

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

---

Кафедра «Транспортні вузли»

«ДО ЗАХИСТУ»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ М. І. Березовий  
2020 р. \_\_\_\_\_ «\_\_\_»

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 275 «Транспортні технології (за видами)»

Спеціалізація: 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

Тема: **ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ Л У ЗВ'ЯЗКУ ЗІ  
ЗБІЛЬШЕННЯМ МІСЦЕВОГО ВАГОНОПОТОКУ**

Theme: **WORK ORGANIZATION OF THE SORTING STATION L IN  
CONNECTION WITH INCREASE OF A LOCAL WAGON FLOW**

Керівник дипломної роботи	<u>доцент</u>	_____	<u>А. В. Кудряшов</u>
Нормоконтролер	<u>доцент</u>	_____	<u>М. І. Березовий</u>
Студент групи	<u>У31926</u>	_____	<u>О. І. Грушак</u>
Student			<u>Hrushchak Olha</u>

Дніпро  
2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Факультет Управління процесами перевезень

Кафедра «Транспортні вузли»

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

Спеціалізація 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ / М. І. Березовий /  
(підпис)

2020 р. \_\_\_\_\_ «\_\_\_\_»

**ЗАВДАННЯ**

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

отримав студент групи У31926 Грущак Ольга Ігорівна  
(номер групи) (ПІБ)

1 Тема дипломного проекту (роботи): Організація роботи сортувальної станції Л  
у зв'язку зі збільшенням місцевого вагонопотоку

затверджена наказом по університету від « 02 » 03 2020 р. № 130ст

2 Термін подання студентом закінченого проекту (роботи): « 10 » грудня 2020 р.

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

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки):  
(див. календарний план)

5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу):

1. План станції Л

2. Діаграма вагоно- та поїздопотоків станції Л

3. Приклади формування багатогрупних составів різними методами

4. Результати моделювання процесу формування багатогрупних составів на витяжних коліях

5. Технологічні графіки обробки поїздів різних категорій

6. Взаємодія елементів станції

7. Добовий план-графік роботи сортувальної станції Л

8. Показники добового плану-графіку

6 Розділи та консультанти:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Назва розділу дипломної роботи	Термін виконання	Кількість аркушів	Обсяг розділу, %
1. Напрямки підвищення якості роботи сортувальних станцій	строк 1	—	15
2. Техніко-експлуатаційна характеристика об'єкту дослідження	строк 1	1	12
3. Визначення обсягів роботи станції	строк 1	1	9
4. Розрахунок норм часу на виконання технологічних операцій	строк 2	—	10
5. Удосконалення експлуатаційної роботи станції по формуванню багатогрупних составів	строк 2	2	16
6. Організація експлуатаційної роботи станції та аналіз умов взаємодії її елементів	строк 2	2	11
7. Графічне моделювання роботи станції та визначення показників її функціонування	строк 3	2	12
8. Техніко-економічна оцінка удосконалення організації місцевої роботи	строк 3	—	6
9. Екологічна безпека та організація охорони праці на станції	строк 3	—	9
Всього		8	100

Дата видачі завдання: « 05 » вересня 2020 р.

Керівник дипломного проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ Кудряшов А. В.  
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ Грущак О. І.  
(підпис) (ПІБ)

## **РЕФЕРАТ**

Дипломна робота на тему «Організація роботи сортувальної станції Л у зв'язку зі збільшенням місцевого вагонопотоку » складається зі вступу, 9 розділів, висновку та 5 додатків. Повний обсяг проекту – 123 сторінки; з них основний текст на 103 сторінках містить та список використаних джерел із 60 найменувань і додатки – 20 сторінок.

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

Метою роботи є підвищення ефективності роботи сортувальної станції у залізничному вузлі.

В дипломній роботі визначені обсяги переробки вагонів різної категорії на сортувальній станції, виконано аналіз недоліків її технології, перевірено відповідність колійного розвитку визначеним обсягам роботи, детально розроблено варіанти формування багатогрупних составів, виконано їх порівняння, розглянуті питання охорони праці та екології.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ, ПЛАН КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ, ОПТИМІЗАЦІЯ, БАГАТОГРУПНИЙ СОСТАВ, ПЕРЕДАТОЧНИЙ ПОЇЗД, ПОКАЗНИКИ РОБОТИ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНА РОБОТА.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ ..7	
ВСТУП.....8	
1 НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ.....9	
1.1 Напрямки скорочення тривалості простою вагонів на станції.....10	
1.2 Шляхи збільшення переробної спроможності сортувальної гірки та зниження витрат на маневрові операції .....13	
1.3 Удосконалення конструкції плану та профілю сортувальних гірок .....15	
1.4 Вибір черговості розпуску составів з метою прискорення поїздоутворення на сортувальних станціях .....19	
1.5 Постановка задачі дипломної роботи.....24	
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ .....26	
2.1 Технічна характеристика станції .....26	
2.2 Експлуатаційна характеристика станції .....29	
3 ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ .....31	
3.1 Розрахункові обсяги роботи сортувальної станції.....31	
3.2 Розрахунок маси вантажного поїзда .....31	
3.3 Розрахунок необхідної корисної довжини колій .....34	
3.4 Розрахунок вагоно- та поїздопотоків станції Л ..... 35	
3.5 Визначення потрібної пропускної спроможності прилеглих ділянок..... 36	
4 РОЗРАХУНОК НОРМ ЧАСУ НА ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ.....38	
4.1 Розрахунок тривалості виконання технологічних операцій з поїздом що прибув у розформування.....38	

					0042.196406.ДП.2020.000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Організація роботи сортувальної станції Л у зв'язку зі збільшенням місцевого вагонопотоку	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Грушак					Н	4	
Керівн.	Кудряшов					ДНУЗТ		
Н. контр.	Березовий							

4.2 Розрахунок тривалості виконання технологічних операцій в сортувальному парку.....	44
4.3 Розрахунок тривалості виконання технологічних операцій з поїздом свого формування.....	46
4.4 Розрахунок тривалості виконання технологічних операцій з транзитним поїздом.....	49
5 УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТАНЦІЇ ПО ФОРМУВАННЮ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ.....	50
5.1 Методи формування составів.....	51
5.2 Методика розрахунку тривалості формування .....	55
5.3 Дослідження тривалості формування багатогрупних составів за допомогою імітаційної моделі.....	57
6 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТАНЦІЇ ТА АНАЛІЗ УМОВ ВЗАЄМОДІЇ ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ .....	62
6.1 Технологія обробки поїздів, які поступили в розформування .....	62
6.2 Технологія обробки поїздів свого формування .....	66
6.3 Технологія обробки транзитних поїздів .....	70
6.4 Перевірка умов взаємодії підходів та елементів станції між собою.....	72
7 ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СТАНЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЇЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ.....	77
7.1 Призначення добового плану-графіка .....	77
7.2 Розрахунок показників функціонування станції.....	78
7.3 Визначення тривалості формування передавальних поїздів .....	85
8 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЦЕВОЇ РОБОТИ.....	88
8.1 Економічний ефект від скорочення простою вагону на станції Л.....	90
8.2 Економія експлуатаційних витрат.....	92
8.3 Економія від зменшення робочого парку вагонів.....	93

9 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА СТАНЦІЇ .....	95
9.1 Основні напрямки впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище .....	95
9.2 Робота Укрзалізниці над зменшенням негативного впливу залізничного транспорту на природне довкілля .....	98
9.3 Організаційні заходи по забезпеченню охорони праці на сортувальній станції .....	100
ВИСНОВКИ .....	103
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	104
ДОДАТОК А ВИХІДНА ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ .....	111
ДОДАТОК Б РОЗКЛАД ПРИБУТТЯ ПОЇЗДІВ НА СТАНЦІЮ Л.....	112
ДОДАТОК В РОЗПОДІЛ ВАГОНІВ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМИ ПЛАНУ ФОРМУВАННЯ .....	114
ДОДАТОК Г ЕТАПИ СОРТУВАННЯ ПЕРЕДАТОЧНИХ ПОЇЗДІВ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ.....	116
ДОДАТОК Д ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	123

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

ГАЦ – гіркова автоматична централізація стрілок та сигналів;  
ГСП – гірка середньої потужності;  
ГП – гальмівна позиція;  
ДНЦ – поїзний диспетчер;  
ДСП – черговий по станції;  
ДСПГ – черговий по гірці;  
ДСПП – черговий по парку;  
ДСЦ – маневровий диспетчер;  
ЕЦ – електрична централізація;  
КОМ – комбінаторний метод;  
ЛМК – логічний номер колії;  
МРН – метод рівномірного наростання;  
МРЦ – маршрутно-релейна централізація;  
НПАОП – нормативно-правові акти з охорони праці;  
ПГП – паркова гальмівна позиція;  
ПТЕ – правила технічної експлуатації;  
ПКО – пункт комерційного огляду вагонів;  
ПТО – пункт технічного обслуговування вагонів;  
ПК – під'їзна колія;  
РНЗ – парковий вагонний уповільнювач;  
РОМ – розподільчий метод;  
СТЦ – станційний технологічний центр;  
СУОП – система управління охороною праці;  
СЦБ – засоби зв'язку, сигналізації, централізації і блокування;  
ТГНЛ – телеграма натурний лист;  
ТРА – техніко-розпорядчий акт;



## ВСТУП

Сортувальні станції призначені для масового сортування вагонів составів прибуваючих поїздів по призначеннях і формування нових составів відповідно до плану формування поїздів. Також на них виконують операції з транзитними вантажними поїздами, ремонт і екіпірування локомотивів, ремонт і технічне обслуговування вагонів, сортування транзитних дрібних відправок і контейнерів.

Сортувальні станції розташовуються в районах масового навантаження і розвантаження вантажів, а також у залізничних вузлах, де відбувається значна кореспонденція вагонопотоків між збіжними лініями і переформовується велике число поїздів.

Розміщення сортувальних станцій повинно забезпечувати:

- оптимальну схему організації вагонопотоків;
- економічний розподіл сортувальної роботи між окремими вузлами з максимальною концентрацією її на станціях, що мають потужне технічне оснащення, механізацію і автоматизацію сортувального процесу;
- оптимальний режим організації місцевої роботи.

Сортувальні станції розміщені на мережі залізниць нерівномірно. Це пояснюється тим, що в залежності від сформованого розміщення промислових центрів і великих міст залізниця в різних районах різняться по густоті мережі, характеру і розмірам вагонопотоків .

Сортувальні станції є головними опорними пунктами по організації вагонопотоків на мережі залізниць. Від успішної роботи сортувальних станцій залежить виконання плану перевезень, а також найважливіших показників.

В рамках дипломного проекту планується розрахувати необхідну пропускну спроможність примикаючих ліній, визначити кількість колій в парках станції, які б задовольняли заданим обсягам роботи. Після виконання цих розрахунків буде розроблено пропозиції щодо удосконалення експлуатаційної роботи по роботі з місцевими вагонами з метою скорочення простою вагонів.

## **1 НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ**

У теперішній час залізничні перевезення знаходяться в умовах реальної конкуренції на ринку перевезень. Для того щоб залізничні перевезення були конкурентоспроможні, необхідно збільшувати швидкість і якість доставки вантажів та покращувати якісні показники перевізного процесу, при цьому не збільшуючи експлуатаційних витрат.

Сортувальні станції є одним з найважливіших вузлів мережі залізниць, призначені для масового розформування та формування вантажних поїздів. На станції переробляються транзитні і місцеві вагонопотоки із прилеглих напрямків і формуються дільничні, збірні і передатні поїзди, виконуються операції з транзитними вантажними поїздами, ремонт вагонів, екіпіровка локомотивів, сортування дрібних відправок та контейнерів. Сортувальні станції розміщують в районах масового навантаження та вивантаження вантажів, на під'їздах до великих промислових центрів.

Сучасні технологічні процеси станційної роботи складаються з двох частин: послідовність операцій і норми часу на їх виконання. Для ефективного використання пропускної та переробної спроможностей станцій і виконання заданих показників цих складових недостатньо.

В [1, 2] запропоновано такі напрями підвищення ефективності роботи сортувальних станцій:

- комплексний підхід до питання автоматизації та поліпшення роботи з урахуванням перспективи зростання обсягів перевезень;
- раціональне використання існуючого потенціалу сортувальних гірок з мінімізацією експлуатаційних витрат;
- перегляд норм обслуговування та оперативного персоналу залежно від обсягів потоку, що перероблюється;
- впровадження ресурсозберігаючих технологій, орієнтованих на приведення технічного оснащення сортувальних станцій до потрібних обсягів роботи

### **1.1 Напрямки скорочення тривалості простою вагонів на станції**

Скорочення тривалості простою вагонів на технічній станції можна досягти за рахунок:

- подальшого удосконалення системи організації вагонопотоків; підвищення транзитності та зниження трудомісткості переробки вагонопотоків;
- впровадження в дію всіх елементів нових типів технологічних процесів роботи;
- скорочення часу на обробку поїздів, перш за все в парках приймання та відправлення, шляхом удосконалення оперативного планування, підвищення достовірності інформації про підхід поїздів та вантажів, поліпшення її використання;
- підвищення відповідальності диспетчерського апарату засвоєчасне забезпечення локомотивами та вивіз поїздів;
- подальшого підвищення якості використання сортувальних пристроїв, скорочення технологічних перерв між операціями, впровадження прогресивних методів паралельного насуву та розпуску составів, утримання в справному стані гіркової техніки та профілів гірок і підгіркових колій, укладання других колій насуву та розпуску, додаткових сортувальних колій та допоміжних гірок малої потужності, обладнаних засобами механізації.

Одним з непродуктивних елементів простою, який має істотний вплив на загальний час знаходження вагонів на технічних станціях, є очікування готових до відправлення составів подачі поїзних локомотивів в приймально-відправних парках.

Так, в роботі [3] з використанням імітаційного моделювання та методів факторного аналізу були отримані аналітичні моделі, аналіз яких показав, що час знаходження вагонів на сортувальних станціях в цілому і в парках відправлення, зокрема, в значній мірі залежать від рівня забезпечення готових составів поїзними локомотивами.

Результати виконаних досліджень показують, що середній простій составів в очікуванні подачі поїзних локомотивів на деяких сортувальних станціях

України перевищує 1,5 години, а в окремих випадках досягає трьох і більше годин, що свідчить про недостатньо ефективну систему забезпечення составів локомотивами.

Основними причинами наявності таких істотних непродуктивних простоїв составів в приймально-відправних парках станцій в очікуванні подачі поїзних локомотивів є, з одного боку, гостра нестача справного тягового рухомого складу на залізницях України, з іншого боку - неефективне управління обліковим локомотивних парком.

Можливі варіанти організації сортувальної роботи, які відрізняються кількістю маневрових локомотивів, що працюють на гірці [4]. При роботі одного локомотива гірковий цикл являє собою суму тривалості виконання всіх операцій, при роботі двох локомотивів можливе паралельне виконання деяких операцій, при певній конструкції вихідної горловини парку приймання та гіркової горловини сортувального парку можливий паралельний розпуск составів, за умови виконання всіх необхідних вимог.

Завантаження гірки та гіркових локомотивів роботою з завершення формування та осаджування збільшує тривалість простою вагонів в парку приймання в очікуванні розформування, але в той самий час звільняє маневрові локомотиви вихідної горловини парку і скорочує тривалість простоїв в очікуванні формування. Таким чином виникає задача пошуку оптимального розподілу роботи між сортувальною гіркою і маневровими локомотивами.

В загальному вигляді витрати, пов'язані з перерозподілом роботи, за методикою, що наведена в [5], можна визначити

$$E = e_{\text{вг}} \cdot \sum Nt + C_{\text{ман}} \cdot M_{\text{ман}},$$

де  $\sum Nt$  – вагоно-години простою вагонів в очікуванні розформування-формування;

$e_{\text{вг}}$  – витратна ставка на 1 вагоно-годину простою на станції;

$C_{ман}$  – приведена вартість роботи 1 маневрового локомотива за добу;

$M_{ман}$  – кількість маневрових локомотивів.

Вагоно-години простою вагонів залежать від кількості вагонів в составі, тобто:

$$Nt = f(m, \psi_{гир}, \psi_{ман}),$$

де  $\psi_{гир}$  – завантаження гірки, що залежить від обраної технології роботи;

$\psi_{ман}$  – завантаження маневрового локомотива, що працює в вихідній горловині сортувального парку, яке залежить від обраної технології.

Одним з напрямків скорочення простоїв вагонів на станціях є удосконалення конструкції і технології роботи сортувальних комплексів. У теперішній час функціонування сортувальних комплексів станцій України характеризується значною нерівномірністю надходження поїздів у розформування.

Підвищення ефективності функціонування сортувального комплексу в умовах змінної інтенсивності прибуття поїздів в розформування може бути досягнуто шляхом оперативної зміни режиму його роботи у відповідності до поточної експлуатаційної обстановки [6]. При цьому одним з основних керованих параметрів при виборі режиму роботи підсистеми розформування є швидкість розпуску  $v_0$ .

В роботі [6] запропоновано змінювати швидкість розпуску в залежності від наявної кількості составів, готових до розформування. Для оцінки ефективності диференційованої швидкості розпуску авторами було розроблено імітаційну модель функціонування сортувального комплексу, за допомогою якої виконано детальний аналіз впливу величини швидкості розпуску  $v_0$  на показники роботи сортувального комплексу при різних значеннях інтенсивності та нерівномірності вхідного потоку поїздів. В результаті досліджень встановлено, що збільшення швидкості розпуску одночасно призводить до покращення одних та погіршення інших показників функціонування сортувального комплексу. Так,

підвищення швидкості розпуску, з одного боку, дозволяє скоротити середню тривалість простою составів в підсистемі роз-формування (особливо в періоди інтенсивного прибуття поїздів), а з іншого – призводить до погіршення умов інтервального регулювання швидкості відчепів, що може збільшити обсяг додаткової маневрової роботи з ліквідації порушень процесу розпуску.

Тому, у дослідженні [7] сортувальний комплекс було представлено як УСМО з керованою швидкістю обслуговування. Керованою системою масового обслуговування прийнято називати систему, в якій параметри її складових елементів допускають керуючий вплив [8].

Для реалізації вказаного керування було розроблено методику вибору в оперативних умовах об'єкта обслуговування, виду сортувального пристрою і раціональної швидкості розпуску для кожного составу з урахуванням поточної величини черги в парку прийому, яка дозволяє знайти оптимальну стратегію керування сортувальним комплексом, що мінімізує загальні витрати станції, пов'язані з переробкою вагонів.

У роботі [9] було розглянуто причини виникнення простою вагонів на сортувальних станціях, які пов'язані з формуванням поїздів. Виникнення цих простоїв залежить від інтервалу прибуття поїздів, кількості вагонів, які прибувають у розформування, кількості вагонів у составах поїздів, що формуються. Як метод скорочення простою вагонів під накопиченням запропоновано метод оптимізації кількості вагонів у составах поїздів, що формуються.

## **1.2 Шляхи збільшення переробної спроможності сортувальної гірки та зниження витрат на маневрові операції**

Залізнична транспортна система України в основному складалася за часів Радянського Союзу і забезпечувала потреби його економіки. Після набуття незалежності України відбулися суттєві зміни у напрямку та обсягах вагонопотоків, що викликало зміни умов роботи залізничних станцій. Одним із основних напрямків удосконалення пропуску вагонопотоків на залізничних мережах у світі є концентрація сортувальної роботи на меншій кількості сортувальних станцій [10]. Пріоритетом розвитку залізничного транспорту, визначеним Тран-

спортною стратегією України, є розвиток опорних сортувальних станцій. В цих умовах актуальним питанням для залізничного транспорту України є розрахунок переробної спроможності залізничних станцій.

Відповідно до [11, 12] сортувальна гірка являє собою інженерну споруду зі штучним підвищенням ділянки залізничної колії для сортування вагонів з використанням сили тяжіння на ухилі. Переробна спроможність станцій визначається найбільш ймовірною кількістю вантажних поїздів (вагонів), які можуть бути перероблені станцією за добу при застосуванні прогресивних технологій з найкращим використанням колійного розвитку та технічного оснащення. При цьому переробна спроможність станцій, що мають сортувальну гірку, визначається як сума переробної спроможності сортувальних систем та витяжних колій, на яких здійснюється розформування – формування поїздів.

В роботі [13] виконано аналіз існуючих методик визначення переробної спроможності сортувальних гірок і сортувальних станцій, в результаті якого виявлено ряд недоліків. На величину переробної спроможності сортувальної гірки впливає технічне оснащення станції та прийнята технологія роботи, що не мають відношення безпосередньо до сортувальної гірки. Для оцінки продуктивності сортувальної гірки доцільно використовувати показники максимальна, мінімальна та технічна швидкість розпуску. Для конкретної сортувальної гірки ці показники повинні встановлюватися на етапі проектування і переглядатися при зміні структури вагонопотоку або інфраструктури гірки в порівнянні з проектними.

В роботі [13, 14] проведено дослідження шляхів збільшення переробної спроможності сортувальної гірки за рахунок перерозподілу маневрової роботи між гірковою і вихідною горловинами сортувального парку. Отримано залежності, що дозволяють визначити момент перенесення маневрової роботи в іншій маневровий район сортувального парку, а також обсяги переробки вагонів, при яких необхідно збільшувати технічне оснащення станції. Для оцінки продуктивності технічного оснащення і технології роботи станції з переробки вагонопотоку доцільно використовувати показник «переробна спроможність сор-

тувального комплексу». В якості технічної переробної спроможності сортувального комплексу пропонується розуміти максимальну кількість вагонів, що може бути ним перероблена протягом доби, при збільшенні якої необхідні заходи з нарощування переробної спроможності.

Таким чином, в результаті виконаних досліджень, в роботах [11-14] можна зробити висновок, що існуючий показник «переробна спроможність сортувальної гірки» враховує у собі значну кількість факторів, що не характеризують сортувальну гірку як пристрій. У зв'язку з цим для оцінки продуктивності сортувальної гірки доцільно використовувати показники мінімальна, максимальна та технічна швидкість розпуску. Вказані показники для конкретної гірки повинні встановлюватись на етапі проектування і переглядатись лише у випадках суттєвої зміни структури вагонопотоку, або інфраструктури гірки у порівнянні з проектними. А також, варто зазначити, що для оцінки продуктивності технічного оснащення та технології роботи станцій з переробки вагонопотоків доцільно використовувати показник «переробна спроможність сортувального комплексу».

### **1.3 Удосконалення конструкції плану та профілю сортувальних гірок**

Конструкція плану гіркових горловин суттєво впливає на динаміку та тривалість скочування відчепів. Капітальні вкладення при будівництві та експлуатаційні витрати під час функціонування гірки в першу чергу залежать від параметрів її горловини.

Результати досліджень впливу параметрів горловини на її будівельну довжину наведено у [15-17]. Під будівельною довжиною розуміють розгорнуту довжину горловини від вершини гірки до початку паркової гальмової позиції без врахування довжин елементів стрілочних переводів.

Аналіз типових схем гіркових горловин показав, що на спускній частині гірки необхідно розміщувати не більше двох додаткових кривих. Тому в [17] було розроблено методику, що дозволяє визначити всі можливі значення кутів повороту додаткових кривих спускної частини гірки, при яких конструкція



сортувальної гірки відповідає нормативним вимогам. Найменша будівельна довжина горловини досягається при максимальній сумі кутів додаткових кривих спускної частини.

В [18] було запропоновано методику оптимізації параметрів ділянок сполучення при розміщенні паркової гальмової позиції на прямій ділянці колій за основною сполучною кривою. В роботі виконано дослідження впливу кількості пучків горловини на її будівельну довжину. Встановлено, що зі збільшенням числа пучків будівельна довжина зменшується на 10–15 % і спостерігається скорочення середньої відстані пробігу відчепів від вершини гірки до розрахункової точки. Отже, задача вибору раціональної кількості пучків гіркової горловини повинна вирішуватися на основі техніко-економічних розрахунків.

Одним з найбільш складних і трудомістких способів визначення невідомих кутів на спускній частини гіркової горловини є графічний метод, що представлено в [19, 20]. Суть даного методу полягає в попередньому графічному виборі положення пучків шляхів з подальшим аналітичним розрахунком кутів повороту сполучних кривих. Істотним недоліком графічного методу є невизначеність вибору параметрів конструкції горловини, а також відсутність критерію, що дозволяє оцінити якість проекрованої горловини.

Для ліквідації зазначеного недоліку в [19, 20] запропонована методика, яка дозволяє за допомогою методу множників Лагранжа визначити величини невідомих кутів на трасі розрахункового шляху, де критерієм оптимальності є мінімум довжини маршруту від вершини гірки до граничного стовпчика останнього розділового стрілочного перевodu. Однак даний підхід не враховує вплив кутів розрахункового шляху на параметри елементів плану інших шляхів горловини, внаслідок чого він не отримав широкого поширення.

