

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Кафедра Транспортні вузли

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ /М. І. Березовий/

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **27 Транспорт**

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

Спеціалізація **275.02 Транспортні технології на залізничному транспорті**

Тема **Удосконалення техніко-технологічних параметрів дільничної станції з метою скорочення простою вагонів**

Theme **Improving the technical and technological parameters of the section station in order to reduce wagon downtime**

Керівник дипломної роботи

доц. \_\_\_\_\_ Є. Б. Демченко

Нормоконтролер

доц. \_\_\_\_\_ Р. В. Вернигора

Студент групи УЗ1921

\_\_\_\_\_ В. М. Хохлюк

Student

Khokhliuk Viktor

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 У31921  
(номер групи)

Хохлюк Віктор Миколайович  
(ПІБ)

1 Тема дипломної роботи: Удосконалення техніко-технологічних  
параметрів дільничної станції з метою скорочення простою вагонів

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

2 Термін подання студентом закінченого проекту (роботи): « 14 » грудня 2020 р.

3 Вихідні дані до дипломного проекту (роботи): Схема станції. Вагонопотоки та  
поїздопотоки станції. Дані для проектування сортувальної гірки.

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

5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу):

1. План дільничної станції
2. План та профіль сортувальної гірки; графіки швидкості та часу скочування відчепів
3. Добовий план-графік роботи станції
4. Мультимедійні демонстраційні матеріали
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.

6 Розділи та консультанти:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Назва розділу дипломного проекту (роботи)	Термін виконання	Обсяг розділу, %
1. Сучасні напрямки удосконалення конструкції та технології роботи залізничних станцій	Строк 1	15
2. Техніко-експлуатаційна характеристика станції	Строк 1	10
3. Розрахункові обсяги роботи дільничної станції	Строк 1	10
4. Нормування технологічних операцій та потрібний колійний розвиток станції	Строк 2	10
5. Оцінка параметрів сортувальної гірки	Строк 2	10
6. Дослідження та вибір раціонального варіанту обслуговування вантажних фронтів	Строк 2	15
7. Економічний ефект від скорочення простою вагонів	Строк 3	10
8. Графічне моделювання роботи станції	Строк 3	15
9. Заходи безпеки при прийманні та відправленні поїздів	Строк 3	5
Всього		100

Дата видачі завдання: « 01 » вересня 2020 р.

Керівник дипломного проекту (роботи)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Демченко Є. Б.

\_\_\_\_\_

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_

(підпис)

Хохлюк В. М.

\_\_\_\_\_

(ПІБ)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, 9 розділів, висновків та 3 додатків. Повний обсяг роботи – 119 сторінок; з них основний текст на 111 сторінках, який містить 19 ілюстрацій, 40 таблиць та 64 літературне джерело.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є процес функціонування залізничних станцій

Предметом дослідження дипломної роботи є взаємозв'язок конструктивно-технологічних параметрів залізничної станції з показниками її роботи.

Метою роботи є скорочення простою вагонів на дільничній станції за рахунок удосконалення її конструктивно-технологічних параметрів.

В даній дипломній роботі було визначено обсяги роботи дільничної станції; перевірено технічне оснащення на відповідність вказаним обсягам – кількість колій у парках, кількість бригад ПТО та груп у них. Також виконано нормування тривалості операцій технологічного процесу з обслуговування поїздів різних категорій та проведено аналіз колійного розвитку та технології роботи станції. Досліджено віранти технології обслуговування вантажних фронтів станції та визначено економічний ефект від досягнутого скорочення простою вагонів.

Галуззю застосування результатів дипломної роботи є залізничний транспорт України, зокрема дільничні станції мережі.

Ключові слова: ДІЛЬНИЧНА СТАНЦІЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ПРОСТІЙ РУХОМОГО СКЛАДУ, ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І	
ТЕРМІНІВ .....	6
ВСТУП .....	8
1 СУЧАСНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА	
ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ.....	9
1.1 Сучасні підходи до розробки проектів реконструкції залізничних	
станцій.....	9
1.2 Оцінка варіантів конструкції станції .....	16
1.3 Оцінка непродуктивних простоїв рухомого складу .....	20
1.4 Оцінка затримок рухомого складу .....	22
1.5 Висновки до розділу.....	26
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ.....	28
2.1 Технічна характеристика станції.....	28
2.2 Експлуатаційна характеристика станції .....	31
2.3 Аналіз недоліків станції та постановка задач дипломного	
проекту .....	33
3 РОЗРАХУНКОВІ ОБСЯГИ РОБОТИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ.....	34
3.1 Аналіз вихідних даних для визначення обсягів роботи .....	34
3.2 Визначення маси вантажного поїзда.....	35
3.3 Визначення кількості вагонів у складі поїзда.....	37
3.4 Визначення розрахункових поїздопотоків станції.....	38
3.5 Визначення потрібної пропускної спроможності прилеглих до	
станції підходів.....	41
4 НОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА ПОТРІБНИЙ	
КОЛІЙНИЙ РОЗВИТОК СТАНЦІЇ .....	42

					0042.150301.ДР.2020.000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення техніко-технологічних параметрів дільничної станції з метою скорочення простою вагонів	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Хохлюк					Н	4	115
Керівн.	Демченко					ДНУЗТ		
Н. контр.	Вернигора							

4.1 Розподіл поїздопотоків по паркам дільничної станції О .....	42
4.2 Визначення кількості колій в приймально–відправних парках станції .....	42
4.3 Визначення потрібної кількості колій в сортувальному парку .....	57
5 ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ .....	59
5.1 Розрахунок необхідної висоти сортувальної гірки .....	59
5.2 Побудова графіків втрат енергетичних висот .....	67
5.3 Побудова графіків швидкості та тривалості скочування бігунів ...	69
5.4 Перевірка умов розділення розрахункової групи відчепів на розділових елементах .....	74
5.5 Перевірка достатності потужності гальмових засобів .....	77
6 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ФРОНТІВ .....	78
6.1 Методика сітьового планування та управління .....	78
6.2 Аналіз існуючої черговості обслуговування вантажних фронтів ..	80
6.3 Розробка альтернативного порядку обслуговування вантажних фронтів .....	85
7 ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД СКОРОЧЕННЯ ПРОСТОЮ ВАГОНІВ .....	89
7.1 Методика визначення економічного ефекту .....	89
7.2 Розрахунок витрат, пов'язаних з простоєм вагонів .....	92
8 ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СТАНЦІЇ .....	96
8.1 Розробка добового плану-графіку роботи станції .....	96
8.2 Визначення показників добового плану-графіку роботи станції ...	97
9 ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРИЙМАННІ ТА ВІДПРАВЛЕННІ ПОЇЗДІВ .....	100
ВИСНОВКИ .....	104
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК .....	105
ДОДАТОК А .....	112
ДОДАТОК Б .....	116
ДОДАТОК В .....	119

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

АБ – автоматичне блокування

ВГ – вершина гірки

ВЛ8 – поїзний електровоз

ВР – вантажний район

ГП – гальмівна позиція

ГС – граничний стовпчик

ГМП – гірка малої потужності

ДСП – черговий по станції

ДСПГ – черговий по гірці

ДСПП – черговий по парку

ДСЦ – маневровий диспетчер

ЕЦ – електрична централізація стрілок та сигналів

ІД – ізольована ділянка

КНП-5 – тип вагонного уповільнювача

КР – критий вагон

ЛГ – локомотивне депо

П – поганий бігун

ПВ – напіввагон

ПГП – паркова гальмівна позиція

ПД – проміжна ділянка

ПК – під'їзна колія

ПТО, ПКО – пункт технічного та комерційного огляду

ПФП – план формування поїздів

РБ – розрахунковий бігун

РЕ – розділовий елемент

РНЗ-2М – тип вагонного уповільнювача

РТ – розрахункова точка

САПР – система автоматизованого проектування

СЗ – стрілочна зона

СК – сортувальні колії

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

СЦБ – сигналізація, централізація, блокування

Х –хороший бігун

ЧМЕЗ – маневровий тепловоз

ШД – швидкісна ділянка



## ВСТУП

Дільничні станції є опорними елементами залізничної мережі, на яких виконується значний обсяг роботи з составів обслуговування транзитних поїздів, зміни локомотивів або локомотивних бригад, ремонту вагонів. Крім того, дільничні станції виконують пасажирські операції, розформування і формування дільничних і збірних поїздів, обслуговування під'їзних колій промислових підприємств та ін. Дільничні станції є одними з головних пунктів з організації поїздопотоків на мережі залізниць. Від їх успішної роботи залежить ефективність залізничних перевезень.

Одним з основних показників, що характеризує якість роботи станції є простій вагонів. Його величина прямо впливає на обіг вагонів, терміни доставки вантажів та потрібний парк рухомого складу. Отже, тема дипломної роботи, що направлена на скорочення простою вагонів за рахунок оптимізації техніко-технологічних параметрів станції є достатньо актуальною.

В дипломній роботі визначені розрахункові обсяги роботи станції, проведено нормування технологічних операцій, виконана перевірка достатності технічного оснащення станції заданим обсягам переробки. За допомогою апарату сітьового планування та управління в роботі вирішена задача оптимізації обслуговування під'їзних колій промислових підприємств, що примикають до станції. Це дозволило скоротити простій місцевих вагонів та досягти суттєвої економії пов'язаних з цим витрат. Ефективність запропонованого порядку обслуговування під'їзних колій перевірена за допомогою графічного моделювання роботи станції.

## **1 СУЧАСНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ**

В сучасних умовах залізничний транспорт функціонує в умовах жорсткої конкуренції з іншими видами транспорту. Залізничні станції є одним з головних елементів транспортної інфраструктури країни. Рівень конкурентоспроможності та привабливості залізниць на ринку транспортних послуг в значній мірі залежить від якості роботи залізничних станцій.

Одним з основних факторів забезпечення високої ефективності експлуатаційної роботи залізниць є мінімізація часу знаходження вагонів на станціях. З цією метою станції повинні мати достатній резерв пропускної та переробної спроможності для погашення пікових навантажень. З іншого боку, потрібно мінімізувати експлуатаційні витрати станцій, приводячи їх технічну оснащеність сучасним умовам роботи [23].

В теперішній час на мережі залізниць України експлуатується понад 1,5 тис. станцій [57] і, з огляду на динаміку обсягів перевезень, можливо припустити, що спорудження нових станцій в більшості випадків є економічно недоцільним. У цьому зв'язку слід розробити заходи щодо удосконалення конструкції і технології роботи існуючих станцій. Таким чином, проблема пошуку раціональної конструкції та технічної оснащеності залізничних станцій є достатньо актуальною та потребує наукового вирішення.

### **1.1 Сучасні підходи до розробки проектів реконструкції залізничних станцій**

Серед заходів з підвищення ефективності використання інфраструктури станцій окремо можна виділити реконструктивні, що спрямовані на зміну існуючої конструкції плану та профілю розвитку і технічного оснащення станцій. Необхідність перебудови станції або удосконалення її технічного оснащення може бути викликана різними причинами, такими як: зміна обсягів і структури транспортних потоків, електрифікація ліній на підходах, організація швидкісного руху, спорудження других головних колій, примикання нових головних колій, тощо [11]. Кількість варіантів для

подальшого порівняння та оцінки може бути в деяких випадках достатньо великою. Тому в сучасних умовах використовуються методи автоматизованого проектування колійного розвитку станцій; при цьому використовуються системи автоматизованого проектування (САПР).

Як показав аналіз [8], при проектуванні залізничних станцій і вузлів найбільш масовими і трудомісткими є розрахунки з'єднань колій, що зумовило розробку програм і використання ЕОМ для виконання цих розрахунків. Дослідження і алгоритмізація методів розрахунку з'єднань колій розпочаті в 60-х роках одночасно з початком широкого впровадження ЕОМ в практику інженерно-технічних розрахунків. Так, були розроблені програми [45, 50], що забезпечують виконання на ЕОМ розрахунків з'єднань колій різного типу. Одночасно виконуються перші наукові дослідження, в яких розробляються методики і алгоритми розрахунків з'єднань колій [54, 32].

В даній задачі існує дві основні проблеми: формалізація схеми станції і її вихідних параметрів для введення в ЕОМ (побудова моделі станції) і розробка алгоритму аналізу моделі для розрахунку вихідних параметрів. У [54] виконано детальний логічний аналіз двох варіантів формалізації схем станцій — кодування схеми розміщення елементів колійного розвитку станцій і кодування рівнянь, необхідних для її розрахунку. В результаті аналізу було зроблено вибір на користь другого варіанту, який забезпечував більшу надійність розрахунків, простоту алгоритму і універсальність програми, що при наявних на той час технічних засобах було важливим.

Надалі на базі зазначених принципів розроблена методика, алгоритм і програма для розрахунків з'єднань колій на ЕОМ [47]. Зазначена програма складається з керуючого блоку, котрий залежить від схеми станції, і бібліотеки модулів для розрахунку окремих типових з'єднань колій. Проектувальник визначає порядок розрахунку схеми, вибирає необхідні модулі, задає за певним макетом необхідні числові параметри для кожного з них (лінійні і кутові), а також забезпечує передачу проміжних (розрахункових) параметрів між модулями. Теоретично програма забезпечує розрахунок будь-якої конструкції з'єднань колій; практично існують обмеження за наявністю необхідних модулів в бібліотеці. Важливою перевагою зазначеної методики є можли-

вість завдання обмежень на рішення і їх контроль, різноманітні і оптимізаційні розрахунки певних елементів схем, що особливо важливо в умовах обмеженого простору і при реконструкції станцій, а також автоматизований підбір варіюваних вихідних даних для отримання найкращого рішення. Істотним недоліком зазначеної методики є висока складність підготовки даних для розрахунків, що суттєво ускладнює використання розробленої програми.

Методичні питання автоматизації розрахунків плану колійного розвитку парків станцій, розташованих на кривих, розглядаються в [6].

Фундаментальні дослідження проблеми автоматизації розрахунків колійного розвитку станцій були виконані в [32, 33]. У зазначених роботах вперше був розроблений метод кодування схем станцій з використанням теорії графів. При цьому конструкція будь-якої схеми представляється безліччю елементарних циклів (контурів), що виділяються на графі схеми. Розроблено також алгоритм розрахунку координат схеми колійного розвитку станції, заснований на попередніх розрахунках і ув'язці параметрів елементарних циклів схеми. Розроблена контурна модель станції [32] є універсальною формою подання інформації про її схему. Зазначена модель після автоматичного перетворення може бути використана для вирішення широкого класу задач проектування станцій, зокрема для розрахунку пропускної здатності горловин [7]. Головним недоліком контурної моделі є складність її підготовки (виділення контурів на схемі станцій) і великий надлишковий обсяг інформації, що вводиться, оскільки зазначені операції виконуються вручну. Досить складно також коригувати контурну модель при необхідності внесення змін в схему станції. У зв'язку з цим доцільно спростити вхідну модель станції, наприклад, за рахунок ускладнення алгоритму її перетворення і аналізу.

Зростання складності станцій і вузлів, необхідність підвищення продуктивності праці проектувальників, якості та обґрунтованості проектних рішень з одного боку, а також розвиток математичних методів і технічних засобів ЕОМ з іншого боку, зробили актуальним завдання створення системи автоматизованого проектування станцій [2, 3]. У даних роботах перераховані основні передумови для створення САПР, наголошується на необхідності розвитку методів імітаційного моделювання

транспортних об'єктів для вирішення широкого класу задач проектування станцій, в тому числі і оптимізаційних задач. В [18] запропонована можлива структура побудови САПР, а також перераховані основні етапи її створення. Зокрема, в якості етапів розвитку САПР і її складових частин виділені завдання автоматизації розрахунків з'єднань колій (перший етап) та моделювання транспортних систем з метою їх аналізу та синтезу (другий етап). Зазначені етапи можуть послужити основою технологічної лінії проектування залізничних станцій і вузлів.

Питання формалізації схем станцій для автоматизації розрахунків і проектування розглядаються в роботах [5-24]. Розроблено метод формалізованого представлення схем станцій у вигляді дворівневих структур, що містять інформацію про секції станції і елементах кожної секції. Використаний табличний метод кодування схем; передбачено чотири види таблиць різної структури, що включають інформацію як про топології схеми, так і про її параметри. Необхідно відзначити системний підхід до проектування в зазначених роботах, в яких згадується комплексна система, що дозволяє виконати розрахунок координат точок станції, будувати її масштабний план, а також розраховувати технологічні показники на основі імітаційного моделювання. Вказується, що дана система дозволяє проектувальнику в діалоговому режимі аналізувати введені в ЕОМ варіанти схем станцій і на цій основі вибирати варіант для реалізації. До недоліків слід віднести складність табличного методу кодування схем станцій взагалі і використаної в [24] структури зокрема, а також необхідність ручної підготовки та введення.

