадки в парках станції. На основі масштабних планів варіантів реконструкції парків станції А було побудовано поздовжні профілі цих парків (по осі головних колій), які наведені на рис. 5.8 – 5.10.

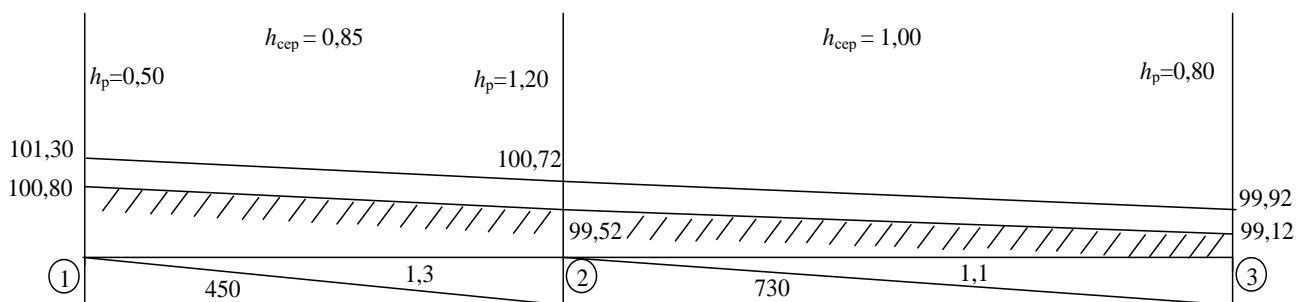


Рисунок 5.8 - Повздовжній профіль по осі колії Ім парку «Ф»

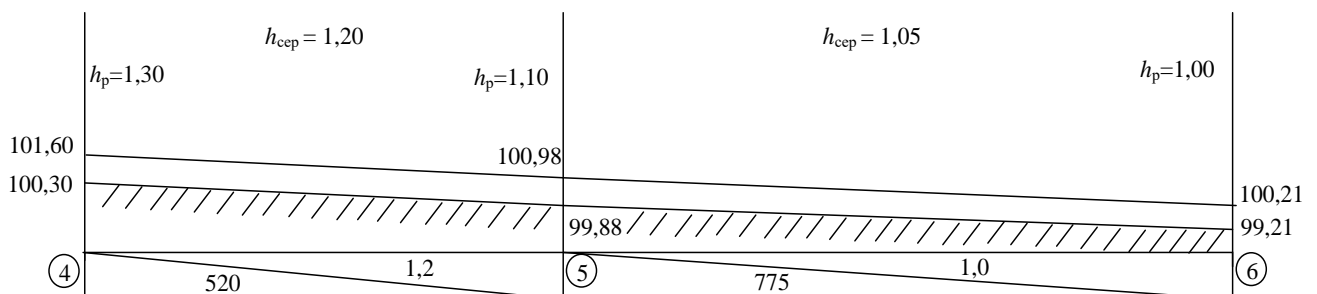


Рисунок 5.9 - Повздовжній профіль по осі колії ІІп парку «К»

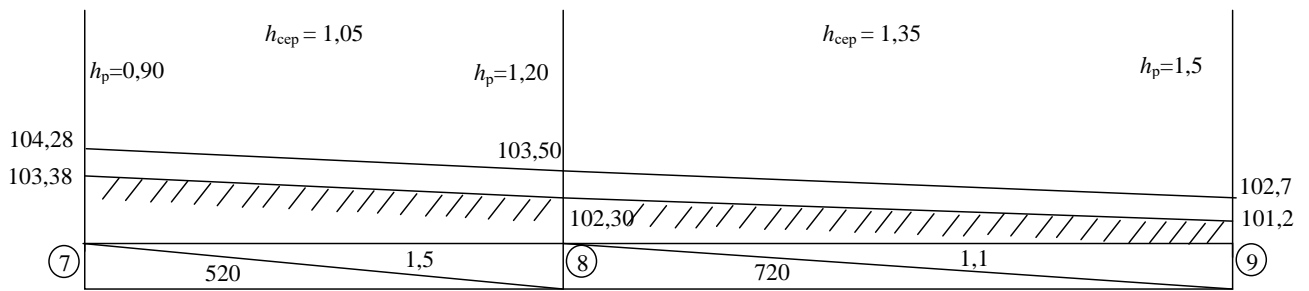


Рисунок 5.10 - Повздовжній профіль по осі колії I парку «В»

Об'єм земляних робіт на певній ділянці земляного полотна може бути визначений за формулою:

$$V_i = S_i \cdot L_i \quad (5.9)$$

де S_i – середнє значення площі поперечного перерізу профілю земляного полотна, m^2 ;

L_i – довжина ділянки, m .

Реконструкція парків станції передбачає добудову додаткових колій (по три колії в парках «Ф» та «К» і чотири колії в парку «В»). Відповідно, необхідно визначити обсяги земляних робіт щодо розширення існуючого земляного полотна (рис. 5.11). Площу поперечного перерізу земляного полотна (у даному випадку насипу), що добудовується, можна визначити з розрахункової схеми як площу паралелограма (рис. 5.11).

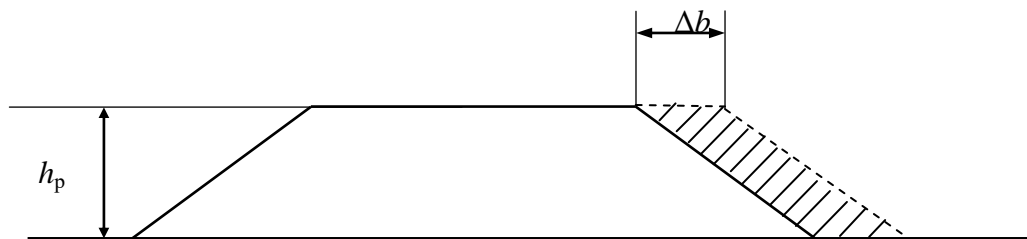


Рисунок 5.11 – Розрахункова схема поперечного профілю насипу

Таким чином:

$$S_i = h_p \cdot \Delta b, \quad (5.10)$$

де h_p – висота насипу, m ;

Δb – додаткова ширина основної площадки насипу, m ;

Для укрупненої оцінки обсягів земляних робіт, пов'язаних з добудовою колій у парках станції і розширенням основної площадки насипу, Δb прийнято рівним по всій довжині станційної площадки відповідного парку, а висота насипу (робоча відмітка) визначається як середнє значення $h_{\text{сєр}}$ на відповідній ділянці поздовжнього профілю парку (див рис. 5.8-5.10). Розрахунки обсягів земляних робіт по реконструкції парків станції А наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок обсягів земляних робіт по паркам станції

Парк	Ділянка	$L_i, м$	$\Delta b_i, м$	$h_{\text{сєр}}, м$	$S_{\text{сєр}}, м^2$	$V_i, м^3$
«Ф»	1-2	450	15,90	0,85	13,52	6081,75
	2-3	730	15,90	1,00	15,90	11607,00
Разом по парку «Ф»		1180	-	-	-	17688,75
«К»	4-5	520	15,90	1,20	19,08	9921,60
	5-6	775	15,90	1,05	16,70	12938,63
Разом по парку «К»		1295	-	-	-	22860,23
«В»	7-8	520	21,20	1,05	22,26	11575,20
	8-9	720	21,20	1,35	28,62	20606,40
Разом по парку «В»		1240	-	-	-	32181,60

Оскільки обсяги земляних робіт по варіантам реконструкції парку «В» відрізняються несуттєво, то в подальших розрахунках вони прийняті однаковими для всіх трьох варіантів. Вказані обсяги робіт зведені у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Обсяги робіт по реконструкції парків станції

№ п/п	Зміст роботи	Вимірник	Обсяги робіт				
			Парк «Ф»	Парк «К»	Парк «В» (1)	Парк «В» (2)	Парк «В» (3)
1	Розбирання приймально-відправних колій	км	0,052	–	0,22	–	0,22
2	Перевкладання СП	шт	4	–	7	–	7
3	Укладання приймально-відправних колій	км	3,18	3,37	4,65	4,18	4,27
4	Укладання СП марки 1/9	шт	7	6	15	19	15
5	Укладання СП марки 1/11	шт	–	–	1	1	1
6	Електрифікація	км	3,40	3,56	5,33	4,82	4,95
7	Оснащення колій засобами СЦБ	км	3,40	3,56	5,33	4,82	4,95
8	Площа відведення земель	км ²	0,015	0,018	0,020	0,019	0,018
9	Земляні роботи	тис. м ³	17,69	22,86	32,18	32,18	32,18

5.5 Економічна оцінка реконструкції парків станції

5.5.1 Методика розрахунку

Кожний інвестиційний проект можна оцінити на підставі сумарних модифікованих витрат [90], які розраховуються за формулою:

$$МПЗ = \sum_{t=1}^T \frac{3 \cdot (1 - H_{\text{нп}}) - A \cdot H_{\text{нп}} + KB}{(1 + E)^t}, \quad (5.11)$$

Для даного випадку:

$$МПЗ = KB + 3 \cdot (1 - H_{\text{нп}}) - A \cdot H_{\text{нп}} \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1 + E)^t}, \quad (5.12)$$

де KB – капітальні вкладення;

3 – поточні витрати без амортизаційних відрахувань;

$H_{\text{нп}}$ – норма податку на прибуток(ставка), $H_{\text{нп}} = 18\% = 0,18$;

E – дисконтна ставка ($E = 0,12$);

A – амортизаційні відрахування в податковому обліку, що розраховуються за формулою:

$$A = KB \cdot a, \quad (5.13)$$

де a – середня ставка амортизаційних відрахувань, $a = 10\% = 0,1$.

$$\sum_{t=1}^T (1 - E)^{-t} = \frac{(1 + E)^{-1} \cdot (1 - (1 + E)^{-T})}{1 - (1 + E)^{-1}} = \frac{1 - (1 + E)^{-T}}{E}, \quad (5.14)$$

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

Таким чином, необхідно по мінімуму сумарних модифікованих витрат спершу визначити найбільш раціональний варіант реконструкції відправного парку «В», а далі з врахуванням цього варіанту визначити загальну вартість (модифіковані витрати) всього проекту реконструкції парків станції А.

5.5.2. Визначення капітальних витрат

Капітальні витрати при реконструкції станції включають витрати на [88]:

– витрати на відведення земельних ділянок, знесення будівель та відшкодування збитків;

– спорудження земляного полотна;

– спорудження верхньої будови колії (колій та стрілочних переводів), пристроїв водовідведення;

– демонтування колій, стрілочних переводів, пристроїв енергопостачання;

– електрифікація колій;

– обладнання колій засобами станційної автоматики.

Капітальні витрати по вказаним статтям визначаються як

$$KB_i = O_i \cdot c_i \quad (5.15)$$

де O_i – обсяг робіт у відповідних одиницях виміру;

c_i – одинична вартість робіт, *тис. грн.*

Обсяги робіт по реконструкції парків були визначені табл. 5.3. Розрахунок капітальних витрат на реконструкцію парків станції А наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок капітальних витрат на реконструкцію

№ п/п	Зміст роботи	Вимірник	Одинична вартість, тис. грн	Обсяги робіт					Вартість робіт				
				Парк «Ф»	Парк «К»	Парк «В» (1)	Парк «В» (2)	Парк «В» (3)	Парк «Ф»	Парк «К»	Парк «В» (1)	Парк «В» (2)	Парк «В» (3)
1	Розбирання приймально-відправних колій	км	1200	0,052	–	0,22	–	0,22	62,4	-	264,0	-	264,0
2	Перевкладання СП	шт	150	4	–	7	–	7	600,0	-	1050,0	-	1050,0
3	Укладання приймально-відправних колій	км	13000	3,18	3,37	4,65	4,18	4,27	41340,0	43810,0	60450,0	54340,0	55510,0
4	Укладання СП марки 1/9	шт	750	7	6	15	19	15	5250,0	4500,0	11250,0	14250,0	11250,0
5	Укладання СП марки 1/11	шт	900	–	–	1	1	1	-	-	900,0	900,0	900,0
6	Електрифікація	км	1500	3,4	3,56	5,33	4,82	4,95	5100,0	5340,0	7995,0	7230,0	7425,0
7	Оснащення колій засобами СЦБ	км	750	3,4	3,56	5,33	4,82	4,95	2550,0	2670,0	3997,5	3615,0	3712,5
8	Площа відведення земель	км ²	240000	0,015	0,018	0,02	0,019	0,018	3600,0	4320,0	4800,0	4560,0	4320,0
9	Земляні роботи	тис. м ³	120	17,69	22,86	32,18	32,18	32,18	2122,8	2743,2	3861,6	3861,6	3861,6
	Разом								60625,2	63383,2	94568,1	88756,6	88293,1

5.5.3 Визначення експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати пов'язані з поточним утриманням залізничної інфраструктури, планові ремонти споруд, земляного полотна, колійного розвитку тощо. Окрім того, поточні витрати пов'язані з простоем поїздів, вагонів локо-

мотивів, пробігами поїздів та локомотивів, виконанням маневрових та вантажних операцій, утриманням штату працівників та інш.

Удосконалення технічного оснащення станції А передбачає добудову додаткових колій у парках «Ф», «К», «В». Тому, в першу чергу слід врахувати додаткові експлуатаційні витрати, що пов'язані з утриманням додаткової залізничної інфраструктури (колісного розвитку, стрілочних переводів, контактної мережі, земляного полотна, пристроїв станційної автоматики). Окрім того, для визначення найбільш раціонального варіанта реконструкції парку «В» необхідно врахувати також витрати, пов'язані з простоем поїзних та маневрових локомотивів в парній горловині парку «В», оскільки ці простой відрізняються по варіантам.

Витрати на утримання постійних пристроїв визначаються як:

$$Z_{ym} = V_i \cdot e_i \quad (5.16)$$

де V_i – річний обсяг робіт по утриманню i -го пристрою (споруди) у відповідних одиницях виміру;

e_i – одинична вартість робіт з утримання пристрою (споруди), *тис. грн. на рік*

Розрахунок експлуатаційних витрат, пов'язаних з утриманням додаткової залізничної інфраструктури в парках станції А, наведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Розрахунок витрат на утримання додаткової залізничної інфраструктури

№ п/п	Зміст роботи	Вимірник	Одинична вартість, тис. грн	Обсяги робіт					Вартість робіт				
				Парк «Ф»	Парк «К»	Парк «В» (1)	Парк «В» (2)	Парк «В» (3)	Парк «Ф»	Парк «К»	Парк «В» (1)	Парк «В» (2)	Парк «В» (3)
1	Утримання приймально-відправних колій	км	180	3,18	3,37	4,65	4,18	4,27	572,4	606,6	837,0	752,4	768,6
2	Утримання стрілочних переводів	шт	75	7	6	16	20	16	525,0	450,0	1200,0	1500,0	1200,0
3	Утримання контактної мережі	км	85	3,4	3,56	5,33	4,82	4,95	289,0	302,6	453,1	409,7	420,8
4	Утримання засобів СЦБ	км	90	3,4	3,56	5,33	4,82	4,95	306,0	320,4	479,7	433,8	445,5
5	Утримання земляного полотна	%	0,7	1326,8	1714,5	2413,5	2413,5	2413,5	9,3	12,0	16,9	16,9	16,9
	Разом								1701,7	1691,6	2986,6	3112,8	2851,7

Витрати, пов'язані з простоем локомотивів на станції визначаються як:

$$Z_{лок} = 365 \cdot T_z \cdot e_{лок} \cdot 10^{-3} \quad (5.17)$$

де T_3 – сумарний додатковий простій локомотивів в горловині, год/доб;

$e_{лок}$ – одинична вартість локомотиво-години простою (маневрового або поїзного локомотива), грн.

Значення T_3 для маневрових та поїзних локомотивів, що мають додатковий простій у парній горловині парку «В» (варіанти №№1 та 3) визначені у табл. 5.1). Витрана ставка за 1 локомотиво-годину простою становить для поїзних локомотивів 820,0 грн., для маневрових – 576,0 грн.

Визначимо витрати, пов'язані з додатковим простоем локомотивів у парній горловині парку «В» по варіантам реконструкції №1 та №3:

$$Z_{лок(1,3)} = 365 \cdot (1,18 \cdot 576 + 0,65 \cdot 820) \cdot 10^{-3} = 442,6 \text{ тис. грн.}$$

Тобто загальні річні експлуатаційні витрати по варіантам №1 та №3 (у порівнянні з варіантом №2) складають:

$$Z_{B1} = 2986,6 + 442,6 = 3429,2 \text{ тис. грн.}$$

$$Z_{B2} = 3112,8 + 0 = 3112,8 \text{ тис. грн.}$$

$$Z_{B3} = 2851,7 + 442,6 = 3294,3 \text{ тис. грн.}$$

5.5.4 Визначення сумарних модифікованих витрат

Визначимо сумарні модифіковані витрати по варіантам реконструкції парку відправлення «В»:

Амортизаційні відрахування по варіантам:

$$A_{B1} = 94568,1 \cdot 0,1 = 9456,8 \text{ тис. грн.}$$

$$A_{B2} = 88756,6 \cdot 0,1 = 8875,6 \text{ тис. грн.}$$

$$A_{B3} = 88293,1 \cdot 0,1 = 8829,3 \text{ тис. грн.}$$

Сумарні модифіковані витрати по варіантам реконструкції парку «В» :

$$МПЗ_{B1} = 94568,1 + 3429,2 \cdot (1 - 0,18) - 9456,8 \cdot 0,18 \frac{1 - (1 + 0,12)^{-25}}{0,12} = 84029,5 \text{ тис. грн}$$

$$МПЗ_{B2} = 88756,6 + 3112,8 \cdot (1 - 0,18) - 8875,6 \cdot 0,18 \frac{1 - (1 + 0,12)^{-25}}{0,12} = 78779,1 \text{ тис. грн}$$

$$МПЗ_{B3} = 88293,1 + 3294,3 \cdot (1 - 0,18) - 8829,3 \cdot 0,18 \frac{1 - (1 + 0,12)^{-25}}{0,12} = 79529,3 \text{ тис. грн}$$

По мінімуму сумарних модифікованих витрат найбільш вигідним є варіант №2, який передбачає укладання 4-х колій у парку «В» з північної сторони та з влаштуванням додаткового локомотивного тупика (рис. 5.4).