В теперішній час експлуатація сортувальних комплексів залізничних станцій характеризується значною нерівномірністю вхідного потоку поїздів. В цьому зв'язку виникає необхідність оперативно змінювати режим роботи комплексу у відповідності до інтенсивності надходження поїздів в

розформування. Для вирішення вказаної задачі була запропонована конструкція сортувальної гірки з горбами різної висоти [21].

Даний сортувальний пристрій складається з основної та пониженої гірки. Використання основної гірки під час згущеного прибуття поїздів забезпечить високу інтенсивність розформування составів, а виконання розпуску на пониженій гірці в періоди зменшення обсягів переробки дозволить скоротити витрати енергоресурсів на сортувальний процес. Оцінка ефективності розробленої конструкції гірки виконана на основі імітаційного моделювання процесу розформування потоку составів [22]. Як показано в [21, 22] використання пониженої гірки для розформування составів не призводить до істотного погіршення показників сортувального процесу та дозволяє скоротити витрати палива в середньому на 10 %.

В роботі [23] досліджено вплив реконструкції витяжних колій на гірковий технологічний інтервал, використання переробної спроможності сортувальної гірки та експлуатаційні витрати.

У сучасних умовах, які характеризуються значним рівнем конкуренції на ринку транспортних послуг, однією із нагальних задач залізничного транспорту для збереження своїх позицій є постійне підвищення ефективності функціонування, як в цілому, так і окремих його елементів [24]. Сортувальні станції, що здійснюють масову переробку вагонопотоків, є однією із ключових ланок перевізного процесу

Виконані дослідження в роботах [23, 24] дозволяють зробити наступні висновки:

- подовження витяжних колій для можливості витягування на них всього составу дозволяє зменшити гірковий технологічний інтервал і збільшити переробну спроможність гірки;

- економія експлуатаційних витрат, які пов'язані з простоем вагонів та роботою гіркового локомотива, у разі подовження витяжних колій перевищує зведені витрати на будівництво та поточне утримання цих колій.

У роботі [25] розглянуті конструкції гіркових горловин сортувальних парків з різним числом колій у пучках і положенням першої гальмівної позиції, а також на основі імітаційного моделювання виконаний порівняльний аналіз та оцінка ефективності розроблених конструкцій сортувальних гірок.

При наявності великої кількості параметрів, що змінюються при проектуванні гіркових горловин завдання вибору раціональної конструкції значно ускладнюється. У зв'язку з цим в ряді робіт [26, 27] запропонована методика проектування плану гіркових горловин, а також наведені рекомендації з використання конкретних конструкцій горловини в заданих умовах експлуатації.

Варто замітити, що дана конструкція гіркової горловини дозволяє збільшити ухил першого елемента швидкісної ділянки на 6-10%. Це в свою чергу, призводить до збільшення середнього інтервалу між відчепами на 10-13% і скороченню довжини вікна на 15-25%, що приходить на один перероблений вагон, тим самим, підвищуючи показники якості сортувального процесу.

Таким чином, з урахуванням встановлених вимог в роботі [28], зменшення кількості колій в пучках і, відповідно, збільшення їх кількості не забезпечує істотного покращення умов поділу відчепів на стрілками пучків і інших показників сортувального процесу. У той же час це призводить до збільшення потрібного числа сповільнювачів на спускну частину гірки і до підвищення експлуатаційних витрат на їх обслуговування. Отже, використання гіркових горловин зі зменшеним числом шляхів в пучках є нераціональним.

Конструкція плану гіркової горловини значною мірою залежить від схеми розміщення гальмівних засобів на спускній частині гірки, які розташовуються на одній або двох гальмівних позиціях. За взаємним розміщенням першої гальмівної позиції (ВТП) і першого розділового стрілочного перевodu (1РСП) конструкції головної ділянки гірки, відповідно до [28], діляться на два типи: з розташуванням першого розділового стрілочного перевodu до ВТП і після неї.

Аналіз показників якості сортувального процесу в роботах [29, 30] показав, що розміщення 1РСП після ВТП призводить до збільшення розрахункової

довжини гіркової горловини на 2-6%, а це, в свою чергу, призводить до збільшення сил опору, що діють на відчеп при його скочуванні від ВГ до розрахункової точки і, відповідно, збільшення висоти гірки на 5-10%. Також, збільшення довжини горловини призводить до збільшення тривалості проходження гіркового локомотива від вершини гірки до вагонів, які стоять на колії, для виконання необхідних маневрових операцій.

Варто зазначити, що з точки зору ефективності експлуатаційної роботи сортувальної гірки слід відзначити, що розміщення 1РСП після ВТП має наступні недоліки:

- гірковий оператор не може досить точно оцінити ходові якості відчепів скочення на ділянці від ВГ до ВТП, і, відповідно, забезпечити раціональне використання потужності сповільнювачів ВТП;
- збільшується довжина зони не контролюючого скочування відчепів до СТП;
- збільшуються експлуатаційні розходи, пов'язані з насувом і розпуском составів.

Звідси випливає, що все таки, однозначне рішення з приводу розміщення ВТП на спускній частині гірки отримати не вдалося. Очевидно, що для виявлення місця розміщення ВТП і остаточного вибору конструкції гіркової горловини необхідно виконувати техніко-економічну оцінку кожного з можливих варіантів із використанням, розробленої в роботі [30], методики і моделі процесу розформування составів.

#### **1.4 Вибір черговості розпуску составів з метою прискорення поїздоутворення на сортувальних станціях**

Планування поїздоутворення на сортувальних станціях являється основною задачею оперативного керування. Задача характеризується великими обсягами вихідних даних, необхідних для розрахунків. Крім того, вихідні дані постійно змінюються та уточнюються. В таких умовах ймовірність прийняття обґрунтованих та своєчасних керуючих рішень оперативним персоналом значно зменшується. Тому на даний момент вплив оперативного персоналу на процес

поїздоутворення обмежується відсутністю ефективних систем підтримки прийняття рішень.

Одним із шляхів впливу на процес поїздоутворення являється керування черговістю розпуску составів [31]. В роботі вирішується завдання щодо створення удосконаленого методу планування поїздоутворення, який враховує багатостадійну процедуру переробки вагонопотоків на транспортній мережі, тобто має використовувати системні властивості процесів. Зрозуміло, що такий механізм удосконалення потребує урахувати більше інформації про властивості вагоно- та поїздопотоків, що забезпечується на основі широкого залучення даних АСК ВП УЗ.

Першим дослідженням, присвяченим процесу накопичення вагонів, являється робота [32]. В цьому дослідженні було поставлено наступну задачу – “наскільки великим повинно бути скупчення вагонів у сортувальному парку, щоб він міг правильно та безперервно функціонувати, тобто в певні проміжки часу випускати поїзні состави в парк відправлення”. Результатом проведеної роботи стала формула середньої тривалості накопичення вагонів в сортувальному парку:

$$T = 12 \frac{m}{N}, \quad (1.1)$$

де  $m$  – кількість вагонів у составі поїзда;

$N$  – кількість поїздів, що надходять у сортувальний парк за добу.

Велику роботу по дослідженню залежності тривалості знаходження вагонів під накопиченням на сортувальних станціях від різних факторів було проведено професором І. І. Васильєвим [32]. Ним було запропоновано спосіб розрахунку вигідності виділення спеціалізованого призначення виходячи із терміну доставки вантажів. Пізніше професор І. І. Васильєв доповнив вимоги дотримання термінів доставки при спеціалізації поїздів принципом економії вагоно-годин із підрахунком їх по всьому району спеціалізації та запропонував метод

знаходження оптимального варіанту спеціалізації поїздів за допомогою послідовних зіставлень паралельних струменів вагонопотоків.

В основі розробленого методу лежить визначення простою під накопиченням та зіставлення його з економією, що досягається від проходження наскрізними поїздами наступних станцій без переробки. Простий під накопиченням І. І. Васильєв спочатку визначав за формулою:

$$T_n = 12 \cdot m, \quad (1.2)$$

де  $T_n$  – добові вагоно-години накопичення одного призначення;

12 – коефіцієнт накопичення.

Спроба професора А. Н. Фролова математичним шляхом вирішити загальну задачу про простий вагонів фактично була зведена до вирішення лише окремого випадку, так в якості вихідних передумов було прийнято: рівність составів по прибуттю та відправленню, однакова кількість вагонів, що надходять на кожний напрямок в прибуваючих поїздах, та однакова кількість поїздів по відправленню на різні напрямки.

Подальший розвиток питання накопичення вагонів мало в роботі [33]. Автор розглянув три групи питань: заходи по скороченню простою вагонів під накопиченням одnogрупних технічних маршрутів, простий вагонів під накопиченням при переломі вагової норми поїздів та заходи по скороченню простою вагонів в очікуванні операцій.

Однією із перших офіційних публікацій в СРСР з приводу технологій формування поїздів на сортувальних станціях являється робота [34]. Видання було розраховано на складачів, чергових по станції, маневрових диспетчерів та розглядало на основі новітніх, на той час, методів формування поїздів приклади виконання маневрової роботи. Основним критерієм якості виконання розформування-формування составів згідно даної роботи був час.

Цінні дослідження для визначення тривалості накопичення вагонів при формуванні поїздів на технічних станціях виконані в [35, 36]. Ним розглянуто залежності тривалості накопичення вагонів від періоду підведення вагонів, від

нерівномірності підведення груп вагонів, місцевого навантаження, кількості призначень, величини состава поїзда, кількості прибуваючих груп вагонів, залишку вагонів після прибирання накопиченого составу, перелому вагової норми поїздів, групових поїздів та причіпних груп.

Дослідженнями [36] було встановлено, що при формуванні великовагових поїздів за рахунок повного включення замикаючої групи в состави, що формуються, можна значно скоротити простій вагонів під накопиченням в порівнянні з організацією поїздів фіксованої маси. В подальшому різними науковцями було виконано багато досліджень [37-39] з метою уточнення закономірностей процесу накопичення составів при відхиленні маси вантажних поїздів від встановленої норми.

В роботі [40] автор виділяє два різних періоди накопичення: по вагонопотоку і по сортувальному парку. Під періодом накопичення состава по вагонопотоку автор розуміє час від моменту появи на станції першої групи вагонів до моменту надходження на станцію замикаючої групи, що необхідна для формування того ж составу:

$$T_{\text{нак}}^{\text{ваг}} = T_{\text{приб.зам}} - T_{\text{приб.поч}} \quad (1.3)$$

де  $T_{\text{приб.зам}}$ ,  $T_{\text{приб.поч}}$  – час прибуття на станцію відповідно замикаючої та початкової групи вагонів.

Періодом накопичення составу по сортувальному парку в [40] називається час від моменту появи першої групи вагонів в сортувальному парку до моменту надходження замикаючої групи на колії сортувального парку:

$$T_{\text{нак}}^{\text{сп}} = T_{\text{расф.зам}} - T_{\text{расф.поч}}, \quad (1.4)$$

де  $T_{\text{расф.зам}}$ ,  $T_{\text{расф.поч}}$  – час надходження в сортувальний парк відповідно замикаючої та початкової групи вагонів.

В якості основних методів впливу на процес накопичення составів автор у роботі [40] пропонує вести неперервний облік наявності на станції вагонів

усіх призначень, планувати накопичення составів, пріоритетне обслуговування составів із замикаючими групами, планування підготовки составів до відправлення по розкладу.

В 40] виділено основні особливості замикаючої групи:

- замикаюча група, закінчуючи процес накопичення состава, сама не приймає участі в утворенні вагоно-годин у сортувальному парку;
- якщо замикаюча група  $a_3$  більше середньої групи прибуття  $a$ , то скорочується необхідна кількість поїздів для накопичення вагонів даного состава, тобто скорочується період накопичення состава. При цьому, якщо  $a_3 > a$  і інтервал прибуття груп  $t_i$  зберігається незмінним, то кількість поїздів, необхідна для накопичення состава, скорочується пропорційно величині замикаючої групи, тобто на  $\frac{a_3}{a}$ ;
- при швидкісній обробці поїзда із замикаючою групою  $t_{m3}$  практично досягається майже повна рівність періодів накопичення по вагонопотоку та по сортувальному парку.

При оперативному плануванні роботи станцій першочергове значення має наявність повної та достовірної інформації. В 1960-х роках значна увага приділялась підвищенню рівня інформаційного забезпечення планування. Станція Перм-Сортувальна була однією із перших, на якій відкрився обчислювальний станційний центр [41]. Це дало змогу працівникам станції створити систему оперативного управління без використання ЕОМ. Серед особливостей цієї системи можна виділити [42]:

- впровадження твердого графіку руху місцевих вагонопотоків;
- накопичення всієї інформації в одному центрі обробки;
- планування поїздоутворення по 4-х та 6-ти годинних періодах.

Для задач планування поїздоутворення, виконання оптимізаційних розрахунків по вибору черговості обробки прибуваючих составів вирішуюче значення має забезпечення повноти та достовірності вихідних даних – насамперед



точності прогнозу часу очікуваного прибуття поїздів. У зв'язку з цим в роботі [43] зазначено, що практичні роботи по АСУ на станції повинні враховувати відому недостовірність прогнозу очікуваного прибуття поїздів. У роботі зазначено, що з урахуванням накопиченого досвіду слід обмежити деталізовані комбінаторні розрахунки по вибору черговості маневрових операцій з поїздами періодом до 2 годин, для якого реально отримання достовірних даних. У роботі [44] зазначається, що вибір раціонального періоду поточного планування являється одним із важливих питань. Вибір потрібної періодичності поточного планування повинен бути обґрунтований техніко-економічними розрахунками, виходячи із повноти забезпечення інформацією, величини внутрішньої добової нерівномірності та добових розмірів відправлення поїздів [45].

### **1.5 Постановка задачі дипломної роботи**

Ефективність функціонування залізничних станцій залежить від якості організації технологічного процесу їх роботи та рівня технічного оснащення. Покращення рівня технічного оснащення станції потребує значних капітальних вкладень, які при існуючих порівнянні невеликих обсягах перевезень, мають дуже великий строк окупності, і тому, в більшості винятків, не ефективні. Покращення організації роботи станції потребує порівняно невеликих затрат, але при цьому може суттєво збільшитись ефективна робота залізничної станції.

Від якості роботи станції Л в значній мірі залежить робота дирекції залізничних перевезень та всієї залізниці. В зв'язку з цим в дипломному проекті поставлена задача розробити ефективну систему організації роботи сортувальної станції Л. Це накладає відповідні вимоги до технологічного процесу роботи станції та повинно бути враховано при його розробці.

В останні роки вантажні станції залізничного вузла обслуговував диспетчерський тепловоз. В зв'язку з великим завантаженням диспетчерського теплового та значними простоями вагонів на вантажних станціях в очікуванні подачі на ВФ, маневрову роботу по підбору вагонів по вантажним фронтам вантажних станцій було перенесено на сортувальну станцію Л, що викликало додаткові затрати локомотиво-годин на маневрову роботу, збільшило завантаження манев-

рового локомотива, що працює в хвості сортувального парку. Внаслідок цього збільшилися простої вагонів в очікуванні закінчення формування, перестановки в приймально-відправний парк. Тому необхідно виконати дослідження процесу формування багатогрупних составів з метою зменшення простою вагонів на станції Л.

## 2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Станція Л (дивись рисунок 2.1) – розташована на перехрещенні залізничних ліній М-С та П-Д за характером роботи – сортувальна, за обсягом роботи є позакласною. Станція Л є парною системою двосторонньої сортувальної станції, що знаходиться у технологічному зв'язку із непарною сортувальною системою та іншими роздільними пунктами.

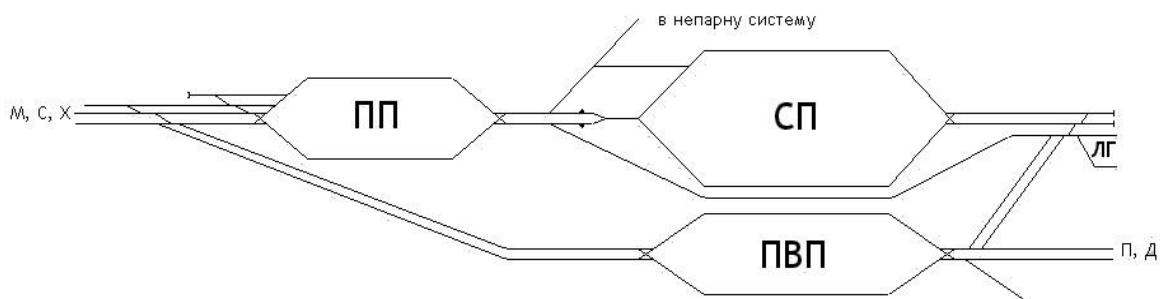


Рисунок 2.1 – Схема станції Л

Станція працює на чотири напрямки: напрямки М, С, П, Д є двоколійними.

Перегони, що примикають до станції Л, обладнані: ділянки Л-М, Л-С, Л-П, Л-Д – двостороннє автоблокування.

Всі лінії, що примикають до станції електрифіковані. На них обертаються електровози ВЛ-10. Маневрова робота на станції виконується локомотивами ЧМЕ-3.

### 2.1 Технічна характеристика станції

#### 2.2.1 Технічне оснащення

Для забезпечення виконання операцій по прийому-відправленню, формуванню-розформуванню составів, сортуванню вагонів, колійний розвиток станції складається з трьох парків: парку прийому, приймально-відправного парку, сортувального парку. Схема розміщення парків – комбінована.

Парк прийому та сортувальний парк розміщені послідовно, а приймально-відправний парк розташований паралельно сортувальному парку.

Парк прийому (ПП) включає 6 колій, призначений для прийому вантажних поїздів з напрямків М та С.

Сортувальний парк (СП) включає 24 колії, призначений для сортування, накопичення вагонів на напрямки П і Д з наступною виставкою їх у приймально-відправний парк.

Приймально-відправний парк (ПВП) включає 6 колій, призначений для прийому та відправлення вантажних транзитних поїздів та відправлення поїздів свого формування на напрямки П і Д.

Корисна довжина колій у парку прийому та приймально-відправному парку повинна забезпечувати прийом поїздів і тому складає 850 м. Корисна довжина колій у сортувальному парку відповідає розмірам надходження вагонів на кожне призначення, при цьому для призначень з невеликим надходженням вагонів виділені більш короткі колії; довжина колій, на яких накопичуються состави поїздів складає більше на 10-15% довжини колій у приймально-відправних парків.

Пасажи́рська ста́нція розміщена паралельно ста́нції Л, пасажирські поїзди по розв'язці відхиляються і не проїжджають ста́нцію Л. Детально пасажирська робота в дипломному проекті не розглядається.

Розформування составів на ста́нції виконується на механізованій гірці середньої потужності. Гірка обладнана електричною централізацією стрілок, управління стрілками здійснюється з поста електричної централізації (ЕЦ).

Сортувальна гірка має три гальмових позиції, із них: перша – перед розділювальною стрілкою, друга – перед головними стрілками пучків, третя – на початку колій сортувального парку.

На першій, другій, третій гальмових позиціях сортувальної гірки гальмування відцепів здійснюється уповільнювачами: на першій позиції двома уповільнювача типу КНП-5, на другій позиції – по два в кожному пучку типу КНП-5, на третій гальмовій позиції (ГП) – по два на кожній колії типу РНЗ-2.

Сортувальна гірка обладнана автоматизованими гірочними сповіщувальними пристроями для інформації працівників гірки, парку прийому та сорту-

вального парку про початок насуву составів на гірку. Працівники гірки застосовують наступні пристрої для забезпечення техніки безпеки при розчепленні автозчепів вагонів: вилка для розчеплення, гачки для розчеплення замків автозчепів при їх несправності.

Для зарядки гальмівної мережі і випробування автогальм в поїздах, автоконтрольний пункт має компресорну установку, повітропровідну мережу і колонки для зарядки гальмівної мережі.

На станції знаходиться локомотивне господарство з основним депо і екіпірувальними пристроями. Локомотиви, що приписані до даного депо обслуговують транзитні, дільничні і збірні поїзди всіх напрямків.

### 2.2.2 Засоби зв'язку

Усі пости електричної централізації мають прямий телефонний зв'язок з черговими по станції суміжних роздільних пунктів і між собою. Між черговими по станції (ДСП) усіх постів електричної централізації встановлений поїзний радіозв'язок з машиністами поїзних локомотивів, а також ще додатково і між маневровим диспетчером (ДСЦ), черговим по сортувальній гірці (ДСПГ) встановлений радіозв'язок між ними та складачами поїздів і машиністами маневрових локомотивів.

Всі парки станції оснащені двостороннім гучномовним зв'язком. Для зворотного зв'язку між працівниками станції (ПТО, ПКО, регулювальниками швидкості вагонів, та іншими) і керівництвом станції, а також між собою, у горловинах парків, на їх міжколіях встановлені переговорні колонки.

Для пересилання пакетів з поїзними документами станція оснащена пневмопоштою великого діаметру. Пересилка сортувальних листків від маневрового диспетчера на горб гірки здійснюється пневмопоштою малого діаметра.

### 2.2.3 Службово-технічні приміщення

Головний адміністративний двоповерховий будинок, у якому на другому поверсі розташована контора начальника станції, головного інженера, технічний відділ, відділ кадрів, бухгалтерія, профком; на першому поверсі – приміщення пневмопошти, сигналіста та навчально-методичний центр охорони пра-

ці. У цьому ж будинку знаходиться приміщення заступника начальника станції по вантажній роботі, приміщення прийомоздавачів.

Управління рухом поїздів і маневрової роботи здійснюється з двох постів електричної централізації: ЕЦ-1, ЕЦ-2. Приміщення постів ЕЦ-1 і ЕЦ-2 розміщені на третіх поверхах триповерхових типових будинків. На тих постах одночасно чергує по два чергових по станції. На станції встановлено чергування чергових по парку (ДСПП) або чергових по відправленню (ДСПО).

Черговий по відправленню вантажних поїздів знаходиться у двоповерховому будинку у непарній горловині сортувального парку. У голові сортувального парку, навпроти механізованих гальмових позицій, розташований триповерховий будинок, у якому мають свої приміщення ДСЦ, ДСПГ, станційний технологічний центр (СТЦ). Біля горба сортувальної гірки є приміщення гіркового складача поїздів.

## **2.2 Експлуатаційна характеристика станції**

Відповідно до плану формування, графіку руху поїздів та плану роботи сортувальна станція Л виконує наступні операції:

- у парку прийому: прийом вантажних поїздів, що прибувають у розформування з напрямків М, С; розформування поїздів, що прибувають у наскрізних, дільничних, вивізних та збірних поїздах; технічне обслуговування та комерційний огляд составів поїздів;

- у сортувальному парку: формування дільничних та збірних поїздів; накопичення і подачу вагонів до пунктів навантаження-вивантаження на під'їзні колії станції та вантажний район; підбір вагонів по вантажних фронтах станції; подачу на колію МВРП вагонів, що вимагають відчіпного ремонту і збирання їх після ремонту; технічне обслуговування та комерційний огляд составів поїздів; відправлення поїздів;

- у приймально-відправному парку: прийом та відправлення вантажних поїздів, що прибувають та відправляються на напрямки П та Д; технічне обслуговування та комерційний огляд составів поїздів; зміну локомотивів та локомо-

тивних бригад у вантажних поїздів; відправлення поїздів.

Колійний розвиток станції умовно розподілений на 3 маневрові райони:

1 маневровий район – парк прибуття, парна горловина сортувального парку;

2 маневровий район – непарна горловина сортувального парку, приймально-відправний парк;

3 маневровий район – парна горловина приймально-відправного парку.

Маневрова робота станції складається з:

- розформування поїздів через сортувальну гірку;
- формування поїздів через витяжну колію, накопичення вагонів на сортувальних коліях, перестановка сформованих составів на колії відправлення;
- відчеплення технічно несправних вагонів.

Маневрова робота по формуванню, розформуванню, подачі, збиранню і перестановці вагонів виконується двома маневровими тепловозами серії ЧМЕ-3, що обладнані двостороннім радіозв'язком з маневровим диспетчером.

Локомотив № 1 працює у маневровому районі № 1 і № 3 і здійснює операції по розформуванню, формуванню составів, причеплення і відчеплення вагонів, прибирання і подача вагонів під вантажні операції, та підбірка місцевих вагонів під навантаження і вивантаження, відчепка несправних вагонів.

Локомотив № 2 працює у маневровому районі № 2 і виконує роботу з формування составів, відчеплення несправних вагонів, перестановка составів в приймально-відправний парк, подача та прибирання вагонів на ПТО;

Місцеві вагони в залежності від призначення подаються на під'їзну колію, де виконуються з ними вантажні операції (навантаження, вивантаження, перевантаження, сортування, підготовку вагонів під спеціальні перевезення для себе і на лінійні станції).

Після виконання з вагонами операцій по вивантаженню й навантаженню здійснюється прибирання вагонів з під'їзної колії та розформування подач по коліях сортувального парку відповідно до прийнятої спеціалізації для накопичення составів збірних поїздів на призначений напрямок.