Методика формалізації конструктивних параметрів залізничних станцій з метою отримання на ЕОМ їх графічного зображення приведена в [64]. Станція представляється як блочно-ієрархічна система, в якій виділено три рівня: функціональний, структурний і рівень базисних елементів. Вхідна інформація про станції представлена у вигляді таблиць шести різних форм, що містять дані про топології схеми, про колії станції, про тип і параметри стрілочних вулиць, про повороти станційних колій і параметрах відповідних кривих. В результаті розрахунків визначаються координати точок плану і всі необхідні дані для побудови на графобудівнику креслення станції. У

зазначеній роботі відзначені також інші можливі сфери використання запропонованого методу формалізації схем – моделювання роботи станцій для отримання техніко-експлуатаційних показників, а також створення інформаційних систем для зберігання даних про плани станцій, їх технічне оснащення та показниках експлуатаційної роботи. Недолік роботи – висока складність і трудомісткість робіт з підготовки і введення в ЕОМ формалізованих даних про схему станції.

Однією з досить трудомістких процедур, що виконуються при проектуванні планів колійного розвитку станцій, є розстановка граничних стовпчиків (ГС) і сигналів. В даний час є ряд спеціальних програм [30] для автоматизації вирішення даного завдання. Однак, як показує аналіз, недосконалість використаних моделей колійного розвитку і алгоритмів розпізнавання ситуацій викликає необхідність виконання проектувальником значної підготовчої роботи, що обмежує сферу застосування зазначених програм. Тому виникає задача автоматизації розрахунків координат ГС і сигналів для всіх можливих випадків їх установки при мінімальній вхідній інформації.

Істотні особливості має проектування гіркових горловин сортувальних парків, при якому необхідно забезпечити розміщення стрілочних переводів, гальмівних позицій, а також пристроїв автоматики з урахуванням допустимих радіусів кривих, ширини міжколій та інших технічних умов. Крім того, при проектуванні необхідно визначити положення і параметри додаткових кривих на спускній частині гірки і на сортувальних коліях. Для вирішення вказаного завдання на ЕОМ траса розрахункової колії задається рівнянням проекцій окремих ділянок траси на вертикальну вісь [48]. Принципова складність даного розрахунку полягає в тому, що у вказане рівняння в загальному випадку зазвичай входить декілька невідомих кутів. Тому для вирішення рівняння доводиться приймати значення деяких кутів підбором на основі попереднього наближеного рішення задачі графічним методом [12], або за даними проектів аналогічних горловин. Недоліком вказаного способу, крім його трудомісткості, є складність формалізації структури рівняння і завдання його параметрів до розрахунку. З огляду на зазначену невизначеність, в [38] була запропонована методика оптимізації проектування траси розрахункової крайньої колії за критерієм її мінімальної

розрахункової довжини. Була сформульована умовна варіаційна задача, для вирішення якої використаний метод множників Лагранжа; в результаті були отримані всі невідомі кути розрахункового шляху. Даний метод, однак, не отримав поширення, так як в ньому не враховуються обмеження, що накладаються на значення окремих кутів, а також їх вплив на умови вписування внутрішніх пучків горловини. Крім того, як показують дослідження, сума кутів повороту розрахункової колії і її розрахункова довжина при варіації окремих кутів змінюються незначно.

Розглянуті роботи присвячені автоматизованому проектуванню при традиційній технології побудови схем станцій, коли варіанти колійного розвитку розробляє проектувальник. Так, існуюча технологія проектування станцій орієнтована на роботу з кресленням. Креслення є носієм інформації для відтворення запроектованого об'єкта. Однак цим роль креслення не вичерпується. Побудова і корекція геометричної моделі станції являє собою ітераційний процес, розподілений по всіх етапах проектування. У цих умовах проектувальнику необхідний зовнішній накопичувач інформації, що адекватно відображає об'єкт.

В ролі накопичувача інформації при проектуванні станцій в більшості випадків виступає креслення або схема. Вони мають велику ємність і забезпечують високу швидкість пошуку і вибору необхідної інформації. Процес взаємодії проектувальника з геометричною моделлю за допомогою креслення є одним з найважливіших, що полегшують прийняття рішення.

Таким чином, традиційну методику проектування можна представити у вигляді схеми, зображеної на рис. 1.1

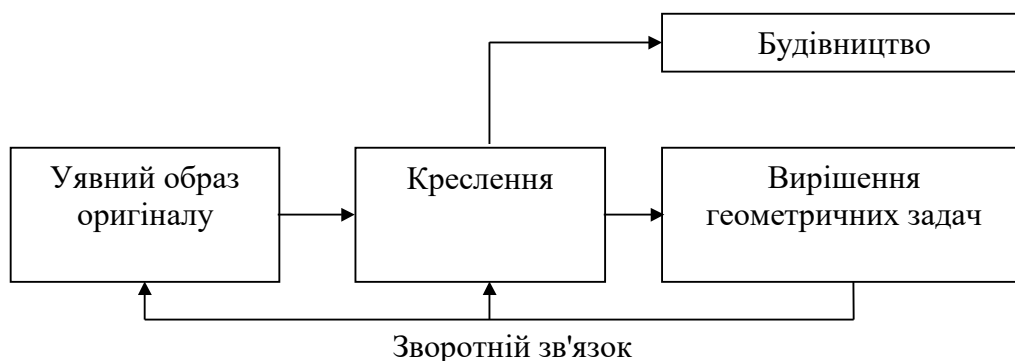


Рисунок 1.1 – Схема традиційної технології проектування

При автоматизованому проектуванні всі або частину проектних рішень отримують в результаті взаємодії людини і ЕОМ. САПР повинна посилювати творчі здібності людини за рахунок можливості сучасних ЕОМ швидко переробляти великі обсяги інформації, в тому числі графічної. Автоматизоване проектування ґрунтується на математичній моделі об'єкта (див. рис. 1.2).

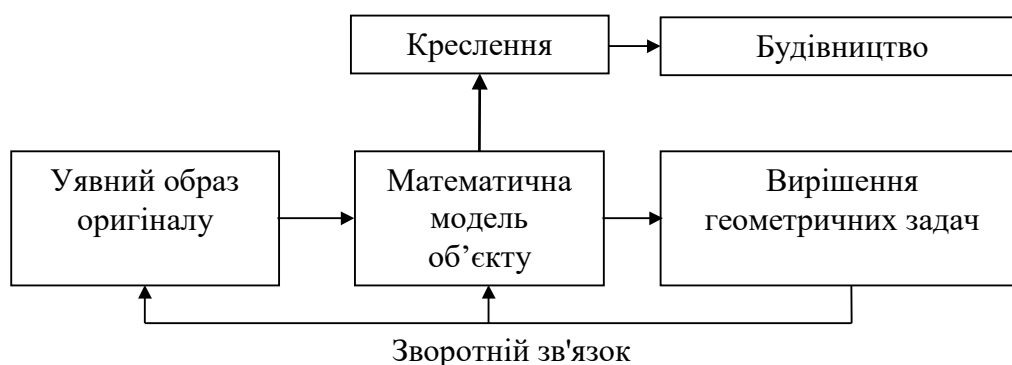


Рисунок 1.2 – Схема автоматизованого проектування

Математична модель є більш досконалим способом представлення планів колійного розвитку станцій і потужнішим і зручним інструментом для його техніко-експлуатаційної оцінки. Креслення в цих умовах починає грати допоміжну роль, а побудова моделі виконується або автоматично, або автоматизовано за допомогою засобів комп'ютерної графіки. У зв'язку з цим в [34] вирішено завдання автоматизації побудови математичних моделей колійного розвитку станцій на базі немасштабних схем, пропонованих проектувальником, з подальшим їх перетворенням в робочі креслення, супроводжувані значеннями всіх числових параметрів плану.

Побудова математичної моделі станції і розробка методів і алгоритмів розрахунку її параметрів дозволить істотно прискорити процес проектування станцій за рахунок використання графічного введення немасштабних схем, інтерактивного режиму роботи з візуалізацією результатів, автоматичного розрахунку всіх необхідних параметрів колійного розвитку і побудови робочих креслень. Крім того, геометрична модель станції, отримана при вирішенні даного завдання, може бути використана і при функціональному моделюванні станції, що виконується для оцінки якості проекту.



## 1.2 Оцінка варіантів конструкції станції

Загальновизнаним є той факт, що процес проектування, в тому числі і залізничних станцій [41], є творчим актом і не може бути повністю формалізований. Якість проекту в значній мірі визначається інтелектуальними якостями проектувальника, його вмінням знаходити принципово нові рішення в нестандартних ситуаціях. Для успішного проектування станцій важливо встановити показники, що характеризують якість конструкції їх колійного розвитку.

У зв'язку з цим великий інтерес представляють роботи [58, 59], в яких пропонується мінімізувати питому будівельну довжину колій, енергетичні витрати на рух поїздів, а також витрати на ремонт колій і рухомого складу за рахунок вибору раціональної конструкції горловин станції.

На основі вказаних показників виконується синтез станції – спрямований пошук її раціональної конструкції та встановлення оптимальних параметрів відповідного технічного оснащення. Знайдений тим або іншим методом оптимальний варіант структури станції, представлений у вигляді деякої формальної моделі, необхідно перетворити в схему станції з конкретним числом колій в парках і певними конструкціями горловин.

Спроби автоматизувати етап синтезу схем станцій привели до появи оригінальних робіт, в яких пропонуються різні підходи до вирішення даної проблеми. Вперше завдання автоматизації синтезу горловин залізничних станцій була поставлена в [32]. У даній роботі зроблена класифікація горловин парків, а також розроблені алгоритми синтезу найпростішої горловини (з одним входом), засновані на використанні набору решіток. З огляду на те, що запропонована методика допускає проектування горловин обмеженого класу, широкого поширення вона не отримала.

Подальші кроки в напрямку вирішення зазначеної проблеми були зроблені в [53, 16]. У зазначених роботах досліджені проблеми конструювання горловин, запропонований принцип їх систематизації, розроблена система моделей, критеріїв і показників, що дозволяє оптимізувати параметри горловин. Однак проблема прямого синтезу горловин оптимальної конструкції залишається невирішеною.

Формалізовані методи синтезу структури залізничних станцій розглядаються в [17, 42]. Метод І-АБО-дерева, що використовується в [17], дозволяє згенерувати деяку множину варіантів принципових схем станцій з заздалегідь встановленого набору типових елементів. При цьому кожен варіант схеми оцінюється інтегральним показником – «міра складності» її технічної і технологічної структур, що визначає ступінь зв'язності окремих компонентів станції при прийнятому технологічному процесі обробки транспортних одиниць. Вказаний показник отримано формальним методом алгебраїчної (комбінаторної) топології на основі даних про множини технічних елементів станцій  $X$  і технологічних ланцюжків обробки різних категорій транспортних потоків  $Y$ , а також зв'язків між елементами цих множин. В роботі [17] стверджується, що зазначений єдиний показник дозволяє однозначно вибрати краще схемне рішення з безлічі згенерованих варіантів, оскільки, чим він вищий, тим більшими технічно-технологічними можливостями володіє відповідна схема станції. З огляду на те, що вказаний показник отримано формальним методом, а також те, що при його розрахунку не використовується цілий ряд істотних факторів (наприклад, параметри станції і транспортних потоків, що переробляються на ній), викладена методика потребує додаткової перевірки. Крім того, не зрозуміло, як вибрати проектне рішення, якщо розглянуті варіанти мають однакову міру складності, яка характеризується довжиною вектора  $\Psi_k$ , але їм притаманні різні значення його компонентів  $\Psi_x k$  і  $\Psi_y k$ , що визначають, відповідно, міру складності технічної і технологічної структур станції. Нарешті, значення зазначених показників залежать, очевидно, від початкового вибору проектувальником елементів множин  $X$  і  $Y$  і, таким чином, носять суб'єктивний характер.

В роботі [42] використаний інший підхід до вирішення завдання синтезу структури станцій, заснований на використанні шаблонів типових схем і окремих елементів конструкції станцій. За допомогою програмних засобів генерується безліч можливих варіантів взаємного розташування постійних шаблонів і зовнішніх (що не входять в шаблон) пристроїв станції; при цьому враховуються необхідні технологічні зв'язки її елементів. Передбачена можливість включення в схему, яка синтезується,

підмножини нових пристроїв, що не входять в початковий набір, що дозволяє отримати нове проектне рішення, яке сприяє підвищенню ефективності роботи станції. Запропонований підхід дозволяє розробити значне число варіантних рішень, які відповідають певним критеріям. Слід зауважити, що отримані варіанти представляються схематично у вигляді матриці варіантів розміщення пристроїв; питання аналізу, оцінки та вибору оптимального варіанту в [42] не розглядаються. Вирішення зазначених завдань на основі абстрактних моделей станції представляється досить наближеним.

Одною із важливих задач удосконалення техніко-технологічних параметрів станцій є визначення черговості впровадження на ній реконструктивних заходів. В роботі [28] вказана задача вирішена як задача динамічного програмування на прикладі удосконалення колійного розвитку і технології роботи приймально-відправного парку (ПВП) однієї з вантажних станцій України. В роботі ПВП станції розглядається як фізична система  $S$ , стан якої характеризується набором певних техніко-технологічних показників. Процедура зміни стану ПВП в момент  $t$  є управлінням  $U_m^{i \rightarrow j}$ , в результаті якого реалізується  $m$ -й варіант реконструкції і виконується перехід системи зі  $i$  стану в стан  $j$ . Кожному періоду експлуатації системи  $t$  в стані  $S_i$  відповідає величина експлуатаційних витрат  $C_{t,i}$ . Для переходу системи в наступний стан  $S_i \rightarrow S_j$  потрібні інвестиції  $K_{i \rightarrow j}$ . Рішення поставленої задачі зводиться до пошуку такого набору управлінь  $U_m^{i \rightarrow j}(t)$ , який би забезпечив за розрахунковий період  $T$  мінімум величини приведених витрат  $E$ :

$$E = \left( \int_0^T (K_t \alpha_t) dt + \int_0^T (C_t \alpha_t) dt \right) \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

де  $\alpha_t$  – коефіцієнт дисконтування витрат.

Дана задача динамічного програмування вирішується в два етапи. На першому етапі виконується процедура вибору умовно-оптимальних переходів, а на другому – визначається оптимальне рішення. Графічне рішення вказаної задачі представлено на рисунку 1.3.

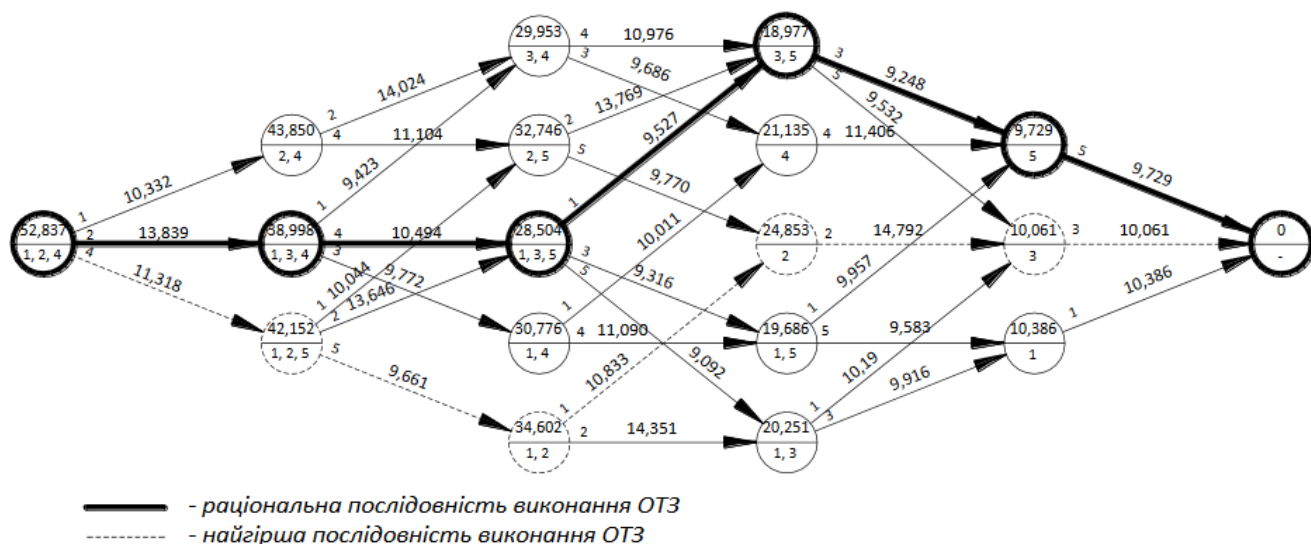


Рисунок 1.3 – Вирішення задачі вибору черговості реконструкції методом динамічного програмування

Використаний в роботі [28] підхід дозволяє знайти економічно ефективну послідовність виконання робіт з удосконалення конструкцій станцій. В той же час при реалізації вказаного підходу достатню складність викликає вибір системи показників (кількісні або якісні) та визначення їх значень при функціонуванні об'єктів на різних етапах переоснащення.