Таким чином, загальні капітальні витрати на реалізацію проекту реконструкції станції А складають:

$$KB_{\text{заг}} = 60625,2 + 63383,2 + 88756,6 = 212765 \text{ тис. грн.}$$

Загальні річні експлуатаційні витрати на утримання додаткової залізничної інфраструктури після реконструкції станції:

$$Z_{\text{заг}} = 1701,7 + 1691,6 + 3112,8 = 6506,1 \text{ тис. грн.}$$

Додаткові амортизаційні відрахування складуть:

$$A_{\text{заг}} = 212765 \cdot 0,1 = 21276,5 \text{ тис. грн.}$$

Сумарні модифіковані витрати по реконструкції станції А

$$МПЗ_A = 212765,0 + 6506,1 \cdot (1 - 0,18) - 21276,5 \cdot 0,18 \frac{1 - (1 + 0,12)^{-25}}{0,12} = 188063 \text{ тис. грн}$$

Таким чином, загальна економічна оцінка проекту реконструкції колійного розвитку в парках станції А становить близько 188 млн. грн.

6 ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИЙМАЛЬНО-ВІДПРАВНОГО ПАРКУ НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЙОГО РОБОТИ

6.1 Постановка задачі дослідження

Як було визначено у розділі 4, колійний розвиток приймально-відправних парків станції А не є достатнім, щоб забезпечити перспективні обсяги поїзної роботи. Відповідно виникає необхідність у збільшенні кількості колій. У розділі 5 на основі техніко-економічних розрахунків була визначена вартість реконструкції станції. Разом з тим, необхідна колійна ємність у певному парку визначається не тільки обсягами поїзної роботи (інтенсивністю вхідного потоку), але й прямо залежать від тривалості знаходження поїздів на коліях, тобто від прийнятої системи та технології обслуговування поїздів в парку. При цьому постає проблема вибору найбільш раціонального набору параметрів парку, які б забезпечували найменшу величину приведених витрат, пов'язаних з прийомом та обслуговуванням поїздів.

Для прикладу, розглянемо приймально-відправний парк «Ф», який призначений для приймання вантажних транзитних поїздів та поїздів у розформування з напрямку Л. Існуючий колійний розвиток парку включає 7 колій, з яких дві (Іф, ІVф) є головними і призначені в основному для пропуску пасажирських поїздів. Згідно з розрахунками, виконаними у розділі 4, в парку «М» необхідно добудувати 3 додаткові колії, в першу чергу, для забезпечення приймання та відправлення транзитних поїздів.

З транзитними поїздами, що прибувають у парк «Ф», виконується комплекс операцій, передбачених технологічним процесом. Найбільш тривалою операцією при цьому є технічний огляд (ТО) составів, який виконують бригади оглядачів вагонів (бригади ПТО). Кількість бригад ПТО та груп оглядачів вагонів у кожній бригаді істотно впливає на простій составів у парку під обслуговуванням, і відповідно – на необхідну кількість колій у парку. Таким чином, необхідно в залежності від обсягів прибуття поїздів встановити найбільш раціональний набір техніко-технологічних параметрів парку «Ф» (кількість колій – m , кількість

бригад ПТО – $S_{бр}$ та кількість груп оглядачів о бригаді – $K_{гр}$), який забезпечував би мінімальні сукупні витрати.

При цьому виникає проблема отримання достовірної оцінки значень експлуатаційних показників роботи парку (простоїв вагонів, поїздів тощо) при тому чи іншому наборі техніко-технологічних параметрів. Ефективним засобом аналізу й оцінки показників функціонування станцій у різних умовах, прогнозування їх техніко-технологічних і економічних параметрів є методи імітаційного моделювання, що у сполученні із сучасними засобами обчислювальної техніки є потужним інструментом для дослідження складних технологічних процесів та їх оптимізації.

В цьому зв'язку було поставлено завдання за допомогою методів імітаційного моделювання на ЕОМ дослідити показники роботи парку «Ф» («транзитної» підсистеми парку) при різній організації обслуговування транзитних поїздів та різних обсягах їх прибуття. Метою дослідження є визначення для конкретних розмірів руху найбільш раціонального варіанту організації обслуговування транзитних поїздів у парку «Ф» станції А по мінімуму сукупних приведених витрат.

6.2 Модель «транзитної» підсистеми приймально-відправного парку

Залізнична станція або її окремий парк є складною системою масового обслуговування (СМО), що складається з безлічі різних елементів, які в процесі роботи тісно взаємодіють один з одним, спричиняючи взаємний вплив. До таких елементів можна віднести колійний розвиток станції і підходів, сортувальні і вантажні пристрої, рухомий склад (поїзди, состави, локомотиви і ін.), виконавців різної спеціалізації (сигналісти, СТЦ, бригада ПТО, маневрові локомотиви і ін.).

6.2.1 Формалізація технологічного процесу

Однією з основних проблем, що виникають при функціональному моделюванні станцій, є складність формалізації технологічних процесів обробки поїздів, які можуть істотно відрізнятися для різних категорій поїздів, а також для різних станцій. У основу використовуваної імітаційної моделі покладена модель, запропонована [79, 91]. Станція або її окремий технологічний комплекс (в даному випадку вантажний фронт) розглядається як багатофазна, багатоканальна СМО.

Фазами обслуговування є окремі операції, які виконуються відповідно до технологічного процесу в певній послідовності частково паралельно, частково послідовно. Позначимо операції w_1, w_2, \dots, w_n , де n – загальне число елементарних операцій, які повинні бути виконані із заявкою перед тим, як вона покине систему.

Обслуговуючими каналами в СМО є виконавці різної спеціалізації (працівники і пристрої, що беруть участь в технологічному процесі – сигналіст, черговий по парку, бригада ПТО тощо). Число каналів (виконавців) кожної спеціалізації позначимо e_1, e_2, \dots, e_s , де s – число спеціалізацій виконавців. Вважатимемо, що кожен елементарну операцію може виконувати виконавець строго певної спеціалізації (наприклад, закріплення вагонів – сигналіст, а технічний огляд – бригада ПТО). В той же час виконавець даної спеціалізації може виконувати декілька різних елементарних операцій (наприклад, сигналіст може передавати документи на поїзд локомотивній бригаді).

Для формалізації технологічного процесу обробки транзитних поїздів використовується структурно-часова таблиця комплексу операцій [92, 93], в якій вказується перелік елементарних робіт $w_i, i = 1, \dots, n$, а також дані про кожну з них і про їх взаємну обумовленість. Рядок таблиці характеризує елементарну операцію і представляється структурою [79]:

$$w_i = \{w, p, f, \rho, M[t], \sigma_t\}, i = 0, 1, \dots, n-1 \quad (6.1)$$

де w – список операцій, після закінчення яких починається виконання операції:

$$w = \{w_{a_1}, w_{a_2}, \dots, w_{a_r}\}, a_1 < a_2 < \dots < a_r < i; \quad (6.2)$$

де p – спеціалізація виконавця операції ($p = 0, 1, \dots, s-1$);

f – ознака закріплення виконавця за об'єктом для виконання подальших операцій;

ρ – тип закону розподілу випадкової величини тривалості операції t ;

$M[t], \sigma_t$ – відповідно, математичне сподівання і середньоквадратичне відхилення випадкової величини t .

Ненульове значення параметра f встановлюється в тих випадках, коли після виконання i -ї операції її виконавець не звільняється, а виконує подальші операції комплексу з цим же об'єктом (наприклад, після подачі вагонів локомотив не зві-

льняється, а виконує наступні операції з цими вагонами – наприклад, розстановку). Тривалість виконання кожної операції розглядається як випадкова величина із заданим законом розподілу (цілочисельний параметр ρ). Значення ρ , а також параметри $M[t]$, σ_t використовуються для моделювання випадкової величини t при кожній реалізації. При $\rho = 0$ тривалість обслуговування приймається постійною і рівною $M[t]$. Тривалості операцій прийняті відповідно до технологічного процесу роботи вантажного району (розділ 4).

Формалізація технологічного процесу обробки транзитного поїзда у парку «Ф» станції А була виконана на основі структурно-часової таблиці виконання робіт (див. табл. 6.1) за методикою, запропонованою в [79, 91].

Таблиця 6.1 – Структурно-часова таблиця виконання робіт при обслуговуванні транзитного поїзда у парку «Ф»

№ п/п	Найменування операції	Попередні операції	Виконавець	Час виконання, t	
				M[T]	δ_t
1	Прийом поїзда	-	ДСП, локомотивна бригада	5	1,25
2	Закріплення составу поїзда	1	Сигналіст	3	0,75
3	Прийом перевізних документів від локомотивної бригади	1	Оператор СТЦ	2	0,5
4	Відчеплення поїзного локомотива	2,3	Локомотивна бригада	2	0,5
5	Технічний огляд	4	Працівники ПТО	25	7,5
6	Комерційний огляд	4	Працівники ПКО	20	7,5
7	Причеплення поїзного локомотива	5,6	Локомотивна бригада	2	0,5
8	Вручення документів локомотивній бригаді	7	Оператор СТЦ	3	0,75
9	Випробування автогальм	7	ПТО, локомотивна бригада	10	2,5
10	Вилучення гальмових башмаків	9	Сигналіст	3	0,75
11	Відправлення поїзда	8,10	ДСП, локомотивна бригада	2	0,5

Графічним відображенням такої таблиці є сітьовий графік [92, 93]. Сітьовий графік представляє собою модель технологічного процесу у вигляді сіті, тобто фігури, що складається з вершин та з'єднуючих їх ліній (ребер). У сітьовому графіку розрізняють три елемента: роботу, подію та шлях. Сітьовий графік технологічного процесу обробки транзитного поїзда у транзитному парку приведений на рис. 6.1.

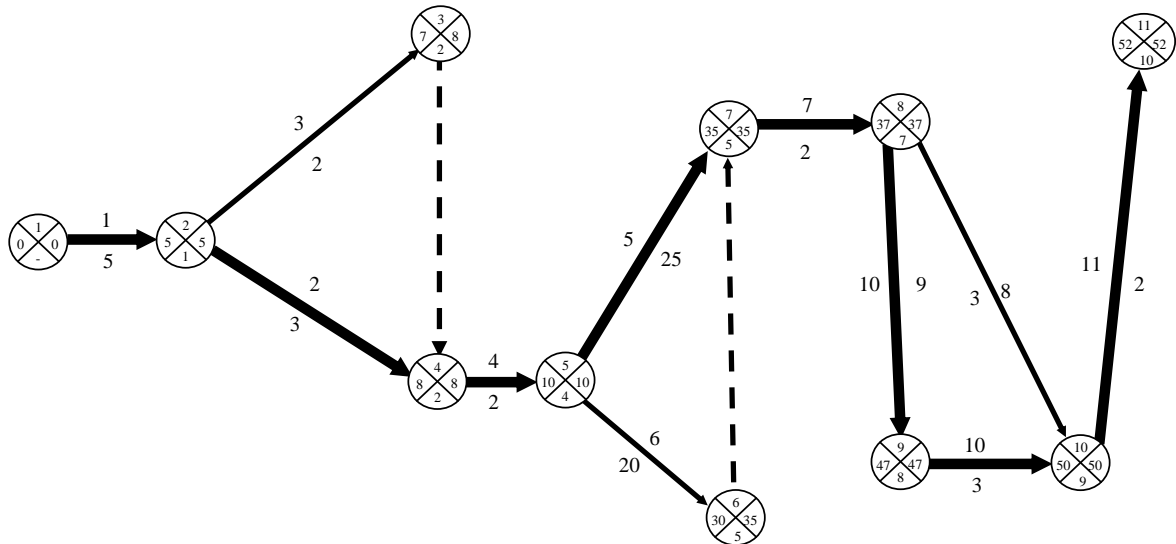


Рисунок 6.1 – Сітьовий графік технологічного процесу обробки транзитного поїзда у парку «Ф»

Для обліку зайнятості виконавців обслуговуванням заявок використовується таблиця, кожен рядок якої включає всіх виконавців однієї спеціалізації:

$$E_j = \{e, R\}, j = 0, 1 \dots s-1, \quad (6.3)$$

де R – список, що характеризує поточний стан групи виконавців даної спеціалізації

Окремий виконавець в списку R представляється структурою:

$$R_k = \{Z, t_{зв}\}, k = 0, 1, \dots, e_j - 1 \quad (6.4)$$

де Z – номер заявки (об'єкту), обслуговуванням якого зайнятий виконавець;

$t_{зв}$ – момент завершення операції і звільнення виконавця.

Величина $t_{зв}$ дозволяє у будь-який момент системного часу T_c визначити стан виконавця (якщо $T_c \geq t_{зв}$ – виконавець вільний).

6.2.2 Вхідний потік заявок

Всі заявки (транзитні поїзди), що поступають в систему, записуються в циклічно зв'язаний список Q (черга), забезпечений двома покажчиками: на голову черги G і на перше вільне місце в її хвості H . Включення заявки J , що знов поступила, здійснюється в хвіст черги; при цьому якщо $Q[H] = 0$, то виконуються операції: $Q[H] \leftarrow J$; $H \leftarrow H+1$. Інакше ($Q[H] \neq 0$) фіксується переповнення списку і робота моделі припиняється.

Вибір заявки для обслуговування здійснюється з голови черги (покажчик G) відповідно до дисципліни *FIFO* (без пріоритетів). Повністю обслужена зая-

вка покидає систему; при цьому виконуються операції: $Q[G] \leftarrow 0$; $G \leftarrow G + 1$.

Окрема заявка, що знаходиться в черзі в списку Q , представляється як:

$$Q_m = \{J, v, \alpha, \beta, T\}, \quad m = 0, 1 \dots L - 1 \quad (6.5)$$

де J – порядковий номер заявки;

v – тип заявки;

α, β – вектори, відповідно, початих і закінчених операцій;

T – момент надходження в систему.

Бульові вектори α і β мають розмірність n і в кожен момент часу T_c відображають відповідні кортежі стану операцій w_1, w_2, \dots, w_n ; при цьому якщо i -а операція почата, то $\alpha_{(i)} = 0$, інакше – $\alpha_{(i)} = 1$. Аналогічно, якщо у момент часу T_c i -а операція закінчена, то $\beta_{(i)} = 0$, інакше $\beta_{(i)} = 1$.

Момент T_J для прибуваючих поїздів, визначається під час надходження до системи попередньої ($J-1$)-ї заявки (поїзда):

$$T_J = T_{J-1} + I_{J,J-1}, \quad (6.6)$$

де $I_{J,J-1}$ – випадкова величина інтервалу між прибуваючими поїздами.

Величина I моделюється по заданому закону розподілу або встановлюється за заданим розкладом прибуття поїздів. У даній моделі прийнято, що інтервал між поїздами, що надходять у парк «Ф», є випадковою величиною із законом розподілу Ерланга.

Окремі значення інтервалів моделюються за формулою [93]:

$$I = \frac{I_{\min} - M[I]}{K} \cdot \ln \prod_{j=1}^K R_j + I_{\min} \quad (6.7)$$

де I_{\min} – мінімальний інтервал прибуття;

$M[I]$ – математичне сподівання інтервалу;

K – параметр Ерланга;

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

6.2.3 Моделювання технологічного процесу обробки подачі вагонів

Час T_J використовується для включення J -ї заявки в список Q ; це відбувається, коли системний час T_c перевищить T_J ($T_c > T_J$). Для кожної заявки,

включеної в чергу Q , в кожен момент системного часу T_c здійснюється перевірка виконання всього комплексу операцій. Умови початку i -ої операції для Z -ої заявки визначаються таким чином. Найбільш ранній можливий термін початку операції w_i з об'єктом визначається як :

$$T_{\text{рп}i} = \max \{ T_{a_1}, T_{a_2}, \dots, T_{a_r} \}, \quad (6.8)$$

де $T_{a_1}, T_{a_2}, \dots, T_{a_r}$ – моменти закінчення операцій ($w_{a_1}, w_{a_2}, \dots, w_{a_r}$), від яких залежить w_i .

Для виконання операції w_i необхідний вільний виконавець спеціалізації $j=p_i$, який звільняється у момент $T_{\text{зв}i}$:

$$T_{\text{зв}i} = \min \{ t_{\text{зв}1}, t_{\text{зв}2}, \dots, t_{\text{зв}j} \} \quad (6.9)$$

Тоді фактичний початок i -ї операції з Z -ю заявкою можна знайти як:

$$T_{\text{п}i} = \max \{ T_{\text{рп}i}, T_{\text{зв}i} \} \quad (6.10)$$

Момент закінчення операції w_i визначається з урахуванням випадкового значення її тривалості t_i :

$$T_{\text{зк}i} = T_{\text{п}i} + t_i, \quad (6.11)$$

При цьому тривалість виконання кожної операції розглядається як випадкова величина з певним законом розподілу, окремі значення якої моделюються за виразами, наведеними в [93]:

Момент закінчення операції розглядається як момент звільнення K -го виконавця j -й спеціалізації того, що виконував дану операцію.

За допомогою приведених виразів на кожному кроці моделювання здійснюється перевірка всіх початих операцій для виявлення закінчених, а також всіх не початих операцій для визначення можливості їх початку. Перевірка виконується послідовно по кожній заявці Q в черзі, починаючи з голови черги G .

Закінчення обслуговування m -й заявки фіксується у момент $T_{\text{км}}$:

$$T_{\text{км}} = \max \{ T_{\text{зк}1,m}, T_{\text{зк}2,m}, \dots, T_{\text{зк}n,m} \}, \quad (6.12)$$

У вказаний момент m -а заявка покидає систему (встановлюється $Q[m] \leftarrow 0$); якщо при цьому $G = m$, то пересувається голова черги ($G \leftarrow G + 1$).

На основі наведеної методики, з врахуванням існуючої технології і даних технічного нормування (розділ 4) було побудовано модель «транзитної» підсистеми парку «Ф» станції А.