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ

#### 3.1 Розрахункові обсяги роботи сортувальної станції

Сортувальна станція Л обслуговує наступні категорії вантажних поїздів:

- вантажні транзитні;
- вантажні в розформування;
- вантажні свого формування.

Розміри руху вантажних транзитних поїздів наведені в таблиці 3.1 (додаток А, таблиця А.1), вагонопотоків з переробкою в таблиці 3.2 (додаток А, таблиця А.2).

Таблиця 3.1 – Розміри руху вантажних транзитних поїздів

На З	П	Д	Всього
М	7	9	16
С	8	10	18
П	-	2	2
Д	2	-	2
Всього	17	21	38

Таблиця 3.2 – Розміри вагонопотоків з переробкою

На З	М	С	П	Д	Л	Всього
М	-	76	465	431	22	994
С	71	-	493	448	22	1034
П	-	-	-	66	20	86
Д	-	-	58	-	20	78
Л	22	22	20	20	-	84
Всього	93	98	1036	965	84	2276

#### 3.2 Розрахунок маси вантажного поїзда

Масу поїзда визначають із умови повного використання потужності та тягових якостей локомотиву, а також кінетичної енергії поїзду у відповідності з нормами, що приведені в діючих Правилах тягових розрахунків [46]. Розрахунок маси складу виконують виходячи з наступних умов беззупинкового руху:



- а) по розрахунковому підйомі з рівномірною швидкістю;
- б) по найважчим підйомах з урахуванням використання кінетичної енергії поїзда.

Розрахунковий підйом приймають виходячи з аналізу найважчих елементів поздовжнього профілю, рівня допустимої швидкості прямування поїздів по стану колії, розташування зупинкових пунктів.

Маса поїзда при рівномірному русі для заданого розрахункового керівного підйому визначається за формулою [46]:

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

де  $F_{\text{кр}}$  — розрахункова сила тяги локомотива, Н;

$\omega_0'$  — основний питомий опір прямуванню локомотива, Н/кН ;

$i_p$  — керівний ухил;

$P$  — розрахункова маса локомотива, т;

$\omega_0''$  — основний питомий опір прямуванню вантажних вагонів, Н/кН.

Значення розрахункової сили тяги локомотива й основних питомих опорів прямуванню визначають для розрахункової швидкості локомотива, встановленої згідно [46].

Основний питомий опір прямуванню електровозів у режимі тяги визначають за формулою:

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

де  $V$  — розрахункова швидкість локомотива.

Основний питомий опір прямуванню вантажних чотиривісних вагонів на роликових підшипниках на ланковій колії визначають за формулою:

$$\omega_0'' = 0,7 + \frac{(3 + 0,1V + 0,0025V^2)}{q_0}, \quad (3.3)$$

де  $q_0$  – навантаження на вісь вагона,  $t/вісь$ .

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

де  $n_{вісей}$  – кількість осей вагона.

Маса вагону брутто визначається за формулою:

$$q_{бр} = q_n + q_t, \quad (3.5)$$

де  $q_n$  - маса вагону нетто;

$q_t$  – тара вагону.

Згідно додатку А.2  $q_n = 60\ t$ ,  $q_t = 20\ t$ , а  $n_{вісей} = 4$ :

$$q_{бр} = 60 + 20 = 80\ t,$$

$$q_0 = \frac{80}{4} = 20\ t/вісь.$$

Керуючись [46] та завданням (див. додаток А.2) інформація для обчислення маси поїзду по кожній ділянці зведена в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Дані для обчислення маси поїзду на ділянках

Ділянка	Вид тяги	Серія локомотиву	Дані локомотиву			$i_p$ , тисячні
			$F, mс$	$P, t$	$V, км/год$	
М – Л, С – Л	Е, пост.	ВЛ-10	46000	184	46,7	8,4
П (Д) – Л	Е, пост.	ВЛ-10	46000	184	46,7	9,0

Примітка: Е, пост. – електротяга постійного струму.

По кожній ділянці, що прилягає до станції Л, розраховується маса поїзда, використовуючи формули (3.2) – (3.5). Для прикладу приведений розрахунок маси поїзда на ділянці М – Л, а результати розрахунків зведені в таблицю 3.4.

Ділянка М – Л:

$$\omega'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot 46,7 + 0,0003 \cdot 46,7^2 = 3,02\ H / \kappa H;$$

$$\omega''_0 = 0,7 + \frac{(3 + 0,1 \cdot 46,7 + 0,0025 \cdot 46,7^2)}{20} = 1,356\ H / \kappa H;$$

$$Q_{бр} = \frac{46000 - 184 \cdot (3,02 + 8,4)}{1,356 + 8,4} = 4498\ t.$$

Прийнято 4500 *t*.

Таблиця 3.4 – Розрахунок маси поїзда на прилеглих до станції ділянках

Ділянка	$\omega'_{\text{о}}, \text{кгс/мс}$	$\omega''_{\text{о}}, \text{кгс/мс}$	Розрахункова маса поїзда, <i>t</i>	Прийнята маса поїзда, <i>t</i>
М – Л, С – Л	3,02	1,356	4498	4450
Л – П (Д)	3,02	1,356	4598	4600

Для визначення розрахункових об'ємів роботи станції в поїздах необхідно визначити кількість вагонів у поїзду:

$$m_{\text{сост}} = \frac{Q_{\text{бр}}}{q_{\text{бр}}} \quad (3.6)$$

де  $Q_{\text{бр}}$  – маса поїзду брутто, *t*;

$q_{\text{бр}}$  – маса вагону брутто, *t*.

Кількість вагонів у складі вантажного поїзду:

$$m_{\text{сост}} = \frac{4450}{80} = 55,62 \text{ ваг.}$$

Прийнято 55 вагонів.

### 3.3. Розрахунок необхідної корисної довжини колій

Корисна довжина приймально-відправних колій визначається за формулою:

$$L_{\text{кор}} = m_{\text{с}} l_{\text{ваг}} + l_{\text{лок}} + a, \quad (3.7)$$

де  $l_{\text{ваг}}$  – довжина вагона по осях автозчеплень;

$l_{\text{лок}}$  – довжина локомотива по осях автозчеплень;

$a$  – допуск на неточність установки поїзда.

Довжину поїзда визначається для найбільшої кількості вагонів у складі поїзда, приймаємо  $l_{\text{ваг}} = 14 \text{ м}$ ,  $l_{\text{лок}} = 27,8 \text{ м}$ ,  $a = 10 \text{ м}$ :

$$L_{\text{п}} = 55 \cdot 14 + 27,8 + 10 = 807,8 \text{ м.}$$

Так як  $L_{\text{п}} = 807,8 \text{ м}$ , то стандартна корисна довжина колій станції повинна дорівнювати 850 м, що відповідає існуючій довжині колій.

### 3.4 Розрахунок вагоно- та поїздопотоків станції Л

Визначимо число поїздів, яке розформовується та формується по кожному напрямку за формулою:

$$N = \frac{B}{m_{\text{тр}}} , \quad (3.8)$$

де  $B$  – сумарний вагонопотік з (на) напрямків;

$m_{\text{сост}}$  – кількість вагонів в складі поїзда.

Так, наприклад, кількість поїздів, які прибувають в розформування з М дорівнює:

$$N = \frac{994}{55} = 18,07 \text{ поїзда, прийнято 18 дільничних та 2 збірних поїзди.}$$

Знаючи кількість вагонів у складі поїзда можливо отримати з вагонопотоків (див. табл. 3.2) обсяги розформування і формування у поїздах, що наведені в таблиці 3.5.

Також на основі отриманої кількості вагонів можливо визначити розміри транзитного вагонопотоку без переробки, що проходить через станцію за добу:

$$B_{\text{тр}} = N_{\text{тр}} \cdot m_{\text{тр}} , \quad (3.9)$$

де  $N_{\text{тр}}$  – кількість транзитних поїздів відповідного напрямку.

Таблиця 3.5 – Розміри поїздопотоків з переробкою

На з		П	Д	Кутові	Місцеві	Всього вагонів	Поїзди в розформування			Всього поїздів
							дільничні	збірні	передачі	
М		465	431	76	22	994	18	2	-	20
С		493	448	71	22	1034	18	1	-	19
Кутові		58	66	-	40	164	-	-	5	
Місцеві		20	20	44	-	84	-	-	4	
Всього, вагонів		1036	965	191	84	2276	-	-	-	-
Поїзда с.ф.	дільничні	18	17	-	-	-	-	-	-	-
	збірні	1	1	-	-	-	-	-	-	-
	передачі	-	-	5	4	-	-	-	-	-
Всього поїздів		19	18			-	-	-	-	39 37

Наприклад, для напрямку М-П  $N_{\text{тр}} = 7$  поїздів, відповідно:

$$B_{\text{тр}} = 7 \cdot 55 = 385 \text{ ваг.}$$

Розміри транзитного вагонопотоку без переробки, що проходить через станцію за добу наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Розміри транзитних вагонопотоків без переробки

З	На	П	Д	Всього
	М	385	495	880
	С	440	550	990
	Всього	825	1045	1870

На підставі даних обсягів руху вагоно- і поїздопотоків побудовано діаграми вагоно- та поїздопотоків.

### 3.5 Визначення потрібної пропускної спроможності прилеглих ділянок

Потрібна пропускна спроможність прилеглих до станції Л ліній визначається за формулою:

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

де  $\alpha$  – коефіцієнт резерву пропускної спроможності;

$N_{\text{ван}}$  – число вантажних поїздів на даній лінії (з врахуванням збірних);

$N_{\text{пас}}, N_{\text{зб}}$  – відповідно число пасажирських і збірних потягів на даній лінії;

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

Приймаємо  $\alpha = 1,2$ ,  $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,5$ ,  $\varepsilon_{\text{зб}} = 2,0$ .

Потрібна пропускна спроможність прилеглих ліній складе:

$$N_{\text{М-Г}} = 1,20 \cdot (36 + 5 \cdot 1,5 + 2(2 - 1)) = 55 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{\text{С-Г}} = 1,20 \cdot (37 + 8 \cdot 1,5 + 1(2 - 1)) = 60 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{Г-П} = 1,20 \cdot (36 + 15 \cdot 1,5 + 1(2 - 1)) = 72 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{Г-Д} = 1,20 \cdot (39 + 11 \cdot 1,5 + 1(2 - 1)) = 68 \text{ пар поїздів}.$$

Згідно розрахованій потрібній пропускній спроможності прилеглих до станції Л ліній, вибираємо кількість головних колій і технічні засоби регулювання інтервалів між поїздами для цих ліній (дивись таблицю 3.7).

Таблиця 3.7 – Кількість головних колій на лініях примикання та їх технічне оснащення

Лінія	Кількість головних колій	Пристрої СЦБ
М-Л	2	двостороннє АБ
С-Л	2	двостороннє АБ
Л-П	2	двостороннє АБ
Л-Д	2	двостороннє АБ

Оскільки кількість головних колій на лініях примикання відповідає фактичній то реконструкція головних колій не потрібна.

## 4 РОЗРАХУНОК НОРМ ЧАСУ НА ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Технічне нормування тривалості основних операції технологічного процесу станції є однією з головних умов злагодженої роботи між усіма парками станції. Для проведення розрахунків, пов'язаних з нормуванням основних операції, що виконується в цих парках, можна скористатися методикою запропонованою в [47]. Крім того, результати технічного нормування тривалості технологічних операцій є основою для перевірки необхідної кількості колій у парках станції Л.

### 4.1 Розрахунок тривалості виконання технологічних операцій з поїздом, що прибув у розформування

Середня тривалість заняття колії поїздом, що прибув у розформування визначається за формулою:

$$T_{\text{роз}} = t_{\text{м}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{зак}} + t_{\text{о}}^{\text{то}} + t_{\text{то}} + t_{\text{о}}^{\text{р}} + t_{\text{р}}, \quad (4.1)$$

де  $t_{\text{м}}$  – тривалість приготування маршруту прийому поїзда,  $t_{\text{м}} = 0,1$  хв.;

$t_{\text{пр}}$  – тривалість прийому поїзду, хв.;

$t_{\text{зак}}$  – тривалість закріплення рухомого складу, хв.;

$t_{\text{о}}^{\text{то}}$  – тривалість очікування технічного обслуговування, хв.;

$t_{\text{то}}$  – тривалість технічного обслуговування поїзда, хв.;

$t_{\text{о}}^{\text{р}}$  – тривалість очікування поїздом розформування, хв.;

$t_{\text{р}}$  – тривалість на розформування поїзда.

Тривалість заняття маршруту при прийманні поїзда в парк визначається за формулою:

$$t_{\text{пр}} = \frac{0,06 \cdot l'_{\text{бл}}}{V} + \frac{0,06 \cdot (l''_{\text{бл}} + L_{\text{вх}})}{V_{\text{вх}}}, \quad (4.2)$$

де  $l_{\text{бл}}'$ ,  $l_{\text{бл}}''$  – довжини блок-ділянок, м (прийнято  $l_{\text{бл}}' = 1300$  м,  $l_{\text{бл}}'' = 1200$  м);

$V$  – встановлена швидкість ходу по перегону, км/год (прийнято  $V = 70$  км/год);

$V_{\text{вх}}$  – середня швидкість входу поїзда в парк з урахуванням зниження швидкості на стрілках при русі на бокові колії і уповільнення перед зупинкою, км/год (прийнято  $V_{\text{вх}} = 35$  км/год);

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

$$L_{\text{вх}} = l_{\text{с}} + l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (4.3)$$

де  $l_{\text{с}}$  – відстань від вхідного сигналу до першої стрілки горловини, м (згідно [48]  $l_{\text{с}} = 300$  м);

$l_{\text{гор}}$  – довжина вхідної горловини, м (з масштабного плану  $l_{\text{гор}} = 300$  м);

$l_{\text{п}}$  – довжина поїзда, м.

$$l_{\text{п}} = m_{\text{с}} \cdot l_{\text{в}} + l_{\text{л}} \quad (4.4)$$

де  $m_{\text{с}}$  – склад поїзда, ваг (згідно розділу 2  $m_{\text{с}} = 55$  ваг);

$l_{\text{в}}$  – середня довжина вагону, м (приймаємо  $l_{\text{в}} = 13,92$  м);

$l_{\text{л}}$  – довжина локомотива, м (для ВЛ-10  $l_{\text{л}} = 27,8$  м);

$$l_{\text{п}} = 55 \cdot 14 + 27,8 = 807,8 \text{ м.}$$

$$L_{\text{вх}} = 300 + 300 + 807,8 = 1407,8 \text{ м.}$$

$$t_{\text{пр}} = \frac{1300 \cdot 0,06}{70} + \frac{0,06 \cdot (1200 + 1407,8)}{35} = 5,6 \text{ хв.}$$

Тривалість закріплення рухомого складу на коліях парку прийому визначається за формулою:

$$t_{\text{зак}} = 0,08 \cdot n + 0,01 \cdot l_{\text{прох}}, \quad (4.5)$$

де  $n$  – середня кількість гальмівних башмаків, що укладається під состав (прийнято  $n = 8$ );

$l_{\text{прох}}$  – середня відстань, яку проходить сигналіст при закріпленні составу (прийнято  $l_{\text{прох}} = 80$  м);



$$t_{\text{зак}} = 0,08 \cdot 8 + 0,01 \cdot 80 = 7 \text{ хв.}$$

Тривалість очікування технічного огляду  $t_o^{\text{то}}$  визначається згідно [47], в залежності від завантаження бригади ПТО  $\psi_{\text{бр}}$ .

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{N_{\text{п}} \cdot t_{\text{то}}}{1440}, \quad (4.6)$$

де  $N_{\text{п}}$  – кількість поїздів, що прибувають у розформування;

$$t_{\text{то}} = \frac{\tau_{\text{в}} \cdot m}{k_{\text{гр}}} + a, \text{ год.} \quad (4.7)$$

де  $k_{\text{гр}}$  – число груп у бригаді (прийнято  $K=2$ );

$\tau_{\text{в}}$  – середня тривалість технічного огляду одного вагона,  $\tau = 0,9 \text{ хв.}$ ;

$m$  – кількість вагонів у поїзді;

$a$  – тривалість підготовчо-заключних операцій, що приходяться на один поїзд,  $a = 2 \text{ хв.}$

$$t_{\text{то}} = \frac{0,9 \cdot 55}{2} + 2 = 26,75$$

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{39 \cdot 26,75}{1440} = 0,72$$

Тривалість очікування поїздом розформування визначається за формулою:

$$t_o^{\text{п}} = \frac{\psi_{\text{г}} \cdot (v_{\text{гот}}^2 + v_{\text{г}}^2) \cdot t_{\text{то}}}{2 \cdot (1 - \gamma_{\text{з}} \cdot \psi_{\text{г}})}, \text{ год.} \quad (4.8)$$

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

$v_{\text{г}}$  – коефіцієнт варіації гірочного технологічного інтервалу; прийнято згідно [47]  $v_{\text{з}} = 0,4$ ;

$\gamma_{\text{з}}$  – частка поїздів із завершальними групами, що розформовуються через гірку; прийнято згідно [47]  $\gamma_{\text{з}} = 0,4$ ;

$v_{\text{гот}}$  – коефіцієнт варіації інтервалів між поїздами, що надходять після огляду працівниками ПТО.

Завантаження сортувальної гірки визначається за формулою:

$$\psi_r = \frac{N_p \cdot t_r}{1440}, \quad (4.9)$$

де  $t_r$  – тривалість гірочного технологічного циклу.

$$t_r = t_3 + t_n + t_p + t_{oc}, \quad (4.10)$$

де  $t_3$  – тривалість заїзду;

$t_n$  – тривалість недвигу;

$t_p$  – тривалість розпуску;

$t_{oc}$  – тривалість осаджування.

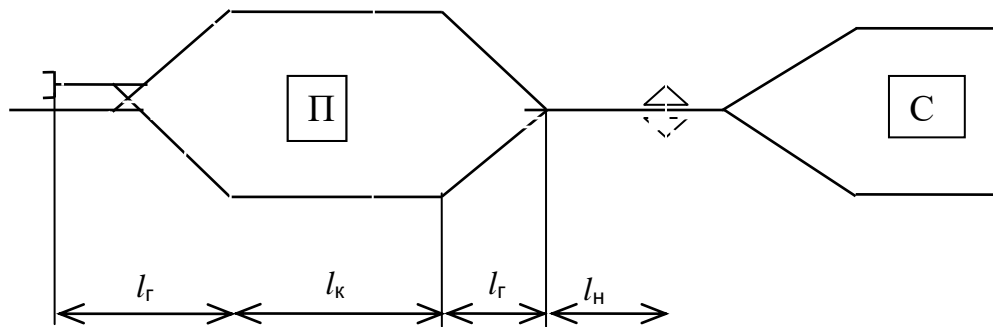


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема підсистеми розформування

Заїзд маневрового локомотива під состав складається з двох напіврейсів: заїзду від горба гірки у тупик і з тупика під состав. Тривалість цієї операції становить

$$t_3 = t'_3 + t''_3, \quad (4.11)$$

де  $t'_3, t''_3$  – тривалість відповідних напіврейсів.

Значення  $t'_3, t''_3$  розраховуються за формулою:

$$t = a + bm, \quad (4.12)$$

де  $a, b$  - нормативи часу, які залежать від довжини напіврейсу;  
 $m$  – кількість вагонів, що переставляють у напіврейсі.

Довжина першого напіврейсу дорівнює:

$$l' = l_{\text{н}} + l_{\text{Г}} + l_{\text{к}} + l_{\text{Г}},$$

де  $l_{\text{н}}$  - довжина колії насуву;

$l_{\text{Г}}$  - довжина горловини парку прийому;

$l_{\text{к}}$  - корисна довжина колії.

Довжину другого напіврейсу становить  $l'' = l_{\text{Г}}$ .

Довжини напіврейсів визначено при  $l_{\text{н}} = 150 \text{ м}$ ,  $l_{\text{к}} = 850 \text{ м}$ ,  $l_{\text{Г}} = 250 \text{ м}$ :

$$l' = 150 + 210 + 850 + 210 = 1420 \text{ м}; \quad l'' = 210 \text{ м}.$$

Заїзд локомотива здійснюється без вагонів, отже  $m = 0$ . Згідно [49] встановлено: для  $l' = 1420 \text{ м}$  –  $a = 2,89 \text{ хв}$ ; для  $l'' = 210 \text{ м}$  –  $a = 1 \text{ хв}$ .

Визначено:  $t'_3 = 2,89 \text{ хв}$ ,  $t''_3 = 1 \text{ хв}$ .

Отже, тривалість заїзду становить

$$t_3 = 2,89 + 1 = 3,89 \text{ хв}.$$

Тривалість насуву состава на сортувальну гірку визначається за формулою [48]:

$$t_{\text{н}} = 1,417 + 0,067 \frac{L_{\text{н}} - 60}{10}, \quad (4.13)$$

де  $L_{\text{н}}$  - довжина маршруту насуву составу до горба гірки.

Величину  $L_{\text{н}}$  можна визначити як

$$L_{\text{н}} = l_{\text{н}} + l_{\text{Г}} + l_{\text{к}} - l_{\text{с}}. \quad (4.14)$$

$$L_{\text{с}} = 14,5 \cdot 55 = 798 \text{ м}.$$

$$L_{\text{н}} = 150 + 210 + 850 - 798 = 412 \text{ м};$$

$$t_{\text{н}} = 1,417 + 0,067 \frac{412-60}{10} = 4,8 \text{ хв.}$$

Тривалість розпуску состава залежить від його довжини та швидкості розпуску і в загальному випадку розраховується як

$$t_{\text{п}} = \frac{L_{\text{с}}}{V_{\text{п}}} = \frac{ml_{\text{в}}}{V_{\text{п}}} . \quad (4.15)$$

$$t_{\text{п}} = \frac{55 \cdot 14,5}{1,4 \cdot 60} = 9,5 \text{ хв.}$$

Тривалість осаджування вагонів на сортувальних коліях визначається згідно з [49] і в розрахунку на один состав, який був розформований з гірки, знаходиться як:

$$t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot M[m]. \quad (4.16)$$

Для умов дипломного проекту  $t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot 55 = 3,3 \text{ хв.}$

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

$$\psi_{\text{г}} = \frac{39 \cdot 21,5}{1440} = 0,58 .$$

$$v_{\text{гот}} = v_{\text{вх}} - 0,5 \cdot (v_{\text{вх}} - v_{\text{то}}) \cdot \psi_{\text{бр}}^{2v_{\text{вх}}} . \quad (4.17)$$

$$V_{\text{гот}} = 0,9 - 0,5 \cdot (0,9 - 0,25) \cdot 0,58^{2 \cdot 0,9} = 0,78 .$$

Тривалість очікування поїздом розформування дорівнює:

$$t_o^{\text{п}} = \frac{0,58 \cdot (0,3^2 + 0,4^2) \cdot 26,75}{2 - (1 - 0,4 \cdot 0,58)} = 3,14 \text{ хв.}$$

Середня тривалість заняття колії поїздом, що прибув у розформування дорівнює:

$$T_{\text{роз}} = 0,1 + 5,6 + 1,4 + 15 + 26,75 + 3,14 + 9,5 = 61,49 \text{ хв.}$$

## 4.2 Розрахунок тривалості виконання технологічних операцій в сортувальному парку

В сортувальному парку, окрім процесу накопичення вагонів на відповідні напрямки, виконується закінчення формування збірних і дільничних однокрупних поїздів. Згідно розділу 3 станція формує 3 збірних поїзда, а вся решта поїздів є однокрупними.