З метою вирішення вказаної проблеми в роботі [14] наведено методику оцінки та визначення ефективних варіантів проектних рішень, спрямованих на удосконалення технічних та технологічних параметрів залізничних станцій. Вказану задачу пропонується вирішувати як задачу векторної оптимізації. При цьому кожний варіант реконструкції пропонується характеризувати двома інтегральними показниками: кількісним (наприклад, витратами на реалізацію варіанту) та якісним (наприклад, переробна спроможність станції).

Таким чином, вказана задача полягає у визначенні таких варіантів проектних рішень, реалізація яких забезпечувала б найбільшу ефективність (оптимальне значення якісного показника) при певному (заданому) значенні кількісного показника (обсягах витрат). Якісні та кількісні показники, що оцінюють кожний з проектів удосконалення станції, пропонується визначати з використанням розробленої авторами ергатичної функціональної моделі станції. Задача векторної оптимізації вирішується

з використанням функції Лагранжа. При цьому на основі вихідної множини варіантів проектних рішень формується множина ефективних варіантів, кожне з яких забезпечує покращення значення якісного показника (переробної спроможності станції) при збільшенні значення кількісного показника (витрат на реалізацію варіанта).

Апробація запропонованої в [14] методики виконана при визначенні ефективного комплексу заходів, спрямованих на удосконалення парку прибуття однієї з великих сортувальних станцій України. З цією метою було розроблено 48 варіантів можливих організаційно-технічних заходів. На основі вирішення задачі векторної оптимізації було визначено множину ефективних проектних рішень, що забезпечують максимальну переробну спроможність парку прибуття станції в залежності від виділених коштів.

### **1.3 Оцінка непродуктивних простоїв рухомого складу**

Основним завданням технічної станції є переробка вагонопотоків режимі, що забезпечує мінімальну та економічно обґрунтовану тривалість знаходження рухомого складу на ній. У зв'язку з цим одним з головних показників роботи станцій є середній час знаходження вагона на станції - простій. Норми часу знаходження вагонів на станції розраховуються з урахуванням раціональної технології роботи окремо для транзитних вагонів та місцевих вагонів.

В роботі [13] відповідно до теорії бережливого виробництва і методичних рекомендацій з оптимізації трудовитрат працівників сформульовані основні види непродуктивних втрат в роботі станції. До основних з вказаних втрат віднесено час очікування виконання операцій, дублювання операцій, непотрібні переміщення рухомого складу і працівників (див. табл. 1.1).

Найбільший внесок в склад непродуктивних втрат вносить очікування виконання операцій, основними причинами якого є:

- недоліки планування на рівні диспетчерського апарату;
- відсутність інформації;
- слабкі взаємодії з суміжними підрозділами, задіяними в одному технологічному процесі.

Таблиця 1.1 – Непродуктивні втрати на залізничних станціях

Група втрат	Типові втрати
Непродуктивне очікування	Очікування закріплення по прибуттю
	Очікування обслуговування составу
	Очікування розформування
	Очікування подачі-прибирання на вантажні фронти
	Накопичення та очікування формування
	Очікування поїзного локомотива
	Очікування оформлення перевізних документів
	Очікування відправлення
Надлишкові та нераціональні процеси	Понаднормативні витрати часу на виконання технологічних операцій
	Повторний комерційний та технічний огляд
	Надлишкове та застаріле документування технологічних операцій
	Повторне сортування вагонів
Нераціональні переміщення працівників	Втрати часу на обслуговування віддалених районів
	Втрати часу у зв'язку з нераціональним розміщенням виробничих приміщень
	Втрати часу на немеханізоване виконання трудомістких процесів та рутинних операцій
Порушення та їх усунення	Збільшена тривалість виконання операцій в умовах порушення нормальної роботи пристроїв автоматики та
	Затримки на усунення комерційних і технічних несправностей
	Затримки, пов'язані з неправильно оформленими документами
Надлишкова переробна спроможність	Очікування маневровими локомотивами роботи
	Очікування вагонами навантаження

Вказані причини можуть бути усунені за рахунок удосконалення методів аналізу та обліку непродуктивних втрат. Питанням обліку та аналізу непродуктивних втрат і розвитку методів бережливого виробництва присвячені роботи багатьох вчених, однак більшість з них розкриває окремі аспекти проблеми, не пропонуючи універсального механізму оцінки [20, 60]. Наприклад, автори [60] запропонували використовувати методи картування потоку створення цінності. Ними на прикладі впровадження бережливого виробництва з метою зменшення втрат часу, впливаючих на час знаходження вагонів в парках станції, були сформовані карти потоків створення

цінності процесу в ході обробки поїзда в парку прийому сортувальної станції до застосування заходів щодо скорочення часу технічного обслуговування складу та комерційного огляду вагонів і після. З [60] випливає, що збільшення цінності можливо тільки за рахунок зменшення часу на обслуговування складу в технічному і комерційному відношенні, але не вказується його конкретний механізм.

В теорії експлуатаційної роботи застосовуються методи, які можна об'єднати в дві групи - аналітичні та методи моделювання (графічного, табличного, імітаційного і ін.). Типовий технологічний процес рекомендує визначати норми часу знаходження вагона на станції методами або табличного моделювання, або графічного на основі побудови добового плану-графіка роботи станції. Незважаючи на те, що розрахунок часу перебування вагонів на станції даними методами є наближеним і трудомістким, вони широко використовуються на практиці.

#### **1.4 Оцінка затримок рухомого складу**

Більшість дільничних станцій є вузловими; при цьому неминуче виникають пересічення маршрутів прийому та відправлення поїздів. Відомо, що пересічення маршрутів можливе в одному і в різних рівнях. Розв'язка маршрутів в різних рівнях (за допомогою шляхопроводу) повністю виключає затримки поїздів на пересіченнях і забезпечує безпеку руху. Однак будівництво шляхопроводів пов'язане з великими витратами і, як правило, веде до збільшення пробігу поїздів і енергетичних витрат на подолання більш крутих підйомів і спусків. У зв'язку з цим в окремих випадках при незначних розмірах руху для збільшення пропускної спроможності пересічення в одному рівні можуть влаштовуватися шлюзи [45].

Вибір проектного рішення при необхідності пересічення маршрутів (пост без колійного розвитку, шлюз або шляхопровід) здійснюється на основі техніко-економічного порівняння варіантів, для якого необхідна кількісна оцінка витрат, пов'язаних з пробігами рухомого складу і їх затримками на пересіченнях. Для вказаної оцінки використовуються моделі розв'язок різної складності, побудові та аналізу яких присвячено значну кількість робіт.

Найпростішими є аналітичні моделі пунктів пересічення і злиття ліній в розв'язках [45, 50, 40]. У монографії [25] розглянуті основні схеми пересічень і злиття одно- і двоколійних ліній, наведені вирази для розрахунку числа і тривалості затримок поїздів. Дані вирази засновані на визначенні ймовірності того, що в випадковий момент часу пересічення зайнято деяким поїздом. Ймовірність цієї події визначається безпосереднім підрахунком з використанням поняття геометричної ймовірності.

Найпростіші аналітичні моделі пересічень уточнювалися рядом авторів, з тим щоб врахувати наявність перерв у русі на підходах, нерівномірність руху, вплив мінімального інтервалу та інших факторів. Так, в роботі [55] показано, що при значному завантаженні пересічень і підходів до них, зазначені вирази дають систематичну помилку, що досягає 60-80 %, тому що не дозволяють врахувати вторинні затримки. З цією метою в даній роботі були запропоновані формули, що дозволяють уточнити аналітичний розрахунок пересічень і врахувати, в тому числі, і вторинні затримки. Однак, як справедливо відзначається в даній роботі, зі збільшенням складності комплексу пересічень, точність аналітичного розрахунку затримок падає і більш привабливим є метод імітаційного моделювання. Підтвердженням цього висновку можуть служити результати досліджень [37].

Досить складні аналітичні моделі пересічень різного виду були отримані в [46, 61]. Вказані моделі використовувалися для аналізу конструкцій шлюзових розв'язок [62] і шлюзових станцій [63]. Слід зауважити їм також притаманні загальні недоліки аналітичних моделей.

Метод статистичного моделювання розв'язок розглядався в ряді робіт [39-29]. У вказаних роботах пересічення представляється моделлю масового обслуговування з одним обслуговуючим пристроєм (стрілочна зона пересічення) і потоками заявок (поїздів) по кожному підходу. Тривалість обслуговування заявки (заняття пересічення), як правило, постійна для даного виду заявки.

В [49] передбачена можливість використання різних методів моделювання потоків поїздів на підходах (заданий розклад або випадкові інтервали з різними теоретичними і емпіричними законами розподілу). Моделюючий алгоритм виявляє випа-



дки, коли пересічення може бути зайнято двома заявками одночасно (конфліктна ситуація), аналізує цю ситуацію з урахуванням пріоритетів і приймає рішення про затримку одної з заявок. Дана модель є універсальною і дозволяє отримувати оцінки числа і тривалості затримок для комплексів пересічень практично будь-якої складності; вона дає результати значно більш достовірні, ніж найпростіші аналітичні моделі. Однак дана модель не позбавлена недоліків, які пов'язані з обмеженим числом впливаючих факторів, що враховуються в ній. Зокрема, час заняття пересічення заявками  $t_{\text{зан}}$  прийнято постійним; в дійсності він залежить від середньої швидкості руху поїзда через пересічення, яка, в свою чергу, залежить від режиму пропуску поїзда (без затримки; з затримкою без зупинки; з зупинкою). Крім того, час  $t_{\text{зан}}$  залежить і від відстані, на якій знаходиться поїзд від вхідного сигналу пересічення.

Ще один недолік моделі [49] полягає в тому, що отримана з її допомогою кількість затримок поїздів дозволяє лише опосередковано оцінити витрати, пов'язані з розгоном і уповільненням затриманих поїздів.

Оцінка витрат, пов'язаних зі зниженням швидкості окремих поїздів в пунктах пересічення, виконана в [29]. В даній статті наведено методику наближеного визначення додаткової механічної роботи, викликаній зниженням швидкості, а також загальних експлуатаційних витрат, які враховують як затримки поїздів, так і зниження швидкості. Зазначена методика використовувалася для дослідження залежностей експлуатаційних витрат від маси поїзда для різних типів локомотивів при різних комбінаціях інших впливаючих факторів. Отримані результати свідчать про необхідність врахування режимів руху поїздів при визначенні витрат, пов'язаних з їх пропуском через пересічення. В той же час потрібно відзначити, що запропонована методика заснована не на моделюванні руху поїздів, а на наближених аналітичних методах, що може служити джерелом похибок.

Для розрахунку витрат, пов'язаних з пробігами поїздів, зазвичай використовуються в якості моделі диференціальні рівняння руху поїзда (тягові розрахунки). При виконанні зазначених розрахунків виникає проблема вибору режимів руху поїзда, від

яких істотно залежать зазначені витрати. В тягових розрахунках при проектуванні нових залізниць зазвичай вибирають режими, при яких максимально використовуються можливості локомотивів і, відповідно, досягаються максимальні швидкості руху поїздів; при реконструкції приймаються до уваги і діючі обмеження швидкості [21]. У зв'язку з цим в [56] була розроблена модель руху поїзда, заснована на чисельному інтегруванні рівняння руху, в якій передбачена можливість врахування обмежень швидкості в кривих в залежності від їх параметрів, обліку додаткових витрат при русі в кривих малого радіуса, детальне рішення гальмівної задачі при близькому розташуванні декількох ділянок обмеження швидкості.

Слід зауважити, що в моделях [21] розглядається один поїзд, при визначенні режимів руху якого не враховується наявність на лінії попередніх поїздів. Насправді ж режими руху поїздів в потоці істотно залежать від його інтенсивності. Про це свідчать результати експериментальних досліджень часу руху поїздів по ділянці, математичне очікування і дисперсія якого ростуть зі збільшенням ступеня використання пропускної спроможності ділянки [51]. Особливо помітний взаємозв'язок режимів руху суміжних поїздів в місцях, що включають пункти злиття і/або пересічення маршрутів. Затримки поїздів в цих пунктах можуть викликати коливання швидкості руху поїзда на досить віддалених від цих пунктів блок-ділянках. У зв'язку з цим для обліку взаємного впливу режимів руху суміжних поїздів доцільно моделювати їх рух за сигналами автоблокування. Крім того, слід врахувати, що затримки поїздів мають імовірнісну природу і тому для отримання достовірних результатів не можна обмежуватися одиничними реалізаціями процесу пропуску окремих поїздів через пересічення.

Модель руху потоку поїздів по ділянці, оснащеному автоблокуванням, розглянута в [27]. В якості моделі ділянки використана багатофазна СМО з простими приладами (блок-ділянками) і приладами з накопичувачами (станції). Вхідний потік включає дві категорії поїздів (пасажирські і вантажні), що відрізняються дисципліною обслуговування. Однак у даній роботі рух окремого поїзда моделюється спрощено: на кожній блок-ділянці визначається постійна швидкість поїзда в залежності від його категорії і від показання сигналів автоблокування. Модель використана для оптимізації умов пропуску поїздів по ділянці залізниці. Аналіз факторів, включених

в модель, показує, що вона не може бути використана для розрахунку витрат з пробігів поїздів.

Найбільш повна модель руху поїздів по ділянці приведена в [1]. У даній роботі здійснюється моделювання руху поїздів за сигналами автоблокування; передбачена імітація прийняття рішення машиністом локомотива про режим руху по перегону (прискорення, гальмування, вибіг) на основі показань світлофорів, обмежень швидкості та параметрів складів. Модель включає алгоритми роботи пристроїв автоблокування, АЛС і напольного обладнання та призначена для отримання показників якості функціонування автоблокування: забезпечення заданої пропускну здатності ділянки, безпеки руху, дотримання графіка руху при ідеальному функціонуванні і при відмовах. Однак, вона призначена тільки для ділянок без пересічень і злиттів.

В [9] функціональну модель розв'язки ліній, яка має ієрархічну структуру. На метарівні модель розглядається як СМО, призначена для пропуску потоків поїздів. На макрорівні в модель розв'язки включені: модель руху поїздів і модель системи управління рухом поїздів і їх пропуском через пересічення. Режимів руху поїзда в моделі обирається на основі принципу максимуму з урахуванням показань сигналів автоблокування, а також наявності діючих обмежень швидкості. В результаті моделювання на основі системи одиничних норм можливо отримати поелементні (тяга, вибіг, гальмування) експлуатаційні витрати на рух поїздів. Вказаний підхід буде використано при оцінці варіантів примикання нової лінії.

### **1.5 Висновки до розділу**

Ефективність роботи залізничних станцій, їх пропускна та переробна спроможність суттєво залежать від конструкції та параметрів колійного розвитку. В цьому зв'язку тема дипломної роботи, що направлена на удосконалення конструктивно-технологічних параметрів станції є достатньо актуальною.

Ефективним засобом вирішення завдання пошуку раціональних шляхів удосконалення конструкції та технічного оснащення залізничних станцій є математичні моделі, методи та алгоритми аналізу і синтезу станцій в поєднанні з використанням

сучасних засобів обчислювальної техніки та інформаційної технології, в основі якої лежить система автоматизованого проектування.

Вибір раціонального проектного рішення має виконуватись на основі інтегрального показника якості пропонованої конструкції станції або розв'язок підходів до неї. В сучасних умовах таким показником можуть виступати приведені витрати, що пов'язані з експлуатацією транспортного об'єкта при різних варіантах його оснащення або технології роботи.

Метою даної дипломної роботи є визначення раціональних техніко-технологічних параметрів дільничної станції з метою скорочення простою вагонів. Вказана мета може бути досягнута шляхом вирішення наступних завдань:

1. Аналіз існуючого колійного розвитку станції та технології її роботи;
2. Визначення розрахункових обсягів роботи станції та потрібної кількості колій в її парках з врахуванням поїздопотоків нової лінії;
3. Оцінка параметрів сортувальної гірки та визначення відповідності її переробної спроможності розрахунковим обсягам роботи;
4. Дослідження варіантів обслуговування під'їзних колій.

Також в роботі буде розглянуто питання безпеки руху та екологічні аспекти функціонування дільничних станцій.

## 2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ

### 2.1 Технічна характеристика станції

Станція О за призначенням та характером роботи є дільничною станцією. Принципова схема станції О наведена на рисунку 2.1.

До станції примикають 3 дільниці:

- дільниця О-Л – двоколійна, обладнана одностороннім кодовим автоматичним блокуванням;
- дільниця О-Б – двоколійна, обладнана одностороннім кодовим автоматичним блокуванням;
- дільниця О-Н – двоколійна, обладнана одностороннім кодовим автоматичним блокуванням;

На прилеглих до станції дільницях обертаються:

- у вантажному русі – локомотиви серії ВЛ8;
- у пасажирському русі – локомотиви серії ЧС2;
- в приміському русі – електросекції ЕР1, ЕР2.