6.3 Моделювання роботи парку «Ф» по обслуговуванню транзитних поїздів

Для моделювання роботи «транзитної» підсистеми парку «Ф» при різному технічному оснащенні та вхідному потоку поїздів використана програма “technolog.exe”, що розроблена на кафедрі «Транспортні вузли» ДНУЗТу. При цьому моделювання виконувалося при різному вхідному потоку транзитних поїздів (від 20 поїздів у добу до 80 поїздів), а також при різному числі груп у бригаді ПТО (розглядалися варіанти - 2, 3, 4 групи) та різному числі бригад ПТО у парку (1 та 2 бригади) і різній кількості колій для транзитних поїздів: 4 (+1 до існуючих), 5 колій (+2), 6 колій (+3) – рис. 6.2.

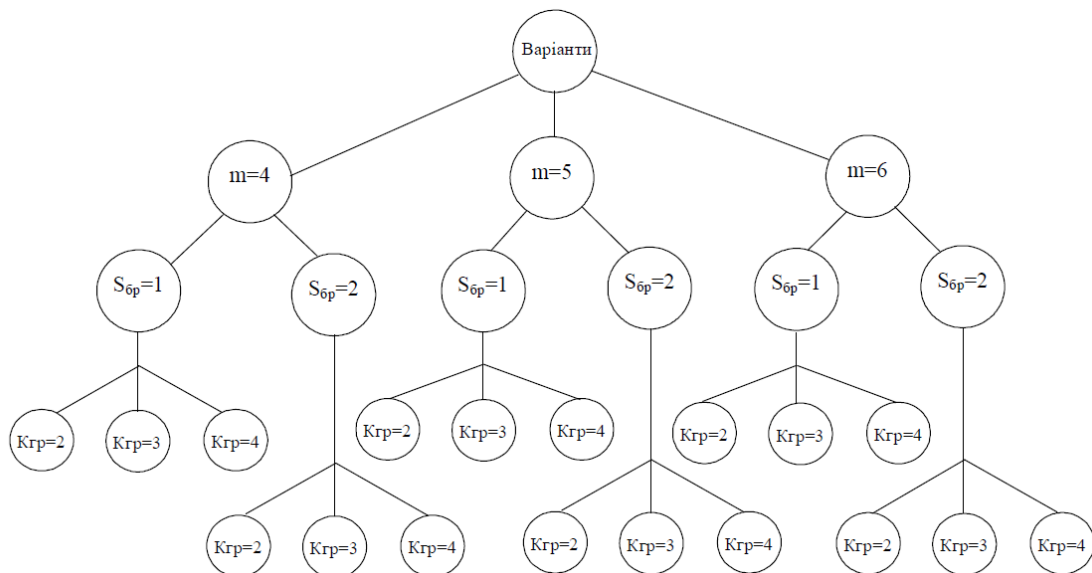


Рисунок 6.2 – Варіанти удосконалення техніко-технологічних параметрів парку «Ф» для обслуговування транзитних поїздів

Для кожного варіанта розраховувалося два показника:

- середній простій состава у транзитному парку - $T_{п}$;
- середній простій поїзда на сусідніх станціях по неприйому, унаслідок відсутності вільних колій – $T_{н}$.

Результати моделювання роботи транзитного парку по варіантам приведені у додатку Б (таблиці Б.1 – Б.3).

На підставі даних моделювання побудовані графіки залежності значень $T_{п}$ та $T_{н}$ від розмірів добового прибуття поїздів та технічного оснащення транзитного парку, які представлені на рис. 6.3 та 6.4.

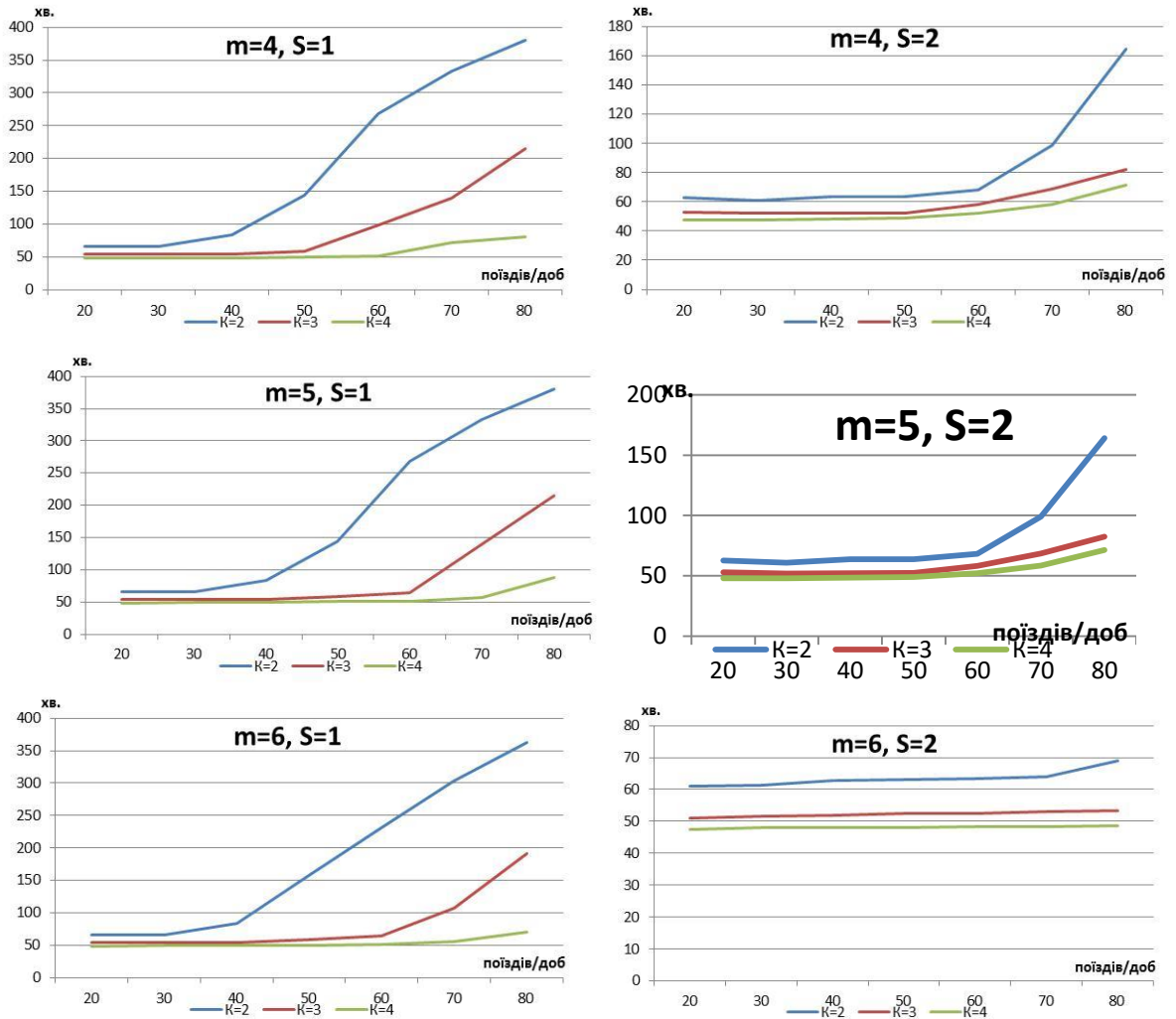


Рисунок 6.3 – Залежність часу знаходження поїздів у транзитній підсистемі парку «Ф» від інтенсивності вхідного потоку

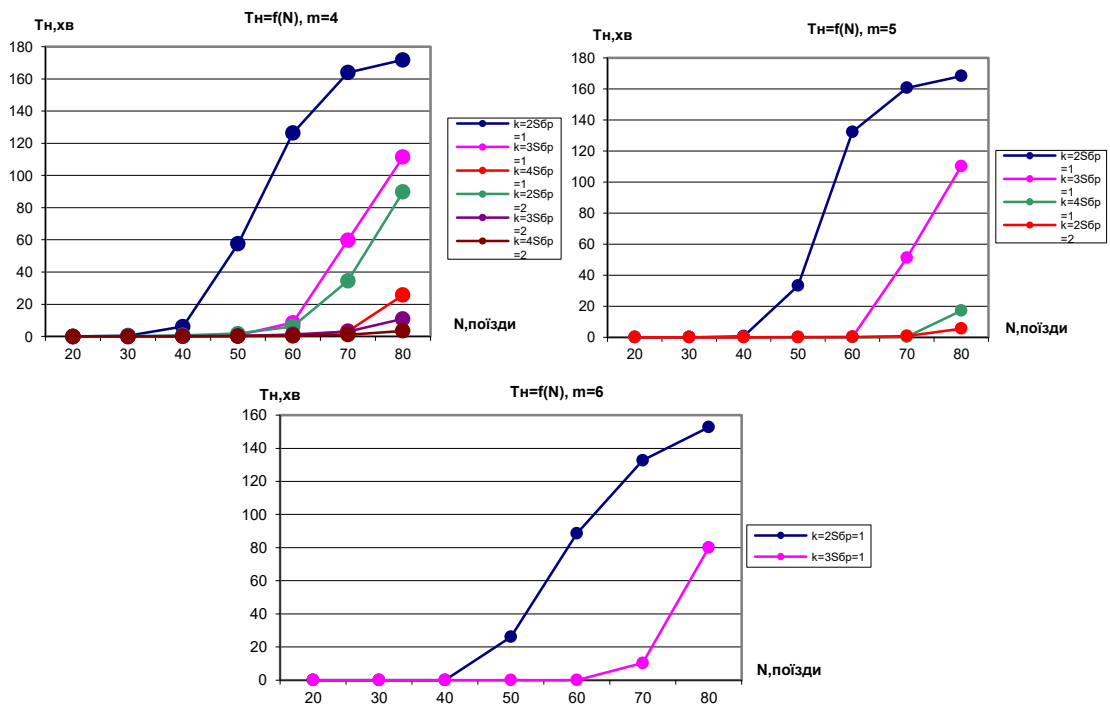


Рисунок 6.4 – Залежність часу знаходження поїздів на сусідніх станціях від інтенсивності вхідного потоку та кількості колій у парку

6.4 Вибір раціонального варіанту організації роботи парку

Вибір раціонального (найбільш вигідного) варіанта організації роботи підсистеми розформування (числа бригад ПТО, $K_{бр}$; груп у бригаді, $K_{гр}$ та числа колій, $K_{кол}$) для конкретних обсягів роботи виконується по мінімуму сумарних модифікованих витрат (5.10). При розрахунку капітальних вкладень та експлуатаційних витрат необхідно враховувати лише ті витрати, які відрізняються по варіантам.

Капітальні витрати в даному випадку витрачаються на будівництво колій:

$$K_i = M_{кол} \cdot c_{кол} \quad (6.13)$$

де $c_{кол}$ – вартість будівництва однієї колії (прийнято $c_{кол} = 13000$ тис. грн.)

Експлуатаційні витрати:

$$E = E_{кол} + E_{пто} + E_{вг} + E_{пг}, \text{ тис. грн.} \quad (6.14)$$

де $E_{пто}$ - річні витрати на утримування бригад ПТО, тис. грн.;

$E_{кол}$ – річні витрати на утримування колій, тис. грн.

$E_{вг}$ - річні витрати, зв'язані з простоем вагонів у парку, тис. грн.;

$E_{пг}$ - річні витрати, зв'язані з простоем поїздів на сусідніх станціях, тис. грн.

$$E_{пто} = 4,3 \cdot K_{гр} \cdot S_{бр} \cdot e_{пто} / 1000, \text{ тис. грн.} \quad (6.15)$$

$$E_{кол} = m_{кол} \cdot e_{кол} / 1000, \text{ тис. грн.} \quad (6.16)$$

$$E_{вг} = T_{п} / 60 \cdot N_{доб} \cdot m_c \cdot e_{вг} \cdot 365 / 1000, \text{ тис. грн.} \quad (6.17)$$

$$E_{пг} = T_{п} / 60 \cdot N_{доб} \cdot e_{пг} \cdot 365 / 1000, \text{ тис. грн.} \quad (6.18)$$

де $K_{гр}$, $S_{бр}$ - число груп та бригад ПТО у парку;

$e_{пто}$ - вартість утримування однієї групи оглядачів вагонів (з урахуванням податкових відрахувань), грн. (прийнято $e_{пто} = 250$ тис. грн./рік);

$N_{доб}$ - потік транзитних поїздів за добу;

m_c - середній состав поїзда ($m_c = 53$ вагона - див. розділ 2);

$m_{кол}$ – кількість колій;

$e_{кол}$ - вартість утримання однієї колії (прийнято $e_{кол} = 180$ тис. грн./рік.);

$e_{вг}$ - вартість однієї вагоно-години простою (прийнято $e_{вг} = 8,5$ грн.);

$e_{\text{пр}}$ - вартість однієї поїздо-години простою (прийнято $e_{\text{пр}} = 820$ грн.).

Результати розрахунків по варіантам зведені у табл. 6.2.-6.4.

Таблиця 6.2 – Сумарні модифіковані витрати по варіантам (при $m=4$), тис. грн.

$N_{\text{доб}}$	$K_{\text{бр}}=1$			$K_{\text{бр}}=2$		
	$K_{\text{гр}}=2$	$K_{\text{гр}}=3$	$K_{\text{гр}}=4$	$K_{\text{гр}}=2$	$K_{\text{гр}}=3$	$K_{\text{гр}}=4$
20	13134,5	13248,15	13661,96	14300,3	15182,88	16272,6
30	14607,71	14419,2	14733,62	15549,06	16237,63	17285,08
40	18339,6	15617,5	15778,77	17150,08	17398,87	18364,05
50	36990,62	17335,26	16976,9	18732,48	18543,66	19465,71
60	74270,23	28748,98	18307,8	21784,98	20848,06	20975,14
70	104917,8	48211,34	25686,87	35841,51	24211,6	24323,52
80	128867,3	82585,03	33498,24	67731,87	31957,76	29584,24

Таблиця 6.3 - Сумарні модифіковані витрати по варіантам (при $m=5$), тис. грн.

$N_{\text{доб}}$	$K_{\text{бр}}=1$			$K_{\text{бр}}=2$		
	$K_{\text{гр}}=2$	$K_{\text{гр}}=3$	$K_{\text{гр}}=4$	$K_{\text{гр}}=2$	$K_{\text{гр}}=3$	$K_{\text{гр}}=4$
20	22177,75	22291,41	22713,68	23191,38	24226,14	25315,87
30	23591,84	23462,42	23789,57	24575,88	25401,38	26328,34
40	26515,6	24629,2	24916,19	26006,87	26640,03	27340,82
50	41224,45	26220,84	26047,03	27525,22	27918,83	28385
60	84756,32	28202,21	27232,84	29233,23	29256,83	29505,28
70	113078	54881,43	29247,69	31442,32	30645,55	30629,79
80	136787,6	91281,39	40875,43	35644,49	29393,6	31762,75

Таблиця 6.4 - Сумарні модифіковані витрати по варіантам (при $m=6$), тис. грн.

$N_{\text{доб}}$	$K_{\text{бр}}=1$			$K_{\text{бр}}=2$		
	$K_{\text{гр}}=2$	$K_{\text{гр}}=3$	$K_{\text{гр}}=4$	$K_{\text{гр}}=2$	$K_{\text{гр}}=3$	$K_{\text{гр}}=4$
20	31221,02	31334,68	31756,95	32310,74	33189,09	34342,22
30	32635,11	32505,69	32832,83	33619,14	34298,8	35371,61
40	35440,03	33672,47	33976,36	35050,14	35421,19	36384,09
50	50242,18	35264,11	34984,61	36390,24	36560,49	37407,13
60	78736,15	37337,68	36276,1	37785,31	37665,97	38447,09
70	109970,6	47681,61	38017,82	39201,51	38860,23	39465,91
80	137785	86625,96	41535,07	41416,7	40029,13	40535,46

На підставі аналізу табл. 6.2-6.4 для конкретних розмірів поїздопотоків визначено найбільш економічно вигідне сполучення числа бригад ПТО, груп оглядачів вагонів у бригаді і кількості колій (виділені клітини), що відображено на рис. 6.5.

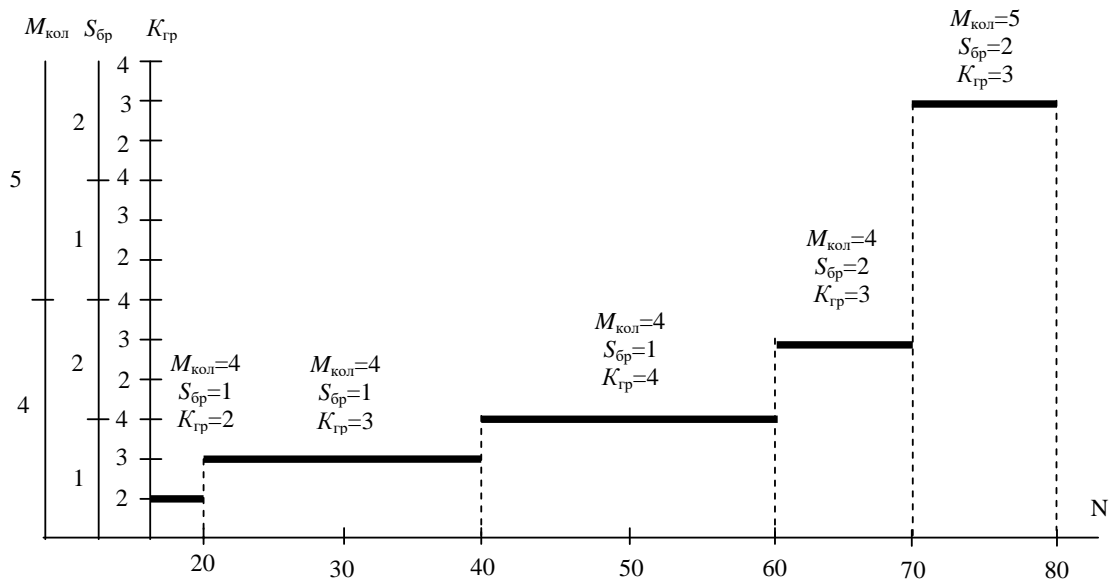


Рисунок 6.5– Раціональні параметри системи обслуговування транзитних поїздів у парку «Ф» при різних розмірах поїздопотоків

Таким чином, по результатам дослідження можна дати наступні рекомендації щодо значень техніко-технологічних параметрів у парку «Ф» для обслуговування транзитних поїздів:

- до 20 поїздів на добу – 1 бригада ПТО з 2-ма групами оглядачів вагонів, 4 колії (тобто додатково необхідно збудувати 1 колію);
- 20...40 поїздів на добу – 1 бригада з 3-ма групами оглядачів вагонів, 4 колії;
- 40...60 поїздів на добу – 1 бригада з 4-ма групами оглядачів вагонів, 4 колії;
- 60...70 поїздів на добу – 2 бригади по 3 групи оглядачів вагонів, 4 колії;
- 70...80 і більше поїздів на добу – 2 бригади по 4 групи оглядачів вагонів, 5 колій (тобто додатково необхідно добудувати 2 колії).