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

$$T_{зф}^{зб} = t_{з,п} + t_{вит} + t_{роз} + T_{зб}, \quad (4.18)$$

де  $t_{з,п}$  – тривалість на заїзд маневрового локомотива і причепку його до составу збірного поїзда. При заїзді локомотив проходить відстань 350 м, згідно [47]  $a=1,21$ . Тривалість на причепку прийнято 1 хв. Таким чином

$$t_{з,п} = 1,21 + 1 = 2,21 \text{ хв.}$$

$t_{вит}$  – тривалість витягування составу на вільну колію парку прийому. Визначається аналогічно  $t_{з,п}$ , але при цьому враховується нормативний коефіцієнт  $b$ . При середньому складі збірного поїзда  $m_{зб} = 35$  вагонів довжина напіврейсу витягування складає  $l_{п/р} = 350 + 35 \cdot 14,5 = 858 \text{ м}$ ,  $a = 1,96$ ,  $b = 0,066$ . Таким чином,  $t_{вит} = 1,96 + 35 \cdot 0,066 = 4,3 \text{ хв.}$

$t_{роз}$  – тривалість розпуску составу збірного поїзда, яке визначається за формулою, хв.

$$t_{\text{роз}} = \frac{14,5 \cdot 35}{1,4 \cdot 60} = 6,0 \text{ хв.}$$

$T_{\text{зб}}$  – тривалість збирання вагонів з відповідних колій, що визначається за формулою:

$$T_{\text{зб}} = 1,8 \cdot p + 0,3 \cdot m_{\text{зб}} \quad (4.19)$$

де  $p$  – кількість колій, з яких збираються вагони. В даному випадку їх можна прийняти середній кількості призначень вагонів в збірному поїзді,  $p=4$ ;

$$T_{\text{зб}} = 1,8 \cdot 4 + 0,3 \cdot 35 = 17,7 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{зф}}^{\text{зб}} = 2,2 + 4,3 + 6,0 + 17,7 = 30,2 \text{ хв.}$$

Нормативна тривалість на закінчення формування одногрупних поїздів визначається за формулою:

$$T_{\text{зф}}^{\text{од}} = T_{\text{ПТЕ}} + T_{\text{підт}}, \quad (4.20)$$

де  $T_{\text{ПТЕ}}$  – тривалість, необхідна на розстановку вагонів у складі поїзда відповідно до вимог [48] (усунення неспівпадань вісей автозчепки більш ніж на 100 мм, постановка вагонів прикриття та ін.)

$$T_{\text{ПТЕ}} = B + E \cdot m \quad (4.21)$$

де  $B$ ,  $E$  – нормативні коефіцієнти, що визначаються з [47, табл. 6]. При  $n_o = 0,5$  (середня кількість операцій по розчепленню вагонів на один состав)  $B = 1,6$  та  $E = 0,1$ ;

$$T_{\text{ПТЕ}} = 1,6 + 0,1 \cdot 56 = 7,2 \text{ хв}$$

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

$$T_{\text{підт}} = 0,08 \cdot m \quad (4.22)$$

$$T_{\text{підт}} = 0,08 \cdot 56 = 4,5 \text{ хв}$$

$$T_{\text{зф}}^{\text{од}} = 7,2 + 4,5 = 11,7 \text{ хв}$$

### 4.3 Розрахунок тривалості виконання технологічних операцій з поїздом свого формування

Середній час заняття колії поїздом свого формування визначається за формулою:

$$T_{\text{сф}} = t_{\text{м}} + t_{\text{від}} + t_{\text{о}}^{\text{то}} + t_{\text{то}} + t_{\text{пг}} + t_{\text{о}}^{\text{об}} + t_{\text{пер}}, \quad (4.23)$$

де  $t_{\text{м}}$  – тривалість приготування маршруту відправлення поїзда;

$t_{\text{від}}$  – тривалість заняття маршруту при відправленні поїзда;

$t_{\text{о}}^{\text{об}}$  – тривалість очікування відправлення;

$t_{\text{о}}^{\text{то}}$  – тривалість очікування технічного огляду;

$t_{\text{то}}$  – тривалість технічного огляду составу;

$t_{\text{пг}}$  – тривалість випробування гальм;

$t_{\text{пер}}$  – тривалість перестановки состава.

Тривалість заняття маршруту при відправленні поїзда визначається за формулою:

$$t_{\text{вих}} = \frac{0,06 \cdot l_{\text{вих}}}{V_{\text{вих}}}, \quad (4.24)$$

де  $V_{\text{вих}}$  – середня швидкість виходу поїзда, км/год;  $V_{\text{вих}} = 35 \text{ км/год}$ ;

$l_{\text{вих}}$  – відстань, що проходить поїзд до моменту звільнення маршруту.

Середня довжина виходу поїздів з парку на напрямки дорівнює:

$$l_{\text{вих}} = 1300 \text{ м}$$

Тривалість заняття маршруту при відправленні поїзда дорівнює:

$$t_{\text{від}} = \frac{0,06 \cdot 1300}{35} = 2,2 \text{ хв.}$$

Тривалість технічного обслуговування поїзда, з урахуванням безвідчепного ремонту вагонів визначається за формулою [47]:

$$t_{\text{обр}} = \frac{\tau_{\text{в}} \cdot m}{K_{\text{гр}}} + \alpha \cdot t_{\text{рем}} + a, \quad (4.25)$$

де  $\alpha$  – доля вагонів, які потребують безвідчіпного ремонту, згідно [47]

$\alpha=0,2$ ;

$t_{\text{рем}}$  – тривалість безвідчіпного ремонту, згідно [47]  $t_{\text{рем}} = 12$  хв.

$$t_{\text{то}} = \frac{0,9 \cdot 55}{2} + 0,2 \cdot 12 + 2 = 29,15 \text{ хв.}$$

Завантаження бригади дорівнює:

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{75 \cdot 29,15}{1440} = 1,51.$$

У зв'язку з тим що,  $\psi_{\text{бр}}=1,51$  приймаємо 3 групи:

$$t_{\text{то}} = \frac{0,9 \cdot 55}{3} + 0,2 \cdot 12 + 2 = 20,9 \text{ хв.}$$

Завантаження бригади дорівнює:

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{75 \cdot 20,9}{1440} = 1,08$$

А це і так перевищує норму завантаження бригад тому виконуємо розрахунки де 3 групи 2 бригади:

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{75 \cdot 20,9}{2 \cdot 1440} = 0,54$$

Тривалість очікування відправлення визначається за формулою:

$$t_{\text{о}}^{\text{об}} = \frac{n_{\text{ч}}^{\text{об}}}{\lambda}, \quad (4.26)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність прибуття поїздів у даний парк.

$$\lambda = \frac{N_{\text{пр(відпр)}}}{1440}. \quad (4.27)$$

$n_{\text{ч}}^{\text{об}}$  – середня довжина черги в очікуванні відправлення [47]:

$$n_{\text{ч}}^{\text{об}} = \frac{\psi_{\text{д}}(1 + v_{\text{об}}^2) + (v'_{\text{гот}})^2 - 1}{2\left(\frac{1}{\psi_{\text{д}}} - 1\right)} + \varepsilon, \quad (4.28)$$



де  $\psi_d$  – завантаження ділянки, на яку відправляються поїзди.

$$\psi_d = \frac{N_{\text{гр}} + N_{\text{сф}}}{n_{\text{вант}}}, \quad (4.29)$$

де  $n_{\text{вант}}$  – максимальна кількість вантажних поїздів, що може відправлятися в  $i$ -ому напрямку:

$$n_{\text{вант}} = N - N_{\text{пас}} \cdot \varepsilon_{\text{пас}} - N_{\text{зб}} (\varepsilon_{\text{зб}} - 1), \quad (4.30)$$

де  $\varepsilon_{\text{пас}}$ ,  $\varepsilon_{\text{зб}}$  – відповідно коефіцієнти зняття пасажирських і збірних поїздів,  
 $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,5$ ;  $\varepsilon_{\text{зб}} = 2,0$ .

Для ділянки П:

$$n_i^{\text{гр}} = 120 - 20 \cdot 1,5 - 1(2 - 1) = 89 \text{ поїздів.}$$

Для ділянки Д:

$$n_i^{\text{гр}} = 120 - 20 \cdot 1,5 - 1(2 - 1) = 89 \text{ поїзда.}$$

Завантаження ділянки П дорівнює:

$$\psi_y^{\text{П}} = \frac{36}{89} = 0,40.$$

Завантаження ділянки Д дорівнює:

$$\psi_y^{\text{Д}} = \frac{39}{89} = 0,44.$$

Середня довжина черги очікуванні відправлення на ділянку М дорівнює:

$$n_{\text{П}}^{\text{від}} = \frac{0,40 \cdot (1 + 0,7^2) + 0,59^2 - 1}{2 \cdot \left( \frac{1}{0,40} - 1 \right)} + 0,03 = 0,13 \text{ состава.}$$

Середня довжина черги в очікуванні відправлення на ділянку О дорівнює:

$$n_{\text{Д}}^{\text{від}} = \frac{0,44 \cdot (1 + 0,7^2) + 0,59^2 - 1}{2 \cdot \left( \frac{1}{0,44} - 1 \right)} + 0,03 = 0,15 \text{ состава.}$$

Інтенсивність прибуття поїздів у даний парк дорівнює:

$$\lambda = \frac{77}{1440} = 0,053 \text{ н/хв.}$$

З урахуванням долі поїздів, які відправляються з парку відправлення на ділянки тривалість очікування відправлення дорівнюватиме:

$$t_o^{OB} = \frac{0,28}{0,053} = 5,2 \text{ хв.}$$

Довжина напіврейсу витягування составу в парк відправлення складає  $l_{п/р} = 350 + 56 \cdot 14,5 = 1162 \text{ м}$ ,  $a = 2,4$ ,  $b = 0,066$ . Таким чином,  $t_{вит} = 2,4 + 56 \cdot 0,066 = 6,1 \text{ хв.}$

Середній тривалість заняття колії поїздом свого формування дорівнює:

$$T_{сф} = 0,1 + 2,2 + 10 + 20,9 + 10 + 2,7 + 6,1 = 52 \text{ хв.}$$

#### **4.4 Розрахунок тривалості виконання технологічних операцій з транзитним поїздом**

Середня тривалість заняття колії транзитним поїздом визначається за формулою:

$$T_{тр} = t_m + t_{пр} + t_o^{TO} + t_{то} + t_{пг} + t_o^B + t_B, \quad (4.31)$$

Тривалість операцій приготування маршруту  $t_m$ , прийому  $t_{пр}$ , очікування технічного обслуговування  $t_o^{TO}$ , технічного обслуговування  $t_{то}$ , випробування гальм  $t_{пг}$ , очікування відправлення  $t_o^B$  і відправлення  $t_B$  визначені в розділі 4.3.

Середня тривалість заняття колії транзитним поїздом дорівнює:

$$T_{зк}^{тр} = 0,1 + 5,6 + 10 + 20,9 + 10 + 2,7 + 2,2 = 51,5 \text{ хв}$$

Таким чином, в даному розділі виконано розрахунок тривалості основних технологічних операцій у парках сортувальної станції Л. Отримані значення будуть використані під час розрахунку потрібного колійного розвитку в парках, а також при побудові добового плану-графіку роботи станції.

## **5 УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТАНЦІЇ ПО ФОРМУВАННЮ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ**

Формування составів, особливо багатогрупних, є одним з найбільш складних елементів технологічного процесу переробки вагонів на станціях. Ця задача широко вирішується при закінченні формування збірних поїздів, коли вагони необхідно підбирати в порядку призначення на проміжні станції дільниці та при підборі вагонів по фронтах вантажної роботи на вантажних або портових станціях. Використання математичних методів дозволяє скоротити час маневрових операцій та витрати енергоресурсів на формування багатогрупних составів [50].

Тривалість виконання сортування состава залежить від багатьох факторів: початкової впорядкованості вагонів составу, типу сортувального пристрою, методу сортування (осаджування, поодинокими або серійними поштовхами) і порядку виконання маневрів.

В оперативних умовах тривалість сортування состава залежить від порядку виконання маневрових напіврейсів. Цей порядок визначає складач поїздів, спираючись на власний досвід. Зрозуміло, що тривалість формування може змінюватися у різних діапазонах.

В сортувальному парку станції Л формуються чотири передаточних поїзда. Тривалість формування багатогрупних составів залежить від досвіду керівника маневрових робіт. В деяких випадках це призводило до збільшення простою вагонів. Використання різних методів формування багатогрупних составів дозволяє зменшити або ліквідувати зайві простої цих вагонів в очікуванні закінчення формування або під формування составів, і очікуванні перестановки та ін.

Будемо розглядати три методи розформування составів: комбінаторний, розподільний та метод рівномірного наростання. Після проведеного аналізу зробимо висновок про те який із них є найбільш ефективним у конкретній ситуації.

Для рішення задачі формування багатогрупних составів використовують умовну нумерацію груп вагонів, яка дозволяє виявити початкову впорядкованість составу та скороти обсяг роботи з формування. Так, наприклад, при аналізі деяких составів можна побачити, що состав частково вже є впорядкованим, тобто одиниці стоять перед двійками, трійки – перед четвірками або п'ятірки перед шістками. Тому, змінивши нумерацію груп на умовну нумерацію, можна скоротити загальну кількість призначень составу.

## 5.1 Методи формування составів

### 5.1.1 Комбінаторний метод

Комбінаторний метод заснований на представленні чисел у системі числення Фібоначчі [50, 51].

Номера груп  $\gamma = 0, \dots, 16$  в фібоначчівій записі наведені у таблиці 5.1, там же наведено число етапів формування  $N$ , яке необхідно, якщо максимальний номер групи у составі дорівнює  $\gamma$ . В кожному стовбці таблиці підряд знаходиться не більш, ніж  $m-1$  одиниць.

Таблиця 5.1 – Запис номерів груп в системі Фібоначчі

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

Числа  $\Phi_m(\gamma)$  використовуються для визначення логічного номера колії (ЛНК)  $\mu_i$ , на яку необхідно направити  $i$ -й відцеп с логічним номером групи (ЛНГ)  $\gamma_i$  при сортуванні на кожному етапі формування. Для визначення ЛНК  $\mu_i$  на  $j$ -му етапі виконується послідовний аналіз цифр в запису  $\Phi_m(\gamma)$ :

$$\mu_i = k, \text{ якщо } \varphi_{k+j}=0, \varphi_{k+j-1} = \dots = \varphi_{j+1} = \varphi_j = 1; \quad (0 \leq \mu_i \leq m-1)$$

При комбінаторному методі після сортування вагонів на  $j$ -му етапі на наступному  $(j+1)$ -му етапі сортують вагони, що знаходяться на колії, що на  $j$ -му етапі мала ЛНК  $\mu=0$ . Відсутність операцій збирання вагонів після кожного сортування є суттєвою перевагою комбінаторного методу. При цьому після кожного етапу логічні номери всіх колій, що використовуються, циклічно змінюються; для визначення ЛНК може використовуватись рекурентний вираз

$$\mu_{j+1} = (\mu_j + m - 1) \mod m.$$

Приклад формування состава комбінаторним методом наведено на рисунку 5.1.

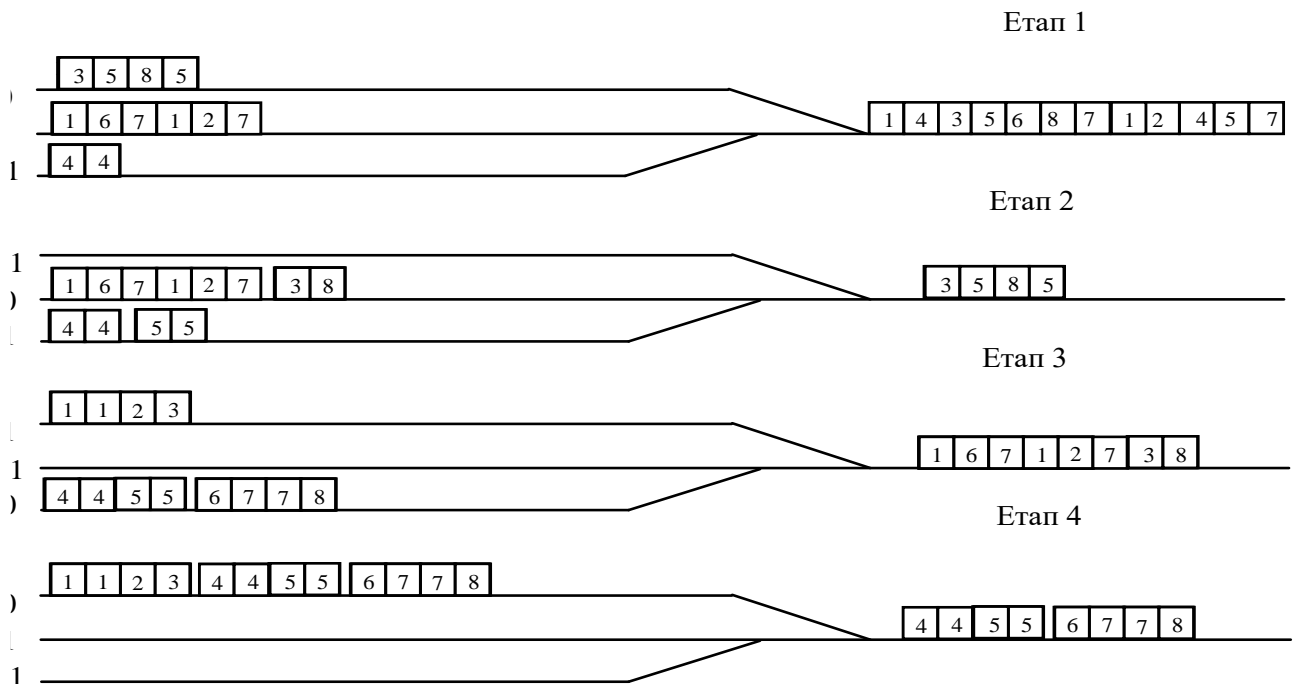


Рисунок – 5.1 Приклад комбінаторного методу формування составів

### 5.1.2. Розподільчий метод

В основі розподільчого методу полягає представлення чисел в позиційній системі числення. Основа системи числення обирається рівною кількості сортувальних колій  $m$  [50, 52].

Числа  $\psi_m(\gamma)$  використовуються для визначення логічного номеру колії  $\mu_i$ , на яку потрібно направити  $i$ -й відцеп с ЛНГ  $\gamma_i$  при сортуванні на кожному етапі формування. Для визначення ЛНК  $\mu_i$  на  $j$ -му етапі виконують послідовний запис цифр. При цьому номер колії, на яку направляється відцеп  $i$ -го призначення на  $j$ -му етапі сортування визначається  $j$ -ю цифрою в записі коду  $i$ -го призначення. Після кожного етапу сортування вагони збираються на витяжній колії з усіх сортувальних колій.

Записи чисел в позиційних системах з різною основою та кількість етапів формування составів  $N$  наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Запис номерів груп в позиційних системах числення

Номер групи $\gamma$	Кількість сортувальних колій $m$							
	2		3		4		5	
	$\psi_2(\gamma)$	$N$	$\psi_3(\gamma)$	$N$	$\psi_4(\gamma)$	$N$	$\psi_5(\gamma)$	$N$
0	0	2	0	2	0	2	0	2
1	1		1		1		1	
2	10	3	2		2		2	
3	11		10	3	3		3	
4	100	4	11		10	3	4	
5	101		12		11		10	3
6	110		20		12		11	
7	111		21		13		12	
8	1000	5	22		20		13	
9	1001		100	4	21		14	
10	1010		101		22		20	
11	1011		102		23		21	
12	1100		110		30		22	
13	1101		111		31		23	
14	1010		112		32		24	
15	1111		120		33		30	
16	10000	6	121		100	4	31	

Приклад формування состава розподільчим методом наведено на рисунку 5.2

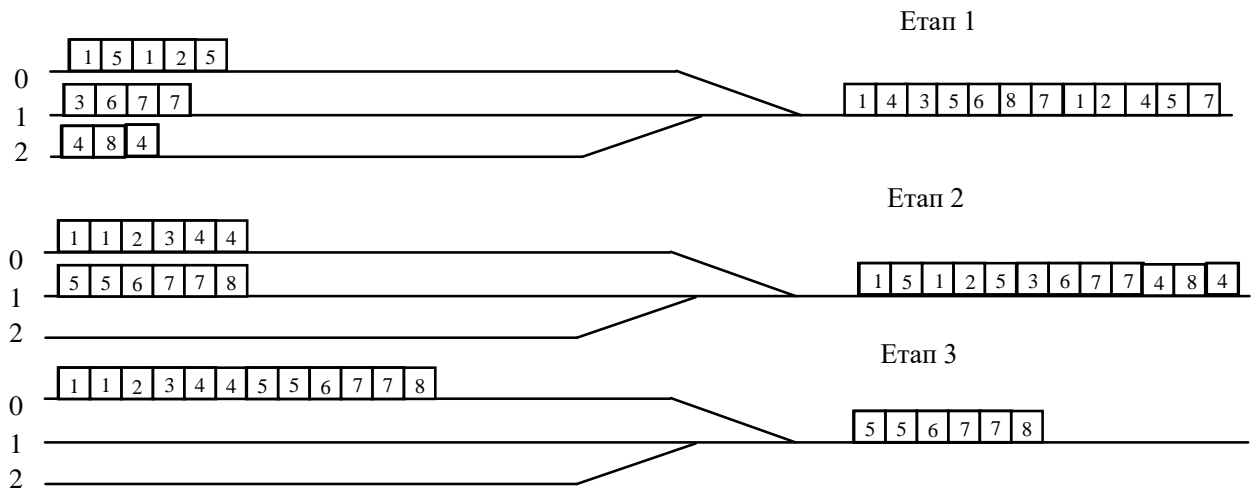


Рисунок – 5.2. Приклад розподільчого метода формування составу

5.1.3 Метод рівномірного наростання

Метод рівномірного наростання полягає у тому що існуючий состав рівномірно розподіляємо на число  $m-1$  колій для сортування, залишаючи одну колію для відстою. Далі розформовуємо состав на вільні колії згідно їхнього призначення, інші ж вагони направляються на колію для відстою. Приклад сортування составу методом рівномірного наростання наведено на рисунку 5.3.

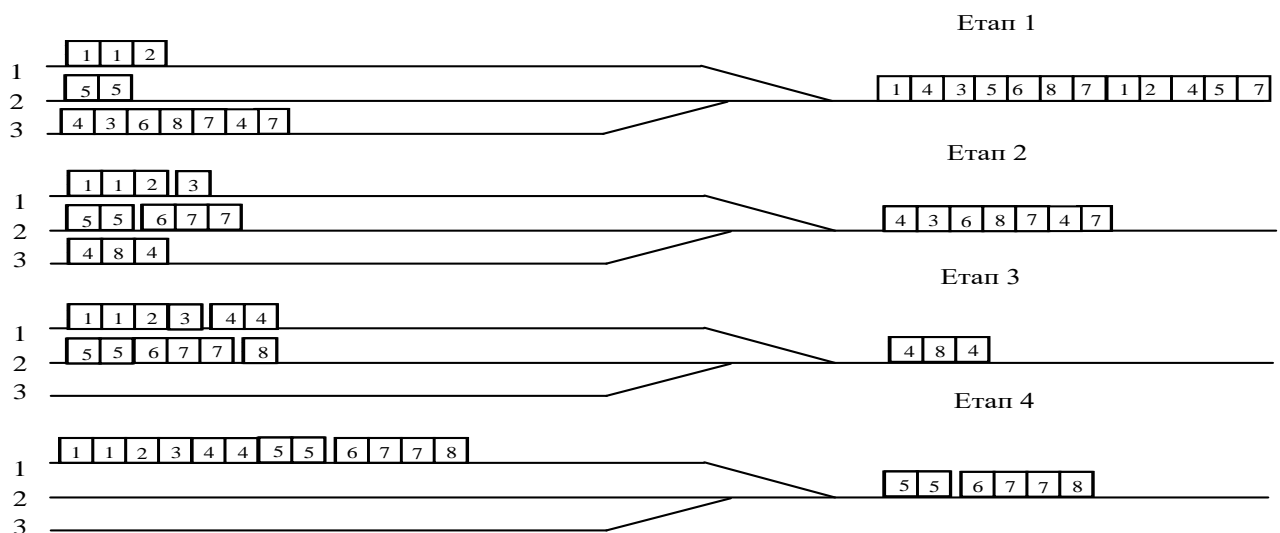


Рисунок 5.3 – Приклад формування составу методом рівномірного наростання

Кожне наступне сортування починається з витягування вагонів з колії відстою та виконується аналогічно попередньому.

## 5.2 Методика розрахунку тривалості формування

Для дослідження та оптимізації процесу формування багатогрупних составів необхідно визначити час формування  $T_{\phi}$  окремих составів, оскільки воно характеризує витрати маневрової роботи, а також впливає на час знаходження вагонів на станції.

Методика розрахунку часу формування состава суттєво залежить від типу сортувального пристрою який використовується [53]. Якщо у процесі формування сортування вагонів здійснюється на гірці, то час сортування  $t_c$  можна визначити за допомогою середньої швидкості розпуску составу. Якщо сортування здійснюється на витяжній колії, тоді для того, щоб урахувати відмінності у часі при використанні різних схем формування необхідно визначити час кожного напіврейсу осаджування та витягування. Тим же шляхом необхідно визначити час  $t_{зб}$  зборки вагонів з сортувальних колій незалежно від типу сортувального пристрою, що використовується.

Загальний час формування состава визначається у моделі сумарного часу виконання операції зборки  $t_{зб}$  та сортування  $t_c$  на всіх етапах:

$$T_{\phi} = \sum_{j=1}^N (t_{збj} + t_{cj}). \quad (5.1)$$

Час зборки вагонів  $m_{зб}$  із сортувальних колій на  $j$ -му етапі визначається складанням значень часу окремих напіврейсів.

$$t_{збj} = \sum_{i=1}^{m_{зб}} (t_{oci} + t_{вिति}). \quad (5.2)$$

Час  $i$ -го напіврейсу осаджування при зборці вагонів визначається як:

$$t_{oci} = a(L_{oci}) + b(L_{oci}) \sum_{k=0}^{m_{ос}} n_k, \quad n_o = 0, \quad (5.3)$$

де  $n_k$  - число вагонів, які знаходяться на  $k$ -й колії до зборки.