За взаємним розташуванням парків станція відноситься до напівпоздовжнього типу. Колійний розвиток складається з трьох парків: приймально-відправних парків ПВ-1 і ПВ-2, а також сортувального парку С, що розташований паралельно до приймально-відправного парку ПВ-1.

Приймально-відправний парк ПВ-1 складається з 6 колій та призначений для обслуговування непарних транзитних вантажних поїздів, що надходять з напрямку Л на напрямки Б та Н. Крім того вказаний парк призначений для приймання поїздів у розформування з усіх напрямків та виставки поїздів свого формування на всі напрямки.

Приймально-відправний парк ПВ-2 складається з 5 колій та призначений для прийому та відправлення парних транзитних вантажних поїздів з напрямків Б та Н на напрямок Л. Крім того у вказаному парку виконується обслуговування кутових транзитних поїздів, що надходять з Б на Н та з Н на Б.

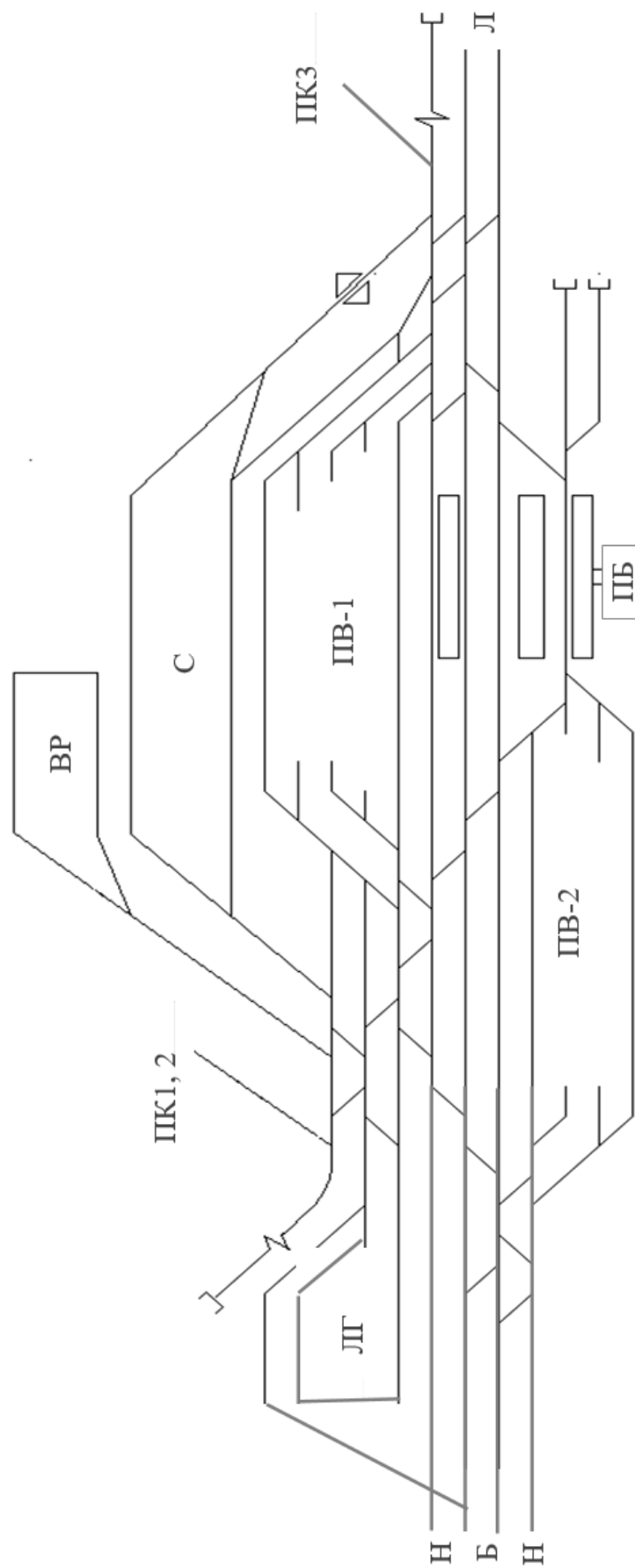


Рисунок 2.1 – Схема дільничної станції

Колійний розвиток сортувального парку С складається з 12 колій, що об'єднано в два пучки по 6 колій. На коліях вказаного парку виконується накопичення вагонів за призначеннями плану формування, здійснюється підбір місцевих вагонів за вантажними фронтами.

Пропуск пасажирських поїздів далекого сполучення виконується, як правило, по I та II головним коліям. Вказані поїзди мають короткочасну зупинку на станції О для посадки та висадки пасажирів. Приміські пасажирські поїзди приймаються до основної пасажирської платформи на колію 5, а в разі її зайнятості – на колії 6 та 7.

Для обслуговування пасажирів на станції споруджено пасажирську будівлю та влаштовано основну та дві острівні пасажирські платформи. Перехід між платформами здійснюється через пішохідні мости.

Маневрова робота на станції виконується трма маневровими тепловозами серії ЧМЕЗ. Для виконання маневрової роботи з формування-розформування поїздів використовується:

- механізована сортувальна гірка малої потужності, яка має одну колію насуву, одну спускную та одну обхідную колії;
- витяжна колія 17 корисною довжиною 1050 м, яка розташована в непарній горловині станції та використовується для розформування составів на сортувальній гірці. Крім того вказана колія використовується для подачі/прибирання вагонів з під'їзних колій ПКЗ;
- витяжна колія 18 корисною довжиною 1050 м, яка розташована в парній горловині, використовується для виконання операцій із закінчення формування поїздів свого формування та наступної їх перестановки в ПВ-1. Крім того, з використанням вказаної колії виконується обслуговування вантажного району станції та прилеглих до неї під'їзних колій ПК1 та ПК2.

Вантажна робота на станції О виконується на вантажному районі, під'їзних коліях ПК1-3. Обслуговування вказаних вантажних пунктів здійснюється маневровим локомотивом станції.

На території станції знаходяться:

- пост електричної централізації (МРЦ), в якому розташовані робочі місця чергового по станції (ДСП), маневрового диспетчера (ДСЦ) та знаходиться станційний технологічний центр з обробки перевізної документації (СТЦ);
- пункт комерційного огляду вагонів (ПКО);
- товарна контора;
- пасажирська будівля, в якій розташовані: зал очікування, квиткові каси, службові приміщення, технічний відділ, кабінети керівників станції, зал засідань;
- пункт технічного обслуговування вагонів (ПТО);
- дистанція сигналізації та зв'язку (ШЧ-1);
- локомотивне депо (ТЧ-1);

Для зберігання ручної поклажі та багажу на вокзалі установлені автоматичні камери схову, є багажне відділення.

Для забезпечення оперативної роботи станція обладнана:

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

## **2.2 Експлуатаційна характеристика станції**

Згідно плану формування поїздів та графіка руху поїздів дільнична станція О виконує наступні операції:

- приймання, відправлення та пропуск пасажирських поїздів далекого сполучення;
- приймання та відправлення приміських пасажирських поїздів;
- зміну локомотивів і локомотивних бригад у транзитних поїздах;
- відчеплення та причеплення груп вагонів до транзитних поїздів;
- розформування та формування вантажних поїздів;
- обробку та відправлення господарчих поїздів;
- технічне обслуговування та комерційний огляд вантажних вагонів;



- навантаження та розвантаження місцевих вагонів.

Приймання вантажних поїздів у відповідності до їх категорії виконується в приймально-відправні парки станції: транзитні з Л – в парк ПВ-1, транзитні з Б та Н - в парк ПВ-2; в розформування з усіх напрямків та свого формування – в парк ПВ-1. Обробка транзитних поїздів в приймально-відправних парках станції складається з наступних операцій:

- закріплення составу поїзду;
- відчеплення поїзного локомотива (в транзитних поїздах з та на напрямки Н, кутових з Н на Б);
- технічного обслуговування вагонів;
- комерційного огляду вагонів разом із ВОХР;
- причеплення поїзного локомотива;
- випробування автогальм;
- зняття закріплення составу поїзда.

Поїзди, що надходять в розформування приймаються в ПВ-1. Після відчеплення поїзного локомотива та технічного і комерційного огляду составу, його їх маневровим локомотивом витягують на витяжну колію 17, звідки насувають на сортувальну гірку малої потужності та розформовують.

У процесі розформування поїздів, на основі даних обліку накопичення вагонів на коліях сортувального парку і даних натурних листів, під керівництвом маневрового диспетчера здійснюється формування поїздів нових призначень.

Після завершення накопичення составу поїзда на відповідні призначення згідно плану формування поїздів (ПФП), виконуються операції із закінчення формування составу, після чого такий состав витягують маневровим локомотивом району формування на витяжну колію 18, звідки осаджують на колії парку ПВ-1. В цьому парку состави оглядаються бригадою ПТО та ПКО, причіпляється локомотив, випробовуються автогальма та поїзд відправляється в необхідному напрямку.

Маневрова робота на станції О організована в трьох маневрових районах:

- маневровий район № 1 – охоплює непарні горловини парків ПВ-1 та С. Основний характер роботи – розформування составів вантажних поїздів; обслуговування під'їзної колії ПК3;
- маневровий район № 2 – охоплює парні горловини парків ПВ-1 та С. Основний характер роботи – закінчення формування составів вантажних поїздів та підбір вагонів за вантажними фронтами;
- маневровий район № 3 – охоплює вантажний район станції та під'їзні колії ПК1 та ПК2. Основний характер роботи – подача, розстановка та забирання вагонів з вантажних фронтів.

### **2.3 Аналіз недоліків станції та постановка задач дипломного проекту**

Дільнична станція О окрім обслуговування транзитного поїздопотоків та формування-розформування составів вантажних поїздів виконує значний обсяг вантажної роботи, що зосереджена як на місцях загального користування, так і на під'їзних коліях промислових підприємств.

Відомо, що величина простою місцевих вагонів є одним з основних якісних показників роботи станцій та має важливе значення для експлуатаційної діяльності залізниці, оскільки безпосередньо впливає на ефективність використання вагонного парку. Тривалість простою місцевого вагона прямо впливає на оборот вагонів, швидкість та якість доставки вантажів. Таким чином, скорочення простою місцевого вагону є досить актуальною задачею.

Одним з основних факторів, що впливають на величину простою місцевого вагона є черговість обслуговування вантажних фронтів. Прийнята на станції О черговість обслуговування вантажних фронтів не враховує тривалості виконання на них вантажних операцій. Це викликає непродуктивні простой місцевих вагонів в очікуванні їх подачі та забирання з вантажних фронтів, що, як наслідок, призводить до збільшення тривалості знаходження даного рухомого складу на станції. З метою вирішення вказаної проблеми в дипломному проекті планується розробити заходи щодо удосконалення технології роботи станції О в частині оптимізації черговості обслуговування вантажних фронтів.

### 3 РОЗРАХУНКОВІ ОБСЯГИ РОБОТИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ

#### 3.1 Аналіз вихідних даних для визначення обсягів роботи

Станція здійснює пропуск пасажирських поїздів далекого сполучення (з короткочасною зупинкою для посадки-висадки пасажирів) та виконує обслуговування кінцевих приміських пасажирських поїздів. Розміри руху пасажирських поїздів прийнято згідно з таблицею А.2 Додатку А та наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Пасажирський поїздопотік станції О

Із \ На	Л	Б	Н	О	Разом
Л	-	4/0 <sup>1)</sup>	1/0	0/2	5/2
Б	4/0	-	-	0/2	4/2
Н	1/0	-	-	0/2	1/2
О	0/2	0/2	0/2	-	0/6
Разом	5/2	4/2	1/2	0/6	10/6

**Примітка:** <sup>1)</sup> в чисельнику вказана кількість пасажирських поїздів далекого сполучення, в знаменнику – кількість пасажирських приміських поїздів.

Згідно Розділу 1.2 Дільнична станція О обслуговує транзитні вантажні поїзди. Розміри руху транзитних вагонопотоків без переробки прийнято згідно таблиці А.3 Додатку А та наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Транзитний вагонопотік без переробки станції О

Із \ На	Л	Б	Н	Разом
Л	-	1375	660	2035
Б	1430	-	220	1650
Н	770	275	-	1045
Разом	2200	1650	880	4730

Станція О виконує розформування дільничних та збірних поїздів, що надходять у переробку, а також формує поїзди згідно з Планом формування. Розміри вагонопотоку з переробкою станції О прийнято згідно таблиці А.4 Додатку А та наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вагонопотік з переробкою станції О

З \ На	Л	Б	Н	О				Разом
				ВР	ПК1	ПК2	ПК3	
Л	-	207	112	5	2	8	7	341
Б	209	-	114	2	2	7	3	337
Н	121	107	-	5	2	1	1	237
О	ВР	4	3	5	-	-	-	12
	ПК1	3	1	2	-	-	-	6
	ПК2	5	7	4	-	-	-	16
	ПК3	4	3	4	-	-	-	11
Разом	346	328	241	12	6	16	11	960

Для визначення розмірів поїздопотоків станції необхідно попередньо розрахувати масу вантажного поїзда та кількість вагонів в його составі.

### 3.2 Визначення 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 [44]. При цьому розрахунок маси составу виконують виходячи з умов безупинного руху по розрахунковому підйому. Розрахунковий підйом приймають виходячи з аналізу найважчих елементів подовжного профілю, рівня допустимої швидкості прямування поїздів по стану колії, розташування зупинкових пунктів.

Максимальну масу составу визначимо за формулою згідно [44]:

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

де  $F_{кр}$  – розрахункова сила тяги локомотива,  $H$ ;

$P$  – розрахункова маса локомотива,  $t$ ;

$\omega_0'$  – основний питомий опір руху локомотива,  $H/\kappa H$ ;

$\omega_0''$  – основний питомий опір руху поїзда,  $H/\kappa H$ ;

$i_p$  – крутизна розрахункового керівного підйому,  $\%$ .

Основний питомий опір руху локомотива  $\omega_0'$  в режимі тяги під струмом залежить від швидкості руху і конструкції колії. Основний питомий опір руху для електровозів при русі по ланковій колії визначається за формулою [44]:

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

де  $V_p$  – розрахункова швидкість локомотива,  $км/год$ .

Основний питомий опір руху вантажних вагонів  $\omega_0'$  у складі поїзда визначається за формулою [44]:

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

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

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

де  $n_{осей}$  – кількість осей вагона,  $n_{осей} = 4$ .

Маса вагону брутто визначається за формулою

$$q_{бр} = q_n + q_t, \quad (3.5)$$

де  $q_n$  – маса вантажу нетто,  $т$ ;

$q_t$  – тара вагону,  $т$ .

Згідно таблиці А.1 Додатку А прийнято  $q_n = 50 т$ ;  $q_t = 22 т$ , тоді

$$q_{бр} = 50 + 22 = 72 т.$$

Тоді за формулою (3.4) навантаження на вісь становитиме:

$$q_0 = \frac{72}{4} = 18 т/вісь.$$

Визначимо величину основного опору руху локомотива і вагонів за формулами (3.2) та (3.3). При цьому для електровоза ВЛ-8 згідно [44] прийнято  $V_p = 43,3 км/год$ :

$$\omega_0' = 1,9 + 0,01 \cdot 43,3 + 0,0003 \cdot (43,3)^2 = 2,90 Н/кН;$$

$$\omega_0'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 43,3 + 0,0025 \cdot (43,3)^2}{18} = 1,37 \text{ Н/кН.}$$

Розрахуємо за формулою (3.1) максимальну масу поїзда на кожній з прилеглих до станції ліній; при цьому згідно [44] прийнято  $F_{\text{кр}} = 46500 \text{ Н}$ ,  $P = 184 \text{ т}$ :

- лінія О-Л (керівний ухил згідно табл. А.1 Додатку А становить  $i_p = 9,2 \text{ ‰}$ )

$$Q = \frac{46500 - 184(2,90 + 9,2)}{1,37 + 9,2} = 4188 \text{ т}; \text{ прийнято } Q = 4150 \text{ т};$$

- лінія О-Б (керівний ухил згідно табл. А.1 Додатку А становить  $i_p = 9,6 \text{ ‰}$ )

$$Q = \frac{46500 - 184(2,90 + 9,6)}{1,37 + 9,6} = 4029 \text{ т}; \text{ прийнято } Q = 4000 \text{ т};$$

- лінія О-Н (керівний ухил згідно табл. А.1 Додатку А становить  $i_p = 9,3 \text{ ‰}$ )

$$Q = \frac{46500 - 184(2,90 + 9,3)}{1,37 + 9,3} = 4147 \text{ т}; \text{ прийнято } Q = 4100 \text{ т};$$

Оскільки маса поїзда на ділянці О-Б є найменшою, то для даної станції на всі напрямки приймаємо уніфіковану норму маси поїзда  $Q = 4000 \text{ т}$ .