Розглянута методика оцінки ефективності реконструкційних заходів застосовна і для інших парків станції. При цьому аналіз результатів показав, що внаслідок значної вартості спорудження залізничних колій та їх утримання більш доцільно збільшити кількість оглядачів вагонів у приймально-відправних парках.

7 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ СТАНЦІЇ

7.1 Аналіз технологічних змін в роботі станції після реконструкції

Станція А є позакласною сортувальною станцією. У зв'язку з планованим збільшенням обсягів роботи, в дипломному проекті запропонована реконструкція станції, яка передбачає збільшення кількості колій у приймально-відправному парку «Ф» (на три колії), у приймально-відправному парку «К» (на три колії), та у парку відправлення «В» (на чотири колії).

Збільшення обсягів роботи та удосконалення конструкції колійного розвитку станції А певним чином впливає на зміну технології роботи станції по обслуговуванню поїздів і вагонів.

Так, при збільшенні кількості колій у приймально-відправних парках «Ф» та «К» спеціалізація цих парків стає більш чіткою:

- парк «К» призначений для приймання вантажних поїздів виключно з напрямків М та Ч (транзитних та у розформування);
- парк «Ф» призначений для приймання вантажних поїздів виключно з напрямку Л (транзитних та у розформування);

При недостатній кількості колій (до реконструкції) в кожному з цих парків приймалися поїзди з усіх напрямків, а також, окрім того, виставлялись поїзди свого формування з сортувального парку «С» (при відсутності вільних колій у відправному парку «В»). Це спричинювало значні складнощі та безліч ворожих маршрутів, що в свою чергу призводило до суттєвих затримок поїздів, локомотивів та маневрових складів. Чітка спеціалізація приймально-відправних парків дозволяє виконувати паралельні пересування, забезпечує поточність руху поїздів, що дає можливість освоїти зростаючі обсяги перевезень.

Збільшення колій у парку «В» та реконструкція його парної горловини (див. рис. 5.4.) дозволяє спеціалізувати даний парк виключно для підготовки до відправлення поїздів свого формування та освоїти задані обсяги перевезень. Окрім того, додаткова витяжна колія у парній горловині парку дозволяє забезпечити паралельність пересувань, в першу чергу, для маневрових та поїзних локомотивів. При недостатній кількості колій у парку «В» состави свого формування переставля-

лись також у приймально-відправні парки «Ф» та «К», що призводило до значного завантаження горловин та маневрових локомотивів. У випадку ж зайнятості колій у парках «В», «Ф» та «К» поїзди відправлялись з колій сортувального парку «С», що потребувало змінної спеціалізації сортувальних колій. Все це суттєво збільшувало простой поїздів та локомотивів, і, відповідно, знижувало ефективність роботи підсистеми відправлення, а також робило неможливим освоєння зростаючих обсягів перевезення.

Проведена реконструкція дозволила чітко спеціалізувати парки станції А, зменшити простой поїздів та вагонів та в цілому підвищити ефективність роботи станції.

При розробці технологічного процесу роботи станції А була врахована існуюча технологія [80], рекомендації [94], а також вимоги [95, 96].

7.2 Технологія обслуговування поїздів, що прибули у розформування

При підході поїзду з сусідньої станції ДСП цієї станції робить запит у ДСП станції А (пост ЕЦ-1 для парку «Ф» або пост ЕЦ-2 для парку «К») по міжстанційному зв'язку про можливість відправлення поїзду. ДСП станції А дає згоду при наявності вільних колій в парку.

Після дачі згоди ДСП готує маршрут на одну з колій парку і відкриває вхідний сигнал. Після відправлення поїзда з сусідньої станції, ДСП цієї станції повідомляє про це ДСП станції А по міжстанційному зв'язку.

При підході поїзду до станції А ДСП по парковому зв'язку інформує працівників станційного технологічного центру (СТЦ), пункту технічного обслуговування (ПТО), комерційного огляду вагонів (ПКО) і сигналіста про номер поїзду, його індекс, колію прибуття; для підготовки до зустрічі поїзду працівниками, які беруть участь в його обробці. Обробка составів в парку прибуття складається з таких операцій:

- контрольної перевірки і передачі інвентарних номерів вагонів в поїздах, що прибувають на станцію, за допомогою телетайпних апаратів;
- технічного огляду вагонів (ТО);
- комерційного огляду вагонів (КО).

Під час прибуття поїзда на станцію А оператор поста №3 (парк «Ф») або №9 (парк «К») виконує списування номерів вагонів і вводить в ЕОМ повідомлення 05. Після зупинки поїзду оператор СТЦ по прибуттю вводить в ЕОМ повідомлення 201, а ДСП дає вказівки сигналісту про закріплення составу на колії прибуття порядком, встановленим ТРА станції А.

Після відчеплення локомотива ДСП сповіщає працівників ПТО про закріплення состава і дозволяє почати технічне обслуговування. Оператор ПТО огороджує состав за допомогою пристроїв централізованого огородження, а бригада ПТО приступає до його обробки. В парку «Ф» технічний огляд составів виконують 2 бригади ПТО, в кожній з яких по 2 групи оглядачів вагонів. В парку «К» технічний огляд составів виконують 2 бригади ПТО, в кожній з яких по 3 групи оглядачів вагонів. Про всі несправності, які підлягають усуненню при безвідчипному ремонті, оглядачі парку прийому наносять крейдяні помітки на бокових стінах кузовів вагонів, на бортах платформ, на котлах або рамах цистерн. Вагони, які підлягають відчипному ремонту, розмічають з вказівкою місця виконання ремонту (вагонне депо, вагонно-ремонтні колії, сортувальний парк) і негайно повідомляють про це оператора СТЦ з подальшим заповненням на ці вагони повідомлень форми ВУ-23.

В процесі підготовки составів до розформування одночасно з технічним оглядом оглядачі здійснюють відпускання гальм. Крім цього, здійснюється ремонт автозчепних приладів.

Паралельно з технічним оглядом виконується комерційний огляд составів і усунення виявлених пошкоджень. Отримавши від ДСП інформацію про прибуття поїзду на станцію, приймальники поїздів парку «Ф» (або «К») завчасно виходять зустрічати поїзд у вказане місце. Під час руху поїзду приймальники поїздів оглядають вагони в комерційному відношенні: спостерігають за станом люків і дверей, розміщенням і кріпленням вантажів на відкритому рухомому составі, наявністю ЗПП, закрутки на дверях вагонів, а також станом кузовів і кривлі вагонів. Після зупинки поїзду на колії прийому, огороження його працівниками ПТО, приймальники поїздів виконують двосторонній огляд, проходячи уздовж составу одночасно з обох боків. В процесі двостороннього огляду приймальники поїздів

особливу увагу звертають на наявність ЗПП на вагонах, проявляють і відзначають комерційні несправності, які загрожують безпеці руху і збереженню вагонів і вантажів. При огляді вагонів та ЗПП приймальник поїздів на вагоні проставляє крейдяну розмітку, вказуючи дату огляду.

Про результат комерційного огляду вагонів приймальники докладають маневровому диспетчеру, підтверджують проведений огляд вагонів своїм підписом в книзі пред'явлення цистерн (проставляють фактичну кількість ЗПП, час пред'явлення і закінчення огляду, номер ЗПП).

При виявленні вагонів з комерційними несправностями, які загрожують безпеці руху і збереженню вагонів і вантажів, приймальники поїздів ПКО складають акт загальної форми ГУ-23 або ВУ-23 в двох екземплярах і оперативні повідомлення у вигляді телеграм не пізніше 4 годин з моменту прибуття поїзду і через операторів СТЦ, користуючись телетайпним зв'язком, передають на телеграф. Приймальники поїздів ПКО парків «К» та «Ф» реєструють оперативні повідомлення в спеціальній книзі, нумеруючи їх непарними номерами.

Комерційні несправності приймальники поїздів реєструють в книзі реєстрації комерційних несправностей форми ГУ-98. За відсутності комерційних пошкоджень старші приймальники поїздів відзначають «комерційних пошкоджень не виявлено», завіряючи кожний запис підписом. Усунення комерційних несправностей здійснюється без відчеплення вагонів від состава поїзду. Відчеплення вагонів від состава здійснюється у випадках, якщо усунення несправностей, які передбачені технологією, неможливе, а також при необхідності перевірки стану вантажу. Про закінчення комерційного огляду составу і готовність його в комерційному відношенні приймальники поїздів повідомляють чергового по станції. При виявленні комерційних несправностей приймальники поїздів на підставі складених актів загальної форми ГУ-23 присилають телеграми відповідно до Правил комерційного огляду і інструкцією по актово-претензійній роботі.

Для прикладу, на рис. 7.1. наведено графік виконання технологічних операцій з обробки поїзда, що прибув у розформування в парк «Ф».

№ з/п	Найменування операцій	До прибуття поїзда	Після прибуття поїзда (час у хвиликах)				Виконавець
			10	20	30	40	
1	Сповіднення працівників ПКО, ПТО, ВОХР про час та колію прибуття поїзда						Оператор при ДСП ЕЦ-1, ДСП
2	Вихід працівників ПТО, ПКО, працівників ВОХР на колію приймання						Працівники. ПТО, ПКО, ВОХР
3	Візуальний огляд поїзда під час його прибуття						Працівники ПТО, ПКО, ВОХР
4	Визначення порядку укладки гальмівних башмаків та передача інформації ДСП ЕЦ-1						Оператор при ДСП ЕЦ-1
5	Звірка оператором СТЦ порядку розташування номерів вагонів в ТГНЛ з фактичним їх розташуванням у поїзді, коригування ТГНЛ, передача інформації працівникам ПКО						Оператор СТЦ
6	Пред'явлення состава до технічного обслуговування та комерційного огляду						ДСПП ПВП"М"
7	Доставка перевізних документів від бункера в приміщення СТЦ						Оператор СТЦ
8	Закріплення состава						игналіст 9-го поста
9	Відчеплення та виїзд поїзного локомотива						Локомотивна бригада
10	Огородження состава						Оператор ПТО
11	Технічне обслуговування состава та усунення технічних несправностей						Працівники ПТО
12	Комерційний огляд состава та усунення комерційних несправностей						Працівники ПКО
13	Зняття огороження состава						Оператор ПТО
	Загальний час						

Рисунок 7.1 - Графік виконання технологічних операцій з обробки поїзда, що прибув у розформування, на коліях парку "Ф"

7.3 Технологія розформування та формування поїздів

Розформування составів виконується маневровими локомотивами №1 та №2. За необхідності до розформування составів долучається маневровий локомотив №3, який зазвичай працює в хвостовій горловині парку «С». розформування здійснюється на сортувальній гірці середньої потужності (див. розділ 3), яка розташована у непарній горловині станції А. Процес розформування составів на сортувальній гірці включає наступні операції.

- заїзд гіркового локомотива в парк «Ф» або «К» за черговим составом;
- витягування состава на витягну колію №41 або №42;
- насув состава до вершини гірки;
- розпуск состава на сортувальній гірці;

– осаджування составів у сортувальному парку.

Технологічний графік роботи сортувальної гірки наведено на рис. 4.4.

Розформування составів виконується під керівництвом чергового по гірці згідно з сортувальним листком (інформаційне повідомлення 0062), який складається на основі розміченої ТГНЛ і видається на друк на робочі місця чергового по гірці та операторів виконавчих постів. Завчасно, до початку розформування составу, ДСПГ по радіозв'язку інформує машиніста гіркового локомотива про план наступної роботи. Відповідно до встановленої черговості розпуску составів ДСПГ, після узгодження з ДСП станції А (ЕЦ-1 або ЕЦ-2) маршруту прямування, дає вказівки машиністу локомотива про проходження в парк «Ф» або «К» для витягування чергового состава на витяжну колію (№41 або №42). При підході гіркового локомотива в парк прийому під состав, який підлягає розформуванню, машиніст, переконавшись у відсутності огородження, причіпляє локомотив. Після прибирання гальмівних башмаків по розпорядженню ДСП локомотив витягує состав на витяжну колію (з парку «Ф» на колію №41, а з парку «К» – № 42). Далі, керуючись розпорядженнями ДСПГ та показаннями гіркового світлофора машиніст виконує насув та розпуск состава.

Перед розпуском составу черговий по гірці, ознайомившись з сортувальним листком, переконується в можливості розміщення вагонів составу у межах сортувальних колій, повідомляє всім причетним працівникам план розпуску, переконується у відсутності під вагонами гальмівних башмаків і чужорідних тіл. Після чого по парковому сповіщальному зв'язку повідомляє про початок розпуску составу і дає вказівки машиністу про насув составу на гірку. Розформування составів поїздів проводять два складачі поїздів по черзі: один проводить розчіплення вагонів, інший спостерігає і навпаки. В процесі розформування составу складач виконує розчіплення вагонів відповідно досортувального листка та вказівок ДСПГ. Для забезпечення безпеки роботи розчіплення вагонів повинне виконуватися спеціальними розчіпними вилками.

Під час розпуску составу черговий по гірці (оператор-розпорядник) слідкує за правильністю розчеплення і прямування відчепів і, у разі потреби, по парковому сповіщальному зв'язку інформує операторів виконавчих постів і регулюваль-

ників швидкості руху вагонів про зміну напрямлення відчепів, а також про відчепи, які потребують при гальмуванні особливої обережності (рефрижераторні вагони, вагони з вантажами класу небезпеки 1, що не мають у перевізних документах штампелю «Не спускати з гірки», вагони з провідниками, з живністю та інш.) При наявності в перевізних документах на вагони з вантажами класу небезпеки 1 штампелю «Не спускати з гірки», а в сортувальному листку позначки «Г» маневри з ними проводяться осаджуванням чи зніманням вагонів другим локомотивом з боку Сортувального парку в супроводі складача поїздів з дотриманням норм прикриття і особливою обережністю (без поштовхів і різких зупинок).

З метою підвищення продуктивності гірки та скорочення інтервалів між розпуском составів на сортувальній гірці, що має дві колії насуву, слід починати насування чергового состава на одній з колій до закінчення розпуску попереднього состава по другій колії.

Після закінчення розпуску черговий по гірці, у разі необхідності, дає вказівку машиністу гіркового локомотива про проведення осаджування вагонів на коліях парку «С» або про прямування у парк приймання для витягування чергового состава на гірку (згідно із встановленою маневровим диспетчером черговістю розпуску составів). Після розформування вагони накопичуються на коліях сортувального парку «С» відповідно до плану формування. Для ведення безупинного обліку вагонів на коліях сортувального парку передбачена жорстка спеціалізація колій відповідно до плану формування. Накопичення вагонів фіксується після передачі повідомлення про розпуск поїзда. Операції по закінченню формування окремих составів (з'єднання груп вагонів, що накопичувались на різних коліях, постановка вагонів прикриття, перестановка окремих груп вагонів з метою поповнення або зменшення ваги та інш.), як правило виконуються локомотивами, що працюють з західної сторони Сортувального парку (витяжні, формуючі), а в необхідних випадках і гіркові локомотиви, за вказівкою маневрового диспетчера, що передається черговому станційного поста централізації (МВ) або безпосередньо складачам поїздів.

ДСЦ відповідно до плану відправлення поїздів дає завдання черговому по станції на перестановку сформованого состава з вказівкою номера сортувальної колії, номерів головного і хвостового вагонів, номера колії відправлення.

7.4 Підготовка составів свого формування до відправлення

Після закінчення формування у сортувальному парку «С», состави сформованих поїздів переставляються в парк «В», де з ними виконуються такі операції:

- технічний огляд і поточний безвідчіпний ремонт вагонів;
- комерційний огляд вагонів і усунення несправностей;
- причеплення поїзного локомотива і випробування автогальм.

Про майбутню перестановку состава в парк відправлення черговий по станції поста ЕЦ-2 сповіщає працівників ПТО і ПКО з вказівкою колії, на яку переставляється состав. Після перестановки состава в парк відправлення черговий по парку по парковому сповіщувальному зв'язку або по телефону пред'являє оператору ПТО состав до технічного обслуговування з вказівкою номера колії, кількості вагонів в составі, номерів головного ті хвостового вагонів і часу відправлення поїзда.

Після перестановки состава на колію парку «В» виконується закріплення вагонів та відчеплення маневрового локомотива. Далі состав огороджується і виконується технічний та комерційний огляди.

Технічний огляд і поточний безвідчіпний ремонт вагонів виконується на підставі крейджаних розміток, які нанесені оглядачами вагонів парку приймання та контрольного огляду під час виставки составів. Після закінчення технічного обслуговування состава в парках відправлення оглядачі вагонів витирають на вагонах усі крейдові написи, що раніше були нанесені при огляді состава. Повне випробування автогальм проводиться від централізованої повітропроводної мережі.