Коефіцієнти  $a, b$  є функціями довжини напіврейсу осаджування  $L_{oc}$ , яка при зборці вагонів дорівнює довжині ділянки горловини від граничного стовпчика колії  $w_i$ , на якій виконується осаджування, до гостряків стрілок  $s$  розділення маршрутів, які ведуть на колії  $w_i$  та  $w_{i-1}$ .

$$L_{oci} = l_r(w_i, s(w_{i-1}, w_i)). \quad (5.4)$$

Для визначення відстані  $l_r(w, s)$  необхідна матриця наведених довжин ділянки по всій горловині сортувального парку.

Час напіврейсу витягування визначається аналогічно напіврейсу осаджування за формулою:

$$t_{вिति} = a(L_{вिति}) + b(L_{вिति}) \sum_{k=1}^i n_k. \quad (5.5)$$

Довжина напіврейса витягування визначається з урахуванням довжини вагонів, які забирають з  $i$ -ї колії за формулою:

$$L_{витs} = l_r(w_i, s(w_s, w_{s+1})) + n \cdot l_{ваг}, \quad (5.6)$$

де  $l_{ваг}$  – середня довжина вагона.

Час сортування вагонів на витяжній колії розраховується за допомогою виразу:

$$t_c = \sum_{i=1}^q (t_{oci} + t_{вिति}), \quad (5.7)$$

де  $t_{oci}, t_{вिति}$  – відповідно час на виконання напіврейса осаджування  $i$ -го відчепа на колію призначення та напіврейса витягування решти вагонів маневрового состава;

$q$  – кількість відчепів у составі.

Час напіврейса осаджування визначається при сортуванні як:

$$t_{jci} = a(L_{jci}) + b(L_{jcs}) \sum_{k=1}^q n_k, \quad (5.8)$$

де  $n_k$  – кількість вагонів у  $k$ -му відчепі.

При цьому довжина напіврейсу осаджування визначається з урахуванням текучої довжини вільної часті сортувальної колії призначення відчепи  $z(w_i)$ :

$$L_{oci} = l_{\Gamma}(w_i, s(w_{i-1}, w_i)) + z(w_i)l_{\text{ваг}}. \quad (5.9)$$

Після осаджування  $i$ -го відчепа на колію  $w_i$  довжина вільної частини колії  $z(w_i)$  зменшується на довжину цього відчепа  $(z(w_i) - n_i l_{\text{ваг}})$ .

Час напіврейсу витягування при сортуванні визначається як:

$$t_{\text{вигі}} = a(L_{\text{вигі}}) + b(L_{\text{вигі}}) \sum_{k=i+1}^q n_k, \quad (5.10)$$

де  $L_{\text{вигі}} = l_{\Gamma}(w_i, s(w_s, w_{i+1})) + z(w_i)l_{\text{ваг}}$ .

Час сортування вагонів на гірці визначаємо як:

$$t_c = (0,06nl_{\text{ваг}}) / V_p, \quad (5.11)$$

де  $V_p$  – середня швидкість розпуску.

### 5.3 Дослідження тривалості формування багатогрупних составів за допомогою імітаційної моделі

Існують математичні методи, використання яких дозволяє достатньо ефективно досліджувати процес формування багатогрупних составів. Для дослідження тривалості формування составів на кафедрі „Транспортні вузли” була розроблена імітаційна модель процесу формування, яка дозволяє визначати статистичні характеристики часу формування составів при заданих параметрах вагонопотоків та використовуваних сортувальних пристроїв.

У розробленій моделі багатогрупний состав представляється як множина вагонів  $C$ , які можуть бути розділені на групи у відповідності з призначенням вагонів.

$$C = \{G_1, G_2, \dots, G_k\}. \quad (5.12)$$

В сформованому составі вагони мають бути зібрані у групи та розташовані у визначеному порядку. При цьому кожна група має порядковий номер  $g=1, 2, \dots, k$ . Поставимо у відповідність кожному вагону состава порядковий номер групи  $g_s, s=1, 2, \dots, n$ , до якої він належить. Тоді будь яку перестановку вагонів у составів можна уявити списком номерів груп.

$$S = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}. \quad (5.13)$$

Перед початком формування вагони состава розташовані випадковим образом (як правило, у порядку їх надходження). У сформованому составі вагони мають бути упорядковані по зростанню номерів груп.

Об'єм маневрової роботи по формуванню составу залежать від початкової неупорядкованості составу, яку можна характеризувати число переглядів  $\Theta$  перестановки  $S$ . Однак більш доцільно замінити діючі номери  $g_i$  на логічні номери груп  $y_i$ , які представляють номер перегляду, при якому читається номер  $g_i (y_i = 0, 1, \dots, \theta - 1)$ . При цьому состав  $S(1)$  можна представити списком ЛНГ:

$$S^* = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}. \quad (5.14)$$

При такій заміні приблизно у два рази зменшується початкова кількість груп у составі, що дозволяє суттєво зменшити час на їх формування.

Число переглядів  $\Theta$  перестановки  $S$  дорівнює числу зростаючих відрізків у перестановці  $S'$  зворотної до  $S$ . Пересуванню  $S$  (5.12) ставлять послідовність цілих чисел  $S' = \{0, 1, \dots, n-1\}$ , після цього виконується сортування  $S'$  по зростанню  $g_i$  у  $S$ . В результаті чого пересування  $S = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$  буде зворотною до пересу-

вання  $S$ . У одержаному пересуванні  $S'$  виділяють зростаючі відрізки, ці відрізки нумерують послідовними номерами  $\gamma'=0,1,\dots,0-1$ , після чого список  $\gamma'$  сортують по зростанню відповідних номерів  $g_i$  у пересуванні  $S'$ . В результаті буде одержане пересування  $S^*$  (5.14), значення яких  $\gamma_i$  присвоюється ЛНГ вагонам початкового состава.

Для формування состава використовуються сортувальні пристрої (гірка, витяжна колія) і певна кількість сортувальних колій  $m$ . Формування составу здійснюється за  $N$  етапів, число яких залежить від метода формування, числа сортувальних колій  $m$ , які використовуються та числа груп  $\Theta$  у неупорядкованому составі. Кожен етап формування не залежно від використовуваного метода включає дві операції: збірку вагонів  $m_{зб}$  з колій та їх сортування на  $m_c$  колій.

Прийнято, що перед початком формування вагони состави знаходяться на одній із сортувальних колій, так що на першому етапі  $m_{сб1}=1$ . На останньому етапі вагони знов повинні бути зібрані на одній колії ( $m_{сN}=1$ ). На останніх етапах використане число колій залежить від метода формування та від їх налічного числа  $M$ .

Розроблена модель була використана для дослідження та оптимізації процесу формування состава із використанням у якості сортувального пристрою витяжної колії. З цією ціллю було виконано моделювання формування 1000 составів із різним числом вагонів ( $n=15, 20, 25, 30$ ) та випадковим числом груп.

Як можна побачити із результатів моделювання великий вплив на час формування має тип сортувального пристрою, число логічних груп, та вагонів у составах; декілька менший вплив має кількість колій. Обраний метод формування при використанні однакового числа колій та інших рівних умовах впливає на час формування також має дуже великий вплив.

За результатами моделювання були побудовані графіки залежності середнього часу формування від кількості колій, при різній кількості вагонів у составі. Результати моделювання зведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Час формування составів різними методами на витяжній колії

m \ n	Комбінаторний метод (КОМ)					Розподільний метод (РОМ)					Метод рівномірного наростання (МРН)				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
2	15.96	30.71	50	75.32	103.65	18.7	31.9	52.91	79.62	111.51	17.54	28.71	44.51	63.83	85.43
3	15.81	27.29	44.36	63.76	85.57	15.8	27.92	44.46	65.8	92.9	15.85	27.45	41.94	59.78	80.55
4	15.72	25.3	41	59.09	79.66	15.55	25.8	40.79	58.46	78.86	15.74	25.64	39.23	54.75	73
5	15.72	25.3	41.05	58.79	78.89	15.67	25.54	40.32	57.53	77.63	15.74	25.6	38.92	53.12	71.76
6	15.72	25.3	41.05	58.79	78.89	15.67	25.45	39.26	54.6	73.91	15.74	25.58	38.62	52.52	68.56
7	15.72	25.3	41.05	58.79	78.89	15.67	25.41	38.82	53.18	70.08	15.74	25.58	38.59	52.18	67.38
8	15.72	25.3	41.05	58.79	78.89	15.67	25.41	38.76	52.48	67.88	15.74	25.58	38.57	51.88	65.81

За даними табл. 5.3 були побудовані графіки залежності часу формування при різному числі та різній кількості вагонів у складі, які наведено на рисунку 5.4.

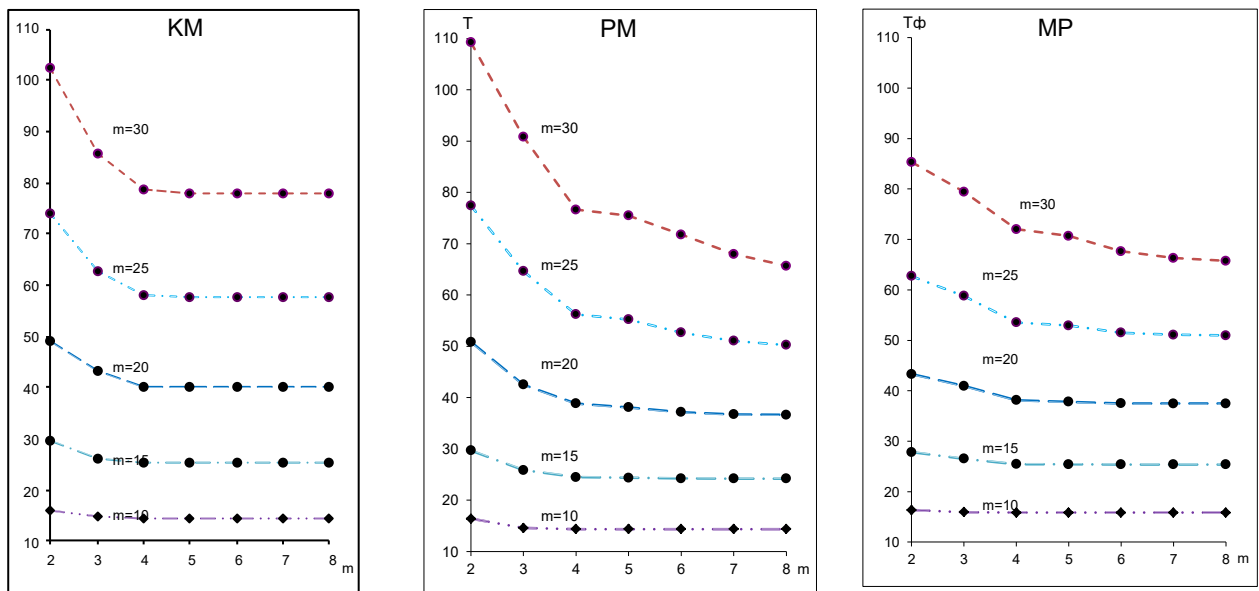


Рисунок 5.4 – Залежність тривалості формування составів від кількості колій, при різному числі вагонів у составі (КОМ – комбінаторний метод, РОМ – розподільчий метод, МРН – метод рівномірного наростання)

Як можна побачити із графіків, наведених на рис. 5.4, збільшення кількості колій від 2 до 4 веде до різкого зменшення часу формування, однак, при подальшому збільшенні кількості колій час формування зменшується не значно. Виявилось що збільшення кількості колій, незначно зменшує число етапів формування.

Таким чином за результатами досліджень можна зробити висновок, що рішення про вибір методу, що забезпечує найменшу тривалість формування конкретного передаточного поїзда, повинно прийматися після аналізу таких параметрів як кількість вільних колій для формування, кількість вагонів і призначень в передаточному поїзді.

При побудові добового плану-графіку, на момент формування кожного передаточного поїзду, на підставі аналізу вказаних параметрів буде прийматися рішення про вибір конкретного методу формування багатогрупних составів.

Величину зменшення вагоно-годин простою буде визначено після добового плану-графіку роботи станції.

## **6 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТАНЦІЇ ТА АНАЛІЗ УМОВ ВЗАЄМОДІЇ ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ**

### **6.1 Технологія обробки поїздів, які поступили в розформування**

Поїзди, які прибувають на станцію Л у переробку приймаються в парк прийому. При виході поїзда з сусідньої станції (М, С) черговий по станції Л поста ЕЦ-2 узгоджує з маневровим диспетчером колію прийому поїзда, повідомляє працівників СТЦ, ПТО, ПКО, вказуючи при цьому колію прийому, номер і час прибуття поїзда. У випадках одночасного прибуття декількох поїздів маневровий диспетчер повідомляє причетних працівників про черговість їх обробки. У всіх випадках состави прибулих поїздів закріплюються гальмовими башмаками порядком, встановленим в ТРА.

Колії №№ 1, 2, 3, 4, 5, 6 парку прийому спеціалізовані для прийому поїздів з сторони М, С в розформування на станції Л. Пред'явлення составів поїздів до технічного обслуговування у парку прийому передається по телефону операторам ДСП ЕЦ-2 оператору ПТО парку прийому, оператору СТЦ. Бригада працівників ПТО зустрічає поїзд поруч колії прийому, щоб мати змогу помітити несправності, які можна виявити тільки під час руху вагонів. Для прискорення процесу технічного обслуговування застосовується трьохгрупна система огляду складу. Групи здійснюють одночасний паралельний огляд вагонів.

Після зупинки поїзда, закріплення состава, відчеплення локомотива і його від'їзду, працівники ПТО огорожують состав і приступають до його огляду і ремонту в межах часу, відведеного нормою на обробку по прибуттю. У парку прийому працює у зміну одна бригада. Черговість обробки составів встановлює змінний майстер ПТО і старший оглядач вагонів, керуючись графіком прибуття і відправлення поїздів, або по вказівці маневрового диспетчера.

Після відчеплення локомотива від составу поїзда, що прибув у розформування, і прямування його у локомотивне депо, машиніст локомотива передає поїзні документи в бункер, встановлений на приміщенні СТЦ, звідки їх забирає оператор СТЦ.

При технічному обслуговуванні составу, тобто при підготовленні його до розформування через сортувальну гірку, на колії прийому визначаються вагони, які вимагають ремонту з відчепленням від составу у вагонному депо з одночасною передачею оператору ПТО усіх необхідних даних для виписки форми (ВУ-23), а також вагони з технічними несправностями, які можуть бути усунені в парку відправлення за час, встановлений технологічним процесом роботи станції. Про всі несправності, які мають бути усунені при безвідчипному ремонті, оглядачі наносять відповідні помітки крейдою на кузові вагона. Вагони, які вимагають ремонту з відчепленням, розмічаються з зазначенням місця виконання ремонту (сортувальні колії, вагонне депо, ремонтний пункт). Одночасно з тим виконується ремонт автозчепних приладів (встановлення ланцюжків розчіпного важеля, заміна несправних розчіпних важелів, ремонт автогальм), випуск повітря з гальмової магістралі і відпуск автогальм у всіх вагонів. Оператор ПТО виписує повідомлення форми ВУ-23 і пересилає його в СТЦ, повідомляє маневрового диспетчера про необхідність подачі вагонів у ремонт.

Паралельно з технічним обслуговуванням прийомоздавачами ПКО проводиться комерційний огляд вагонів составу і усунення виявлених комерційних недоліків, які можуть створювати небезпеку для руху поїздів, чи збереження вантажів. Одночасно встановлюється наявність пломб на вагонах і відповідність їх з даними, які вказані у натурному листі і перевізних документах.

Після закінчення технічного обслуговування старший оглядач вагонів повідомляє оператора ПТО і передає йому всю необхідну інформацію для повідомлення СТЦ, після чого знімається огороження составу. Оператор ПТО повідомляє СТЦ номери вагонів, які вимагають відчіпного ремонту, а прийомоздавач ПКО – номери вагонів, які потребують подачі на колії вантажного району для усунення комерційного браку. Про закінчення огляду составу оператор ПТО і прийомоздавач ПКО сповіщають маневрового диспетчера.

Одночасно з технічним обслуговуванням і комерційним оглядом оператор СТЦ по прибуттю перевіряє документи і відповідність вагонів у составі прибулого поїзда.



Розформування і формування составів поїздів є єдиним процесом і виконується на основі даних накопичення вагонів на коліях сортувального парку і даних натурних листів прибулих составів про кількість, розташування і масу вагонів за призначенням згідно з планом формування, характеристик вантажів, що перевозяться під керівництвом маневрового диспетчера здійснюється формування составів нових призначень. Керуючись даними інформації про підхід поїздів, наявність вагонів на коліях сортувального парку, планом формування і планом відправлення поїздів, маневровий диспетчер встановлює послідовність розпуску составів з урахуванням одночасного забезпечення формування составу визначеного призначення. По запиту ЕОМ видає на друкувальний пристрій, встановлений в приміщенні чергового по гірці сортувальний листок у трьох примірниках. Оператор СТЦ при черговому по гірці один примірник сортувального листка по пневмопошті пересилає на горб гірки складачеві поїздів, а решту віддає черговому і операторам гірки.

Перед розпуском составу черговий по гірці, ознайомившись з сортувальним листком, впевнюється у можливості розміщення вагонів составу, який розформовується, в межах сортувальних колій, сповіщає по радіозв'язку машиніста локомотива про масу (вагу) составу, його довжину і характер розборки, а по гучномовному зв'язку – усіх причетних до розпуску працівників план розпуску. При під'їзді локомотива на колії парку прийому перед насувом составу, який буде розформовуватись, машиніст повинен проявити уважність, зупинитись, впевнитись, що огороження знято, під'їхати до вагонів, зчепитись з ними, прослідкувати про вилучення гальмових башмаків сигналістом і отримати від нього доповідь про їх вилучення, доповісти ДСПГ і отримати дозвіл на осаджування состава на гірку. Далі машиніст маневрового локомотива керується показаннями гіркового світлофора і вказівками чергового по сортувальній гірці про швидкість насуву, зміну швидкості, чи зупинку насуву. Розпуск составу може проводитись в автоматичному режимі, маршрутному режимі та індивідуальному режимі.

Під час розпуску составів розчеплення відчепів перед горбом гірки ви-

конує складач поїздів особисто при допомозі спеціальної вилки згідно з сортувальним листком, він працює без помічника (в одну особу).

Під час розпуску составу складач поїздів уважно слідкує за процесом, керуючись сортувальним листком, а також слідкує за крейдяними відмітками, нанесеними на вагони працівниками ПТО і ПКО в парку приймання. Після розформування декількох составів виконується осаджування вагонів на сортувальних коліях.

Послідовність виконання операцій по обробці поїзда, який поступив у розформування та їх тривалість:

1. Операції до прибуття поїзда:

- одержання й коректування ТГНЛ у СТЦ;
- одержання повідомлення про вихід поїздів із сусідньої станції, повідомлення працівників ПТО та ПКО;
- вихід працівників, що беруть участь в обробці поїзда на колію.

2. Операції під час прибуття поїзда:

- прийом поїзда, контрольна перевірка состава у вхідній горловині, прийнято згідно [54]  $t_{\text{пр}} = 5 \text{ хв.}$

3. Операції після прибуття поїзда:

- закріплення состава, прийнято згідно [54]  $t_{\text{зак}} = 6 \text{ хв.}$
- відчеплення й виїзд локомотива, огороження колій, прийнято згідно [54]  $2 \text{ хв.}$
- доставка документів у СТЦ;
- перевірка ТНЛ і вантажних документів, передача документів на місцеві вагони в товарну контору складання сортувального листка;
- технічний і комерційний огляд состава, технічний ремонт й усунення комерційних несправностей вагонів, згідно третього розділу  $t_{\text{то}} = 26,7 \text{ хв.}$
- коректування сортувального листка й передача його виконавцям.

Графік обробки состава, що прибув у розформування наведено на рисунку 6.1.

Найменування операції	Тривалість, хв	Після прибуття, хв.					Виконавець
		10	20	30	40	50	
Одержання від ДНЦ інформації про номер, час прибуття і призначення поїзда							Оператор ДСП
Одержання із КСЕОД та друк ТГНЛ							Оператор СТЦ
Одержання від ДСП сусідньої станції повідомлення, щодо відправлення поїзда							ДСП
Сповіщення оператора СТЦ, оператора ПТО, старшого приймальника поїздів, ВОХР про номер, час прибуття і колію приймання поїзда							ДСП через оператора при ДСП
Контрольна перевірка состава у вхідній горловині, вихід на колію приймання працівників, які приймають участь в обробці поїзда							ДСПП (старший черговий або черговий стрілочного поста), працівники СТЦ, ПКО, ПТО, ВОХР
Закріплення состава, відчеплення та виїзд поїзного локомотива, огороження состава	6						ДСПП(старший черговий або черговий стрілочного поста), ТЧМ, ДСП, оператор ПТО
Доставка перевізних документів до СТЦ	5						Оператор СТЦ
Коригування ТГНЛ за результатами натурної звірки, друк ТГНЛ (за необхідності)	10						Оператор СТЦ
Перевірка ТГНЛ, штемпелювання, перевірка перевізних документів, коригування розміченого ТГНЛ і пересилання його ДСЦ та оператору при ДСЦ	14						Оператор СТЦ
Коригування сортувального листка і ересилання його складачу поїздів гірки, РШРВ	3						Оператор СТЦ
Технічне обслуговування состава і усунення технічних несправностей	26,7						Бригада ПТО
Комерційний огляд і усунення комерційних несправностей	26,7						Бригада ПКО
Загальна тривалість	32,7						

Рисунок 6.1 – Графік обробки состава, який прибув у розформування

## 6.2 Технологія обробки поїздів свого формування

Після завершення накопичення составів у сортувальному парку виконується закінчення формування.

В операції по закінченню формування окремих составів входять осаджування і з'єднання окремих груп вагонів в одну, групи вагонів, які накопичувалися на різних коліях, поставлення вагонів прикриття, переставлення окремих груп вагонів з метою зменшення чи збільшення маси (ваги), перекидка вагонів, у яких не співпадають повздовжні осі автозчепів, прибирання затиснутих башмаків. Зі сторони витяжок, за вказівкою маневрового диспетчера, може виконуватись підтягування рухомого складу на коліях сортувального парку.

Осаджування вагонів і з'єднання їх в одну групу з сторони сортувальної

гірки виконується маневровим тепловозом з таким розрахунком, щоб вагони з сторони витяжок не вийшли за межі колії. Для цього залучається ДСПО, який з башмаком в руках слідкує за наближенням рухомого складу і по радіозв'язку постійно інформує машиніста на скільки вагонів ще можна осаджувати – на десять вагонів, на п'ять, на три, на один, зупинка! Перший вагон повинен у таких випадках зупинитися навпроти колонки з шлангом для наповнення стиснутими повітрям гальмової магістралі составу.

Після закінчення формування поїзда, маневровий диспетчер по телефону пред'являє оператору ПТО приймально-відправного парку состав для технічного обслуговування, вказуючи при цьому номер колії, кількість вагонів у составі, номери головного і хвостового вагонів, час відправлення і призначення поїзда. Оператор ПТО приймально-відправного парку про пред'явлення состава до технічного обслуговування оголошує по гучномовному зв'язку, зазначаючи номер колії і час відправлення, після чого огороджує пред'явлений состав загороджувальними сигналами як з голови, так і з хвоста. При цьому стрілка, яка веде на огорожену колію, автоматично виводиться в ізолююче положення, чим виключає можливість заїзду рухомого складу на цю колію. Після огороження состава, оператор ПТО оголошує про це по гучномовному зв'язку.

В приймально-відправного парку в зміну працює дві бригади по три групи в кожній. З метою планування роботи бригад і їх ефективного використання, маневровий диспетчер зобов'язаний інформувати працівників ПТО про черговість відправлення поїздів з колій приймально-відправного парку за одну годину до їх відправлення.

Працівники ПТО оглядають вагони і усувають недоліки. При цьому вони з'єднують гальмові рукави між вагонами, оглядають гальмове обладнання, стан трубок, рукавів, головок автозчепів, кінцевих кранів. Виявлені недоліки самі усувають. Після наповнення гальмової магістралі стиснутим повітрям, перевіряється дія автогальм, щільність гальмової магістралі, її чутливість. Головний і хвостові оглядачі після закінчення і ремонту вагонів у составі, доповідають операторові ПТО про готовність поїзда до відправлення.

Одночасно з технічним обслуговуванням проводиться і комерційний огляд вагонів, при цьому перевіряється правильність і надійність кріплення вантажів на відкритому рухомому складі, наявність і стан пломб, дверних закладок, закруток, люків, стан кузовів критих вагонів, цистерн, забезпечення збереження вантажів, якість очищення порожніх вагонів, відсутність недоліків, які можуть стати причиною порушення безпеки руху.