### 3.3 Визначення кількості вагонів у составі поїзда

Отримана уніфікована маса повинна бути перевірена на можливість встановлення поїзда в межах корисної довжини найкоротшої приймально-відправної колії. З цією метою необхідно розрахувати довжину поїзда:

$$m_{\text{п}} = \frac{Q}{q_{\text{бр}}}. \quad (3.6)$$

Таким чином состав поїзда уніфікованої маси становить:

$$m_{\text{п}} = \frac{4000}{72} = 55,5 \text{ ваг}; \text{ прийнято } m_{\text{п}} = 55 \text{ ваг.}$$

Виконуємо перевірку довжини поїзда по можливості його встановлення на найкоротшій приймально-відправній колії. Згідно вихідних даних на станції найменша корисна довжина колій дорівнює 1050 м, тобто довжина поїзда не повинна перевищувати 1050 м з урахуванням відстані на неточність установки поїзда.

Довжина поїзда визначається за формулою:

$$L_{\text{п}} = m_{\text{п}} l_{\text{в}} + l_{\text{л}}, \quad (3.7)$$

де  $l_{\text{л}}$  – довжина локомотива, м;

$l_{\text{в}}$  – довжина вагона, м.

Згідно [44] прийнято  $l_{\text{л}} = 28$  м;  $l_{\text{в}} = 15$  м. Тоді довжина поїзда складе:

$$L_{\text{п}} = 55 \cdot 15 + 28 = 853 \text{ м.}$$

Необхідну довжину приймально-відправних колій визначимо за формулою:

$$L_{\text{кор}} = L_{\text{п}} + a, \quad (3.8)$$

$a$  – допуск на неточність установки поїзда, згідно [44]  $a = 10$  м.

$$L_{\text{кор}} = 853 + 10 = 863 \text{ м.}$$

Оскільки 893 м не перевищує 1050 м, то поїзди уніфікованої зможуть обслуговуватись на станції О.

Отже, приймаємо 55 вагонів у складі поїзда. Це задовольняє вимогам щодо умов повного використання потужності та тягових якостей локомотива. При цьому довжина поїзда не перевищує корисну довжину приймально-відправних колій діляничної станції О.

### 3.4 Визначення розрахункових поїздопотоків станції

Транзитний поїздопотік станції О визначимо з використанням значень табл. 3.2 та визначеної кількості вагонів у складі вантажного поїзда, яка складає 55 вагонів.

Кількість транзитних поїздів можна визначити за формулою:

$$N_{\text{т}} = \frac{n_i}{m_{\text{п}}}, \quad (3.9)$$

де  $n_i$  – добовий вагонопотік на  $i$ -й лінії.

Для прикладу визначимо транзитний поїздопотік із Л на Б при транзитному вагонопотоці без переробки 1375 *ваг* та кількості вагонів у составі 55 *ваг* (див. табл. 3.2).

$$N_{\tau}^{Л-Б} = \frac{1375}{55} = 25 \text{ поїздів.}$$

Результати розрахунків занесені в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Транзитний поїздопотік дільничної станції О

Із \ На	Л	Б	Н	Разом
Л	-	25	12	37
Б	26	-	4	30
Н	14	5	-	19
Разом	40	30	16	86

Кількість поїздів в розформування можна визначити за формулою:

$$N_p = \frac{\sum n_i}{m_{\Pi}}, \quad (3.10)$$

де  $\sum n_i$  – добовий вагонопотік з  $i$ -го напрямку.

Для прикладу визначимо кількість поїздів в розформування із Л при вагонопотоці з переробкою 341 *ваг* та кількості вагонів у составі 55 *ваг* (див. табл. 3.3).

$$N_p^Л = \frac{341}{55} = 6,2 \text{ поїзда.}$$

Прийнято  $N_p^Л = 7 \text{ поїздів}$ , з них 5 дільничних та 2 збірних поїзда. Результати обчислень заносимо у таблицю 3.5.



Таблиця 3.5 – Вагоно- та поїздопотік, що переробляється на станції О

Із \ На		Л	Б	Н	О	Разом	Поїздопотік у розформ.	
							Дільн.	Збірні
Вагонопотік у розформування	Л	-	207	112	22	341	5	2
	Б	209	-	114	14	337	5	2
	Н	121	107	-	9	237	3	2
	О	16	14	15	-	45	-	-
Разом		346	328	241	45	960	-	-
Поїздопотік св. формування	Дільн.	5	5	3	-	-	15	-
	Збірні	2	1	2	-	-	-	5

За результатами розрахунків було складено таблицю загальних поїздопотоків станції О (таблиця 3.6). В чисельнику наведена кількість вантажних поїздів, в знаменнику – кількість пасажирських поїздів.

Таблиця 3.6 – Загальний поїздопотік станції О

Із \ На		Л	Б	Н	О			Разом
					Дільн.	Збірні	Приміські	
Л		-	25/4	12/1	5	2	2	44/7
Б		26/4	-	4/-	5	2	2	37/6
Н		14/1	5/-	-	3	2	2	24/3
О	Дільн.	5	5	3	-	-	-	-
	Збірні	2	1	2	-	-	-	-
	Приміські	2	2	2	-	-	-	-
Разом		47/7	36/6	21/3	-	-	-	105/16

Наведені дані будуть використані для побудови діаграм вагоно- та поїздопотоків станції О, перевірки технічного оснащення станції О та розрахунку показників її роботи.

### 3.5 Визначення потрібної пропускної спроможності прилеглих до станції підходів

Потрібна пропускна спроможність ліній, які примикають визначається за формулою [19]:

$$N_{\Pi} = \alpha(N_{\text{в}} + N_{\text{пас}} \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}}(\varepsilon_{\text{зб}} - 1)), \quad (3.11)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт резерву пропускної спроможності;

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

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

$\varepsilon_{\text{пас}}, \varepsilon_{\text{зб}}$  - коефіцієнт зйому вантажних поїздів відповідно пасажирськими і збірними.

Згідно [19] прийнято  $\alpha = 1,2$ ;  $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,5$ ;  $\varepsilon_{\text{зб}} = 2$ .

Визначаємо потрібну пропускну спроможність на прилеглих лініях:

– лінія О-Л

$$N_{\Pi}^{\text{О-Л}} = 1,2 \cdot (47 + 7 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) = 71,4 \text{ пари поїздів};$$

$$\text{прийнято } N_{\Pi}^{\text{О-Л}} = 72 \text{ пари поїздів};$$

– лінія О-Б

$$N_{\Pi}^{\text{О-Б}} = 1,2 \cdot (37 + 6 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) = 57,6 \text{ пар поїздів};$$

$$\text{прийнято } N_{\Pi}^{\text{О-Б}} = 58 \text{ пар поїздів};$$

– лінія О-Н

$$N_{\Pi}^{\text{О-Н}} = 1,2 \cdot (24 + 3 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) = 36,6 \text{ пар поїздів}.$$

$$\text{прийнято } N_{\Pi}^{\text{О-Н}} = 37 \text{ пар поїздів}.$$

Згідно [19] для забезпечення розрахованої потрібної пропускної спроможності підходи О-Л та О-Б повинні мати 2 головні колії та бути оснащені автоматичним блокуванням; підхід О-Н повинен мати 1 головну колію з двоколійними вставками та бути оснащеним ДЦ. Таким чином, потрібне оснащення підходів не перевищує існуючого (див. табл. А.1 Додатку А), отже реконструкція головних колій не потрібна.

## 4 НОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА ПОТРІБНИЙ КОЛІЙНИЙ РОЗВИТОК СТАНЦІЇ

### 4.1 Розподіл поїздопотоків по паркам дільничної станції О

Розподіл поїздопотоків по паркам виконано згідно з розділом 2.2 та на основі таблиці 3.6. Результати розподілу наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розподіл поїздопотоків по паркам станції О

На \ З		А	Б	Н	О		Разом
					дільничні	збірні	
А		-	25/ПВ-1	12*/ПВ-1	5/ПВ-1	2/ПВ-1	44
Б		9/ПВ1	26/ПВ-2	-	4*/ПВ-2	5/ПВ-1	2/ПВ-1
Н		14*/ПВ1	14*/ПВ-2	5*/ПВ-2	-	3/ПВ-1	2/ПВ-1
О	дільничні	5/ПВ2	5/ПВ-1	6/ПВ-1	3/ПВ-1	-	-
	збірні	2/ПВ2	2/ПВ-1	1/ПВ-1	2/ПВ-1	-	-
Разом		30	24	47	36	21	-

**Примітки:** чисельник – кількість вантажних поїздів;

знаменник – номер парку, в який надходять поїзда;

\* - транзитні поїзди, що проходять станцію зі зміною локомотива.

### 4.2 Визначення кількості колій в приймально-відправних парках станції

Кількість колій в приймально-відправному парку визначається за формулою згідно [19]:

$$m = \sum_{j=1}^n \frac{\bar{t}_{\text{зан}}}{I_j} \gamma_j, \quad (4.1)$$

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

$I_j$  – розрахунковий інтервал прибуття поїздів  $j$ -ї лінії;

$\gamma_j$  – частка поїздів, які поступають з  $j$ -ї лінії від загальної кількості поїздів, прибуваючих на станцію з цієї лінії;

$n$  – кількість ліній, що примикають до станції.

Щоб визначити середньозважений час заняття колій приймально-відправного парку, необхідно всі поїзди розділити на групи, для яких час заняття буде однаковим. Середньозважений час визначається згідно [19] за формулою:

$$t_{\text{зан}} = \frac{\sum_{i=1}^k t_{\text{зан}_i} N_i}{\sum_{i=1}^k N_i}, \quad (4.2)$$

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

$N_i$  – середньодобова кількість поїздів  $i$  - ї групи, які оброблюються;

$k$  - кількість груп поїздів.

Час заняття колії приймально-відправного парку кожної групи складається з двох елементів [19]:

$$t_{\text{зан}} = t_{\text{Т}} + t_{\text{ОВ}}, \quad (4.3)$$

де  $t_{\text{Т}}$  – час виконання всіх технологічних операцій з урахуванням міжопераційних простоїв;

$t_{\text{ОВ}}$  – час очікування виводу (відправлення чи прибирання) поїзда з парку.

#### 4.2.1 Визначення тривалості технологічних операцій з поїздами

Тривалість технологічних операцій з поїздами залежить від їх категорії і визначається за наступними формулами [19]:

транзитний без зміни локомотива

$$t_{\text{Т}}^{\text{Тб}} = t_{\text{П}} + t_{\text{Оч}}^{\text{Тб}} + t_{\text{Ож}}^{\text{Тб}} + t_{\text{В}}; \quad (4.4)$$

транзитний зі зміною локомотива

$$t_{\text{Т}}^{\text{Тз}} = t_{\text{П}} + t_{\text{Оч}}^{\text{Тз}} + t_{\text{Об}}^{\text{Тз}} + t_{\text{В}}; \quad (4.5)$$

дільничний, який надходить у переробку:

$$t_{\text{Т}}^{\text{Д}} = t_{\text{П}} + t_{\text{Оч}}^{\text{Д}} + t_{\text{Об}}^{\text{Д}} + t_{\text{Пр}}; \quad (4.6)$$

збірний, який надходить у переробку:

$$t_{\text{т}}^{\text{зб}} = t_{\text{п}} + t_{\text{оч}}^{\text{зб}} + t_{\text{об}}^{\text{зб}} + t_{\text{пр}} ; \quad (4.7)$$

поїзд свого формування (дільничний, збірний):

$$t_{\text{т}}^{\text{сф}} = t_{\text{под}} + t_{\text{оч}}^{\text{сф}} + t_{\text{об}}^{\text{сф}} + t_{\text{в}} , \quad (4.8)$$

де  $t_{\text{п}}$  – час заняття колії при прийманні поїзда на станцію;

$t_{\text{об}}^{\text{тб}}, t_{\text{об}}^{\text{тз}}, t_{\text{об}}^{\text{д}}, t_{\text{об}}^{\text{зб}}, t_{\text{об}}^{\text{сф}}$  час обробки поїзда відповідної категорії;

$t_{\text{оч}}^{\text{тб}}, t_{\text{оч}}^{\text{тз}}, t_{\text{оч}}^{\text{д}}, t_{\text{оч}}^{\text{зб}}, t_{\text{оч}}^{\text{сф}}$  час очікування обробки поїзда відповідної категорії, який ви-

никає в період згущеного прибуття поїздів на станцію, згідно [19]  $t_{\text{оч}} = 0,35 \cdot t_{\text{об}}$  ;

$t_{\text{пр}}$  – час заняття колії при прибиранні з неї поїзда на витяжну колію;

$t_{\text{под}}$  – час заняття колії при подачі на неї поїзда з витяжної колії;

Час заняття колії при прийомі поїзда на станцію у випадку, коли поїзд в момент відкриття вхідного сигналу знаходиться від нього на відстані двох блок-ділянок, визначається за формулою:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot l_{\text{бл}}''}{V} + \frac{0,06(l_{\text{бл}}' + L_{\text{вх}})}{V_{\text{вх}}} , \quad (4.9)$$

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

$V$  – встановлена швидкість слідування поїзда по перегону, вона складає 80% від конструкційної;

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

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

$L_{\text{вх}}$  – відстань, яку проходить поїзд від вхідного сигналу до зупинки на колії приймально-відправного парка, що визначається як:

$$L_{\text{вх}} = l_{\text{с}} + l_{\text{гор}} + l_{\text{п}} , \quad (4.10)$$

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

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

$l_{\text{п}}$  – довжина поїзда.

Згідно Додатку А.6 прийнято  $l'_{\text{ол}} = 1500 \text{ м}$ ;  $l''_{\text{ол}} = 1200 \text{ м}$ ;  $l_{\text{гор}} = 400 \text{ м}$ ; згідно [44]

$V = 0,8 \times 80 = 64 \text{ км/год}$ ;  $V_{\text{вх}} = 35 \text{ км/год}$ ;  $t_{\text{м}} = 0,15 \text{ хв}$ ;  $l_{\text{с}} = 300 \text{ м}$ ;  $l_{\text{гор}} = 400 \text{ м}$ ; згідно розділу 3.3  $l_{\text{п}} = 942,84 \text{ м}$ .

Тоді

$$L_{\text{вх}} = 300 + 400 + 853 = 1553 \text{ м};$$

$$t_{\text{п}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1200}{64} + \frac{0,06 \cdot (1500 + 1553)}{35} = 6,51 \text{ хв}.$$

Час заняття маршруту при відправленні поїзда визначається за формулою:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 L_{\text{вх}}}{V_{\text{вх}}}, \quad (4.11)$$

де  $V_{\text{вх}}$  – середня швидкість виходу поїзда з урахуванням розгону,  
 $V_{\text{вх}} = 30 \text{ км/год}$  [19];

$L_{\text{вх}}$  – відстань, яку проходить поїзд до моменту визволення маршруту:

$$L_{\text{вх}} = l_{\text{гор}} + l_{\text{п}},$$

$$L_{\text{вх}} = 400 + 853 = 1253 \text{ м};$$

$$t_{\text{в}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1253}{30} = 2,66 \text{ хв}.$$

Час заняття приймально–відправної колії при подачі і прибиранні состава визначається як тривалість відповідних напівреїсів подачі  $t_{\text{под}}$  і прибирання  $t_{\text{пр}}$ :

$$t = a + b m_{\text{п}}, \quad (4.12)$$

де:  $a$ ,  $b$  – нормативні коефіцієнти;

$$l = l_{\text{п}} + l_{\text{гор}} = 853 + 400 = 1253 \text{ м}.$$

Таким чином згідно [19]:  $a = 2,56$ ,  $b = 0,082$ . Тривалість зайняття колії при подачі і прибиранні состава із  $m_{\text{с}} = 55 \text{ ваг}$  становить:

$$t_{\text{под}} = t_{\text{пр}} = 2,56 + 0,082 \cdot 55 = 7,07 \text{ хв}.$$

Тривалість технічного обслуговування складу транзитного поїзда без зміни локомотива та поїзда, що надходить в переробку, визначається за формулою:

$$t_{\text{то}} = \frac{\tau m_c}{K_{\text{гр}}} + a, \quad (4.13)$$

де  $\tau$  – середня тривалість технічного огляду одного вагона,  $\tau = 0,9$  хв;

$K_{\text{гр}}$  – число груп оглядачів у бригаді ПТО,  $K_{\text{гр}} = 1 \dots 4$ ;

$a$  – час підготовчо-заклучних операцій, що припадає на один состав,  $a = 2$  хв.

Тривалість технічного обслуговування складу транзитного поїзда зі зміною локомотива та поїзда свого формування визначається за формулою:

$$t_{\text{то}} = \frac{\tau m_c}{K_{\text{гр}}} + \alpha t_{\text{рем}} + a, \quad (4.14)$$

де  $\alpha$  – частка составів, що потребують трудомісткого безвідчіпного ремонту вагонів,  $\alpha = 0,2$ ;

$t_{\text{рем}}$  – середній час виконання безвідчіпного ремонту вагонів, що припадає на один состав,  $t_{\text{рем}} = 12$  хв.