Паралельно з технічним оглядом проводиться комерційний огляд составу та усунення виявлених ушкоджень. Приймальники поїздів парку «В» здійснюють комерційний огляд составів поїздів свого формування і транзитних поїздів. Отримавши від ДСП інформацію про прибуття транзитного поїзда або перестановку состава свого формування, приймальники поїздів через оператора СТЦ по контрольній перевірці вагонів одержують довідку про наявність ЗПП і завчасно виходять зустрічати поїзд в зазначене місце.

Після зупинки состава на колії парку відправлення, його закріплення і відчеплення локомотива, огороження працівниками ПТО, приймальники поїздів проводять двосторонній комерційний огляд, проходячи вздовж составу одночасно з обох

боків. Якщо за час проведення КО не можливо усунути комерційні несправності без відчеплення вагона, на такі вагони складають акт загальної форми ГУ-23

Після закінчення комерційного огляду та усунення несправностей, приймальники поїздів повідомляють ДСП поста ЕЦ-2 про готовність поїзда в комерційному відношенні по сповіщувальному парковому зв'язку з подальшим розписом в книзі комерційного огляду вантажних поїздів. В книзі ф. ГУ-98 реєструють результати комерційного огляду поїздів з вказанням номера поїзда та вагона, в якому виявлені комерційні несправності, номери актів загальної форми ГУ-23.

З врахуванням результатів технічного та комерційного оглядів оператор СТЦ по відправленню складає натурний лист на поїзд, а також формує пакет вантажних документів на вагони даного поїзда. Довідка машиніста наклеюється на останній пакет документів. Після отримання перевізних документів і натурального листа на поїзд, черговий по парку «В» перевіряє дані натурального листа, записує їх у журнал форми ВУ-14. Натурний лист, пакет з перевізними документами та бланком попередження вручається локомотивній бригаді під розпис, порядком встановленим ТРА станції.

Поїзний локомотив причіплюють до состава (порядком встановленим у ТРА) після того, як ДСП посту ЕЦ-2 переконається в готовності поїзда у технічному та комерційному відношенні. Після причеплення локомотива оглядачі-автоматники проводять випробування автогальм, заповнюють довідку про гальма та вручають її машиністу локомотива.

Відправлення поїзда здійснюється за командою ДСП, який узгоджує час відправлення з ДНЦ. Про відправлення поїзда ДСП станції А повідомляє працівникам станції та ДСП сусідніх станцій.

Після відправлення поїзда свого формування зі станції оператори при ДСП поста ЕЦ-2, готують і вводять в ЕОМ повідомлення 200, в якому вказують номер та індекс поїзда, час його відправлення, номер колії та парку, з якого він відправлений, напрямок, а також інформацію про локомотив та локомотивну бригаду. Оператори інформують поїзного диспетчера про наявність в составі поїздів вагонів з небезпечними (класу 1-ВМ) та негабаритними вантажами.

Графік технологічного процесу обслуговування поїзда свого формування у парку «В» наведено на рис. 7.2.

№ п/п	Найменування операції	До перест. состава	Після перестановки поїзда					Виконавці
			Час, хв.					
			0	10	20	30	40	
1	Узгодження колії відправлення	■						ДСЦ, ДСП
2	Підготовка готового составу до технічного та комерційного огляду	18 ■						Маневровий диспетчер
3	Надання вказівки по закріпленню составу поїзда з указанням кількості гальмових башмаків	■						Черговий по станції
4	Вихід до составу працівників, що беруть участь в обробці поїзда	■						Працівники ПТО, ПКО
5	Підбір перевізних документів	■						Оператор СТЦ
6	Закріплення составу поїзда. Доповідь ДСП		4 ■					Сигналіст
7	Відчеплення маневрового локомотиву. Огородження составу		3 ■					Локомотивна бригада, працівники ПТО
8	Технічний огляд составу та ремонт вагонів			24 ■				Працівники ПТО
9	Комерційний огляд составу та усунення несправностей			24 ■				Працівники ПКО
10	Причеплення поїзного локомотиву. Зняття огороження составу					3 ■		Локомотивна бригада, працівники ПТО
11	Вручення локомотивній бригаді пакета з перевізними документами					2 ■		Оператор СТЦ, локомотивна бригада
12	Випробування автогальм, навішування хвостового сигналу					1 ■		Працівники ПТО, локомотивна бригада
13	Вилучення гальмових башмаків. Доповідь ДСП						3 ■	Сигналіст
Загальна тривалість обробки поїзда					50		■	

Рисунок 7.2 – Технологічний графік обслуговування поїзда свого формування у парку відправлення «В»

7.5 Технологія роботи з составами транзитних поїздів

До транзитних поїздів відносять поїзди, що проходять станцію без переробки. Вантажні транзитні поїзди з напрямків М та Ч приймаються до приймально-відправного парку «К», а з напрямку Л – до приймально-відправного парку «Ф». Обробка транзитних поїздів в цих парках складається з наступних операцій:

- закріплення і огороження составу;
- технічний огляд составу і безвідчепний ремонт вагонів;

- комерційний ремонт вагонів і усунення несправностей;
- звірення ТГНЛ і перевізних документів, їх коректування;
- зміна локомотива, зняття закріплення і огороження.
- проба автогальм.

На рис. 7.3 наведено графік виконання в парку “Ф” технологічних операцій з обробки транзитного поїзда зі зміною локомотива

№ з/п	Найменування операцій	До прибуття поїзда	Після прибуття поїзда (час у хвиликах)						Виконавець
			10	20	30	40	50	60	
1	Сповіднення працівників про час та колію прибуття поїзда								Оператор при ДСП ЕЦ-1, ДСП ЕЦ-1
2	Вихід працівників на колію приймання								Працівники ПТО, ПКО, ВОХР
3	Візуальний огляд поїзда під час його прибуття								Працівники ПТО, ПКО, ВОХР
4	Визначення по ТГНЛ наявності навантажених та порожніх ваго-нів у хвостовій частині								Оператор при ДСП ЕЦ-1, ДСП ЕЦ-1
5	Звірка з ТГНЛ та корегування, передача інформації працівникам			5					Оператор СТЦ, працівники ПКО
6	Приймання перевізних документів та доставка їх в приміщення ДСПП парку “М”			5					Оператор при ДСПП парку «М», ДСПП парку «М»
7	Закріплення состава			4					Сигналіст 9-го поста
8	Відчеплення та виїзд поїзного локомотива			4					Локомотивна бригада
9	Заїзд та причеплення поїзного локомотива			4					Локомотивна бригада
10	Пред’явлення состава до тех. обслуговування та комерційного огляду			1					ДСПП парку «М»
11	Огороження состава			1					Оператор ПТО
12	Технічне обслуговування состава та усунення технічних несправностей				30				Працівники ПТО
13	Комерційний огляд состава та усунення комерційних				30				Працівники ПКО
14	Вручення перевізних документів			5					ДСПП парку «М»
15	Повне випробування гальм поїзда					22			Працівники ПТО, локомотивна бригада
16	Зняття огороження							1	Оператор ПТО
17	Зняття закріплення состава							4	Сигналіст 9-го поста
	Загальний час				61				

Рисунок 7.3 – Технологічний графік обробки транзитного поїзда зі зміною локомотива у парку «Ф»

Зміна локомотива або локомотивної бригади здійснюється у відповідності до схеми тягового обслуговування та за командою ДНЦ. За необхідності (при неможливості виконання безвідчіпного ремонту) можливе відчеплення несправних вагонів від составів транзитних поїздів. До прибуття транзитного поїзда вузловий диспетчер інформує про це чергового по станції А (ЕЦ-1 або ЕЦ-2), вказує номер і призначення поїзда, а також час його прибуття, необхідність зміни локомотива або бригади. Черговий по станції А погоджує з маневровим диспетчером колію прийому поїзда і сповіщає про це оператора ПТО і старшого приймальника поїздів.

Технічний огляд составу проводиться, відповідно до технологічного процесу роботи ПТО, з метою перевірки технічного стану вагонів, автогальмового устаткування і виявлення вагонів, що вимагають ремонту. Несправності, усунення яких може бути зроблене без відчеплення вагонів від составу, усуваються за час, установлений технологічним процесом для обробки такого поїзда. Одночасно з оглядом поїзду і ремонтом вагонів виконується огляд, ремонт і перевірка дії автогальм.

Одночасно з технічним оглядом виконується комерційний огляд составу. Усунення виявлених при огляді комерційних несправностей виконується працівниками станції. При наявності комерційних несправностей, що загрожують безпеці руху і неможливості усунення їх без відчеплення вагонів, приймальники на вагоні роблять крейдову розмітку і негайно повідомляють номер таких вагонів маневровому диспетчеру, що вживає заходів щодо відчеплення вагонів від составу поїзда.

Перед відправленням поїзда черговий по станції перевіряє готовність поїзда в технічному і комерційному відношенні. Причеплення поїзного локомотива до составу повинно проводитись не пізніше, ніж за 10 хвилин до відправлення поїзда, а при відсутності повітря в повітряній магістралі не пізніше, ніж за 20 хвилин.

При зміні локомотивних бригад (без зміни локомотива) паралельно з технічним обслуговуванням та комерційним оглядом локомотивна бригада приймає локомотив та доповідає ДСП поста ЕЦ-1 (ЕЦ-2) про зміну бригади. Після причеплення локомотива оглядачі роблять випробування автогальм, заповнюють і вручають машиністу локомотива довідку про гальма. За наказом ДСП поїзд відправляється зі станції.

На всі прийняті транзитні поїзди оператор при ДСП вводить повідомлення про прибуття поїзда (п. 201), про відправлення поїзда (п. 200) чи про прослідкування поїзда (п. 202) негайно після здійснення цих операцій.

8 ГРАФОАНАЛІТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СТАНЦІЇ

Добовий план-графік є графічним відображенням роботи сортувальної станції А, в якому за допомогою умовних позначень показана робота всіх підрозділів і служб, задіяних у поїзній, маневрової та вантажної роботі. Також на плану-графіку відображені процеси накопичення вагонів на сортувальних коліях і формування составів поїздів з перестановкою їх у парк відправлення. Добовий план-графік роботи сортувальної станції А побудовано з врахуванням результатів технічного нормування тривалості технологічних операцій (див. розділ 6) та заходів щодо удосконалення технологічного процесу, пов'язаних з реконструкцією парків станції (див. розділ 5-7). При побудові добового плану графіка доцільно керуватись рекомендаціями [97]; при цьому графічні елементи, що відображають ті чи інші технологічні операції, необхідно зображувати згідно з рекомендаціями [98].

Графік прибуття поїздів та їх склад змодельовано на ЕОМ за допомогою розроблених на кафедрі «Транспортні вузли» ДНУЗТ програм „rasp_rt.exe” та „sostaw.exe” (Додаток В).

По добовому плану-графіку визначаються наступні показники роботи сортувальної станції:

- 1) простій транзитного вагону без переробки;
- 2) простій транзитного вагону з переробкою;
- 3) середньозважена величина простою транзитного вагону;
- 4) простій місцевого вагону;
- 5) добовий вагонообіг;
- 6) робочий парк вагонів;
- 7) завантаженість маневрових локомотивів.

Простій транзитного вагону без переробки визначаємо за формулою:

$$t_{np} = \frac{\sum_{i,p} \delta_{in} \delta_{ip}}{\sum_{i,p} \delta_{in}}, \quad (8.1)$$

де $\sum n_{\text{тр}}^{6/\text{п}} t_{\text{тр}}^{6/\text{п}}$ – сумарні вагоно-години простою транзитних поїздів без переробки у приймально-відпарвних парках „Ф” та «К»;

$\sum n_{\text{тр}}^{6/\text{п}}$ – загальна кількість вагонів у транзитних поїздах, що прибувають на станцію без переробки.

Згідно табл. 2.4 загальне число транзитних поїздів, що прибувають на станцію складає $N_{\text{тр}}=60$ поїздів у добу, склад поїзда – 53 вагона (див. розділ 2).

Згідно добового плану-графіку час знаходження транзитних поїздів без переробки у парках станції складає 3487 хв.

Тоді отримаємо наступні значення:

$$\sum n_{\text{тр}}^{6/\text{п}} = 60 \cdot 53 = 3180 \text{ ваг.}$$

$$t_{\text{тр}}^{6/\text{п}} = 53 \cdot 3487 / 3180 = 58,1 \text{ хв.} = 0,97 \text{ год.}$$

Простій транзитного вагону з переробкою визначаємо за формулою:

$$t_{\text{тр}}^{3/\text{п}} = t^{\text{пр}} + t_{\text{розф}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{оч}}^{\text{ф}} + t_{\text{зф}} + t_{\text{пер}} + t^{\text{відпр}}, \quad (8.2)$$

де $t^{\text{пр}}$ – середній час простою в парках „Ф” або «К» транзитних вагонів з переробкою під обробкою по прибуттю, год.;

$t_{\text{розф}}$ – середній час розформування составів, який визначено у розділі 4 і складає $t_{\text{розф}} = 24,9 \text{ хв.} = 0,42 \text{ год.}$;

$t_{\text{нак}}$ – середній час простою вагонів під накопиченням у сортувальному парку „С”, год.;

$t_{\text{оч}}^{\text{ф}}$ – середній час простою вагонів у сортувальному парку в очікуванні формування составів, год.;

$t_{\text{зф}}$ – середній час закінчення формування составів у сортувальному парку, год.;

$t_{\text{пер}}$ – час на перестановку составів у парк відправлення, $t_{\text{пер}} = 11,9 \text{ хв.} = 0,20 \text{ год.}$ (див. розділ 4);

$t^{\text{відпр}}$ – середній час знаходження у парку „В” составів свого формування під обробкою по відправленню, год.

Середній час простою у парках „Ф” або «К» транзитних вагонів з переробкою під обробкою по прибуттю визначимо за формулою:

$$t^{\text{пр}} = \sum nt^B / n_{\text{пер}},$$

де $\sum nt^{\Phi, K}$ – сумарні вагоно-години простоїв транзитних вагонів з переробкою під обробкою по прибуттю у парках „Ф” або «К»;

$n_{\text{пер}}$ – загальне число у добу вагонів, що прибули у переробку.

Згідно добового плану-графіку загальний час знаходження у парках „Ф” та «К» поїздів, що прибули у розформування складає 1884 хв., а $n_{\text{пер}} = 2230$ ваг./добу (див. розділ 3).

$$t^{\text{пр}} = 53 \cdot 1884 / 2230 = 44,8 \text{ хв.} = 0,75 \text{ год.}$$

Середній час простою вагонів під накопиченням у сортувальному парку визначимо за формулою:

$$t_{\text{нак}} = \sum nt_{\text{нак}} / 60 / (n_{\text{пер}} + n_{\text{зал}}), \quad (8.4)$$

де $\sum nt_{\text{нак}}$ – сумарні вагоно-хвилини простою вагонів під накопиченням, згідно добового плану-графіку, $\sum nt_{\text{нак}} = 714248$ ваг-хв.;

$n_{\text{пер}}$ – число вагонів, що надходять у переробку, $n_{\text{пер}} = 2230$ ваг. за добу (див. розділ 3);

$n_{\text{зал}}$ – залишок вагонів на сортувальних коліях на початок доби, згідно добового плану-графіку, $n_{\text{зал}} = 76$ ваг.

Тоді отримаємо наступне значення:

$$t_{\text{нак}} = 712554 / 60 / (2230 + 76) = 5,16 \text{ год.}$$

Середній час простою вагонів в очікуванні формування составів визначимо за формулою:

$$t_{\text{оч}}^{\Phi} = \sum nt_{\text{оч}}^{\Phi} / n_{\text{пер}}, \quad (8.5)$$

де $\sum nt_{\text{оч}}^{\Phi}$ – сумарні вагоно-години простою вагонів у сортувальному парку в очікуванні формування составів;

$n_{\text{пер}}$ – загальне число перероблених вагонів у добу.

Згідно добового плану-графіку, час знаходження у сортувальному парку „С” вагонів в очікуванні формування составів складає 205 хв.

$$t_{оч}^{\phi} = 53 \cdot 205 / 2230 = 4,8 \text{ хв.} = 0,08 \text{ год.}$$

Середній час закінчення формування составів у сортувальному парку визначимо за формулою:

$$t_{зф} = (N_{од} t_{зф}^{од} + N_{зб} t_{зф}^{зб}) / N_{сф}, \quad (8.6)$$

де $N_{од}$, $N_{зб}$ – кількість сформованих одногрупних та збірних поїздів, відповідно $N_{од} = 40$, $N_{зб} = 4$ (див. розділ 2).

$N_{сф}$ – загальна кількість сформованих за добу поїздів, $N_{сф} = 44$ (див. розділ 2).

Згідно попередніх розрахунків, виконаних у розділі 4, тривалість закінчення формування поїзда становить: $t_{зф}^{од} = 11,2 \text{ хв.}$, $t_{зф}^{зб} = 55,8 \text{ хв.}$

$$t_{зф} = (40 \cdot 11,2 + 4 \cdot 55,8) / 44 = 15,3 \text{ хв.} = 0,25 \text{ год.}$$

Середній час знаходження составів у парку „В” під обробкою по відправленню визначимо за формулою:

$$t^{відпр} = \sum n t^{відпр} / n_{пер}, \quad (8.7)$$

де $\sum n t^{відпр}$ – сумарні вагоно-години простою вагонів у парку „В” під обробкою по відправленню, год.;

$n_{пер}$ – загальне число перероблених вагонів у добу.