У випадках неможливості усунення недоліку без відчеплення вагона, працівник ПКО негайно доповідає маневровому диспетчеру, по розпорядженню якого вагон відчіпляється від поїзда.

Після причеплення поїзного локомотива оглядачі вагонів виконують скорочене випробування автогальм, оформляють довідку про автогальма форми ВУ-45 і передають її машиністові локомотива. Черговий по відправленню передає машиністові поїзного локомотива пакет з поїзними документами, натурний лист на поїзд під розписку в книзі здачі вантажних документів форми ГУ-40 і одночасно видає машиністові попередження.

Місцеві вагони для п/к формуються у передачі і вивозяться на п/к за встановленим графіком локомотивом непарної системи. Документи на місцеві вагони передаються машиністами поїзних локомотивів.

Послідовність виконання операцій по обробці поїзда свого формування та їх тривалість дорівнює:

1. Операції до пред'явлення поїзда:

- оформлення натурального листа й підбір документів;
- закріплення й огородження состава, прийнято згідно [54]  $t_{\text{зак}} = 7 \text{ хв.}$

2. Операції після моменту пред'явлення поїзда:

- технічний огляд і ремонт вагонів, комерційний огляд состава й усунення несправностей, згідно третього розділу  $t_{\text{то}} = 20,9 \text{ хв.}$
- конвертування, опечатування, пересилання документів;
- вручення документів локомотивній бригаді;
- причіпка поїзного локомотива, проба гальм, вилучення гальмових

башмаків, зняття огороження, загальна тривалість операцій 15 хв.

3. Відправлення поїзда, прийнято згідно [54]  $t_{\text{від}} = 2 \text{ хв}$ .

Графік обробки состава свого формування наведено на рисунку 6.2.

Найменування операції	Тривалість, хв	Після прибуття, хв.						Виконавець
		10	20	30	40	50	60	
Прийом поїзда на відповідну колію		■						ДСП
Оповіщення відповідних працівників		■						ДСП
Вихід на колію приймання працівників, які беруть участь в обробці поїзда		■						Працівники ПТО, ПКО, СТЦ, складач поїздів
Закріплення состава	7	■	■					Сигналіст
Огородження состава	2	■						Локомотивна бригада, бригада ПТО
Прийом від машиніста пакета з документами і пересилка їх в СТЦ	5		■	■				Сигналіст
Списування номерів вагонів прибулого поїзда	5		■	■				Оператор СТЦ
Технічне обслуговування состава	20,9		■	■	■			Бригада ПТО
Комерційний огляд состава	20,9		■	■	■			Бригада ПКО
Звірка попередньо отриманого ТГНЛ з списаними номерами, перевірка документів, їх конвертування і пересилка	15			■	■	■		Оператор СТЦ
Зняття огороження, причеплення поїзного локомотива	5				■			Локомотивна бригада
Проба автогальм	10					■	■	Слюсар з випробування гальм
Зняття закріплення	7					■	■	Сигналіст
Відправлення поїзда	2						■	ДСП
Загальна тривалість	53,9	■	■	■	■	■	■	

Рисунок 6.2 – Графік обробки состава свого формування

Час на виконання основних операцій по розформуванню (насув, розпуск, заїзд, осаджування) і формуванню составів на сортувальній гірці і на витяжних коліях та на перестановку вагонів і составів, визначений у розділі 3 ( $t_3 = 3,8 \text{ хв}$ ,  $t_{\text{нас}} = 4,8 \text{ хв}$ ,  $t_{\text{роз}} = 9,5 \text{ хв}$ ,  $t_{\text{ос}} = 3,8 \text{ хв}$ ). Технологічний графік роботи гірки наведений на рисунку 6.3.

Оператор СТЦ з доставки документів перераховує наявність документів згідно натурного листа, пакетує, пломбує, наклеює на пакет контрольний бланк форми ДУ-81 і доставляє документи на локомотив.



Рисунок 6.3 Графік роботи гірки

### 6.3 Технологія обробки транзитних поїздів

Транзитні поїзди приймаються виключно на колії №№ 1, 2, 3, 4, 5 і 6 приймально-відправного парку. Ці колії обладнані мережею стиснутого повітря з колонками для наповнення ним гальмової системи составів і випробування автогальм, запасом деталей вагонів для їх безвідчепного ремонту, системою електрозварювання, пристроями для механізації ремонтних робіт, двостороннім гучномовним зв'язком. До прибуття транзитного поїзда станція отримує від поїзного диспетчера інформацію про його номер, призначення і час прибуття на станцію. Перед прийомом поїзда черговий по станції поста ЕЦ-4 сповіщає працівників СТЦ, ПКО, ПТО-2 про очікуване прибуття поїзда, вказуючи при тому номер колії прийому, час прибуття. Працівники, які беруть участь в його обробці, зустрічають його біля колії прийому. Закріплення состава прибулого поїзда здійснюється порядком, вказаним у ТРА станції. Поїзні документи від локомотивної бригади приймає оператор СТЦ, або за вказівкою маневрового диспетчера інший працівник станції і пересилає їх з приймально-відправного парку в СТЦ.

Після відчеплення і від'їзду поїзного локомотива состав централізованим порядком огорожується заборонними сигналами і тільки після цього дозволяється приступати до технічного обслуговування і комерційного огляду. Під час

технічного огляду состава виявляються вагони, які вимагають ремонту з відчепленням, а також технічні несправності, які можуть бути усунені без відчеплення за час графікової стоянки поїзда. На вагонах, які потребують ремонту з відчепленням, оглядачі вагонів роблять крейдою написи, вказуючи, куди належить подати вагон (вагонне депо, ремонтна колія, чи перевантаження) і через старшого оглядача, або оператора ПТО-2 повідомляють маневрового диспетчера.

Одночасно з технічним обслуговуванням проводиться комерційний огляд вагонів состава і усунення комерційних недоліків. У випадках відчеплення вагонів від транзитного поїзда, маневровий диспетчер доповнює його іншими вагонами того ж напрямку. Маневри по відчепленню і причепленню вагонів можуть виконуватися тільки після зняття централізованого огороження. Причеплення поїзного локомотива не повинно бути пізнішим 10 хвилин до його відправлення.

Послідовність виконання операцій по обробці транзитного поїзда та їх тривалість.

#### 1. Операції до прибуття поїзда:

- одержання повідомлення про вихід поїзда із сусідньої станції;
- повідомлення працівників СТЦ, ПТО, ПКО про номер, індекс поїзда, часу прибуття й колії приймання;
- вихід до колії приймання працівників, що беруть участь в обробці поїзда.

#### 2. Операції під час прибуття поїзда

- прийом поїзда та попередній огляд його під час руху, прийнято згідно розділу 4  $t_{\text{пр}} = 5 \text{ хв.}$

#### 3. Операції після прибуття поїзда:

- закріплення состава, згідно розділу 4  $t_{\text{зак}} = 7 \text{ хв.}$ ;
- відчеплення й виїзд локомотива, огороження колій, прийнято згідно [54]  $2 \text{ хв.}$ ;



- технічний і комерційний огляд состава, технічний ремонт й усунення комерційних несправностей вагонів; згідно розділу 4  $t_{\text{то}} = 20,9 \text{ хв}$ ;
- перевірка пакета з вантажними документами працівниками СТЦ й їхнє пересилання;
- заїзд і причеплення поїзного локомотива, проба автогальм, вилучення гальмових башмаків, зняття огороження – загальна тривалість операцій 15 хв;
- вручення документів локомотивній бригаді.

3. Відправлення поїзда, прийнято згідно розділу 4  $t_{\text{від}} = 2,0 \text{ хв}$ .

Графік обробки транзитного поїзда зі зміною локомотива наведено на рисунку 6.4.

Найменування операції	Тривалість, хв	Після прибуття, хв.						Виконавець
		10	20	30	40	50	60	
Прийом поїзда на відповідну колію		■						ДСП
Оповіщення відповідних працівників		■						ДСП
Вихід на колію приймання працівників, які беруть участь в обробці поїзда		■						Працівники ПТО, ПКО, СТЦ, складач поїздів
Закріплення состава	7	■	■					Сигналіст
Огородження состава	2		■					Локомотивна бригада, бригада ПТО
Прийом від машиніста пакета з документами і пересилка їх в СТЦ	5		■	■				Сигналіст
Списування номерів вагонів прибулого поїзда	5		■	■				Оператор СТЦ
Технічне обслуговування состава	20,9		■	■	■			Бригада ПТО
Комерційний огляд состава	20,9		■	■	■			Бригада ПКО
Звірка попередньо отриманого ТГНЛ з списаними номерами, перевірка документів, їх конвертування і пересилка	15			■	■	■		Оператор СТЦ
Зняття огороження, причеплення поїзного локомотива	5				■			Локомотивна бригада
Проба автогальм	10					■	■	Слюсар з випробування гальм
Зняття закріплення	7					■	■	Сигналіст
Відправлення поїзда	2						■	ДСП
Загальна тривалість	53,9	■	■	■	■	■	■	

Рисунку 6.4 – Графік обробки транзитного поїзда зі зміною локомотива

#### 6.4 Перевірка умов взаємодії підходів та елементів станції між собою

Для пришвидшеної обробки вагонопотоків на сортувальній станції повинна бути встановлена раціональна взаємодія в роботі її основних парків і сор-

тувальних пристроїв між собою із прилягаючими ділянками, при якому зменшується час очікування виконання технологічних операцій і ліквідуються чи скорочуються до мінімуму затримки поїздів на підходах. Раціональна взаємодія станційних процесів і станції прилягаючими ділянками передбачає виконання наступних основних умов [54, додаток 1].

Розрахунковий інтервал обробки складів поїздів робітниками ПТО, СТЦ і приймальниками поїздів в парку прийому не повинен перевищувати розрахункового інтервалу прибуття поїздів в розформування:

$$I_{\text{пр}}^{\text{р}} \geq \frac{t_{\text{пр}}}{B_{\text{пр}}}, \quad (6.1)$$

де  $I_{\text{пр}}^{\text{р}}$  – розрахунковий інтервал прибуття поїздів у розформування, рівний півсумі середнього та мінімального інтервалів;

$t_{\text{пр}}$  – середня тривалість обробки одного складу, згідно 4 розділу  $t_{\text{пр}} = 20,9 \text{ хв}$ ;

$B_{\text{пр}}$  – кількість бригад по обмежуючій операції.

Розрахунковий інтервал прибуття поїздів у розформування розраховується за формулою:

$$I_{\text{пр}}^{\text{р}} = \frac{I_{\text{пр}}^{\text{мін}} + I_{\text{пр}}^{\text{ср}}}{2}, \quad (6.2)$$

де  $I_{\text{пр}}^{\text{мін}} = 10 \text{ хв}$ ;

По умовах роботи:

$$I_{\text{пр}}^{\text{ср}} = \frac{1440}{n_{\text{розф}}} = \frac{1440}{39} = 36,9 \text{ хв};$$

$$I_{\text{пр}}^{\text{р}} = \frac{36,9 + 10}{2} = 23,5 \text{ хв}.$$

Так як  $23,5 > 20,9$ , то умова (6.1) виконується.

Розрахунковий гірочний технологічний інтервал повинен бути не більше

розрахункового інтервалу обробки складів поїздів робітниками ПТО, СТЦ і приймальниками поїздів в парку прийому:

$$\frac{t_{\text{пр}}}{B_{\text{пр}}} \geq t_{\text{гор}}, \quad (6.3)$$

де  $t_{\text{гор}}$  – розрахунковий гірочний технологічний інтервал; згідно розрахунків в 4 розділі  $t_{\text{гор}} = 21,5$  хв при роботі одного гірочного локомотиву.

Так як  $20,9 < 21,5$  – умова (6.3) не виконується.

Для виконання умови необхідно або додаткова колія насуву або другий гірочний локомотив, тоді ця умова буде виконуватися.

Необхідно також, щоб розрахунковий гірочний технологічний інтервал не перевищував потрібну його величину  $t_{\text{гор}}^{\text{п}}$ , що забезпечує стійку роботу станції при заданому об'ємі переробки:

$$t_{\text{гор}} \leq t_{\text{гор}}^{\text{п}} = \frac{\gamma_{\text{гор}} (1440 \alpha_{\text{гор}} - \sum T_{\text{гор}}^{\text{пост}})}{n_{\text{розф}} \mu_{\text{повт}}}, \quad (6.4)$$

де  $\gamma_{\text{гор}}$  – технічно раціональний рівень завантаження гірки;

$\alpha_{\text{гор}}$  – коефіцієнт, що враховує можливі перерви у використанні гірки через ворожі пересування;

$\mu_{\text{повт}}$  – коефіцієнт, що враховує повторну переробку вагонів на гірці.

Для  $\gamma_{\text{гор}} = 0,71$ ,  $\alpha_{\text{гор}} = 0,97$ ,  $\mu_{\text{повт}} = 1,05$  потрібна величина гірочного інтервалу дорівнює:

$$t_{\text{гор}}^{\text{п}} = \frac{0,71 \cdot (1440 \cdot 0,97 - 120)}{39 \cdot 1,05} = 22,1 \text{ хв.}$$

Так як  $21,5 \text{ хв} < 22,1 \text{ хв}$  то умова (6.4) виконується.

Розрахунковий інтервал обробки складів локомотивом витяжок формування не повинен перевищувати розрахункового інтервалу накопичення складів в сортувальному парку:

$$I_{\text{нак}}^p \geq \frac{T_{\phi}}{M_{\phi}}, \quad (6.5)$$

де  $I_{\text{нак}}^p$  – розрахунковий інтервал накопичення складів у сортувальному парку, рівний півсумі середнього та мінімального інтервалів;

$T_{\phi}$  – середні затрати часу на обробку складу локомотивом витяжної колії;

$M_{\phi}$  – кількість локомотивів, що одночасно працюють на витяжних коліях,  $M_{\phi} = 1$ .

При даній організації роботи на станції  $T_{\phi} = 11,5$  хв, а  $M_{\phi} = 1$ ; розрахунковий інтервал накопичення складів у сортувальному парку розраховується за формулою:

$$I_{\text{нак}}^p = \frac{I_{\text{нак}}^{\text{мин}} + I_{\text{нак}}^{\text{ср}}}{2}, \quad (6.6)$$

де  $I_{\text{нак}}^{\text{мин}} = 4$  хв по умовах роботи.

$$I_{\text{нак}}^{\text{ср}} = \frac{1440}{n_{\text{форм}}} = \frac{1440}{39} = 36,9 \text{ хв};$$

$$I_{\text{нак}}^p = \frac{36,9 + 4}{2} = 20,5 \text{ хв}.$$

Розрахунковий інтервал формування составів на витяжних коліях  $T_{\phi}/M_{\phi} = 11,5/1 = 11,5$  хв; так як  $20,5 > 11,5$ , то умова (6.5) виконана.

Розрахунковий інтервал обробки составів в приймально-відправному парку не повинен перевищувати розрахункового інтервалу обробки цих составів локомотивом витяжних колій формування у хвості сортувального парку:

$$\frac{T_{\phi}}{M_{\phi}} \geq \frac{t_{\text{пв}}}{B_{\text{пв}}}, \quad (6.7)$$

де  $t_{\text{пв}}$  – середня тривалість обробки одного составу в приймально-відправному парку (згідно 3 розділу  $t_{\text{пв}} = 21,6$  хв);

$B_{\text{пв}}$  – кількість бригад по обмежуючій операції,  $B_{\text{пв}} = 2$  бригаді.

Так як  $11,5 < 10,8$ , то умова (6.7) виконується.

Розрахунковий інтервал відправлення поїздів не повинен перевищувати розрахункового інтервалу обробки цих складів робітниками ПТО:

$$\frac{t_{\text{пв}}}{B_{\text{пв}}} \geq I_{\text{відп}}^{\text{р}}, \quad (6.8)$$

де  $I_{\text{відп}}^{\text{р}}$  – розрахунковий інтервал відправлення поїздів зі станції, рівний півсумі середнього та мінімального інтервалів;

При даній організації роботи на станції розрахунковий інтервал відправлення поїздів зі станції рівний:

$$I_{\text{відп}}^{\text{р}} = \frac{I_{\text{відп}}^{\text{мін}} + I_{\text{відп}}^{\text{ср}}}{2},$$

де  $I_{\text{відп}}^{\text{мін}} = 7 \text{ хв.}$

$$I_{\text{відп}}^{\text{ср}} = \frac{1440}{n_{\text{розф}}} = \frac{1440}{39} = 36,9 \text{ хв.};$$

$$I_{\text{відп}}^{\text{р}} = \frac{36,9 + 7}{2} = 21,95 \text{ хв.}$$

$10,8 < 21,95$  – умова (6.8) не виконується.

Отже, дана станція з її наявним технічним оснащенням забезпечує раціональну взаємодію станційних процесів та станції з прилягаючими ділянками.

## **7 ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СТАНЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЇЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ**

### **7.1 Призначення добового плану-графіка**

Добовий план-графік – це графічне відображення процесів обробки поїздів і вагонів, використання основних технічних засобів і станційних пристроїв. Він складається на основі графіка руху і плану формування поїздів, техніко-розпорядчого акта і технологічного процесу станції. Добовий план-графік роботи станції визначає взаємозв'язок у часі і просторі і порядок виконання основних технологічних операцій. Добовий план-графік складають з метою узгодження роботи всіх підрозділів станції між собою, чи ліквідації зведення до виправданого в техніко-економічному відношенні мінімуму всіх міжопераційних інтервалів, виявлення найбільш завантажених і потребуючих посилення елементів. За допомогою плану-графіка можна визначити ступінь нерівномірності в роботі і її вплив на використання основних технічних засобів і експлуатаційні показники станцій. При складанні добового плану-графіка перевіряють умови взаємодії основних процесів на станції і намічають заходи для їх виконання, перевіряють окремі нормативи технологічного процесу.

Основними вихідними даними для побудови добового плану-графіка роботи станції є: технічне оснащення, технологія роботи і розрахункові обсяги роботи станції в цілому й окремих її елементів. До технічного оснащення станції відносяться: схема взаємного розташування основних залізничних пристроїв, потужності колійного розвитку з'єднань і т.д. Дані, що представляють технологію роботи станції містять у собі: технологічні процеси роботи окремих пристроїв станції, розрахунки необхідного часу на виконання пересувань між пунктами місцевої роботи і на виконання окремих технологічних операцій і внутрішньостанційних маневрових пересувань, мережеві графіки обробки складів і ін.

Всі маневрові пересування виконуються станційним маневровим локомотивом, що працює цілодобово. Тривалість операцій з поїздами на

приймальних і приймально-відправних коліях і тривалість на розформування, і формування поїздів приймаються відповідно до норм, які визначені в попередніх розділах.

Моделювання розкладу прибуття поїздів виконується на основі імітаційного моделювання за допомогою програмного забезпечення, що було розроблено на кафедрі «Транспортні вузли». На рисунку 7.1 наведено фрагмент файлу результатів моделювання прибуття вантажних поїздів по категоріям транзитні без переробки та у розформування. Розклад прибуття транзитних поїздів, поїздів які надходять у переробку наведено в додатку Б.

Розклад прибуття поїздів на станцію Л		
N <sub>т</sub> = 38; N <sub>р</sub> = 39; K = 2		
1	0час 08мин - Т	2 0час 18мин - Р
4	0час 41мин - Р	5 1час 42мин - Р
7	2час 41мин - Т	8 3час 5мин - Т
10	4час 19мин - Т	11 4час 35мин - Т
13	4час 57мин - Р	14 5час 31мин - Т
16	6час 46мин - Т	17 6час 49мин - Т
		3 0час 20мин - Р
		6 1час 54мин - Р
		9 3час 25мин - Т
		12 4час 37мин - Р
		15 6час 15мин - Р
		18 7час 11мин - Р

Рисунок 7.1 – Фрагмент файлу результатів моделювання прибуття вантажних поїздів

Моделювання складу поїздів, що надходять у розформування, виконується на основі ймовірнісних методів за допомогою програмного забезпечення, що було розроблено на кафедрі «Транспортні вузли». На рисунку 7.2 наведено діалогове вікно програми для моделювання складу поїздів, що надходять у розформування, с результатами моделювання. Склад поїздів, які надходять у переробку наведено в додатку В.

## 7.2 Розрахунок показників функціонування станції

Добовий план-графік дозволяє виявити найбільш завантажені елементи станції, установити фактичну потребу в маневрових локомотивах і інших технічних засобах, перевірити умови взаємодії всіх елементів станції між собою.

Після побудови плану-графіка визначаються наступні основні показники, що характеризують роботу станції [55]:

– простій транзитного вагона без переробки;

**Моделирование разложения поездов**

Файл Помощь О программе

Шифр студента: 0055      Количество поездов в расформирование: 7      Пуск

Направление: П      Количество сборных поездов: 1      Очистить

Вероятность назначения: 0.4      Количество назначений: 11      Выход

Состав поезда, ваг.: 53

Назначения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вагоны	25	45	37	23	45	33	38	34	33	34	23

НАЗНАЧЕНИЯ											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	: состав
-	-	10	-	-	-	14	-	13	8	8	: 53
7	16	-	5	10	8	-	-	-	6	-	: 52
-	13	-	9	12	-	-	14	-	-	5	: 53
9	-	9	-	6	6	12	9	-	-	2	: 53
1	16	4	3	1	-	-	-	-	20	8	: 53
-	-	11	6	14	-	-	8	14	-	-	: 53
8	-	3	-	2	19	12	3	6	-	-	: 53

Рисунку 7.2 – Діалогове вікно програми для моделювання складу поїздів, що надходять у розформування, з результатами моделювання

- простій транзитного вагона з переробкою;
- простій місцевого вагона;
- коефіцієнти завантаження маневрового та гірочного локомотива;
- коефіцієнти завантаження бригад ПТО в приймальному і приймально-відправному парках;
- робочий парк вагонів.

Простій транзитного вагону без переробки визначається за формулою:

$$t_{\text{тр}}^{\text{б/п}} = \frac{\sum n_{\text{тр}}^{\text{б/п}} t_{\text{тр}}^{\text{б/п}}}{\sum n_{\text{тр}}^{\text{б/п}}} \quad (7.1)$$

де  $\sum n_{\text{тр}}^{\text{б/п}} t_{\text{тр}}^{\text{б/п}}$  – сумарні вагоно-години простою транзитних поїздів без переробки;

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



Згідно таблиці 2.1 загальне число транзитних поїздів, що прибувають на станцію складає  $N_{\text{тр}} = 38$  поїздів за добу, склад поїзда – 55 вагонів (розділ 2). Згідно добового плану-графіку час знаходження транзитних поїздів без переробки у парках станції складає 1789 поїздо-хв.

Тоді отримаємо наступні значення:

$$\sum n_{\text{тр}}^{6/\text{п}} = 38 \cdot 55 = 2090 \text{ ваг};$$

$$t_{\text{тр}}^{6/\text{п}} = \frac{55 \cdot 1789}{2090} = 0,78 \text{ год.}$$

Простій транзитного вагону з переробкою визначаємо за формулою:

$$t_{\text{тр}}^{3/\text{п}} = t_{\text{пп}}^{\text{пр}} + t_{\text{розф}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{зф}} + t_{\text{пер}} + t^{\text{відпр}}, \quad (7.2)$$

де  $t_{\text{пп}}^{\text{пр}}$  – середній час простою вагонів з переробкою у приймально-відправному парку під обробкою по прибуттю, год;

$t_{\text{розф}}$  – середній час розформовування составів;

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

$t_{\text{зф}}$  – середній час закінчення формування составів у сортувальному парку, год;

$t_{\text{пер}}$  – час на перестановку составів;

$t^{\text{відпр}}$  – середній час знаходження у відправному парку, составів свого формування під обробкою по відправленню, год.

Середній час простою транзитних вагонів з переробкою під обробкою по прибуттю визначимо за формулою:

$$t_{\text{пп}}^{\text{пр}} = \frac{\sum nt}{n_{\text{пер}}}, \text{ год}, \quad (7.3)$$

де  $\sum nt$  – сумарні вагоно-години простою транзитних вагонів з переробкою під обробкою по прибуттю, згідно добового плану-графіка.

$n_{\text{пер}}$  – число вагонів у добу, що прибули в дільничних та збірних поїздах.

Згідно добового плану-графіка  $\sum nt = 1378$  вагоно-год, а  $n_{\text{пер}} = 2276$  вагонів (розділ 2), тоді:

$$t_{\text{пп}}^{\text{пр}} = \frac{1378}{2276} = 0,61 \text{ год.}$$

Середній час простою вагонів під накопиченням у сортувальному парку визначимо за формулою:

$$t_{\text{нак}} = \frac{\sum nt_{\text{нак}}}{60 \cdot (n_{\text{пер}} + n_{\text{зал}})}, \text{ год}, \quad (7.4)$$

де  $\sum nt_{\text{нак}}$  – сумарні вагоно-хвилини простою вагонів під накопиченням;

$n_{\text{зал}}$  – залишок вагонів на сортувальних коліях на початок доби.