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО визначається за формулою:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{N t_{\text{то}}}{1440 S}, \quad (4.15)$$

де  $N$  – кількість составів, що обслуговуються у парку протягом доби;

$S$  – кількість бригад ПТО,  $S = 1$ .

Отримане за формулою (4.15) значення повинне знаходитись у діапазоні 0,75...0,85. Якщо коефіцієнт завантаження менший, ніж 0,75, то приймаємо найближче до нього значення.

Згідно з табл. 4.1 для парка ПВ-1 кількість поїздів становитиме:

– транзитних без зміни локомотива та поїздів в переробку – 44 поїздів;

– транзитних поїздів зі зміною локомотива та поїздів свого формування – 30 поїздів.

Для парку ПВ-2 кількість поїздів становитиме:

– транзитних без зміни локомотива – 26 поїздів;

транзитних поїздів зі зміною локомотива – 23 поїзда

Наприклад, для парку ПВ-1 при  $m = 55$  вагонів та  $K_{гр} = 1$  група:

тривалість технічного обслуговування состава транзитного поїзда без зміни локомотива та поїзда, що надходить в переробку, складає:

$$t_{то} = \frac{0,95 \cdot 55}{1} + 2 = 54,25 \text{ хв};$$

тривалість технічного обслуговування состава транзитного поїзда зі зміною локомотива та поїзда свого формування:

$$t_{то} = \frac{0,95 \cdot 55}{1} + 0,2 \cdot 12 + 2 = 56,65 \text{ хв};$$

коефіцієнт завантаження бригади ПТО:

$$\Psi_{бр} = \frac{44 \cdot 54,25 + 30 \cdot 56,65}{1440 \cdot 1} = 2,83.$$

Як видно, при  $K_{гр} = 1$  завантаження бригади ПТО перевищує допустиму норму. Тому слід виконати розрахунки для  $K_{гр} = 2..4$  та обрати такий варіант, при якому  $0,75 \leq \Psi_{бр} \leq 0,85$ . Результати розрахунку тривалості технічного обслуговування составів поїздів і коефіцієнтів завантаження бригади ПТО у парках ПВ1 і ПВ2 зведено у таблицю 4.2.

Таким чином у подальших розрахунках будуть використовуватися тривалості технічного обслуговування составів поїздів для бригади ПТО з такими параметрами: для парку ПВ-1  $K_{гр} = 4$  групи; для парку ПВ-2  $K_{гр} = 3$  групи.

Згідно [19] для збірного поїзда, що надходить у переробку, додається 5 хв на складання сортувального листка, а для транзитного зі зміною локомотива та поїзда свого формування – 10 хв на причеплення локомотива та випробування автогальм.



Таблиця 4.2 – Тривалість технічного обслуговування составів поїздів і коефіцієнти завантаження бригади ПТО

К <sub>тр</sub>	Тривалість технічного обслуговування $t_{то}$ , хв		$\Psi_{бр}$ для парку	
	для транзитного поїзда без зміни локомотива та поїзда, що надходить в переробку	для транзитного поїзда зі зміною локомотива та поїзда свого формування	ПВ1	ПВ2
1	54,25	56,65	2,83	1,88
2	28,13	30,53	1,50	0,99
3	19,42	21,82	1,05	0,69
4	15,06	17,46	0,82	0,55

Таким чином, для ПВ-1 тривалість обробки поїздів становитиме:

- транзитного без зміни локомотива та дільничного в переробку –  $t_{оф}^{тб} = t_{оф}^д = 15,06$  хв;
- збірною в переробку –  $t_{оф}^{зб} = 15,06 + 5 = 20,06$  хв;
- транзитного зі зміною локомотива та свого формування –  $t_{оф}^{тз} = t_{оф}^{сф} = 17,46 + 10 = 27,46$  хв.

Для ПВ-2 тривалість обробки поїздів становитиме:

- транзитного без зміни локомотива –  $t_{оф}^{тб} = 19,42$  хв;
- транзитного зі зміною локомотива –  $t_{оф}^{тз} = 21,82 + 10 = 31,82$  хв.

Таким чином, тривалість виконання технологічних операцій з поїздами різних категорій у парку ПВ-1 буде дорівнювати:

- транзитний без зміни локомотива

$$t_T^{тб} = 6,51 + 0,35 \times 15,06 + 15,06 + 2,66 = 29,50 \text{ хв};$$

- транзитний зі зміною локомотива

$$t_T^{тз} = 6,51 + 0,35 \times 27,46 + 27,46 + 2,66 = 46,24 \text{ хв};$$

- дільничний переробку

$$t_T^д = 6,51 + 0,35 \times 15,06 + 15,06 + 7,07 = 33,91 \text{ хв};$$

- збірний в переробку

$$t_T^{зб} = 6,51 + 0,35 \times 20,06 + 20,06 + 7,07 = 40,66 \text{ хв};$$

- поїзд свого формування

$$t_T^{сф} = 7,07 + 0,35 \times 27,46 + 27,46 + 2,66 = 46,80 \text{ хв}.$$

Тривалість виконання технологічних операцій з поїздами різних категорій у парку ПВ-2 буде дорівнювати:

- транзитний без зміни локомотива

$$t_T^{тб} = 6,51 + 0,35 \times 19,42 + 19,42 + 2,66 = 35,38 \text{ хв};$$

- транзитний зі зміною локомотива

$$t_T^{тз} = 6,51 + 0,35 \times 31,82 + 31,82 + 2,66 = 52,12 \text{ хв}.$$

#### 4.2.2 Визначення середнього часу простою поїздів в очікуванні відправлення

Середній час простою поїздів в очікуванні відправлення на дану лінію визначається за формулою [19]:

$$t_{об} = \frac{720 N_B (1 + \vartheta_B^2)}{N_B^{max} (N_B^{max} - N_B)}, \quad (4.16)$$

де  $\vartheta_B$  - коефіцієнт варіації інтервалів відправлення поїздів на дану лінію, згідно [19] прийнято  $\vartheta_B = 0,7$ .

Максимальна кількість вантажних поїздів  $N_{гр}^{max}$  визначається за формулою:

$$N_B^{max} = N - N_{пас} \varepsilon_{пас} - N_{зб} (\varepsilon_{зб} - 1), \quad (4.17)$$

де  $N$  – наявна пропускна спроможність даної лінії.

Величина наявної пропускної спроможності визначається за потрібною, користуючись при цьому [19]:

- Лінія О-Л:

при  $N_{п} = 72 \text{ пари поїздів}$  отримаємо  $N = 100 \text{ пар поїздів};$

$$\text{тоді } N_{\text{вант}}^{\max} = 100 - 7 \cdot 1,5 - 2 \cdot (2-1) = 87 \text{ пар поїздів};$$

– Лінія О-Б:

при  $N_{\Pi} = 58$  пар поїздів отримаємо  $N = 100$  пар поїздів;

$$\text{тоді } N_{\text{вант}}^{\max} = 100 - 6 \cdot 1,5 - 2 \cdot (2-1) = 90 \text{ пар поїздів};$$

– Лінія О-Н:

при  $N_{\Pi} = 37$  пар поїздів отримаємо  $N = 54$  пар поїздів;

$$\text{тоді } N_{\text{вант}}^{\max} = 54 - 3 \cdot 1,5 - 2 \cdot (2-1) = 47 \text{ пар поїздів}.$$

Таким чином, час очікування відправлення становитиме:

– Лінія О-Л:

$$t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot 47 \cdot (1 + 0,7^2)}{87 \cdot (87 - 47)} = 14,5 \text{ хв};$$

– Лінія О-Б:

$$t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot 36 \cdot (1 + 0,7^2)}{90 \cdot (90 - 36)} = 7,9 \text{ хв};$$

– Лінія О-Н:

$$t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot 21 \cdot (1 + 0,7^2)}{47 \cdot (47 - 21)} = 18,4 \text{ хв}.$$

4.2.3 Визначення середнього часу простою поїздів в приймально–відправному парку в очікуванні розформування

Середній час простою поїздів в приймально–відправному парку в очікуванні розформування визначається за формулою:

$$t_{\text{опр}} = \frac{N_{\text{р}} t_{\text{г}}^2 (1 + \vartheta_{\text{г}}^2)}{2(1440 - N_{\text{р}} t_{\text{г}})}, \quad (4.18)$$

де  $\vartheta_{\text{г}}$  – коефіцієнт варіації гірочного інтервалу, згідно [19] прийнято  $\vartheta_{\text{г}} = 0,5$ .

Гірочний технологічний інтервал при одному локомотиві на гірці визначається з виразу [19]:

$$t_{\Gamma} = t_3 + t_{\text{пр}} + t_{\text{над}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{ос}}, \quad (4.19)$$

де  $t_3$  – час заїзду гірочного локомотива із сортувального в приймально-відправний парк;

$t_{\text{пр}}$  – час прибирання поїзда з колії приймально-відправного парка на витяжну колію;

$t_{\text{над}}$  – час насуву поїзда до вершини гірки;

$t_{\text{роз}}$  – час розпуску складу поїзда;

$t_{\text{ос}}$  – час на осаджування, яке приходить на один поїзд.

Тривалість заїзду  $t_3$  і прибирання  $t_{\text{пр}}$  визначаються аналогічно тривалості подачі. Таким чином при  $m_{\text{п}} = 55$  вагонів величина  $t_3$  визначається наступним чином. Заїзд локомотива складається із двох напіврейсів  $l_1 = 140$  м і  $l_2 = 380$  м. У відповідності з [19]  $a_1 = 0,81$ ;  $a_2 = 1,21$ .

Таким чином  $t_3 = 0,81 + 1,21 = 2,02$  хв.

Час прибирання складу поїзда із приймально-відправного парка на витяжну колію дорівнює  $t_{\text{пр}} = 2,72 + 55 \cdot 0,086 = 7,07$  хв.

Величини  $t_{\text{нас}}$ ,  $t_{\text{роз}}$ ,  $t_{\text{ос}}$  визначаються відповідно за формулами:

$$t_{\text{над}} = \frac{0,06l_{\text{над}}}{V_{\text{над}}}, \quad (4.20)$$

$$t_{\text{роз}} = \frac{0,06m_{\text{п.в}}l}{V_{\text{роз}}}, \quad (4.21)$$

$$t_{\text{ос}} = 0,06m_{\text{п}}, \quad (4.22)$$

де  $l_{\text{над}}$  – довжина колії насуву;

$V_{\text{над}}$  – швидкість насуву;

$V_{\text{роз}}$  – швидкість розпуску

Згідно [52] прийнято  $V_{\text{над}} = 7 \text{ км/год}$ ; згідно [10] для гірок малої потужності прийнято  $V_{\text{роз}} = 4 \text{ км/год}$ . Таким чином величини  $t_{\text{над}}$ ,  $t_{\text{роз}}$ ,  $t_{\text{ос}}$  складуть:

$$t_{\text{нас}} = \frac{0,06 \cdot 140}{7} = 1,2 \text{ хв}; t_{\text{роз}} = \frac{0,06 \cdot 55 \cdot 15}{4} = 12,38 \text{ хв}; t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot 55 = 3,3 \text{ хв}.$$

Гірочний технологічний інтервал дорівнює:

$$t_{\Gamma} = 2,02 + 7,07 + 1,2 + 12,38 + 3,3 = 25,97 \text{ хв}.$$

Тоді час очікування прибирання становить:

$$t_{\text{опр}} = \frac{19 \cdot 25,97^2 \cdot (1 + 0,5^2)}{2 \cdot (1440 - 19 \cdot 25,97)} = 8,46 \text{ хв}.$$

Розрахунок часу  $\bar{t}_z$  для приймально-відправного парку виконується у вигляді таблиці 4.3, яка заповнюється на базі табл. 4.1 і отриманих значень тривалості технологічних операцій; при цьому кожний рядок таблиці відповідає окремій групі поїздів.

Таблиця 4.3 – Розрахунок тривалості зайняття колій

№	Категорія поїзда	Напрямок слідування	$t_{\Gamma}$ , хв		$t_{\text{ов}}$ , хв.	$t_{\text{зан}}$ , хв		ПВ1		ПВ2	
			ПВ1	ПВ2		ПВ1	ПВ2	$N$	$Nt_{\text{зан}}$	$N$	$Nt_{\text{зан}}$
1	Транзитні без зміни локомотива	На Л	-	35,4	14,5	-	49,9	-	-	26	1297,4
		На Б	29,5	-	7,9	37,4	-	25	935,0	-	-
		На Н	-	-	18,4	-	-	-	-	-	-
2	Транзитні зі зміною локомотива	На Л	-	52,1	14,5	-	66,6	-	-	14	932,4
		На Б	-	52,1	7,9	-	60,0	-	-	5	300,0
		На Н	46,2	52,1	18,4	64,6	70,5	12	775,2	4	282,0
3	Дільничні	В розф.	33,9	-	8,5	42,4	-	13	551,2	-	-
4	Збірні	В розф.	40,7	-	8,5	49,2	-	6	295,2	-	-
5	Свого формування	На Л	46,8	-	14,5	61,3	-	7	429,1	-	-
		На Б	46,8	-	7,9	54,7	-	6	328,2	-	-
		На Н	46,8	-	18,4	65,2	-	5	326,0	-	-
Всього								74	3639,9	49	2811,8

Середньозважений час зайняття колії розраховується за формулою (4.1) та за підсумками таблиці 4.3:

$$\text{парк ПВ1: } \frac{t_{\text{зан}}^{\text{ПВ1}}}{29} = \frac{2147,07}{29} = 74,04 \text{ хв}; \text{ парк ПВ2: } \frac{t_{\text{зан}}^{\text{ПВ2}}}{60} = \frac{3813,93}{60} = 63,57 \text{ хв}.$$

#### 4.2.4 Визначення тривалості закінчення формування составів

Час на закінчення формування состава дільничного поїзда визначається за формулою:

$$t_{зф}^д = B + Em_{\phi}, \quad (4.23)$$

де  $B, E$  – нормативи часу, які вибираються у залежності від середньої кількості розчеплених вагонів  $n_0$ . Згідно [52] прийнято  $n_0 = 0,5$ ;  $B = 1,6$ ;  $E = 0,1$ .

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

Час на закінчення формування состава збірного поїзда визначається за формулою:

$$t_{зф}^{зб} = T_c + T_{зб}, \quad (4.24)$$

де  $T_c$  – час на сортування поїзда;

$T_{зб}$  – час на збирання вагонів.

$$T_c = Ag + Bm_c, \quad (4.25)$$

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

$g$  – кількість відчепів у поїзді, що сортується.

Згідно таблиці А.8 Додатку А прийнято  $g = 13$  відчепів; згідно [52] –  $A = 0,81$ ,  $B = 0,4$ .

$$T_c = 0,81 \cdot 13 + 0,4 \cdot 30 = 22,53 \text{ хв}$$

Час на збирання вагонів визначається як:

$$T_{зб} = 1,8p + 0,3m_{зб}, \quad (4.26)$$

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

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

$$p = k_{\text{ст}} - 1 \quad (4.27)$$

де  $k_{\text{ст}}$  – кількість проміжних станцій, що обслуговуються збірним поїздом.

Згідно таблиці А.8 Додатку А прийнято  $k_{\text{ст}} = 7$  станцій;  $m_{36} = 35$  ваг.

$$p = 7 - 1 = 6 \text{ станцій};$$

$$T_{36} = 1,8 \cdot 6 + 0,3 \cdot 30 = 19,8 \text{ хв};$$

$$t_{36}^{\text{зф}} = 22,53 + 19,8 = 42,33 \text{ хв}.$$

#### 4.2.5 Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів в приймально-відправні парки

Розрахунковий інтервал прибуття визначається для кожної лінії, що примикає до станції, в тому числі і для сортувального парку, з якого поступають поїзда свого формування:

$$I = \frac{\bar{I} + I_{\min}}{2}, \quad (4.28)$$

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

Мінімальний інтервал прибуття поїздів з лінії приймаємо згідно [19]; він залежить від прийнятої пропускної спроможності ділянки  $N$ . Мінімальний інтервал надходження поїздів свого формування із сортувального парку визначається за формулою:

$$I_{\min}^{\text{сф}} = \frac{\bar{t}_{\text{лф}}}{m_{\text{в}}}, \quad (4.29)$$

де  $\bar{t}_{\text{лф}}$  - середньозважений час зайнятості маневрового локомотива формуванням і виставкою поїздів в приймально-відправний парк;

$m_{\text{в}}$  – кількість витяжних колій, на яких може одночасно виконуватися формування і перестановка поїздів в приймально-відправний парк,  $m_{\text{в}} = 2$ .