Згідно добового плану-графіку час знаходження у парку „В” составів свого формування під обробкою по відправленню складає 2715 хв.

$$t^{відпр} = 53 \cdot 2715 / 2230 = 64,5 \text{ хв.} = 1,07 \text{ год.}$$

Підставивши вже відомі значення у формулу (8.2), отримаємо:

$$t_{тр}^{з/п} = 0,75 + 0,42 + 5,16 + 0,08 + 0,25 + 0,20 + 1,07 = 7,93 \text{ год.}$$

Середньозважена величину простою транзитного вагону визначаємо за формулою:

$$t = (n_{тр}^{б/п} t_{тр}^{б/п} + n_{пер} \cdot t_{тр}^{з/п}) / (n_{тр}^{б/п} + n_{пер}), \quad (8.8)$$

Тоді отримаємо:

$$t = (3180 \cdot 0,97 + 2230 \cdot 7,93) / (3180 + 2230) = 3,85 \text{ год.}$$

Простій місцевого вагону визначаємо за формулою:

$$t_M = t_{пр} + t_{розф} + t_{нак}^{под} + t_{под} + t_{ван} + t_{приб} + t_{сорт}^M + t_{нак} + t_{оч}^ф + t_{зф} + t_{пер} + t^{відпр}, \quad (8.9)$$

де $t_{под}$, $t_{приб}$ – відповідно, середній час на подачу і прибирання місцевих вагонів на вантажні fronti; (прийнято $t_{под} = t_{приб} = 20 \text{ хв.} = 0,33 \text{ год.}$);

$t_{нак}^{под}$ – час накопичення подачі, згідно добового плану-графіку $t_{нак}^{под} = 4,16 \text{ год.}$;

$t_{сорт}^M$ – середній час на розформування місцевої передачі на гірці, $t_{сорт}^M = 1,23 \text{ год}$ (з врахуванням простою під обробкою в парках «Ф» та «К»);

$t_{ван}$ – середній простій місцевих вагонів на вантажних фронтах, год., $t_{ван} = 4,75 \text{ год.}$ (згідно добового плану-графіку).

Тоді отримаємо:

$$t_M = 0,75 + 0,42 + 4,16 + 0,33 + 4,75 + 0,33 + 1,23 + 5,16 + 0,08 + 0,25 + 0,20 + 1,07 = 18,7 \text{ год.}$$

Загальний вагонообіг станції визначаємо за формулою:

$$n_{во} = n_{приб} + n_{відпр}, \quad (8.10)$$

де $n_{приб}$ – число вагонів, що прибули на станцію за добу;

$n_{відпр}$ – число вагонів, відправлених зі станції за добу.

Отримаємо наступне значення:

$$n_{во} = (3180 + 2230) + (3180 + 2230) = 10820 \text{ ваг.}$$

Робочий парк вагонів визначаємо за формулою:

$$n_p = (n_{тр}^{б/п} \cdot t_{тр}^{б/п} + n_{тр}^{з/п} \cdot t_{тр}^{з/п} + n_M \cdot t_M) / 24, \quad (8.11)$$

Тоді отримаємо:

$$n_p = (3180 \cdot 0,97 + 2230 \cdot 7,93 + 13 \cdot 18,7) / 24 = 875 \text{ ваг.}$$

Коефіцієнт завантаження кожного маневрового локомотива визначаємо за формулою:

$$K_{зал} = \frac{\sum t_{зал}}{24 T_{л}} \quad (8.12)$$

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

$T_{\text{тп}}$ - час технологічних перерв (екіпіровка локомотиву, зміна локомотивної бригади), приймаємо рівним 2,0 год.

На сортувальній станції А працює 5 маневрових локомотивів: №№1, 2, 3 – на сортувальній гірці, №4,5 – в хвості сортувального парку „С”. Визначимо завантаженість кожного локомотива.

$$\sum t_{\text{ман}}^1 = 13,8 \text{ год.}, \quad K_1 = 13,8 / (24 - 2,0) = 0,63$$

$$\sum t_{\text{ман}}^2 = 14,2 \text{ год.}, \quad K_2 = 14,2 / (24 - 2,0) = 0,65$$

$$\sum t_{\text{ман}}^3 = 11,1 \text{ год.}; \quad K_3 = 11,1 / (24 - 2,0) = 0,51$$

$$\sum t_{\text{ман}}^4 = 14,1 \text{ год.}; \quad K_4 = 14,1 / (24 - 2,0) = 0,64$$

$$\sum t_{\text{ман}}^5 = 12,3 \text{ год.}; \quad K_5 = 11,9 / (24 - 2,0) = 0,56$$

Таким чином, у даному розділі був побудований добовий план-графік та були визначені наступні показники роботи станції А:

- простій транзитного вагону без переробки, який складає $t_{\text{тр}}^{6/\pi} = 0,97 \text{ год.};$
- простій транзитного вагону з переробкою, який складає $t_{\text{тр}}^{3/\pi} = 7,93 \text{ год.};$
- середньозважена величина простою транзитного вагону, яка складає $t = 3,85 \text{ год.};$
- простій місцевого вагону, який складає $t_{\text{м}} = 18,7 \text{ год.};$
- добовий вагонообіг, який складає $n_{\text{во}} = 10820 \text{ ваг.};$
- робочий парк вагонів, який складає $n_{\text{р}} = 875 \text{ ваг.};$
- коефіцієнти використання маневрових локомотивів, які складають $K_1 = 0,63; K_2 = 0,65; K_3 = 0,51; K_4 = 0,64; K_5 = 0,56.$

9 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПРИ РОЗФОРМУВАННІ СОСТАВІВ НА ГІРЦІ

На станції А розформування составів виконується на гірці середньої потужності. Для забезпечення безпеки руху при розформуванні составів маневри повинні виконуватись відповідно до інструкцій, затверджених начальником залізниці, в яких відображається також порядок користування пристроями автоматизації процесу розформування составів.

В інструкціях по роботі сортувальної гірки станції А передбачено ряд заходів, що виключають можливість виходу вагонів з сортувальних колій в протилежну від сортувальної гірки горловину парку „С” [99]. До таких заходів можна віднести укладання огорожуючих гальмівних башмаків, гальмування відчепів у глибині сортувального парку «С», погодженість дій працівників сортувальної гірки і Сортувального парку і т.п.

Перед розпуском вагонів на сортувальної гірки черговий по гірці зобов'язаний:

а) перевірити рівень вільності колій сортувального парку «С» з боку гірки і наявність проходів на них;

б) ознайомитися з планом майбутнього розпуску, послідовністю розташування відчепів, числом вагонів у кожному відчепі, ходовими якостями відчепів, наявністю вагонів, що вимагають особливої обережності при розпуску, (довга база вагона - відстань між центрами осей внутрішніх колісних пар більш 11,3 м, наявність розрядного вантажу) і інших необхідних даних;

в) встановленим на станції А порядком (по гучномовному зв'язку) забезпечити ознайомлення з характером майбутнього розпуску інших працівників, що беруть участь у сортуванні вагонів (операторів виконавчих постів, складача поїздів, регулювальників швидкості руху вагонів і ін.);

г) включити пристрої автоматизації сортувальної роботи (ГАЦ).

Черговий по гірці, оператори виконавчих постів, складачі поїздів, регулювальники швидкості руху вагонів у процесі розпуску повинні регулювати швидкість насуву і ступінь гальмування вагонів у залежності від заповнення

колій сортувального парку «С», умов проходження відчепів у стрілочній зоні і на підгіркових коліях, довжини відчепів, призначення відчепів по коліях сортувального парку «С» й інші умови.

У процесі розпуску черговий по гірці, оператори виконавчих постів повинні стежити за рухом відчепів, перевіряти правильність їхнього проходження по коліях Сортувального парку «С», контролювати роботу пристроїв автоматизації сортувальної роботи й у залежності від ситуації, що складається, при необхідності коректувати їхню роботу.

При знаходженні на коліях Сортувального парку вагонів з розрядними вантажами і цистерн зі зрідженими газами маневровий диспетчер і черговий по сортувальній гірці зобов'язаний вести точний облік колій, на яких такі вагони знаходяться. Для таких вантажів призначені колії №№ 11 та 12.

У процесі розпуску черговий по гірці, оператор розпорядчого посту, складач гірки за допомогою двостороннього паркового чи іншого видів зв'язку повинен постійно інформувати операторів виконавчих постів, регулювальників швидкості руху вагонів про відчепи, що вимагають особливої обережності (вагони з розрядними вантажами, провідниками, живністю й ін.). Усі працівники станції А, що беруть участь у розпуску при спуску з гірки таких відчепів, а також при розпуску будь-яких відчепів на колію, де знаходяться вагони з вантажами, що вимагають особливої обережності, повинні бути особливо уважними, забезпечувати безпеку розпуску і схоронність рухомого складу. Швидкість насуву, а також силу гальмування на уповільнювачах регулювати з урахуванням створення необхідних інтервалів між відчепами і безумовним дотриманням установлених швидкостей при зіткненні цих вагонів з іншими вагонами.

Порядок інформування працівників про наявність у составі, що розпускається, і на коліях сортувального парку вагонів з вантажами окремих категорій, які вимагають особливої обережності, встановлено в місцевій інструкції чергового по гірці станції А.

Забороняється робити маневри поштовхами і розпускати з гірки:

- 1) вагони, що зайняті людьми, крім вагонів із провідниками (командами), які супроводжують вантажі;
- 2) вагони з вантажами окремих категорій відповідно до Правил перевезень вантажів;
- 3) платформи і піввагони з боковою і нижньою негабаритністю 4-ї, 5-ї, 6-ї ступенів і з верхньою негабаритністю 3-ї ступені, а також навантажені транспортери;
- 4) локомотиви в недіючому стані, моторвагонний рухомий склад, рефрижераторні секції, пасажирські вагони, крани на залізничному ходу;
- 5) вагони і спеціальний рухомий склад, що мають трафарет «З гірки не спускати».

Зазначений рухомий склад може бути пропущений через сортувальну гірку тільки з маневровим локомотивом [95].

Забороняється пропускати через сортувальну гірку: навантажені і порожні транспортери, що мають 12 і більш осей, навантажені транспортери вантажопідйомністю 120 т, при наявності в зчепі однієї чи двох проміжних платформ, а також рухомий склад, що має трафарет «Через гірку не пропускати» [95].

Швидкість розпуску вагонів на сортувальній гірці при різних показаннях гіркового світлофора, а також умови, що забезпечують збереження рухомого складу, встановлені начальником залізниці. Швидкість підходу відчепа до іншого відчепу в Сортувальному парку «С» повинна бути не більш 5 км/год, а для вагонів з вантажами окремих категорій, що вимагають особливої обережності відповідно до Правил перевезень вантажів, а також правилами перевезення небезпечних і розрядних вантажів, - не більш 3 км/год [96].

Перелік вантажів, вагони з якими заборонено спускати із сортувальної гірки, робити маневри чи поштовхами необхідно при спуску дотримувати особливої обережності, встановлюється в Правилах перевезень вантажів. На перевізних документах таких вагонів на станціях навантаження ставиться штампель «З гірки не спускати» чи «Спускати з гірки обережно».

При розпуску із сортувальної гірки 12-и 5-вагонних секцій, а також автономних вагонів з машинним охолодженням, зіткнення їх з вагонами, що знаходяться на коліях Сортувального парку, а також наступних відчепів з ними не допускається. Розпуск зазначених вагонів повинен проводитись під жовтий сигнал гіркового світлофора.

Перед розпуском з гірки вагонів із провідниками (командами), що супроводжують вантаж, а також перед початком маневрів поштовхами, провідники і команди повинні бути попереджені складачами поїздів про майбутні маневри.

При гальмуванні відчепів вагонними уповільнювачами необхідно забезпечити достатні інтервали між відчепами для їх розділу на стрілочних переводах, а також безпечну швидкість при з'єднанні відчепів на сортувальних коліях. Відчепа з порожніми вагонами на уповільнювачах гальмуються таким чином, щоб виключити їх вижимання.

Для забезпечення безпеки руху при скочуванні відчепів з сортувальної гірки в Сортувальному парку «С» чергує 2 регулювальники швидкості вагонів, які виконують гальмування відчепів за допомогою гальмівних башмаків. Кожен регулювальник швидкості руху вагонів у процесі розпуску зобов'язаний стежити за наявністю вагонів на тій чи іншій сортувальній колії і при її заповненні завчасно сповіщати про це старшого регулювальника, чергового по гірці чи складача гірки.

Для забезпечення чіткої і безаварійної роботи регулювальники швидкості руху вагонів зобов'язані:

а) до початку розпуску поїзда знаходитися на коліях, що обслуговуються ними;

б) уважно стежити за повідомленнями і командами, що подаються черговим по гірці, за сигналами, що подаються складачем поїздів чи машиністом локомотива;

в) гальмувати вагони, забезпечуючи найбільш повне використання місткості колії і безпечний підхід відчепів до вагонів, що стоять на коліях Сор-

тувального парку . При розпуску з гірки великих відчепів додаткові гальмові башмаки підкладаються під колісні пари за допомогою башмакоскидувача чи спеціальної вилки;

г) при заїзді на колію локомотива для з'єднання вагонів за вказівкою чергового по гірці витягати з-під вагонів гальмові башмаки;

д) допомагати регулювальникам швидкості руху вагонів, що обслуговують сусідні колії, при інтенсивному проходженні відчепів у райони їхньої роботи.

При гальмуванні вагонів на станційних коліях забороняється встановлювати гальмові башмаки:

а) безпосередньо перед рейковим стиком (1 м і менше) і на рейковому стику (якщо він не зварений);

б) перед хрестовиною стрілочного переводу;

в) на рамну рейку стрілочного переводу, до якої прилягає вістряк;

г) на зовнішню рейку кривої.

Забороняється користуватися несправними гальмовими башмаками (тріснута головка, пожолоблена і вигнута подошва й ін.).

Гальмові башмаки повинні бути пофарбовані (у колір, при якому вони найбільш помітні), мати встановлене клеймо і зберігатися на спеціальних тумбочках на міжколійях і стелажах.

Забороняється осаджування і з'єднання вагонів у сортувальному парку (з боку гірки чи з протилежної сторони шляхів сортувально-відправного парку) без попереднього узгодження з черговим по гірці (укладачем) та іншим працівником протилежного кінця сортувально-відправного парку порядком, установленим технічно-розпорядчим актом станції А.

Перед осаджуванням складач зобов'язаний переконатися у відсутності гальмових башмаків під вагонами, у нормальному положенні розчіпних важелів автозчеплення вагонів і у відсутності перешкод для руху.

Маневри на витяжних коліях проводять, як правило, поштовхами (серійними чи одиночними).

Регулювати розгін складу для поштовху складач зобов'язаний з урахуванням ходових якостей і ваги відчепів, вільності сортувальних колій і атмосферних умов так, щоб оператори постів централізації, чергові стрілочних, постів і регулювальники швидкості руху вагонів мали досить часу для переводу стрілок і укладання гальмових башмаків і щоб швидкості співударяння вагонів не перевищували встановлені.

При порушенні нормального проведення маневрів оператори гіркових постів, чергові стрілочних постів, регулювальники швидкості руху вагонів і інші працівники, що беруть участь у маневрах, повинні негайно довести до відома чергового по сортувальній гірці, подати команду (сигнал) зупинки і вжити заходів до затримки чергового відчепу, що рухається.

ВИСНОВКИ

1. Сортувальні станції є одним з найважливіших елементів транспортної інфраструктури держави. Більше 40% загальної величини обігу вагона складають простої вагонів на технічних, зокрема, сортувальних станціях. За останні 10 років середній простій вагонів на технічних станціях зріс майже удвічі: з 7,2 год у 2011 р. до 13 год. у 2020 р, що призвело до зростання загального обігу вагона за цей період на 40%.

2. Стратегією розвитку залізничного транспорту України передбачено приведення технічного оснащення та технології роботи залізничних, в першу чергу, сортувальних станцій, у відповідність до сучасних умов роботи. При цьому виникає проблема вибору раціонального комплексу заходів, спрямованих на удосконалення конструкції, технічних та технологічних параметрів станцій з урахуванням їх місця та ролі у системі організації вагонопотоків на мережі залізниць України.

3. Ефективним засобом аналізу й оцінки показників функціонування станцій у різних умовах, прогнозування їх техніко-технологічних і економічних параметрів є математичні та імітаційні моделі. Досвід використання імітаційного моделювання свідчить, що воно є потужним інструментом для дослідження та оптимізації параметрів залізничних станцій.

4. Апробація заходів щодо удосконалення роботи сортувальних станцій у магістерському дослідженні виконана на прикладі станції А, що є опорною на залізничному напрямку до чорноморських портів. Для станції А проаналізоване її технічне оснащення та технологія роботи, проаналізовані обсяги роботи за період 2017...2020 р.р., на основі чого спрогнозовані перспективні обсяги роботи, а також виконане технічне нормування тривалості виконання технічних операцій.

5. На основі перевірки техніко-експлуатаційних параметрів сортувальної гірки станції А було визначено, що існуюча висота гірки $H_T=3,318$ м забезпечує докочування розрахункового бігуна. Окрім того, була виконана перевірка подовжнього профілю гірки, яка показала, що на всіх розділових елементах виконується розділення розрахункової групи відчепів. Також була виконана перевірка

наявної потужності гальмівних засобів гірки, яка підтвердила їх достатність. Також було проаналізовано, що за існуючих обсягів перевезень гірка забезпечуватиме нормальний режим роботи.

6. При розрахунку кількості колій було зроблено висновок, що розрахованої кількості колій не достатньо для заданого розміру руху станції А, так як в парку «Ф» не вистачає 3 колії, в парку «К» – 3 колії, а в парку «В» – 4 колії. В цьому зв'язку були розроблені варіанти реконструкції парків, а також обрано три конкурентних варіанти реконструкції парку «В». У результаті техніко-економічних розрахунків було обрано найбільш раціональний варіант реконструкції парку «В», а також визначено загальну вартість реконструкції станції, яка склала 188 млн. грн.

7. Враховуючи значну вартість капітальних витрат на реконструкцію станції, з використанням методів імітаційного моделювання були отримані показники роботи приймально-відправного парку станції при різній кількості колій та різних параметрах системи обслуговування поїздів (кількості бригад ПТО та кількості оглядачів вагонів у бригаді). За результатами моделювання на основі економічних розрахунків визначено найбільш раціональні значення техніко-технологічних параметрів приймально-відправного парку в залежності від обсягів прибуття поїздів.

8. На основі удосконаленої конструкції станції було розроблено технологію її роботи станції по обслуговуванню поїздів та вагонів. Крім того, виконано перевірку завантаженості маневрових локомотивів станції та бригад ПТО в парках. Перевірка показала, що кількість локомотивів та бригад ПТО є достатньою для обслуговування прогнозованого потоку поїздів.