Згідно добового плану-графіка  $\sum nt_{\text{нак}} = 1401308$  вагоно-хв та  $n_{\text{зал}} = 779$  ваг, отримаємо наступне значення:

$$t_{\text{нак}} = \frac{1401308}{60 \cdot (2276 + 462)} = 8,53 \text{ год.}$$

Середній час закінчення формування составів у сортувальному парку визначимо за формулою:

$$t_{\text{зф}} = \frac{(n_{\text{дільн}} \cdot t_{\text{зф}}^{\text{дільн}} + n_{\text{зб}} \cdot t_{\text{зф}}^{\text{зб}})}{(n_{\text{дільн}} + n_{\text{зб}})}, \text{ год.} \quad (7.5)$$

Тоді:

$$t_{\text{зф}} = \frac{22137,5 + 3060}{2276} = 11,1 \text{ хв} = 0,19 \text{ год.}$$

Середній час знаходження составів під обробкою по відправленню визначимо за формулою:

$$t^{\text{відпр}} = \frac{\sum n t^{\text{відпр}}}{n_{\text{пер}}}, \text{ год}, \quad (7.6)$$

де  $\sum n t^{\text{відпр}}$  – сумарні вагоно-години простою вагонів під обробкою по відправленню, год;

$n_{\text{пер}}$  – загальне число перероблених вагонів у добу.

$$t^{\text{відпр}} = \frac{85275}{2027} = 42,1 \text{ хв} = 0,7 \text{ год}.$$

Згідно (розділу 4)  $t_{\text{розф}} = 0,158 \text{ год}$  та  $t_{\text{пер}} = 0,183 \text{ год}$ , підставивши значення у формулу (7.2), отримаємо:

$$t_{\text{тр}}^{\text{з/п}} = 0,78 + 0,158 + 8,53 + 0,19 + 0,183 + 0,7 = 10,54 \text{ год}.$$

Середньозважена величину простою транзитного вагону визначаємо за формулою:

$$t_{\text{тр}} = \frac{n_{\text{тр}}^{\text{б/п}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{б/п}} + n_{\text{пер}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{з/п}}}{n_{\text{тр}}^{\text{б/п}} + n_{\text{пер}}}, \text{ год}. \quad (7.7)$$

Тоді отримаємо:

$$t_{\text{тр}} = \frac{2090 \cdot 0,78 + 2027 \cdot 10,54}{2090 + 2027} = 5,59 \text{ год}.$$

Простій місцевого вагону визначаємо за формулою:

$$t_{\text{м}} = t_{\text{пп}}^{\text{пр}} + t_{\text{розф}} + t_{\text{под}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{нак}}^{\text{под}} + t_{\text{ван}} + t_{\text{зф}} + t^{\text{відпр}}, \text{ год}, \quad (7.8)$$

де  $t_{\text{под}}$ ,  $t_{\text{пр}}$  – відповідно, середній час на подачу і прибирання місцевих вагонів на вантажні фронти;

$t_{\text{нак}}^{\text{под}}$  – час накопичення подачі з врахуванням очікування подачі на вантажний фронт;

$t_{\text{ван}}$  – середній простій місцевих вагонів на вантажних фронтах, год;

$$t_m = 0,53 + 0,158 + 0,087 + 0,087 + 4,19 + 2,38 + 0,19 + 0,51 = 8,13 \text{ год.}$$

Загальний вагонообіг станції визначаємо за формулою:

$$n_{\text{во}} = n_{\text{приб}} + n_{\text{відпр}}, \text{ ваг.} \quad (7.9)$$

де  $n_{\text{приб}}$  – число вагонів, що прибули на станцію у добу;

$n_{\text{відпр}}$  – число вагонів, відправлених зі станції у добу.

Отримаємо наступне значення:

$$n_{\text{во}} = 2090 + 2276 + 2090 + 2027 = 14939 \text{ ваг.}$$

Робочий парк вагонів визначаємо за формулою:

$$n_p = \frac{n_{\text{тр}}^{\text{бп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{бп}} + n_{\text{тр}}^{\text{зп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{зп}} + n_m \cdot t_m}{24}, \text{ ваг.} \quad (7.10)$$

Отже

$$n_p = \frac{2090 \cdot 0,78 + 2276 \cdot 10,54 + 84 \cdot 8,13}{24} = 1096 \text{ ваг.}$$

Коефіцієнт завантаження бригад ПТО визначається за формулою

$$K_{\text{ПТО}} = \frac{\Sigma t_{\text{то}}}{24}, \quad (7.11)$$

де  $\Sigma t_{\text{то}}$  – час роботи бригади за добу.

Отримаємо наступні коефіцієнти завантаження:

$$K_{\text{ПТО}}^{\text{ПП}} = \frac{18,9}{24} = 0,78;$$

$$K_{\text{ПТО}1}^{\text{ПВП}} = \frac{14}{24} = 0,58;$$

$$K_{\text{ПТО}2}^{\text{ПВП}} = \frac{13,3}{24} = 0,55.$$

Коефіцієнт завантаження кожного маневрового локомотива визначаємо за формулою:

$$K_{\text{ман}} = \frac{\sum t_{\text{ман}}}{1440 - T_{\text{ТП}}}, \quad (7.12)$$

де  $\sum t_{\text{ман}}$  – сумарні локомотиво-години роботи маневрового локомотива;

$T_{\text{ТП}}$  – час технологічних перерв (екіпіровка локомотиву, зміна локомотивної бригади).

Згідно добового плану-графіка маємо наступні значення:

$$\sum t_{\text{ман}}^{\text{гip}} = 938,8 \text{ хв}, \quad \sum t_{\text{ман}} = 1003,2 \text{ хв}.$$

Час технологічних перерв приймаємо рівним 120 хв, коефіцієнти завантаження дорівнюють:

$$K_{\text{ман}}^{\text{гip}} = \frac{915}{1440 - 120} = 0,69,$$

$$K_{\text{ман}} = \frac{946}{1440 - 120} = 0,71.$$

Коефіцієнт завантаження гіркових пристроїв визначаємо за формулою:

$$K_{\text{ГМ}} = \frac{t_{\text{розф}}}{t_{\text{Г}}}, \quad (7.13)$$

Значення показників добового плану-графіка наведено в таблиці 7.1.

Аналізуючи показники роботи станції приходимо до висновку, що технічне оснащення станції Л відповідає обсягам роботи. Коефіцієнт використання маневрового гірочного локомотиву становить 0,71, що свідчить про резерв переробної спроможності сортувальної гірки. Завантаження маневрового локомотиву, який обслуговує вихідну горловину сортувального парку та бригад ПТО в парках станції теж має порівняно невеликий коефіцієнт завантаження.

Таблиця 7.1 – Показники добового плану-графіку

Найменування показника	Значення
Простій транзитного вагона без переробки	1,14 год
Простій транзитного вагона з переробкою	10,54 год
Простій місцевого вагона	8,13 год
Загальний вагонообіг станції	14939 ваг
Робочий парк вагонів	1096 ваг
Коефіцієнт завантаження гірочного локомотива	0,69
Коефіцієнт завантаження маневрового	0,71
Коефіцієнти завантаження бригад ПТО	
Парк прийому	0,78
Приймально-відправний парк (перша бригада)	0,58
Приймально-відправний парк (друга бригада)	0,55

Завантаження інших елементів відносно прийнятне і має резерв.

### 7.3 Визначення тривалості формування передавальних поїздів

На сортувальній станції Л формується 4 передавальних поїзда. Кількість колій для підбирання вагонів 3. Виконувати сортування будемо на базі трьох основних методів: комбінаторним, розподільчим та методом рівномірного наростання.

Тривалість маневрових операцій з формування составів визначається за формулою:

$$T_{\phi} = T_c + T_{зб}, \quad (7.14)$$

де  $T_c$  – тривалість сортування вагонів;

$T_{зб}$  – тривалість збирання вагонів.

Тривалість сортування вагонів на гірці розраховується за формулою!!!

$$T_c = \frac{0,06L_{\text{в}} \cdot m}{V_{\text{роз}}} \cdot \left(1 - \frac{1}{2g}\right), \quad (7.15)$$

де  $L_{\text{в}}$  – довжина вагона  $L_{\text{в}} = 15 \text{ м}$ ;

$m$  – кількість вагонів у составі;

$V_{роз}$  – швидкість розпуску (для гірок середньої потужності приймається  $V_{роз}=1,4$  км/год);

$g$  – кількість відчепів у составі.

Час на перестановку вагонів і составів з колії на колію, з парку в парк визначається підсумовуванням часу виконання окремих напівреїсів, що виконуються під час цих перестановок [53].

Згідно з [53] напівреїс перестановка складається з розгону маневрового состава, руху його з допустимою швидкістю та гальмування. Тривалість окремого напівреїсу, що виконується під час перестановки вагонів і составів, визначається за формулою:

$$t_{н/р} = \frac{(\alpha_{рг} + \beta_{рг} \cdot m)V}{2} + 3,6 \frac{l_{н/р}}{V}, \quad (7.16)$$

де  $\alpha_{рг}$  – коефіцієнт, що враховує час, необхідний для зміни швидкості руху локомотива на 1 км/год під час розгону, і час, необхідний для зміни швидкості руху локомотива на 1 км/год під час гальмування,  $\alpha_{рг} = 2,44$  с/км/год;

$\beta_{рг}$  – коефіцієнт, що враховує додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона в маневровому составі на 1 км/год під час розгону і додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона в маневровому составі на 1 км/год під час гальмування,  $\beta_{рг} = 0,1$  с/км/год;

$V$  – допустима швидкість руху під час маневрів, км/год;

$l_{н/р}$  – довжина напівреїсу, м.

$$t_{н/р} = 0,2965 + 0,004 \cdot l_{н/р} + 0,0124 \cdot m; \quad (7.17)$$

Для прикладу в таблиці 7.2 наведено тривалість маневрових операцій з формування составів комбінаторним методом

Таблиця 7.2 – Тривалість маневрових операцій з формування составів комбінаторним методом

№ етапу	Назва напіврейсу	$m$ , ваг.	$g$ , відч.	$L_{н/р}$ , м	Тривалість маневрових операцій, хв.
1	Розформування состава	24	15	—	13,83
	Заїзд на колію 0	0	—	130	0,82
	Витягування вагонів з колії 0	13	—	325	1,76
2	Розформування состава	13	9	—	7,85
	Заїзд на колію 0	0	—	130	0,82
	Витягування вагонів з колії 0	16	—	370	1,97
3	Розформування состава	16	11	—	9,63
	Заїзд на колію 0	0	—	90	0,66
	Витягування вагонів з колії 0	17	—	345	1,89
5	Осаджування вагонів на колію 0	16	—	370	1,97
					53,94



## **8 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЦЕВОЇ РОБОТИ**

Станція Л за своїм призначенням і характером роботи являється сортувальною станцією, а по обсягу і складності роботи відноситься до позакласної.

Сортувальна станція - технічна залізнична станція, призначена для розформування і формування різних категорій поїздів відповідно до плану формування з окремих вагонів, виконання операцій з пропуску транзитних поїздів без переробки, технічного обслуговування і комерційного огляду складів поїздів та усунення виявлених несправностей вагонів, зміни локомотивів і локомотивних бригад. Сортувальні станції є головними опорними пунктами з організації вагонопотоків на мережі залізниць. Вони зазвичай входять до складу залізничних вузлів, що мають пасажирські та вантажні станції. У таких випадках на сортувальній станції вантажні та пасажирські операції виконують у невеликому обсязі. Для посадки і висадки пасажирів до місцевих та приміських поїзди влаштовують пасажирські зупинкові пункти на головних коліях. Місцеві вантажно-розвантажувальні операції виконують головним чином на шляхах матеріальних складів і окремих коліях локомотивного та вагонного господарств. Але деякі невеликі сортувальні станції можуть мати пасажирські та вантажні пристрої приблизно в обсязі як і на дільничної станції.

В цілях всебічного обґрунтування та аналізу економічної ефективності капітальних вкладень, виявлення конкретних резервів, її підвищення в цій методиці використовується система показників. В якості об'єднуючих в цій системі приймається показник окупності капітальних вкладень, що характеризує терміни повернення коштів в умовах самофінансування і показник питомих капітальних вкладень, що дозволяє оцінити міру ресурсозбереження (капіталомісткість) при забезпеченні заданого приросту продукції, робіт, послуг. Окремо від них до системи входять наступні показники, підлеглі сумісного комплексного аналізу [56]:

- продуктивність праці;

- фондоддача;
- собівартість продукції;
- якість й технічний рівень продукції, відображаються в зміні техніко-економічних показників, впливаючих на ресурсомісткість й капіталомісткість продукції;
- матеріаломісткість й енергомісткість продукції, робіт, послуг;
- тривалість будівництва, проектування й освоєння приведених потужностей;
- показники, які характеризують фактичний соціальний ефект в порівнянні з нормативним;
- показники покращення охорони навколишнього довкілля.

Вихідним положенням методики оцінки ефективності є загальна властивість всіх виробничо-економічних систем. Воно полягає в тому, що при великому різноманітті цілей, техніки, технології та організації систем у кожній з них відбувається процес перетворення виробничих ресурсів і витрат на готову продукцію. Таким чином, ефективність виступає як міра раціональності використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів.

У даному дипломному проекті економічний ефект виникає в результаті економії від зменшення вагоно-годин простою транзитних вагонів станції та зменшення робочого парку. Скорочення простою вагонів на станції впливає на результати діяльності станції.

Одним з головних показників експлуатаційної роботи залізниць є оборот вантажного вагона – час, що затрачається на виконання повного циклу роботи вагона від моменту його навантаження до моменту наступного навантаження.

Маючи великі резерви скорочення простою вагонів на сортувальній станції ми маємо можливість скоротити оборот вагонів. Для скорочення цього простою, особливо міжопераційного, застосовується чітке узгодження технології роботи вантажної станції.

### 8.1 Економічний ефект від скорочення простою вагону на станції Л

Економічний ефект – корисний результат економічної діяльності, що вимірюється як різниця між грошовими доходами від такої діяльності та грошовими витратами на її здійснення.

Економічний ефект – кількісна та якісна характеристика впливу елементів економічної системи на результативність її функціонування. На відміну від технічної, технологічної та інших неекономічних ефектів, економічний ефект існує переважно у грошовій формі і є грошовим доходом. Тому в певному значенні поняття «економічний ефект» і «грошовий дохід» тотожні. Залежно від характеру впливу окремих елементів на результативність функціонування економічної системи виділяють позитивний, плюсовий (зі знаком «+», «плюс-ефект»), негативний, від'ємний (зі знаком «-», «мінус-ефект», або, як його часто називають, дефект) і нульовий ефект.

Залежно від способу виміру розрізняють валовий (загальний, інтегральний) ефект, умовно чистий ефект, чистий ефект. Під валовими (загальним, інтегральним) економічним ефектом розуміють валовий дохід фірми (або іншого суб'єкта економіки) як суму валової виручки від реалізації продукції чи послуг. Під умовно чистим ефектом – валовий дохід мінус експлуатаційні витрати (амортизація, матеріали, заробітна плата). Під чистим ефектом – умовно чистий ефект мінус податки і прирівняні до них витрати. Поняття «умовно чистий економічний ефект» практично тотожне поняттю «умовно чистий валовий прибуток», а поняття «чистий ефект» – поняттю «чистий прибуток».

У сучасній економічній науковій літературі виділяють також ефект у суто економічній і бухгалтерській інтерпретації. В суто економічному розумінні ефект – це сума платежів за ресурси, зокрема й такий специфічний ресурс, як підприємницькі здібності, або сума доходів усіх власників ресурсів (відсоток, рента, заробітна плата, нормальний прибуток). Таким чином, економічний ефект, як і всі інші суто економічні поняття (категорії), має як дохідний, так і витратний вимір. Він водночас є певною сумою грошових доходів і певною сумою грошових витрат (платежів). У суто бухгалтерському розумінні ефект – це

різниця між валовою виручкою від реалізації продукції чи послуг і т.зв. експлуатаційними витратами (амортизація, матеріальні витрати, трудові витрати на заробітну плату). Як і ефект в економічному значенні, він також може виступати як сума грошових доходів або грошових витрат. Але і в першому, і в другому способах його вимірювання віднімають витрати й доходи, пов'язані з таким специфічним ресурсом виробництва, як підприємницькі здібності. В окремих випадках у науковій економічній літературі під поняттям «економічний ефект» розуміють наслідки впливу певного економічного процесу, дії на результативність функціонування економічної системи. Так, вплив зміни реальних доходів на сукупний ринковий попит відображають ефектом багатства ставки відсотка – ефектом відсоткової ставки, зовнішньої торгівлі – ефектом імпортних закупівель тощо.

Економічний ефект як економічний наслідок, так само, як і економічний ефект як дохід, існує в грошовій формі як зміна певного грошового доходу або грошових витрат.

Від економічного ефекту слід відрізняти ефект соціальний та ефект духовний. Вони також мають суспільне походження, певною мірою генетичне й функціонально між собою пов'язані. Однак між ними існують суттєві відмінності. Соціальний ефект – це кількісна й якісна характеристика впливу певного елемента економічної системи на результативність функціонування соціальної системи (сфери) суспільства, духовний ефект – той же вплив на результативність функціонування духовної системи (сфери) суспільства. Коли говорять, що певний елемент економічної системи має більший соціальний або духовний ефект, ніж інший елемент цієї ж системи, то мають на увазі різну міру його впливу на розвиток соціальних умов життя людини або її духовний та інтелектуальний розвиток. На відміну від економічного ефекту, ефекти соціального і духовного порядку лише у своїй певній частині набувають грошової форми існування. Переважно і в своїй основній частині ці ефекти не можуть бути акумульовані ні в грошових доходах виробників, ні в грошових витратах споживачів тобто вони мають позаекономічну

форму існування, яка може бути відображена в таких спеціальних параметрах та індикаторах, як величина вільного часу, духовне здоров'я нації, рівень життя населення та ін.

Сумарна економія від скорочення простою вагону на станції визначається за формулою:

$$\Delta \mathcal{E} = \left[ \Delta n \Pi_{\text{в}} (1 + k_{\text{рем}}) + \Delta M_{\text{екон}} \Pi_{\text{лок}} (1 + \beta_{\text{рем}}) + \Delta M_{\text{сп}} \right] * \\ * E_{\text{н}} + \Delta n e_{\text{доб}} + \Delta n 3l_{\text{в}} e_{\text{м}} \quad (8.1)$$

де  $\Delta n$  – умовне звільнення вагонного парку в результаті прискорення обороту вагону;

$\Pi_{\text{ваг}}$  – ціна вагона;

$k_{\text{рем}}$  – коефіцієнт (доля) вагонів які знаходяться у ремонті ( $k_{\text{рем}}=0,35$ );

$\Delta M_{\text{екон}}$  – скорочення локомотивного парку;

$\beta_{\text{рем}}$  – коефіцієнт (доля) локомотивів які знаходяться на ремонті ( $\beta_{\text{рем}}=0,3$ );

$\Delta M_{\text{сп}}$  – зменшення вантажної маси на колесах;

$e_{\text{утр}}$  – добова витратна ставка на утримання одного вагона ( $e_{\text{утр}}=0,8$ );

$l_{\text{в}}$  – довжина по осям;

$e_{\text{м}}$  – витратна ставка використання 1 км станційної інфраструктури протягом 1 год.;

$3l_{\text{в}}$  – протяжність колій умовно зайнятих одним вагоном.

Витратні ставки прийняті по Придніпровській залізниці станом на 01.04.2019 року.

## 8.2 Економія експлуатаційних витрат

Можлива економія експлуатаційних витрат на мережі залізниць унаслідок скорочення обороту і простою вагонів на станції визначається за формулою:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{екс}} = \Delta n t \cdot e_{\text{нт}} \quad (8.2)$$

де  $e_{nt}$  – одинична витратна ставка одної вагоно години простою, що включає витрати на деповський ремонт і амортизацію вагонів, грн;  $e_{nt} = 2,8$  грн;

$\Delta nt$  – кількість вагоно-годин, зекономлених внаслідок скорочення обороту вагона:

$$\Delta nt = nt_1 + nt_2 \quad (8.3)$$

де  $t_1$  – простій вагону в приймальному (сортувальному) парку до зміни технологічного процесу;

$t_2$  – простій вагону в приймальному (сортувальному) парку після зміни технологічного процесу;

$n$  – кількість транзитних вагонів ( в середньому за добу).

$$\Delta nt = 41 \cdot 0,29 + 41 \cdot 0,25 = 18,61 \text{ ваг - год},$$

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{екс}} = 18,61 \cdot 2,8 = 52,11 \text{ грн.}$$

Економія за рахунок скорочення простою вагонів за рік на станції визначається за формулою:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{екс}} = \Delta nt \cdot e_{nt} \cdot 365 \quad (8.4)$$

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{екс}} = 52,11 \cdot 365 = 19020 \text{ грн.}$$

### 8.3 Економія від зменшення робочого парку вагонів

Економія від зменшення робочого парку вагонів складає:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{кап}} = \Delta n \cdot \mathcal{U}_в \quad (8.5)$$

де  $\Delta n$  – кількість вагоно-годин, зекономлених унаслідок скорочення обороту вагона;

$\mathcal{U}_в$  – середня для залізниці вартість одного фізичного вагона, установленна для розрахунку рентабельності і плати за вагонний парк, грн.

$$\Delta n = \frac{\sum nt}{24} \quad (8.6)$$

$$\Delta n = \frac{18,61}{24} = 0,77 \text{ ваг};$$

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{кап}} = 0,77 \cdot 350000 = 269500 \text{ грн.}$$

Сумарна економія від скорочення простою вагону на станції

$$\Delta \mathcal{E} = \left[ 0,77 \cdot 350 \cdot 10^3 (1 + 0.35) + 0,17 \cdot 5 \cdot 10^6 (1 + 0.3) + 2 \right] 16 \cdot 10^3 \cdot 0,77 \cdot 0,8 + 0,77 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 0,602 = 90,7 \text{ тис грн}$$

Таким чином сумарний ефект отриманий у зв'язку із застосуванням запропонованої зміни технології роботи станції Л складе 90,7 тис грн. Отже, впровадження запропонованої технології роботи станції економічно вигідно.

## **9 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА СТАНЦІЇ**

Стійкий розвиток залізничного транспорту варто реалізувати з дотриманням екологічних вимог. За останнє 10-річчя проблема негативного впливу транспорту в цілому і залізничного транспорту зокрема на стан навколишнього середовища отримала глобальний масштаб. У зв'язку з цим комісія Європейського Співтовариства (ЄС) визначила транспорт як одне із найбільш значних джерел забруднення.

Не дивлячись на те, що залізничний транспорт з усіх інших видів транспорту є найбільш безпечним, ця проблема особливо актуальна для України, тому що вона по щільності залізничної мережі і вантажонапруженості перевищує багато інших країн Центральної Європи. Крім того, більшість залізничних ліній України споруджувалися 30-40 і більш років тому переважно без дотримання елементів екологічних вимог, давно вичерпали свою пропускну здатність і мають потребу в модернізації. Крім магістральної мережі, господарство залізничного транспорту містить у собі тисячі вокзалів і вантажних дворів, велику кількість локомотивних і вагонних депо. Тому проблема екологізації залізничного транспорту дуже важлива.

### **9.1 Основні напрямки впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище**

Залізничний транспорт включає залізничні колії, мости, тунелі, устаткування електропостачання, тягові підстанції, вокзали, станції, депо, рухомий склад тощо. Цей вид транспорту в нашій країні найбільш пристосований до масових перевезень вантажів. Функціонує вдень і вночі, не залежить від пори року і атмосферних умов. За останні роки швидкість вантажних і пасажирських поїздів збільшилась в 2 рази. Досліджено, що діяльність залізничного транспорту має значний вплив на оточуюче навколишнє середовище всіх кліматичних зон та географічних поясів нашої країни [57].

За характером впливу на стан середовища залізничним транспортом проблема має два аспекти, це використання транспортом природних ресурсів, а



також транспортне забруднення середовища. Залізничний транспорт впливає на екологію як великий споживач паливних, лісових і земельних ресурсів, мінеральних і будівельних матеріалів. Хоча в порівнянні з іншими видами транспорту (особливо автомобільним), він заподіює менше екологічного збитку.

Природоохоронною діяльністю на залізничному транспорті займається відділ безпеки руху й охорони праці. Засоби, зв'язані з поліпшенням екологічної ситуації, безпосередньо зв'язані з модернізацією залізничного транспорту. Особливо важливий тут перехід залізничного транспорту на екологічно чисту електричну тягу. Зараз вже експлуатаційна довжина електрифікованих залізниць складає 40% (більше 9 тис. км).

Стан навколишнього середовища при взаємодії з об'єктами залізничного транспорту залежить від інфраструктури по будівництву залізниць, виробництву рухомого складу, виробничого устаткування й інших пристроїв, інтенсивності використання рухомого складу й інших об'єктів на залізницях, результатів наукових досліджень і їхнього впровадження на підприємствах і об'єктах галузі.