Значення часу  $\bar{t}_{\text{лф}}$  визначається, як середньозважене для дільничних і збірних поїздів:

$$\bar{t}_{\text{лф}} = \frac{N_{\text{д}} t_{\text{лф}}^{\text{д}} + N_{\text{зб}} t_{\text{лф}}^{\text{зб}}}{N_{\text{д}} + N_{\text{зб}}}, \quad (4.30)$$

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

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

Час зайнятості локомотива визначається для дільничних і збірних поїздів за формулами:

$$t_{\text{лф}}^{\text{д}} = t_{\text{з}} + t_{\text{ф}}^{\text{д}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{под}}, \quad (4.31)$$

$$t_{\text{лф}}^{\text{зб}} = t_{\text{з}} + t_{\text{ф}}^{\text{зб}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{под}}, \quad (4.32)$$

де  $t_{\text{з}}$  – час заїзду маневрового локомотива;

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

$t_{\text{пр}}$  – час прибирання поїзда із сортувального парка на витяжну колію;

$t_{\text{под}}$  – час подачі поїзда з витяжної колії в приймально–відправний парк

Згідно попередніх розрахунків  $t_{\text{з}} = 2,02 \text{ хв}$ ;  $t_{\text{под}} = t_{\text{пр}} = 7,07 \text{ хв}$ ;  $t_{\text{ф}}^{\text{д}} = 7,1 \text{ хв}$ ;

$t_{\text{ф}}^{\text{зб}} = 42,33 \text{ хв}$ . Таким чином:

$$t_{\text{лф}}^{\text{д}} = 2,02 + 7,1 + 7,07 + 7,07 = 23,26 \text{ хв};$$

$$t_{\text{лф}}^{\text{зб}} = 2,02 + 42,33 + 7,07 + 7,07 = 58,49 \text{ хв};$$

$$\bar{t}_{\text{лф}} = \frac{13 \cdot 23,26 + 5 \cdot 58,49}{13 + 5} = 33,04 \text{ хв};$$

$$I_{\text{min}}^{\text{сф}} = \frac{33,04}{2} = 16,52 \text{ хв}.$$



Середній інтервал прибуття поїздів на станцію з кожної лінії визначається за формулою [19]:

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

де  $\beta$  - коефіцієнт місячної нерівномірності розмірів вантажного руху;

$N_{\text{в}}$  - кількість вантажних поїздів, які прибувають на станцію з даної лінії;

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

Згідно [19] прийнято  $\beta = 1,15$ . Тоді середній інтервал прибуття поїздів з кожної лінії складе:

$$\text{лінія О-А: } \bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{100} \cdot (1,15 \cdot (7 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) + (1,15 - 1) \cdot 44)}{44} = 25,86 \text{ хв};$$

$$\text{лінія О-Б: } \bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{100} \cdot (1,15 \cdot (6 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) + (1,15 - 1) \cdot 37)}{37} = 31,84 \text{ хв};$$

$$\text{лінія О-Н: } \bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{54} \cdot (1,15 \cdot (3 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) + (1,15 - 1) \cdot 24)}{24} = 47,69 \text{ хв}.$$

Середній інтервал перестановки в приймально-відправний парк поїздів свого формування визначається як:

$$\bar{I}_{\text{сф}} = \frac{1440}{N_{\text{сф}}}, \quad \bar{I}_{\text{сф}} = \frac{1440}{18} = 80 \text{ хв}.$$

Розрахункові інтервали прибуття для кожної лінії дорівнюють:

$$I_{\text{О-Л}} = \frac{25,86 + 10}{2} = 17,93 \text{ хв}; \quad I_{\text{О-Н}} = \frac{47,69 + 15}{2} = 31,35 \text{ хв};$$

$$I_{\text{О-Б}} = \frac{31,83 + 10}{2} = 20,92 \text{ хв}; \quad I_{\text{сф}} = \frac{80 + 16,52}{2} = 48,26 \text{ хв}.$$

### 3.6 Розрахунок кількості колій в приймально-відправних парках

Для розрахунку кількості колій в парках ПВ-1 та ПВ-2 попередньо визначимо значення  $\gamma_j$  для кожної лінії, з якої поїзди надходять в парки:

$$\text{парк ПВ1: } \gamma_j^{\text{О-Л}} = \frac{44}{44} = 1; \quad \gamma_j^{\text{О-Б}} = \frac{7}{37} = 0,189; \quad \gamma_j^{\text{О-Н}} = \frac{5}{24} = 0,208; \quad \gamma_j^{\text{СП}} = \frac{18}{18} = 1;$$

$$\text{парк ПВ2: } \gamma_j^{\text{О-Л}} = \frac{0}{44} = 0; \quad \gamma_j^{\text{О-Б}} = \frac{30}{37} = 0,811; \quad \gamma_j^{\text{О-Н}} = \frac{19}{24} = 0,792;$$

$$\gamma_j^{\text{СП}} = \frac{0}{18} = 0;$$

Отже кількість колій в приймально-відправних парках становитиме:

$$\text{парк ПВ1: } m = \frac{49,19}{17,93} \cdot 1 + \frac{49,19}{20,92} \cdot 0,189 + \frac{49,19}{31,35} \cdot 0,208 + \frac{49,19}{48,26} \cdot 1 = 4,53 \text{ колій};$$

Таким чином, необхідна кількість колій в ПВ1  $m = 5$  колій;

$$\text{парк ПВ2: } m = \frac{57,38}{17,93} \cdot 0 + \frac{57,38}{20,92} \cdot 0,811 + \frac{57,38}{31,35} \cdot 0,792 + \frac{57,38}{48,26} \cdot 0 = 3,67 \text{ колій};$$

Таким чином, необхідна кількість колій в ПВ1  $m = 6$  колій.

Як видно, потрібна кількість колій в приймально-відправних парках не перевищує наявну.

### 4.3 Визначення потрібної кількості колій в сортувальному парку

Щоб визначити необхідну кількість колій в сортувальному парку, встановлюють спеціалізацію колій в залежності від призначень плану формування, добової кількості вагонів кожного призначення, довжини колій парку та технологічного процесу роботи. Якщо кількість вагонів на одне призначення більше за 200, то для цього призначення виділяються дві сортувальні колії. При цьому також враховують необхідність виділення колій для вагонів, що прибули під навантаження та в необхідних випадках для порожніх вагонів.

Крім цього, в сортувальному парку передбачають колії для вагонів, що потребують відчіпного ремонту, вагонів, які підлягають перевантаженню чи сортуванню, вагонів з розрядними вантажами, зрідженими газами, а також колію для перестановки

составів під час очистки парку від снігу чи виконання ремонтних колійних робіт. Розрахунок кількості колій в сортувальному парку виконується з використанням даних таблиці А.9 Додатку А та наводиться в таблиці .4.4

Таблиця 4.4 – Розрахунок кількості колій в сортувальному парку

№ п/п	Призначення	Кількість вагонів	Кількість колій
1	Дільничний на Л1	151	1
2	Дільничний на Л2	135	1
3	Збірний на Л	60	1
4	Дільничний на Б1	179	1
5	Дільничний на Б2	119	1
6	Збірний на Б	30	1
7	Дільничний на Н	181	1
8	Збірний на Н	60	1
9	Для місцевих вагонів	45	2
10	Для несправних вагонів	-	1
11	Для вагонів з небезпечними вантажами	-	1
Разом		960	12

Отже в сортувальному парку необхідна кількість колій становить 12 колій, що не перевищує фактичної їх кількості.

## 5 ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

На дільничній станції О розформовування составів виконується на механізованій гірці малої потужності (ГМП). Колійний розвиток сортувального парку включає 12 колій. Згідно таблиці А.7 Додатку А гальмування відчепів при розпуску здійснюється на двох гальмівних позиціях (ГП), обладнаних вагонними уповільнювачами: II ГП – 1хКНП-5; III ГП – 2хРНЗ-2М.

Розрахункові метеорологічні умови функціонування сортувальної гірки прийнято згідно таблиці А.5 Додатку А та наведено в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Дані метеорологічних спостережень

Параметри вітру	Числові значення параметрів вітру за напрямками (румбами)							
	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-Зх	Зх	Пн-Зх
Швидкість, м/с	2,1	4,3	5,6	3,7	2,5	3,2	4,8	3,6
Повторюваність	0,12	0,15	0,25	0,11	0,14	0,08	0,05	0,10

Розрахункова температура повітря - 30 °С

Від якості роботи сортувальної гірки в значній мірі залежить ефективність функціонування станції. В зв'язку з цим в дипломному проекті виконано розрахунок техніко-експлуатаційних параметрів сортувальної гірки та виконана перевірка її конструкції на відповідність встановленим нормам [15] і розрахунковим обсягам переробки вагонів.

### 5.1 Розрахунок необхідної висоти сортувальної гірки

Розрахунок висоти сортувальної гірки і подальша перевірка її поздовжнього профілю здійснюється для розрахункової важкої колії. У якості такої приймається сортувальна колія, для якої по маршруту скочування сумарна питома робота всіх сил опору руху відчепів буде максимальна.

Згідно рекомендацій [10] для даної конструкції гіркової горловини такою колією обрана сортувальна колія 15, так як маршрут скочування від вершини гірки на цю колію характеризується найбільшою кількістю стрілочних переводів – 5 переводів. Суміжною з важкою колією є колія 14. Розгорнутий план колій 15 та 14 наведено на рисунку 5.1.

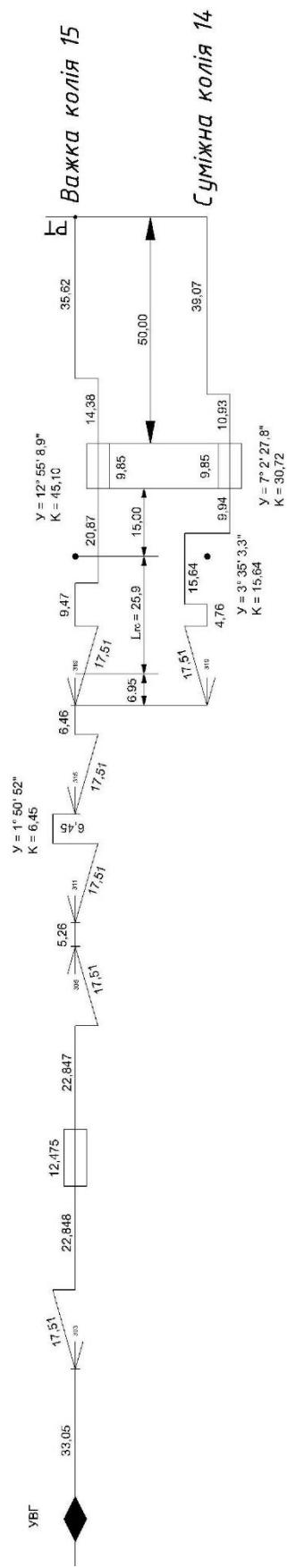


Рисунок 5.1 – Розгорнутий план маршруту скочування відцепів

При розрахунку висоти гірки весь маршрут прямування відчепа з гірки розбито на три розрахункові ділянки, кожна з яких характеризується розрахунковою швидкістю скочування [10]:

- від вершини гірки до початку I ГП  $V_1 = 3,5 \text{ м/с}$ ;
- від початку I ГП до початку паркової ГП  $V_2 = 3,0 \text{ м/с}$ ;
- початок паркової ГП до РТ  $V_3 = 1,4 \text{ м/с}$ .

Параметри кожної розрахункової ділянки (довжина, число стрілочних переводів і сума кутів повороту) приведені на рис. 5.1.

Розрахункова висота сортувальної гірки визначається як [10]:

$$H_p = k_p (\bar{h}_{\text{осн}} + \bar{h}_{\text{ск}} + \bar{h}_{\text{св}}) + \bar{h}_{\text{сн}} - h_{\text{осн}}, \quad (5.1)$$

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

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

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

$h_o$  – енергетична висота, яка відповідає швидкості розпуску,  $\text{м е.в.}$

На кожній з розрахункових ділянок визначається величина сил опору.

Розрахунок втрат енергетичних висот при визначенні  $H_T$  виконується для розрахункового бігуна, який характеризується наступними параметрами [10]: критий, 4-вісний вагон на роликів підшипниках,  $Q = 25 \text{ т}$ ,  $w_0 = 1,75 \text{ Н/кН}$ . Таким чином,  $H_T$  визначається по умові докочування розрахункового поганого бігуна від ВГ до РТ.

Втрати енергетичних висот розраховуються за наступними формулами:

- від основного опору:

$$\bar{h}_{\text{осн}} = \bar{w}_0 L_p 10^{-3}, \quad (5.2)$$

де  $L_p$  – розрахункова довжина маршруту від ВГ до РТ;

$w_0$  – основний питомий опір розрахункового бігуна,  $\text{Н/кН}$ .

Згідно рисунку 5.1 прийнято  $L_p = 287,130$  м. Тоді  $h_{\text{очн}}$  складе

$$h_{\text{очн}} = 1,75 \cdot 287,130 \cdot 10^{-3} = 0,502 \text{ м е.в.}$$

— від опору стрілочних переводів і кривих:

$$\bar{h}_{\text{ск}} = (0,56 \cdot n + 0,23 \sum \phi) \cdot \bar{V}^2 10^{-3}, \quad (5.3)$$

де  $n$ ,  $\sum \phi$  – кількість стрілочних переводів і сума кутів повороту (включаючи стрілочні) на маршруті або ділянці скочування;

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

Як приклад, розглянемо порядок розрахунку  $h_{\text{ск}}$  для першої ділянки:

$$L_1 = 73,408 \text{ м};$$

$$\sum \phi_1 = 4^\circ 43' 52,5'' \approx 4,73^\circ;$$

$$\bar{h}_{\text{ск1}} = (0,56 \cdot 1 + 0,23 \cdot 4,73) \cdot 3,5^2 \cdot 10^{-3} = 0,0202 \text{ м е.в.}$$

Аналогічно виконуються розрахунки  $h_{\text{ск}}$  для інших ділянок по маршруту на колії 14 і 15, результати яких наведені у таблиці 5.2. В результаті для важкої колії отримано  $h_{\text{ск}} = 0,0997 \text{ м е.в.}$

Таблиця 5.2 – Розрахунок опору від стрілочних переводів і кривих

Ділянка	$L, \text{ м}$	Кути повороту		$n, \text{ шт}$	$V_i, \text{ м/с}$	$h_{\text{ск}}, \text{ м.е.в}$	
		14	15			14	15
1	73,408	4,73		1	3,5	0,0202	
2	153,872	26,64	26,75	4	3,0	0,0753	0,0755
3	59,850	4,76	8,94	0	1,4	0,0021	0,0040
Разом	287,130					0,0976	0,0997

— від опору середовища і вітру:

$$\bar{h}_{\text{св}} = \sum_{i=1}^k \bar{h}_{\text{св}i} = \sum_{i=1}^k \bar{w}_{\text{св}i} L_i 10^{-3}, \quad (5.4)$$

де  $\bar{w}_{\text{св}i}$  – середня величина питомого опору руху середовища і вітру на  $i$ -й розрахунковій ділянці гірки,  $H/\kappa H$ .

— від опору снігу і інею:

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

де  $w_{\text{CH}}$  – питомий опір від снігу та інею на  $i$ -й ділянці.

Опір від снігу та інею розраховується для зимових умов в межах стрілочної зони і на сортувальних коліях. Згідно [10]  $w_{\text{CH}} = 0,50 \text{ Н/кН}$ .

$$L_{\text{CH}} = L_3 + L_2 - l_{\text{ГП1}} = 59,85 + 153,872 - 12,475 = 201,247 \text{ м};$$

$$h_{\text{CH}} = 0,50 \cdot 201,247 \cdot 10^{-3} = 0,1006 \text{ м е.в.}$$

Енергетична висота відчепу на вершині гірки:

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g'}, \quad (5.6)$$

де  $V_0$  – швидкість розпуску;

$g'$  – прискорення вільного падіння з урахуванням інерції частин, що обертаються,  $\text{м/с}^2$  :

$$g' = \frac{g}{1 + \frac{0,42 \cdot n_{\text{ос}}}{Q}}, \quad (5.7)$$

де  $g$  – нормальне прискорення вільного падіння;

$n_{\text{ос}}$  – число осей в розрахунковому відчепі;

$Q$  – вага розрахункового відчепа.

При  $Q = 25 \text{ т}$ ,  $n_{\text{ос}} = 4$  та  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ :

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

Згідно [10] для ГМП  $V_0 = 1,20 \text{ м/с}$ , тоді:  $h_0 = \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,19} = 0,078 \text{ м е.в.}$

Питомий опір від середовища і вітру залежить від типу вагону, швидкості його руху, швидкості і напрямку вітру і визначається по формулі:

$$\pm w_{\text{CB}} = K_{\text{BC}} C_x V_p^2, \quad (5.8)$$



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

$C_x$  – коефіцієнт повітряного опору вагону;

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

Коефіцієнт  $K_{BC}$  для окремих вагонів визначається по формулі:

$$K_{BC} = \frac{17,8 \cdot S}{(273 + t^0)Q}, \quad (5.9)$$

де  $S$  – площа поперечного перерізу вагону;

$t^0$  – температура зовнішнього середовища;

$Q$  – вага вагону.