9. Для перевірки працездатності дільничній станції А побудовано добовий план-графік та визначені основні показники роботи станції. На основі графоаналітичного моделювання отримані основні показники функціонування станції: простій транзитного вагону без переробки $0,97 \text{ год.}$, з переробкою $-7,93 \text{ год.}$, добовий вагонообіг склав 10820 вагонів , робочий парк вагонів – 875 вагонів .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державна служба статистики України. Офіційний сайт. Статистична інформація. Транспорт [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Транспорт України-2019. Статистичний збірник – Київ: Держслужба статистики. – 2020. – 115 с.
3. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року (Проект) [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/news/28581.htm>
4. Стратегія АТ «Укрзалізниця» на 2019-2023 роки (затв. Розпор. КМУ №591-р від 12.06.2019) [Ел. ресурс] – Режим доступу: [https://www.uz.gov.ua/files/file/about/documents/Стратегія-5-Турографiя \(укр\).pdf](https://www.uz.gov.ua/files/file/about/documents/Стратегія-5-Турографiя%20(укр).pdf)
5. Довідник основних показників роботи залізниць України (1992-2002). – Київ : Укрзалізниця, 2003. – 40 с.
6. Довідник основних показників роботи регіональних філій АТ «Укрзалізниця» (2003-2018). – Київ : Укрзалізниця, 2019. – 39 с.
7. Вернигора Р. В. Анализ простоев поездов в ожидании поездных локомотивов на сортировочных станциях / Р. В. Вернигора, Л. О. Ельникова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 5/3 (59). – С. 16–19.
8. Вернигора Р.В., Ельникова Л.О. Анализ простоев поездов в ожидании поездных локомотивов на сортировочных станциях // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №5/3 (59). – с. 16-19.
9. Марценюк Л. В. Факторний аналіз обігу вантажних вагонів / Л. В. Марценюк // Проблеми підвищення ефективності інфраструктури. Зб. наук. праць НАУ. – 2012. – Вип. 33. – С. 141–147.
10. Вернигора, Р.В. Аналіз сучасних проблем ефективної взаємодії залізниць та морських портів України / Р.В. Вернигора, О.О. Золотаревська // Зб. наук. праць ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології перевезень”, Вип. 21. – Дніпро: ДНУЗТ, 2021. – с.49-59
11. Березовий М.І. Аналіз технічного забезпечення сортувальних стан-

цій України / М. І. Березовий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Вып. 6/3 (42). – С. 60-66.

12. Малашкін В.В. Аналіз технічного стану приймально-відправних парків сортувальних станцій України / В.В. Малашкін // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Вып 6/3 (54). – С. 55-59.

13. Інструкція з проектування станцій та вузлів на залізницях України. ДСТУ-Н Б В.2.3-15:2013 – Київ: ДНДЦУЗ, – 2013. – 172 с.

14. Яновський П.О. Результати аналізу існуючого стану та пропозиції з перспективи розвитку і розміщення на мережі залізниць сортувальних станцій для забезпечення прогнозних обсягів перевезень до 2020 року / П.О. Яновський, А.А. Акуленко // Залізничний транспорт України. – 2010. – №1. – С. 28-31.

15. Демченко, Є. Б. Підвищення ефективності функціонування сортувальних комплексів станцій в умовах змінної інтенсивності вхідного потоку поїздів: дис. к.т.н. 05.22.20 / Є. Б. Демченко – Дніпро: ДНУЗТ, 2016 – 154 с.

16. Музикіна, Г. І. Скорочення простою вагонів на сортувальних станціях за рахунок підвищення ефективності їх роботи / Г. І. Музикіна, Т. В. Болвановська // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. – К. : ДЕТУТ, 2007. – Вып. 12 : Серія "Транспортні системи і технології". – С. 131-136.

17. Буцько, Т. В. Оцінка технічного рівня й ефективності роботи сортувальних станцій / Т.В. Буцько // Залізничний транспорт України. – 2002. – № 6. – С. 15-17.

18. Чхаидзе, А. В. Сортировочные станции XXI века / А. В. Чхаидзе // Железнодорожный транспорт. – 2000. – № 3. – С. 54-62.

19. Мироненко, В. К. Реорганізація роботи сортувальних станцій та систем підведення вагонопотоків / В. К. Мироненко // Залізничний транспорт України. – 2003. – № 2. – С. 6-7.

20. Берестов, І. В. Аналіз існуючих методів та методик розрахунку сортувальних пристроїв / І. В. Берестов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. – №2. – С. 34-37.

21 . Бобровский, В. И. Анализ эффективности режимов торможения от-

цепов на сортировочных горках / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Н. В. Рогов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лаза-ряна. – 2006. – вип. 11. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2006. – С. 103-111.

22. Нагорный, Е. В. Решение задачи по энергосбережению при торможении отцепов на сортировочных горках / Е. В. Нагорный, А. Я. Шейнин // Залізн. трансп. України. – 1998. – № 1 (4-5). – С. 70-72.

23. Огар, О. М. Науковий підхід до визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок / О. М. Огар // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2009. – № 18. – С. 9-16.

24. Яновський, П. О. Стан сучасної системи забезпечення якості перевізного процесу залізниць / П. О. Яновський // Залізничний транспорт України. – 2013. – №3/4. – С.80-86.

25. Бузанов, С. П. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных устройств: учебное пособие для вузов / С. П. Бузанов, А. М. Карпов, М. А. Рыцарев. – Москва: Транспорт, 1965. – 232 с.

26. Топчієв, М. П. Аналіз конструкції поздовжнього профілю насувної частини сортувальних пристроїв станцій залізниць України / М. П. Топчієв, В. С. Алейник, І. В. Берестов, М. І. Данько, О. М. Огар // Збірник наукових праць / УкрДАЗТ. - Харків, 2004. - Вип. 62. с.67-75.

27. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування. ГБН В.2.3-37472062-1:2012 (затв. наказ Міністерства інфраструктури України від 17.01.2013 №25) – Київ: Міністерство інфраструктури України, 2012 – 116 с

28. Бутько, Т. В. Дослідження впливу конструктивних параметрів поздовжнього профілю насувної частини гірок на витрати палива при розформуванні составів / Т. В. Бутько, О. М. Огар, М. П. Топчієв // Зб. наук. праць, УкрДАЗТ, 2003. – Вип. 53. – С. 13-19.

29. Данько, М. І. Математичне моделювання витрат палива маневровими локомотивами / М. І. Данько, Т. В. Бутько, В. Д. Зонов, М. П. Топчієв // Залізничний транспорт України. – 2004. – № 3. – С. 29-32.

30. До питання розробки методики комплексного розрахунку оптима-

льних конструктивних параметрів сортувальних гірок / І. В. Берестов, О. М. Огар, О. Б. Ахієзер, М. Ю. Куценко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, – 2009. – 2/3 (38). – С. 56 –60.

31. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов расформирования составов на сортировочных горках / В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов // Вісник ДНУЗТ – Дніпроперовськ: ДНУЗТ, – 2010, Вип. 3 – С. 224-229.

32. Оптимальные режимы торможения отцепов на сортировочных горках: Монография / В.И. Бобровский, Д.Н. Козаченко, Н.П. Божко, Н.В. Рогов, Н. И. Березовый, А.В. Кудряшов – Днепропетровск: ДНУЖТ, 2009 – 172 с.

33. Козлов, П. А. Курс - на комплексную автоматизацию сортировочных станций / П. А. Козлов // Автоматика, связь, информатика. – 2001. – № 1. – с. 6-9;

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

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

36 . Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С. Моделирование транспортных систем. – М.: Транспорт, 1972. – 208 с.

37. 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.

38. 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.

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

40. 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

41. 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.

42. 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.

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

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

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

46. Дятлов Н. В. Стохастическая сеть базовых систем обслуживания для моделирования работы участковых станций // Совершенствование управления процессами перевозок на железнодорожном транспорте: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 716. - М.: МИИТ, 1982. - с. 83 - 87.

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

48. Негрей В.Я., Негрей Н.П. Вероятностно-статистический принцип расчета транспортных систем // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Гомель: БелИИЖТ, 1984. - с. 15-23.

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

50. Грунтов П.С. Решение практических задач с помощью моделирования работы станций //Железнодорожный транспорт.–1979 –№1 – с.22–25.

51. Грунтов П.С., Захаров В.А. Прогнозирование работы сортировочных станций методом моделирования на ЭВМ. Гомель. 1981. – 152 с.
52. Козлов И. Т. Пропускная способность транспортных систем. - М.: Транспорт, 1985. - 214 с.
53. 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.
54. Козлов П.А. Универсальная имитационная система транспорта ИСТРА. // Межвуз. сборник «Организация работы транспорта промышленных предприятий». Калинин.: Изд-во КГУ, 1984. - С. 41-53
55. Козлов П.А., Александров А.Э., Фрейберг А.Ю., Пермикин В.Ю., Ковалев И.А. Моделирование железнодорожных станций с помощью системы ИСТРА: УрГУПС. Екатеринбург, 2000. - 41 с
56. Жук Е. Имитационное моделирование работы сортировочной станции при составлении графика движения поездов //Вестник ВНИИЖТа. – 1995 - №3 – с.45-46.
57. Нагорный Е.В., Бутько Т.В. Моделирование технологического процесса обработки вагонов, информации и перевозочных документов экспортно-импортного вагонопотока по прибытию на передаточных пограничных станциях // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізн. тр-ті: Міжвуз. зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 1998. - Вип. 33.- с. 125-129.
58. Мкртычян Д.И., Долбня К.П. Моделирование и оптимизация режима работы сортировочной станции с транзитными вагонами без переработки // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – №6/2 (30) – с. 51-54.
59. Бутько Т.В., Сіконенко Г.М., Рустамов Р.Ш., Оцінка технічного рівня й ефективності роботи сортувальних станцій // Залізничний транспорт України. – 2002. – №6 – с. 15-17.
60. Ломотько Д.В., Кузнецов М.М., Таратушка К.В. Математична модель функціонування пункту комерційного огляду вагонів //Залізничний тра-

нспорт України. – 2006. – №5 – с. 37-38.

61. Тугаст Г.А., Бойко В.А., Помазков М.В. Функциональное описание работы грузовой станции с крупными разгрузочными комплексами // Вест. Приазов. гос. ун-та. Мариуполь: ПГУ. – 2004. – с. 328-331.

62. 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.

63. 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.

64. 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.

65. Нагорний Є.В., Альошинський Є.С. Економіко-математична модель функціонування логістичного ланцюга транспортного комплексу "Сортувальна станція - прилеглі ділянки" // Зб. наук. праць ХарДАЗТ, - Вип. 42. - 2000. - с. 51-57.

66. Луханін М.І., Селецький В.С. Удосконалена модель підсистеми розформування поїздів на сортувальній станції. // Инф.-управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 2000. - №8. - с. 71-74.

67. Bartkevicius S., Bagdonos V. Train traffic simulation with coloured Petri Nets and schedule optimization //Elektron ir elektrotech. – 2005. – №3 – с. 18-23.

68. Paliulis E., Pranevicius R. Modeling of railway nets with coloured Petri Nets // Transport Means 2004: Proceeding of the International Conference, Kaunas, Oct. 28-29, 2004. Kaunas: Technologija. – 2004. – с.39-43.

69. Malavasi G., Ricci S. La modellazione dell'esercizio ferroviario attraverso le Reti di Petri // Ing. Ferrovi. – 2005. – №3 – с.205-219.

70. Панков С.В. Моделирование суточного плана-графика станции на ос-

нове сетей Петри // Вест. инженеров-электромех. ж.д. тр-та СамГАПС – 2003 – №1 – с.194-198.

71. Прохорченко А.В., Прохоров В.М., Постоленко А.Ю. Розроблення моделі формування плану роботи сортувальної станції на основі теорії розкладу // Збірник наук. праць УкрДАЗТ. – 2011. – №120 – с. 38-43.

72. Сукач Е.И. Стенд имитационного моделирования сортировочной станции железнодорожной сети // Проблемы програмування – 2009. – №3 – с.81-89.

73. Рахмангулов А.Н., Мишкурлов П.Н. Особенности построения имитационной модели технологии работы железнодорожной станции в системе Anylogic // Сборник научных трудов SWorld. Матер. междунаучно-практ. конф. «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании – 2012». – Одесса: Куприенко – Вып. 4., Том 2 – 2012. – с. 7-13.

74. Ходаківський О. М. Дослідження роботи південної та північної сортувальних систем станції Основа на основі сучасних програмних засобів / О. М. Ходаківський, Д. В. Шумик, С. Д. Бронза, К. С. Кирпиченко // Інформаційно-керуючі системи на транспорті. – 2010. – № 5/6. – С. 18–23.

75. Запара Я. В. Імітаційна модель технології роботи залізничного вузла / Я. В. Запара, Є. В. Запара // Інформаційно-керуючі системи на транспорті. – 2012. – № 2. – С. 79–86.

76. Інтелектуальні транспортні системи в Україні / А. Р. Гайков, О. П. Євсєєва, О. В. Баранов, В. Ю. Баранов // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – 2014. – № 9 (1052). – С. 106–112.

77. Уманский В. И. Общие принципы интеллектуализации станционных систем управления / В. И. Уманский, С. И. Долганюк // Вестник ВНИИЖТ. – 2012. – № 6. – С. 8–12.

78. Лаврухин А. В. Формирование интеллектуальной модели функционирования железнодорожной станции при выполнении поездной работы / А. В.

Лаврухин //Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. – 2015. – № 1 (55).– С. 43–53.

79. Функциональное моделирование работы железнодорожных станций : монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин; Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепропетровск, 2015. – 244 с.

80. Технологічний процес роботи станції Знам'янка Одеської залізниці / затв.: наказ начальника Одеської залізниці від 15.05.2009, № 448. – Одеса: Одеська залізниця – 2009. – 245 с.

81. Техніко-розпорядчий акт станції Знам'янка Одеської залізниці / затв.: наказ начальника служби перевезень Одеської залізниці від 23.04.2008, № 134. – Одеса: Одеська залізниця – 2008. – 124 с.

82. Шторм, Р. Теория вероятностей, математическая статистика, статистический контроль качества /Р. Шторм – Москва: Мир, 1970. – 368 с

83. Правила тяговых расчетов для поездной работы – Москва: Транспорт, 1981 – 253 с.

84. Залізничні станції та вузли: проектування дільничних станцій: Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування / В.І. Бобровський, Р.В. Вернигора, В.В. Журавель, Г.Я. Мозолевиц. – Дніпропетровськ.: ДНУЗТ. – 2009. – 36с.

85. Сотников, И.Б. Эксплуатация железных дорог в примерах и задачах / И. Б. Сотников – Москва: Транспорт, 1990 – 232с.

86. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті – К.: Укрзалізниця, 2002. – 64 с.

87. Проектирование железнодорожных станций и узлов. Справочное и методическое руководство / под. ред. А.М. Козлова.–М.: Транспорт, 1980.–592 с.

88. Журавель, В.В. Методичні вказівки для виконання контрольних робіт на тему: «Визначення доцільного варіанта розв'язки залізничних колій» / В.В. Журавель, М.П. Божко – Д.: ДНУЗТ, 2010. – 36 с.

89. Муха Ю.О. Методичні вказівки до виконання техніко-економічної

оцінки спорудження проміжної станції. / Муха Ю.О., Мазуренко О.О. –Д.: ДНУЗТ – 2000. – 29 с.

90. Єрмошенко, М.М. Аналіз і оцінка інвестиційних проектів. Навч. посібник / М. М. Єрмошенко – К.: Національна академія управління, 2004. – 155 с.

91. Бобровський В.І., Козаченко Д.М., Вернигора Р. В. Базова модель колійного розвитку в імітаційних моделях залізничних станцій. //Зб. наук. праць УкрДАЗТ: Серія „Удосконалення вантажної і комерційної роботи на залізницях України”, Вип. 62. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – с. 20-25.

92. Венцель, Е.С. Исследование операций /Е.С. Венцель – М.: Советское радио. - 1972. – 552 с.

93. Основи дослідження операцій: приклади та задачі. Навчальний посібник для ВНЗ/ уклад.: Вернигора Р.В., Козаченко Д.М., Малашкін В.В; ДНУЗТ – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2015. – 277 с.

94. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи сортувальної станції /затв. наказом Укрзалізниці від 12.12.2009 №715 – К., 2009 – 162 с.

95. Правила технічної експлуатації залізниць України / затв. наказом Мінтрансв'язку України від 20.12.1996 №411 (із змінами від 10.12.2003 №962) – К.: МТУ, 2003. – 224 с.

96. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України (ЦД-0058) / затв. наказом Мінтрансв'язку України від 31.08.2005 №507 (із змінами від 11.08.2010 №584) – К.: МТУ, 2005. – 466 с.

97. Эксплуатационная работа станций и отделений. Учебное пособие / под ред. Э. З. Бройтмана, – М.: Транспорт, 1988. – 64 с.

98. Інструкція з ведення графіка виконаного руху поїздів на залізницях і дирекціях залізничних перевезень / затв. наказом Мінтрансв'язку України від 17.12.2008 №544-Ц – К.: МТУ, 2008. – 46 с.

99. Інструкція з організації роботи сортувальної гірки станції Знамянка Одеської залізниці: затв. начальником Знамянської дирекції залізничних перевезень, нак. №435 від 19.10.2006 – Знамянка – 46 с.

ДОДАТОК А

ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

А.1 Дані про показники роботи станції А

Дані про зміну обсягів та основних показників роботи станції А в період 2017-2020 р.р. наведено в табл. А.1.

Таблиця А.1 – Динаміка зміни основних показників роботи станції А за період 2017-2020.р.

Показник	Роки			
	2017	2018	2019	2020
Поїздопотік				
Загальний	41964	45045	49158	52786
Пасажирський	17856	18365	18947	19211
Вантажний транзитний	14366	15784	17968	19678
В розформування	9742	10896	12243	13897
Вагонопотік				
Загальний	1263185	1398187	1570546	1744540
Транзитний без переробки	734102	822977	931461	1010938
Транзитний з переробкою	525093	571081	634950	729346
Місцевий	3989	4128	4135	4256
Простій вагонів				
Транзитний без переробки, год	1013062	1267386	1583484	1839906
Транзитний з переробкою, год	5303447	5253947	6095521	7366395
Місцевий, год	57043	56966	57601	60010

Дані про середньодобові обсяги надходження вагонів на різні призначення по плану формування станції А наведено в табл. А.2.