Основним джерелом забруднення атмосфери є відпрацьовані гази дизельних двигунів тепловозів. У них містяться оксид вуглецю, оксид і діоксид азоту, різні вуглеводні, сірчистий ангідрид, сажа. Зміст сірчистого ангідриду залежить від кількості сірки в дизельному паливі, а зміст інших домішок – від способу його спалювання, а також способу наддуву і навантаження двигуна.

Дослідження показали, що вміст у повітряному середовищі оксиду вуглецю, оксидів азоту, сірчистого ангідриду перевищує гранично допустимі максимально разові концентрації для атмосферного повітря. Це свідчить про значне забруднення повітря залізничних станцій відпрацьованими газами тепловозів. На відстані 150 м від станції оксиди азоту виявляються в таких концентраціях, що й на станції. Такі речовини, як акролеїн і оксид вуглецю, не були виявлені. Проблема на сьогоднішній день вирішується заміною тепловозів на електровози.

Основний забруднюючий фактор – шум. Рівні шуму від рухливого складу ліній залізниці і метрополітену, що проходять поблизу житлової забудови перевищує всі припустимі норми. Шум від поїздів викликає негативні наслідки, що виражаються, перш за все, в порушенні сну, відчутті хворобливого стану, в зміні поведінки, збільшенні споживання лікарських препаратів та інше. Шум від вокзалів і особливо від сортувальних станцій викликає більш негативні наслідки, ніж шум від звичайного руху поїздів. Шум залізниці заглушає людський голос, він заважає при перегляді і прослуховуванні телерадіопередач. Шум може стати причиною порушень центральної і вегетативної нервових систем.

Основним джерелом шуму від вагонів є удари коліс на стиках і нерівностях рейок, а також тертя поверхні кочення гребня колеса об головку рейки. Істотне значення мають шуми, що викликаються роботою двигунів локомотивів. Шум, що створюється електровозом, зазвичай не перевищує рівень шуму, створюваного вагонами. Найбільш шумлячими агрегатами є вентилятори. Тепловози, двигуни яких обладнані глушниками на впускних і випускних колекторах і звукоізолюючими покриттями, не створюють значних шумів. Шуми виникають також від ударів в ходових частинах, від деренчання гальмівної тяги, колодок, автозчеплення та інших частин рухомого складу [57].

Спосіб віддалення основних частин залізничного комплексу, що створюють найбільше шуму, від населених пунктів і великого скупчення людей є достатньо суттєвою альтернативою способу заміни, проте він не вирішує проблеми дії шумів на людей, що знаходяться безпосередньо на станції і поблизу колій. Крім того, даний метод примушує розглядати додаткові параметри при проектуванні залізничної лінії, які ускладнюють вибір проектувальникові. Також, слід зауважити, що існуючі станції і колії переносити не можна через малу економічну вигоду даного способу [58].

Другий не менш важливий фактор впливу важкого транспорту, до якого відноситься залізничний транспорт, на місто – вібрації. Дослідження показали, що коливання в міру видалення на різну відстань від метрополітену загасають, однак це процес немонотонний, він залежить від складених ланок на шляху

поширення вібрації: рейка – стіна тунелю – ґрунт – фундамент будинку – будівельні конструкції. У тих випадках, коли будинки розташовуються в безпосередній близькості від залізничної колії, вібрації в них можуть перевищувати гранично-допустимі значення, встановлені Санітарними нормами, у 10 разів (на 20 дБ).

Протягом кількох років проводиться робота зі створення антишумових і антивібраційних прокладок під залізничні колії. Проблема захисту будинків від вібрацій досить складна і здебільшого носить науково-технічний характер. Багато задач по поширенню хвиль не мають простих рішень і в основному досліджуються на чисельних моделях, що не завжди відбивають реальні властивості ґрунтових середовищ і будівельних конструкцій. Тому в більшості випадків мова йде про прогностичну оцінку вібрацій і якісне дослідження хвильових процесів.

## **9.2 Робота Укрзалізниці над зменшенням негативного впливу залізничного транспорту на природне довкілля**

Збереження чистоти навколишнього середовища завжди було одним з пріоритетів Укрзалізниці при організації перевезень. Маючи на меті зменшення шкідливого впливу залізничного транспорту на довкілля, забезпечення екологічної безпеки на транспорті та раціонального використання природних ресурсів, залізничні підприємства щорічно розробляють та здійснюють цілу низку заходів, що мають природоохоронний ефект.

На підприємствах Укрзалізниці постійно розробляються та впроваджуються системи статистичної звітності підприємств залізничного транспорту з питань охорони та використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Усі структурні підрозділи залізниць як первинні природокористувачі і платники податку та оперативно підпорядковані Укрзалізниці ремонтні заводи забезпечують екологічну безпеку шляхом дотримання нормативів екологічної безпеки та використання природних ресурсів в межах лімітів та дозволів, які видаються спеціально уповноваженими органами виконавчої влади з питань

охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки за місцем розташування підприємств.

Особливо екологічно шкідливе для довкілля використання дизельної тяги. Перехід залізничного транспорту з парової тяги на електричну і тепловозну, якими в даний час виконується практично вся поїзна робота, сприяв поліпшенню екологічної обстановки, а саме виключений вплив вугільного пилу і шкідливих викидів паровозів у атмосферу. Подальша електрифікація залізниць, тобто заміна тепловозів електровозами, дозволяє виключити забруднення повітря відпрацьованими газами дизельних двигунів. Основний шлях зниження викидів токсичних речовин тепловозами полягає в зменшенні їх накопичення в циліндрах двигунів [59].

Важливе значення мають знешкодження відпрацьованих газів і правильна експлуатація тепловозів, а оскільки сьогодні повністю відмовитися від них не можливо, розроблено низку технологій для мінімізації шкідливих викидів. Це, наприклад, установка на турбіни дизелів спеціальних каталізаторів, які знижують викиди шкідливих речовин в атмосферу на 80 відсотків, хоча обладнання це не з дешевих.

Інтегральним критерієм екологічної ефективності виробничої діяльності об'єктів залізничного транспорту є ступінь порушення природного балансу в регіоні. Небезпека порушення природного балансу кількісно пов'язана з антропогенними чинниками виробничої і господарської діяльності людей у регіоні. У випадку, якщо природне середовище не здатне справитися з дією залізничного транспорту, необхідно передбачати очисні споруди або проводити відновлювальні роботи.

Рівновага в природному середовищі забезпечується підтримкою енергетичного, водного, біологічного, біогеохімічного балансів і їх зміною в певний проміжок часу. Кількісні характеристики перерахованих балансів залежать від географічного положення регіонів, кліматичних умов, величини використання ресурсів, природних явищ і ступеня забруднення навколишнього середовища [59].

### **9.3 Організаційні заходи по забезпеченню охорони праці на сортувальній станції**

Відповідно до [60] охороною праці називається система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Питання охорони праці на залізничних станціях регулюються [60], Правилами безпеки праці для працівників залізничних станцій і вокзалів, Інструкцією з охорони праці під час утримання централізованих стрілочних переводів, Правилами охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин та іншими нормативно-правовими актами. Враховуючи вимоги зазначених нормативних документів, а також вимоги Положень про розробку інструкцій з охорони праці та вимоги нормативно-правових актів із пожежної безпеки, на сортувальній станції розроблені інструкції із охорони праці.

Необхідність впровадження заходів із охорони праці на сортувальній станції Законом України, а також пояснюється підвищеною небезпекою, яку становить будь-яка сортувальна станція для життєдіяльності людини. До об'єктів небезпеки на сортувальній станції відносяться всі станційні колії та рухомий склад, що знаходиться на них, лінії електропередач, а також сортувальна гірка. Остання являється об'єктом підвищеної небезпеки.

У процесі проведення заходів щодо забезпечення охорони праці на сортувальній станції начальник станції та керівники відповідних підрозділів (відповідальні особи) станції забезпечують:

- систематичний контроль за станом охорони праці на всіх робочих місцях;
- атестацію робочих місць за умовами праці;
- визначення та закріплення відповідними наказами обов'язків, прав та відповідальності за стан охорони праці, виконання вимог нормативно-правових актів з охорони праці;

- своєчасне внесення змін до нормативної документації з охорони праці, технологічної документації відповідно до вимог нормативно-правових актів з охорони праці та стандартів;

- слідкування за дотриманням працівниками безпечних методів виконання робіт, встановлених Правилами безпеки праці для працівників залізничних станцій і вокзалів та іншою нормативною документацією, розробку та впровадження інструкцій з охорони праці для відповідних професій працівників станції;

- безпечну експлуатацію об'єктів підвищеної безпеки;

- своєчасне проведення інструктажів, навчання, перевірки знань працівників станції з питань охорони праці;

- визначенням Переліку робіт з підвищеною небезпекою, а також впровадженням чіткої системи допуску працівників до їх виконання;

- працівників, згідно з встановленими нормами, спецодягом, спецвзуттям, іншими засобами індивідуального захисту;

- визначенням порядку зберігання, прання, хімічної чистки цих засобів, їх своєчасну заміну в разі передчасного зношення тощо;

- працівників станції, миючими засобами, відповідно до встановлених норм;

- організацію проведення попереднього (при прийманні на роботу), періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників певних категорій станції;

- норми освітлення робочих місць.

На станції для кожної професії та виду робіт розроблені інструкції з охорони праці. Інструкції з охорони праці є нормативним актом, що містить обов'язкові для дотримання працівниками станції вимоги щодо охорони праці при виконанні посадових обов'язків.

Інструкції з охорони праці розробляються відповідно до переліку інструкцій, який складається інженером з охорони праці. Перелік, в свою чергу, розробляється на підставі затвердженого штатного розпису станції. Цей перелік, а також зміни чи доповнення до нього, в разі зміни назви професії чи

впровадження нових видів робіт або професій, затверджується начальником станції. Інструкції розробляються незалежно від того, є чи нема для тієї чи іншої професії типова інструкція з охорони праці.

Контроль за своєчасною розробкою нових і відповідністю діючих на станції інструкцій з охорони праці вимогам чинного законодавства, їх періодичним переглядом та своєчасним внесенням змін і доповнень до них, а також надання відповідної методичної допомоги розробникам покладається на інженера з охорони праці.

Контроль за своєчасною розробкою нових і відповідно діючих на станції карт освітленості станції, чутності гучномовного зв'язку і стійкого радіозв'язку вимогам чинного законодавства, їх періодичним переглядом та своєчасним внесенням змін і доповнень до них, а також забезпечення ними робочих місць покладається на інженера з охорони праці.

З метою безпечного виконання своїх обов'язків, безпечного слідування до робочих місць та назад, пересування по території та коліях станції, в період чергування, для усіх працівників станції розроблені та затверджені схеми службових та технологічних проходів. Визначення службових та технологічних проходів здійснюється з урахуванням їх безпечності, зручності та найменших затрат часу.

Відповідальність за своєчасну видачу відповідно до встановлених норм спецодягу, спецвзуття, інших засобів індивідуального захисту покладається на комірника станції, відповідний контроль – на інженера з охорони праці.

Навчання та перевірка знань з питань охорони праці працівників сортувальної станції проводиться відповідно до вимог положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, а з питань пожежної безпеки – відповідно до вимог Положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на станції. Перелік посад, при призначенні, на які особи зобов'язані проходити навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки затверджено наказом начальника станції.

## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті було виконано удосконалення експлуатаційної роботи сортувальної станції Л з метою зменшення простою вагонів. Було визначено обсяги роботи станції на даний період та побудовано масштабний план станції.

Було перевірено розраховано норми часу на виконання основних технологічних операцій в парках станції та побудовано технологічні графіки по обробці поїздів різних категорій.

Основною метою даної роботи була оптимізація процесу формування багатогрупних составів на витяжних коліях. Були розглянуті комбінаторний, розподільчий методи та метод рівномірного наростання. Дослідження тривалості формування багатогрупних составів виконувалося за допомогою імітаційної моделі формування составів. Виявилось, що оптимальна кількість колій для формування окремих составів залежить від ряду факторів, в тому числі випадкових, і тому також є випадковою величиною.

Для перевірки взаємодії всіх елементів станції між собою було побудовано добовий план-графік роботи станції та визначено ряд показників роботи станції: простій транзитного вагону без переробки - 1,14 год., простій транзитного вагону з переробкою - 10,54 год., робочий парк вагонів на станції - 1096 ваг.

В розділі економіки було виконано економічну оцінку удосконалення технології роботи станції Л, яка показала, що ефект від скорочення тривалості формування багатогрупних составів складає 90,7 тис. грн. Економічний ефект досягається за рахунок скорочення вагоно-годин простою на станції та зменшення потрібного парку вагонів.

Також розглянуті питання щодо забезпечення безпеки технологічного процесу роботи станції, організації охорони праці на станції та екології.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Савицкий, А.Г. Автоматизация работы сортировочной станции [Текст] / А.Г Савицкий, В.Н. Рубцов // Автоматика, связь, информатика. – 2001. – № 9. – С. 21-24.
2. Козлов, П.А. Курс – на комплексную автоматизацию сортировочных станций [Текст] / П.А. Козлов // Автоматика, связь, информатика. – 2001. – № 1. – С. 6-9.
3. Вернигора, Р.В. Дослідження процесів составоутворення на сортувальних станціях методами імітаційного моделювання [Текст] / Р.В.Вернигора, О.В.Пугач // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №6/4. – с. 52-55.
4. Козаченко, Д. М. Дослідження впливу швидкості розпуску составів на переробну спроможність сортувальних гірок [Текст] / Д. М. Козаченко, С. В. Гревцов, Т. В. Болвановська // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2016, № 4 (64) с. 37-46.
5. Козаченко, Д. М. Дослідження впливу технічного стану гальмових уповільнювачів на переробну спроможність сортувальних гірок / Д. М. Козаченко, С. В. Гревцов, Т. В. Болвановська // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – № 4 (64). – С. 37- 46.
6. Бобровский, В. И. Підвищення ефективності функціонування сортувальних комплексів станцій в умовах нерівномірності вхідного потоку поїздів / В. И. Бобровский, Е. Б. Демченко, А. С. Дорош // «Транспортні системи та технології перевезень» Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. Днепропетровск: Вид-во Дніпро-петр. нац. унт-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2015 Вип. 10. – С. 16-22
7. Бобровский, В. И. Совершенствование конструкции и технологии работы сортировочных комплексов железнодорожных станций : монография / В. И.

Бобровский, Д. Н. Козаченко, А. И. Колесник, Е. Б. Демченко, А. С. Дорош. – Днепропетровск : Изд-во Маковецкий, 2012. – 232 с.

8. Рыков, В. В. Управляемые системы массового обслуживания / В. В. Рыков // Итоги науки и техн. Сер. Теор. вероятн. Мат. стат. Теор. кибернет. – Москва: ВИНТИ, 1975. – Т. 12. – С. 45-152.

9. Копитко, В. І. Визначення оптимальної кількості вагонів у поїздах, що формуються на сортувальних станціях в умовах реформування залізничної галузі / В. І. Копитко, О. В. Нестеренко// Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22 – С. 360-364.

10. Торопов, Б. І. Розвиток наукових уявлень щодо розміщення сортувальних станцій на мережі залізниць [Текст] / Б. І. Торопов // Вісник Дніпро-петр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2005. – Вип. 9. – С. 109-114.

11. Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування ГБН В.2.3-37472062-1:2012 [Текст]. – Київ: Міністерство інфраструктури України, 2012. – 112 с.

12. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України ЦД-0036 [Текст] : нав.-метод. посіб. / О. Ф. Вергун, Н. В. Липовець, В. М. Боголій. – Київ: Транспорт України, 2002. – 376 с.

13. Болвановська, Т. В. Розрахунок переробної спроможності сортувальних комплексів / Т. В. Болвановська // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 8. – С. 27–34.

14. Кочнев, Ф. П. Управление эксплуатацион-ной работой железных дорог [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ф. П. Кочнев, И. Б. Сотников. – Москва: Транспорт, 1990. – 424 с.

15. Бобровский, В. И. Устройство сопрягающих кривых при размещении парковых замедлителей на прямых участках сортировочных путей / В. И. Бобровский, А. И. Колесник // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук.

пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2013. – Вип. 5. – С. 17-23.

16. Колесник, А. И. Оптимизация конструкции плана путевого развития горочных горловин / А. И. Колесник, Е. П. Дробецкая // Транспортні системи і технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 7. – С. 33-37.

17. Колесник, А. І. Удосконалення конструкції плану горловин сортувальних гірок технічних станцій / А. И. Колесник // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2015. – Вип. 10. – С. 64-69.

18. Бузанов С.П. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных устройств /, А.М. Карпов, М.А. Рыцарев //. – М.: Транспорт, 1965. – 232 с.

19. Бобровский, В. И. Совершенствование метода расчета параметров плана горочных горловин / В. И. Бобровский, А. И. Колесник // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. – 2011. – № 26. – С.40–47

20. Проектирование сортировочных горок / Л.Н. Иванкова, А.Н. Иванков // Учебное пособие. – Иркутск: ИрГУПС, 2005. – 137 с.

21. Бобровський, В. І. Дослідження ефективності конструкції сортувальної гірки з горбами різної висоти / В. І. Бобровський, Є. Б. Демченко // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ - 2014. - Вип. 8. - С. 20-26.

22. Совершенствование конструкции и технологии работы сортировочных комплексов железнодорожных станций [Текст]: монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, А. И. Колесник, Е. Б. Демченко, А. С. Дорош. – Днепропетровск : Изд-во Маковецкий, 2012. – 232 с.

23. Журавель, В. В. Дослідження впливу реконструкції витяжних колій на ефективність функціонування сортувальної станції / В. В. Журавель, А. І. Маслюк, І. Л. Журавель // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр.

Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ - 2013. - Вип. 5. - С. 23-27.

24. Стратегія розвитку залізничного транспорту на період до 2020 р.: схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16. 12. 2009 р. № 1555-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://transloq.com.ua/rasporjazhenie\\_kmu\\_1555r\\_strategija\\_razvitiya\\_zhd\\_transporta](http://transloq.com.ua/rasporjazhenie_kmu_1555r_strategija_razvitiya_zhd_transporta)

25. Бобровский, В. И. Анализ и оценка конструкции плана путевого развития горочных горловин / В. И. Бобровский, А. С. Дорош, А. И. Колесник // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Дніпропетровськ, — 2011. — Вип. 1. — С. 22—26. .

26. Бузанов, С. П. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных устройств [Текст] / С. П. Бузанов, А. М. Карпов, М. А. Рыцарев – М.: Транспорт, 1965. – 232 с.

27. Родимов, Б.А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных Горок [Текст] / Б. А. Родимов, В. Е. Павлов, В. Д. Прокинова. – М.: Транспорт, 1980. – 96 с.

28. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207-89 [Текст]. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.

29. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств [Текст] // Муха Ю. А., Тишков Л. Б, Шейкин В. П. и др. – М: Транспорт, 1994. – 220 с.

30. Третьяк, Б. А. Совершенствование работы сортировочной станции [Текст] / Б. А. Третьяк, Н. М. Иванков // сб. тр. ДИИТа. Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: – Д., 1971. – Вып. 125/7. – С. 3-15.

31. Удосконалення технології обробки транзитних вагонопотоків на технічних станціях [Текст]: монографія / О. О. Бардась, О. О. Мазуренко, А. В. Кудряшов; Дніпропетр. нац. ун-т зал. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2017. – 160 с.

32. Фролов, А. Н. Общие соображения о простое вагонов на сортировочных станциях [Текст] / А. Н. Фролов // XX Совещательный съезд инженеров службы пути русских железных дорог 1902 г. Протоколы заседаний и труды. – 1903. – С. 157-165.

33. Васильев, И. И. Графики и расчеты по организации железнодорожных перевозок [Текст] / И. И. Васильев. – М.: Трансжелдориздат, 1941. – 321 с.

34. Бернгард, К. А. Групповые поезда: труды ЦНИИ МПС [Текст] / К. А. Бернгард. – М.: Трансжелдориздат, 1953. – Вып. 76. – 167 с.

35. Соколов, П. С. Организованный подвод групп вагонов к сортировочным станциям [Текст]: дис. на соискание ученой степени к.т.н. / П. С. Соколов. – МИИТ, 1949. – 172 с.

36. Петров, А. П. Исследование времени накопления вагонов при формировании поездов на технических станциях [Текст] / А. П. Петров // Вопросы эксплуатации железных дорог: труды Москов. ин-т. инж. тр-та. – 1949. – Вып. 72. – С. 19-51.

37. Петров, А. П. План формирования поездов [Текст] / А. П. Петров. – М.: Трансжелдориздат, 1950. – 483 с.

38. Сотников, Е. А. Определение простоя вагонов под накоплением [Текст] / Е. А. Сотников // Вопросы эксплуатации железных дорог: труды Ленинград. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1962. – Вып. 189. – С. 114-139.

39. Акулиничев, В. М. Организация вагонопотоков и маршрутизация перевозок [Текст] / В. М. Акулиничев, О. С. Кирьянова, Н. Е. Боровой. – М.: Транспорт, 1970. – 320 с.

40. Платонов, А. И. Организация работы сортировочных станций [Текст] / А. И. Платонов. – М.: Трансжелдориздат, 1941. – 160 с.

41. Грунтов, П. С. Ускорение процесса накопления вагонов на сортировочных станциях при неравномерном поступлении поездов в расформирование [Текст] / П. С. Грунтов // Труды Белор. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1966. – Вып. 44-6д. – С. 24-30.

42. Ряшко, Б. В. Совершенствование эксплуатационной работы. (Опыт Пермского отделения) [Текст] / Б. В. Ряшко, Г. Г. Трегубов, И. В. Харланович. – М.: Транспорт, 1971. – 96 с.

43. Буянов, В. А. Автоматизированные информационные системы на железнодорожном транспорте [Текст] / В. А. Буянов, Г. С. Ратин. – М.: Транспорт, 1984. – 240 с.

44. Крюков, Н. Д. Совершенствование оперативного планирования в современных условиях [Текст] / Н. Д. Крюков // Автоматизация управления и совершенствование эксплуатационной работы железных дорог: труды Урал. эл.-мех. ин-т. инж. жел.-дор. тр-та. – 1969. – Вып. 13. – С. 54-59.

45. Удосконалення технології обробки транзитних вагонопотоків на технічних станціях [Текст]: монографія /О. О. Бардась, О. О. Мазуренко, А. В. Кудряшов // Дніпропетр. нац. ун-т зал. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2017. – 160 с.

46. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст] / МПС.- М.: Транспорт, 1979.- 319 с

47. Проектирование железнодорожных станций и узлов [Текст] / Справ. и метод. Руководство / под ред. А.М. Козлова, К.Г. Гусевой / М.: Транспорт, 1981 г.

48. Сотников И. Б. Эксплуатация железных дорог в примерах и задачах. [Текст] М.: Транспорт. 1990.

49. Розрахунок і проектування сортувальної гірки: Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування. Ч.1 Проектування плану горловини та розрахунок висоти гірки. [Текст] /Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. А. Лазаряна.; Укл.: Ю. О. Муха, М. П. Божко. Дніпропетровськ, 2001.

50. Мозолевич Г. Я. Методики оптимізації технічних та технологічних параметрів станцій [Текст] : методичні вказівки для виконання практичних робіт. Ч. 1 / Г. Я. Мозолевич та ін. //; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2012. – 26 с.

51. Воробьёв, Н. М. Числа Фибоначчи [Текст] / Н. М. Воробьёв. – М.: Наука, 1992.
52. Макарова, Н. В. Позиционные системы счисления [Текст] / Н. В. Макарова, Ф. А. Шукуров. – Душанбе: Хумо, 2007.
53. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті [Текст] / Міністерство транспорту України, Укрзалізниця. – Київ, 2003. – 81 с.
54. Типовой технологический процесс работы сортировочной станции [Текст] К.: Транспорт, 1988 г.
55. Савенко А. С. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з дисципліни “Управління експлуатаційною роботою та якістю перевезень на залізничному транспорті”. Частина 1 “Організація роботи сортувальної станції” / А. С. Савенко, О. Г. Окунь // – Дніпропетровськ, 1997. – 28 с.
56. Економіка залізничного транспорту. Навчальний посібник. / Ю. Ф. Кулаєв. Дніпропетровськ, 2006 р.
57. Зубрев Н.И. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте / Н.И. Зубрев. – М.: УМК МПС России, 1999. – 592 с.
58. Гухман, Г. Воздействие транспортного комплекса на окружающую среду [Текст] / Г. Гухман// Энергия: экономика, техника, экология. –11’99. – М.: Наука, 1999. – С. 42-45.
59. Стадницкий, Г. В. Экология [Текст] : учебник для вузов / Г. В. Стадницкий. – СПб.: Химиздат, 1999. – С. 280.
60. Закон України про охорону праці. Прийнятий 21.11.2016 р. №229-4.