Таблиця А.2 – Середньодобове надходження вагонів по призначенням плану формування поїздів

Призначення плану формування																	
Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Л7	Ч1	Ч2	Ч3	Ч4	Ч5	Ч6	М1	М2	М3	М4	Місц
189	136	118	115	110	105	77	227	129	168	113	71	110	166	147	134	94	21

А.2 Характеристика вантажного руху на ділянках

- 1) тип локомотива – ВЛ80;
- 2) крутизна розрахункового керівного підйому 10,5⁰/‰;

- 3) навантаження на вісь, – 19 *т/вісь*;
- 4) частка чотиривісних вагонів в складі поїзда – 0,95; частка восьмивісних вагонів в складі – 0,05

А.3 Дані до нормування тривалості технологічних операцій

- 1) час на приготування маршруту – 0,15 *хв*;
- 2) довжина першої та другої блок-ділянки – відповідно, 1100 *м* та 1300 *м*;
- 3) довжина пасажирського поїзда – 500 *м*;
- 4) швидкість руху по блок-ділянці – 60 *км/год*;
- 5) швидкість руху по станції – 40 *км/год*;
- 6) швидкість відправлення поїзда – 35 *км/год*;
- 7) середня довжина вантажного вагона – 15 *м*;
- 8) тривалість зайняття горловини при подачі-прибиранні локомотивів (для передпроектних розрахунків) – 3 *хв*;
- 9) час на технологічні перерви у роботі сортувальної гірки – 120 *хв*;
- 10) коефіцієнт ворожих маршрутів при розформуванні составів – 0,97;
- 11) час на технологічні перерви у роботі маневрових локомотивів – 120 *хв*.
- 12) середня кількість призначень у збірному поїзді – 5.

А.4 Дані метеорологічних спостережень

Дані метеорологічних спостережень на сортувальній гірці наведені в табл. А.3.

Таблиця А.3 - Дані метеорологічних спостережень

Параметри вітру	Розрахункова температура повітря -32°C, азимут напрямку розпуску 100°							
	північ	півн-схід	схід	півд-схід	південь	півд-захід	захід	півн-захід
Швидкість, м/с	2,1	4,3	5,6	3,7	2,5	3,2	4,8	3,6
Повторюваність	0,12	0,15	0,25	0,11	0,14	0,08	0,05	0,10

ДОДАТОК Б
РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ Т ПАРКУ «Ф»

Таблиця Б.1. – Результати моделювання роботи транзитного парку при $m=4$

N поїздів	S _{доп} =1						S _{доп} =2					
	K _{доп} =2		K _{доп} =3		K _{доп} =4		K _{доп} =2		K _{доп} =3		K _{доп} =4	
	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}
20	66	0	53,3	0	47,7	0	62,8	0	52,9	0	47,9	0
30	66,3	0,5	54	0	48,7	0	61	0,3	51,9	0	47,9	0
40	83	6,2	54,3	0,2	48,7	0,1	63,8	0,7	52,1	0,3	48,5	0,1
50	144,7	57,6	58,5	0,8	49,7	0,4	63,7	1,8	52,4	0,3	49	0,2
60	268,5	126,3	98,4	22,3	51,6	0,5	68,2	6,3	58,2	2,2	52,3	0,4
70	333,5	163,9	140	59,8	71,4	12,6	99	34,6	68,5	8,5	58,4	5,2
80	380,5	171,8	215,6	111,4	81,3	25,7	164,2	89,8	82,4	16,1	71,3	10,4

Таблиця Б.2. – Результати моделювання роботи транзитного парку при $m=5$

N поїздів	S _{доп} =1						S _{доп} =2					
	K _{доп} =2		K _{доп} =3		K _{доп} =4		K _{доп} =2		K _{доп} =3		K _{доп} =4	
	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}
20	66,0	0,0	53,3	0,0	47,9	0,0	59,2	0,0	52,9	0,0	47,9	0,0
30	66,3	0,0	54,0	0,0	48,9	0,0	61,3	0,0	53,8	0,0	47,9	0,0
40	83,0	0,7	54,3	0,0	50	0,0	62,9	0,0	55,0	0,0	47,9	0,0
50	144,7	33,2	58,5	0,0	50,7	0,0	64,5	0,1	56,1	0,0	48,2	0,0
60	268,5	132,4	64,0	0,2	51,6	0,0	67,0	0,2	57,3	0,0	49,0	0,0
70	333,5	160,7	140,0	51,2	57,1	0,4	71,0	0,9	58,5	0,0	49,6	0,0
80	380,2	168,4	215,6	110,3	87,3	17,2	78,0	5,6	60	0,0	50,1	0,0

Таблиця Б.3 – Результати моделювання роботи транзитного парку при $m=6$

N поїздів	S _{доп} =1						S _{доп} =2					
	K _{доп} =2		K _{доп} =3		K _{доп} =4		K _{доп} =2		K _{доп} =3		K _{доп} =4	
	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}	T _{п, хв}
20	66,0	0,0	53,3	0,0	47,9	0,0	61,0	0,0	51,0	0,0	47,5	0,0
30	66,3	0,0	54,0	0,0	48,9	0,0	61,3	0,0	51,5	0,0	47,9	0,0
40	82,9	0,0	54,3	0,0	50,2	0,0	62,9	0,0	51,9	0,0	47,9	0,0
50	157,7	26,1	58,5	0,0	49,7	0,0	63	0,0	52,3	0,0	48,0	0,0
60	231,6	88,5	65,1	0,0	51,6	0,0	63,5	0,0	52,3	0,0	48,2	0,0
70	303,6	132,7	106,5	10,3	56,0	0,0	64,0	0,0	52,9	0,0	48,2	0,0
80	361,9	152,7	191,1	80,0	69,8	0,0	69,1	0,0	53,2	0,0	48,5	0,0

ДОДАТОК В
ВИХІДНІ ДАНІ ДО ПОБУДОВИ ДОБОВОГО-ПЛАНУ
ГРАФІКА РОБОТИ СТАНЦІЇ

Розклад прибуття поїздів з напрямку Л, а також розкладання вантажних поїздів, що надійшли у розформування з цього напрямку, наведено на рис. В.1.

1	0год 16хв.	- П(Ч)	2	0год 37хв.	- П(М)	3	0год 55хв.	- Р
4	1год 11хв.	- П(Ч)	5	1год 27хв.	- П(М)	6	1год 46хв.	- П(Ч)
7	2год 16хв.	- Р	8	2год 33хв.	- Т(Ч)	9	2год 51хв.	- Р
10	3год 22хв.	- Т(Ч)	11	3год 39хв.	- П(М)	12	3год 57хв.	- Т(Ч)
13	4год 14хв.	- Т(М)	14	4год 32хв.	- Р	15	4год 53хв.	- П(М)
16	5год 12хв.	- Р	17	5год 36хв.	- Т(Ч)	18	5год 56хв.	- Р
19	6год 13хв.	- П(Ч)	20	6год 40хв.	- Т(М)	21	7год 12хв.	- П(Ч)
22	7год 32хв.	- Р	23	7год 48хв.	- Т(М)	24	8год 5хв.	- Р
25	8год 23хв.	- Р	26	8год 40хв.	- Р	27	9год 4хв.	- Р
28	9год 21хв.	- П(Ч)	29	9год 38хв.	- П(Ч)	30	9год 59хв.	- Р
31	10год 33хв.	- П(М)	32	10год 52хв.	- П(Ч)	33	11год 19хв.	- П(Ч)
34	11год 48хв.	- Р	35	12год 4хв.	- П(Ч)	36	12год 23хв.	- Р
37	12год 46хв.	- П(Ч)	38	13год 6хв.	- П(М)	39	13год 27хв.	- П(Ч)
40	13год 49хв.	- П(Ч)	41	14год 11хв.	- Т(Ч)	42	14год 35хв.	- П(М)
43	14год 54хв.	- П(Ч)	44	15год 12хв.	- Р	45	15год 28хв.	- Т(Ч)
46	15год 44хв.	- Т(Ч)	47	16год 6хв.	- Т(Ч)	48	16год 21хв.	- П(М)
49	16год 46хв.	- Т(Ч)	50	17год 7хв.	- Т(Ч)	51	17год 32хв.	- П(Ч)
52	17год 50хв.	- Т(Ч)	53	18год 8хв.	- Т(М)	54	18год 24хв.	- Т(Ч)
55	18год 49хв.	- П(Ч)	56	19год 15хв.	- П(М)	57	19год 32хв.	- Т(Ч)
58	19год 50хв.	- Р	59	20год 23хв.	- Т(Ч)	60	20год 50хв.	- П(М)
61	21год 12хв.	- Т(Ч)	62	21год 32хв.	- Р	63	21год 48хв.	- Т(Ч)
64	22год 15хв.	- Т(М)	65	22год 34хв.	- Т(Ч)	66	22год 54хв.	- Т(М)
67	23год 15хв.	- Т(М)	68	23год 38хв.	- Т(Ч)	69	23год 59хв.	- П(Ч)

П Р И З Н А Ч Е Н Н Я

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	:	М	І
-	-	-	-	-	-	-	16	6	13	-	3	-	10	-	-	5	-	:	53	1
-	-	-	-	-	-	-	19	-	12	-	-	-	-	11	6	5	-	:	53	2
-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	14	-	9	-	6	5	3	2	:	53	3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-	10	-	-	-	17	-	-	:	53	4
-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	11	4	11	8	-	6	4	-	:	53	5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	12	15	5	5	3	3	:	53	6
-	-	-	-	-	-	-	12	6	-	4	1	3	1	-	1	2	-	:	30	7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	6	2	7	6	-	-	2	2	:	30	8
-	-	-	-	-	-	-	4	13	-	4	2	5	12	7	4	1	1	:	53	9
-	-	-	-	-	-	-	25	-	8	9	-	5	-	-	6	-	-	:	53	10
-	-	-	-	-	-	-	-	13	10	6	-	5	10	-	5	4	-	:	53	11
-	-	-	-	-	-	-	20	10	5	3	-	3	-	7	3	2	-	:	53	12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	19	22	5	-	-	:	53	13
-	-	-	-	-	-	-	20	-	4	5	5	-	9	6	2	2	-	:	53	14
-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	8	-	-	11	-	2	5	-	:	53	15
-	-	-	-	-	-	-	13	-	10	4	-	5	4	17	-	-	-	:	53	16
-	-	-	-	-	-	-	-	30	6	1	8	-	-	4	-	4	-	:	53	17

Рисунок В.1 – Розклад прибуття поїздів з напрямку Л

Розклад прибуття поїздів з напрямку Ч, а також розкладання вантажних поїздів, що надійшли у розформування з цього напрямку, наведено на рис. В.2.

1	0год 36хв.	- Р	2	0год 57хв.	- Р	3	1год 20хв.	- П (Л)
4	1год 37хв.	- Т (Л)	5	2год 05хв.	- Т (Л)	6	2год 32хв.	- П (Л)
7	2год 55хв.	- Т (М)	8	3год 33хв.	- П (Л)	9	3год 50хв.	- П (Л)
10	4год 13хв.	- Т (Л)	11	4год 51хв.	- Т (Л)	12	5год 26хв.	- Т (Л)
13	5год 15хв.	- Р	14	6год 25хв.	- Р	15	6год 57хв.	- Т (Л)
16	7год 24хв.	- Р	17	7год 43хв.	- Р	18	8год 09хв.	- Т (Л)
19	8год 25хв.	- Т (Л)	20	8год 51хв.	- Т (Л)	21	9год 22хв.	- Р
22	9год 48хв.	- П (Л)	23	10год 10хв.	- П (Л)	24	10год 43хв.	- Т (Л)
25	11год 02хв.	- П (Л)	26	11год 37хв.	- П (Л)	27	12год 06хв.	- П (Л)
28	12год 32хв.	- Т (Л)	29	12год 55хв.	- Р	30	13год 12хв.	- Р
31	13год 40хв.	- П (Л)	32	14год 00хв.	- П (Л)	33	14год 30хв.	- П (Л)
34	14год 49хв.	- Т (Л)	35	15год 22хв.	- Т (М)	36	15год 42хв.	- П (Л)
37	16год 02хв.	- Т (Л)	38	16год 18хв.	- П (Л)	39	16год 38хв.	- Р
40	17год 00хв.	- Т (Л)	41	17год 22хв.	- Р	42	17год 38хв.	- П (Л)
43	18год 01хв.	- П (Л)	44	18год 35хв.	- Р	45	19год 23хв.	- Т (Л)
46	19год 52хв.	- Р	47	20год 08хв.	- Т (Л)	48	20год 28хв.	- П (Л)
49	20год 56хв.	- П (Л)	50	21год 22хв.	- Р	51	21год 37хв.	- Т (Л)
52	21год 59хв.	- П (Л)	53	22год 19хв.	- Р	54	22год 39хв.	- Т (Л)
55	23год 20хв.	- Т (Л)	56	23год 35хв.	- Т (Л)	57	24год 00хв.	- Т (Л)

																		П Р И З Н А Ч Е Н Н Я			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	:	М	І	
9	12	10	-	-	9	7	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	:	53	1	
-	-	14	-	9	11	7	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	2	:	53	2	
-	10	7	10	-	5	4	-	-	-	-	-	-	7	-	5	5	-	:	53	3	
14	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	9	7	9	7	-	:	53	4	
-	6	-	8	7	7	3	-	-	-	-	-	-	6	8	3	5	-	:	53	5	
18	-	-	6	10	-	-	-	-	-	-	-	-	7	9	-	-	3	:	53	6	
18	7	7	-	6	5	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	6	-	:	53	7	
-	10	3	9	5	4	3	-	-	-	-	-	-	4	2	7	6	-	:	53	8	
14	7	8	8	2	-	2	-	-	-	-	-	-	3	4	3	1	1	:	53	9	
12	4	13	-	5	2	4	-	-	-	-	-	-	3	2	3	5	-	:	53	10	
6	14	10	9	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	:	52	11	
13	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	17	8	7	1	:	53	12	
8	-	12	-	-	12	2	-	-	-	-	-	-	8	6	-	5	-	:	53	13	
1	18	-	-	9	15	1	-	-	-	-	-	-	7	-	-	2	-	:	53	14	
2	-	6	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	13	-	-	:	53	15	

Рисунок В.2 – Розклад прибуття поїздів з напрямку Ч

Розклад прибуття поїздів з напрямку М, а також розкладання вантажних поїздів, що надійшли у розформування з цього напрямку, наведено на рис. В.3.

1	0год	36хв.	-	П(Л)	2	1год	10хв.	-	П(Л)	3	1год	47хв.	-	Т(Л)
4	2год	15хв.	-	Р	5	2год	42хв.	-	Т(Л)	6	4год	06хв.	-	Т(Л)
7	4год	59хв.	-	Р	8	5год	17хв.	-	Т(Л)	9	5год	47хв.	-	П(Л)
10	6год	24хв.	-	Р	11	8год	19хв.	-	Р	12	8год	52хв.	-	Р
13	9год	41хв.	-	П(Л)	14	10год	13хв.	-	Р	15	11год	08хв.	-	Т(Л)
16	11год	31хв.	-	Т(Л)	17	10год	59хв.	-	П(Л)	18	12год	34хв.	-	П(Л)
19	13год	45хв.	-	Т(Ч)	20	12год	04хв.	-	Т(Ч)	21	15год	08хв.	-	Р
22	15год	42хв.	-	Т(Л)	23	14год	21хв.	-	Р	24	18год	28хв.	-	Т(Л)
25	18год	54хв.	-	Т(Л)	26	17год	16хв.	-	Р	27	19год	36хв.	-	Т(Л)
28	20год	03хв.	-	Р	29	19год	20хв.	-	Р	30	21год	15хв.	-	П(Л)
31	23год	46хв.	-	П(Л)										

П Р И З Н А Ч Е Н Н Я																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	:	М	І
13	12	8	-	-	-	4	-	-	10	6	-	-	-	-	-	-	-	:	53	1
17	-	-	-	-	-	-	-	8	-	9	10	9	-	-	-	-	-	:	53	2
-	11	-	-	-	-	-	11	-	-	9	8	10	-	-	-	-	4	:	53	3
-	8	-	-	17	-	6	-	4	14	-	4	-	-	-	-	-	-	:	53	4
12	5	4	7	7	-	2	7	-	-	3	-	5	-	-	-	-	1	:	53	5
12	5	5	9	-	11	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	1	:	53	6
-	-	5	6	15	-	-	12	9	-	-	6	-	-	-	-	-	-	:	53	7
6	3	1	4	4	9	-	10	4	9	1	-	2	-	-	-	-	-	:	53	8
8	4	3	7	-	6	5	-	3	9	3	5	-	-	-	-	-	-	:	53	9
3	-	2	2	5	9	2	1	4	15	7	1	2	-	-	-	-	-	:	53	10
2	-	-	3	4	-	4	13	-	-	-	2	10	-	-	-	-	-	:	38	11

Рисунок В.3 – Розклад прибуття поїздів з напрямку М

ДОДАТОК Г

ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

№ п/п	Назва матеріалу ДП, що надано до захисту	Аркушів	Характеристика матеріалу	Формат листа
1	Удосконалення техніко-технологічних параметрів сортувальних станцій у зв'язку з перерозподілом вагонопотоків на залізничних напрямках	152	Пояснювальна записка	A4
2	Масштабний план станції	1	Креслення	A3 x 12
3	План та профіль сортувальної гірки; графіки швидкості та часу скочування відчепів	1	Креслення	A1
4	Варіанти реконструкції колійного розвитку станції	1	Креслення	A3 x 5
5	Добовий план графік роботи станції	1	Креслення	A1
6	Демонстраційні матеріали у вигляді презентації PowerPoint	12	Слайди	-