Згідно [10] для критого вагону  $S = 9,7 \text{ м}^2$ ;  $Q = 25 \text{ т}$ . Для визначення результуючої швидкості  $V_p$  необхідно розрахувати середню швидкість вітру  $V_B$ . Швидкість вітру в даному випадку визначається за допомогою «рози вітрів» (див. рисунок 5.2), яка складається за даними метеорологічних спостережень (табл. 5.1) на станції і азимуту напрямку розпуску, який згідно Додатку А.4 рівний  $110^\circ$ . При цьому беруться до уваги тільки ті напрямки вітру, які є зустрічними напрямку розпуску.

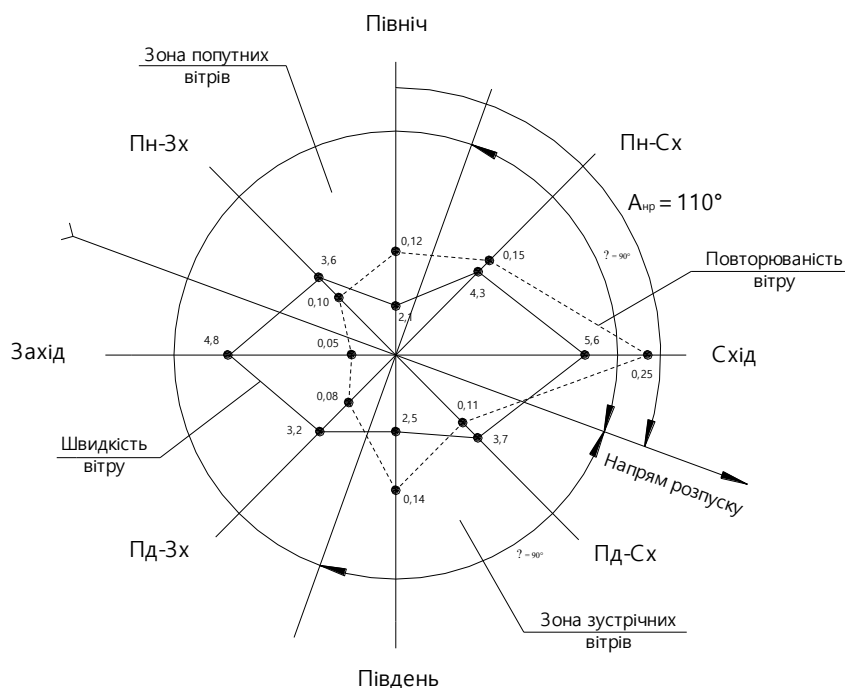


Рисунок 5.2 – Роза вітрів

Як видно з рисунку, зустрічними до напрямку розпуску будуть вітри Пн-Сх, Сх, Пд-Сх, Пд.

Середня швидкість вітру:

$$V_{\text{в}} = \frac{\sum V_i P_i}{\sum P_i}, \quad (5.10)$$

де  $V_i$  – швидкість вітру  $i$ -го напрямку,  $\text{м/с}$ ;

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

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

Кут напрямку вектора  $V_{\text{в}}$  вважаємо рівним  $\beta = 0$  (вітер зустрічний – лобовий).

При кутах  $\beta < 30^\circ$  результуюча швидкість розраховується за формулою:

$$V_{\text{р}} = V_{\text{ваг}} + V_{\text{вітру}}, \quad (5.11)$$

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

Кут  $\alpha$  між напрямком руху вагону і напрямком результуючої вітру:

$\alpha = \beta/2 = 0$  (так, як  $\beta = 0$ ). Згідно [10] визначимо значення  $C_x$  (при  $\alpha = 0$ ,  $C_x = 1,12$ ):

$$K_{\text{вс}} = \frac{17,8 \cdot 9,7}{(273 - 30) \cdot 25} = 0,0284.$$

Як приклад, розглянемо порядок розрахунку  $h_{\text{св}}$  для першої ділянки ( $V_1 = 3,5 \text{ м/с}$ ):

$$V_{\text{р1}} = 3,5 + 4,31 = 7,81 \text{ м/с}; \quad \overline{w_{\text{сн1}}} = 0,0284 \cdot 1,12 \cdot 7,81^2 = 1,965 \text{ Н/кН};$$

$$\overline{h_{\text{св1}}} = 73,408 \cdot 1,965 \cdot 10^{-3} = 0,144 \text{ м е.в.}$$

Аналогічно виконуються розрахунки  $h_{\text{св}}$  для інших ділянок, результати яких наведені у таблиці 5.3. У підсумку отримано:  $h_{\text{св}} = 0,472 \text{ м е.в.}$

Таблиця 5.3 – Розрахунок втрат від опору середовища і вітру

Ділянка	$L, м$	$V, м/с$	$V_p, м/с$	$w_{св}, Н/кН$	$h_{св}, м.е.в.$
1	73,408	3,5	7,81	1,965	0,144
2	153,872	3,0	7,31	1,723	0,265
3	59,850	1,4	5,71	1,055	0,063
Разом	287,130				0,472

Знаючи сумарні втрати  $h\sum\omega$  від кожного виду опору, а також енергетичну висоту розрахункового бігуна на вершині гірки ( $h_0 = 0,078$  м.е.в.), за формулою (5.1) визначимо розрахункову висоту сортувальної гірки; при цьому згідно [10] для ГМП  $k_p = 1,5$ . Тоді висота  $H_p$  складе:

$$H_p = 1,5 (0,502 + 0,0997 + 0,472) + 0,1006 - 0,078 = 1,633 \text{ м.}$$

Параметри поздовжнього профілю сортувальної гірки прийнято згідно з таблицею А.6 Додатку А та наведено в таблиці 5.4

Таблиця 5.4 – Параметри поздовжнього профілю гірки

Точки перелому профілю	$l, м$	$i, ‰$	$h, м$	$H_j, м$	$Y_j, мм$
РТ				0	0
Г	48,0	0,6	0,029	0,029	1,5
ГС	13,85	1,0	0,014	0,043	2,2
Б	129,7	2,0	0,259	0,302	15,1
А	52,58	7,0	0,368	0,670	33,5
УВГ	43,00	26,32	1,132	1,850	92,5

Згідно з [10] поздовжньому профілю сортувальної гірки малої потужності пред'являються наступні вимоги:

- максимальний ухил швидкісної ділянки повинен бути не менше 25,0-30,0 ‰;
- проміжна ділянка проектується на ухилі 7-15‰;
- ухил ділянки стрілочних зон повинен бути в межах від 1,5 до 2,0 ‰;

- ухил ділянки початку сортувальних колій не повинний перевищувати ухилу стрілочних зон, а ухил ділянки, де продовжуються сортувальні колії, повинний бути рівним 0,6 ‰;
- паркова гальмівна позиція проектується ухилом не більше 1,5 ‰;
- точки перелому поздовжнього профілю не повинні бути розташовані безпосередньо на уповільнювачах, початках кругових кривих у плані – вони повинні бути розташовані на відстані не менше ніж тангенс вертикальної кривої від зазначених елементів.

Як видно з таблиці, профіль сортувальної гірки відповідає вказаним вимогам, а висота існуючої гірки перевищує розрахункову. Таким чином для подальших розрахунків використовуємо значення існуючої висоти гірки  $H_T = 1,85$  м.

## 5.2 Побудова графіків втрат енергетичних висот

Для того, щоб перевірити працездатність сортувальної гірки, необхідно промодельовати процес розпуску составів з гірки. Однією з найпростіших моделей є графічна модель, що значно спрощує побудову графіків швидкості і часу для розрахункових відчепів, на підставі аналізу яких робиться висновок про працездатність гірки. План і профіль існуючої сортувальної гірки повинен забезпечувати розділення розрахункової групи відчепів на стрілочних переводах, уповільнювачах, граничному стовпчику (ГС).

Розрахунковою групою відчепів для гірки малої потужності приймається, згідно [10]: П – Х – П, де П – поганий бігун, Х – хороший бігун. При цьому П скочується на важку колію 15, Х – на суміжну з нею колію 14.

Параметри розрахункових бігунів, згідно [10], наведені в таблиці 5.5

Таблиця 5.5 – Параметри розрахункових бігунів

Тип	Рід	Осей	$Q, t$	$w_0, H/\kappa H$	$l_b, m$	$b_k, m$	$S, m^2$	$g', m/c^2$	$K_{bc}$
П	пв	4	25	4,0	13,92	10,5	8,5	9,19	0,0249
Х	пв	4	70	0,8	13,92	10,5	8,5	9,58	0,0089

Значення параметрів  $g'$ ,  $K_{bc}$  розраховуються з допомогою (5.7), (5.9) і відповідно становлять:

- для бігуна ДП

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{25}} = 9,19 \text{ м / с}^2; \quad K_{\text{BC}} = \frac{17,8 \cdot 8,5}{(273 - 30) \cdot 25} = 0,0249;$$

- для бігуна ДХ

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{70}} = 9,58 \text{ м / с}^2; \quad K_{\text{BC}} = \frac{17,8 \cdot 8,5}{(273 - 30) \cdot 70} = 0,0089.$$

При моделюванні прийнято наступні умови: швидкість розпуску 1,2 м/с, зимовий період ( $t = -30^\circ\text{C}$ ), вітер зустрічний – боковий ( $\beta = 30^\circ$ ).

Для побудови ліній енергетичних висот виконується розрахунок втрат енергетичної висоти на подолання діючих сил опору руху розрахункових бігунів окремо в межах кожної розрахункової ділянки:

- від основного опору, за формулою (5.2);
- від стрілочних переводів і кривих, за формулою (5.3);
- від середовища і вітру  $h_{\text{свi}} = w_{\text{свi}} \cdot L_i \cdot 10^{-3}$ .

Для прикладу розглянемо розрахунок втрат енергетичної висоти для бігуна П у межах першої розрахункової ділянки (від ВГ до ГП1).

З табл. 5.2 маємо параметри ділянки 1:

$$L_1 = 73,408 \text{ м}; \quad n_1 = 1; \quad \sum \varphi_1 = 4,73^\circ; \quad V_1 = 3,5 \text{ м/с},$$

з використанням яких визначаємо:

$$h_{\text{осн}} = 4,0 \cdot 73,408 \cdot 10^{-3} = 0,294 \text{ м е.в.};$$

$$\bar{h}_{\text{скл}} = (0,56 \cdot 1 + 0,23 \cdot 4,73) \cdot 3,5^2 \cdot 10^{-3} = 0,0202 \text{ м е.в.}$$

Для розрахунку  $w_{\text{св}}$  приймаємо:

- температуру зовнішнього повітря  $t_p = -30^\circ\text{C}$  згідно з Додатком А.4;
- швидкість зустрічного вітру  $V_{\text{в}} = 4,31 \text{ м/с}$ ;
- кут вітру до напрямку скочування  $\beta = 30^\circ$ ;

$$V_{\text{п1}} = 3,5 + 4,31 = 7,81 \text{ м / с};$$

$$\alpha = \beta/2 = 30/2 = 15^\circ.$$

Для  $\alpha = 15^\circ$  згідно [10]:  $C_X = 1,75$  і згідно (5.8) розраховуємо:

$$w_{cb1} = 0,0249 \cdot 1,75 \cdot 7,81^2 = 2,69 \text{ H} / \kappa\text{H}.$$

$$\text{Тоді: } h_{cbi} = 2,69 \cdot 73,408 \cdot 10^{-3} = 0,198 \text{ м.е.в.}$$

Далі розраховується:

- сумарна втрата енергетичної висоти на кожній ділянці гірки:

$$h_{wi} = h_{ochi} + h_{cki} + h_{cbi};$$

- накопичена сумарна втрата енергетичної висоти:

$$H_{wi} = \sum h_{wi}.$$

$$h_{w1} = 0,294 + 0,020 + 0,198 = 0,512 \text{ м е.в.}$$

Аналогічно виконуються розрахунки для інших ділянок, а також для бігуна Х (за його параметрами та маршрутом скочування на суміжну з важкою колією, тобто на колію 14). Величини  $h_{cki}$  можуть бути прийняті за даними табл. 5.2. Ці розрахунки подані у вигляді таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок втрат енергетичної висоти для П і Х

Ділян ка	Параметри		Параметри розрахункових бігунів								
	$L, м$	$V, м/с$	$V_{\text{в}}, м/с$	$w_0, H/кН$	$V_{\text{р}}, м/с$	$w_{\text{св}}, H/кН$	Втрати енергетичної висоти				
							$h_{\text{оч}}$	$h_{\text{ск}}$	$h_{\text{св}}$	$h_{\text{w}}$	$H_{\text{w}}$
Поганий ( $K_{\text{вс}} = 0,0249, C_{\text{x}} = 1,75$ )											
1	73,408	3,5	4,36	4	7,81	2,69	0,294	0,0202	0,198	0,512	0,512
2	153,872	3,0	4,36	4	7,31	2,36	0,615	0,0755	0,363	1,054	1,566
3	59,85	1,4	4,36	4	5,71	1,45	0,239	0,0040	0,087	0,330	1,896
Хороший ( $K_{\text{вс}} = 0,0089, C_{\text{x}} = 1,75$ )											
1	73,408	3,5	4,36	0,8	7,81	0,96	0,059	0,0202	0,071	0,150	0,150
2	153,872	3,0	4,36	0,8	7,31	0,84	0,123	0,0753	0,129	0,327	0,477
3	59,85	1,4	4,36	0,8	5,71	0,52	0,048	0,0021	0,031	0,081	0,558

За результатами розрахунків виконується графічне зображення енергетичних висот.

### 5.3 Побудова графіків швидкості та тривалості скочування бігунів

Графіки швидкості і часу руху  $V = f(S)$  і  $T = f(S)$  будуються для кожного з розрахункових бігунів, що беруть участь в моделюванні процесу скочування, для яких були побудовані втрати енергетичних висот.

Розрахунки швидкості виконуються перш за все в характерних (контрольних) точках, якими є:

- вхід на ГП ( $SE_{ГП}$ ) і вихід із неї ( $SG_{ГП}$ );
- вхід на ізолювану секцію стрілочного переводу, уповільнювача ( $SE_{ІД}$ ) і вихід із неї ( $SG_{ІД}$ );
- підхід до ГС ( $SE_{ГС}$ ) і прохід за нього ( $SG_{ГС}$ ).

Координати  $SE$ ,  $SG$  відповідають положенню центра ваги вагона у моменти зайняття (входу) та звільнення (виходу) відповідних елементів:

- для зон гальмування:

$$SE = S_{П} - b_{К}/2 , \quad (5.12)$$

$$SG = S_{П} + l_{ГП} + b_{К}/2 ; \quad (5.13)$$

- для ізолюваних ділянок стрілочних переводів:

$$SE = S_{П} - b_{К}/2 , \quad (5.14)$$

$$SG = S_{П} + l_{ІД} + b_{К}/2 ; \quad (5.15)$$

- для граничного стовпчика:

$$SE = S_{П} - l_{В}/2 , \quad (5.16)$$

$$SG = S_{П} - l_{В}/2 ; \quad (5.17)$$

де  $S_{П}$  – координата початку відповідного елемента, визначається, з розгорнутого плану маршруту;

$l_{ГП}$ ,  $l_{ІД}$  – відповідно довжина гальмової позиції та ізолюваної ділянки, м;

$b_{К}$ ,  $l_{В}$  – відповідно колісна база та довжина вагона, м.

Згідно [10] для напіввагона:  $b_{К} = 10,50$  м;  $l_{В} = 13,92$  м.

Наприклад, розглянемо розрахунок координат першої контрольної точки

маршруту скочування. Першою контрольною точкою є ізольована ділянка стрілочного перевалу № 303, отже необхідно для розрахунку скористатися формулами (5.14) та (5.15):

$$SE = 27,79 - 10,5/2 = 22,54 \text{ м};$$

$$SG = 27,79 + 11,38 + 10,5/2 = 44,52 \text{ м}.$$

Розрахунок координат другої контрольної точки (ізольованої ділянки гальмівної позиції) виконується за допомогою формул (5.12) та (5.13):

$$SE = 72,908 - 10,5/2 = 67,658 \text{ м};$$

$$SG = 72,908 + 13,48 + 10,5/2 = 91,638 \text{ м}.$$

Результати розрахунків координат контрольних точок наведено у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Розрахунок координат контрольних точок маршруту скочування

Найменування елементів	$S_{\text{п}}, \text{ м}$	$l_{\text{ГП}}, l_{\text{Д}}, \text{ м}$	$SE, \text{ м}$	$SG, \text{ м}$
ІД СП 303	27,79	11,38	22,54	44,42
ІД ГП	72,908	13,48	67,658	91,638
ІД СП 311	126,24	11,38	120,99	142,87
ІД СП 315	150,20	11,38	144,95	166,83
ІД СП 319	174,17	11,38	168,92	190,80
ГП	73,408	12,48	68,158	91,138
ПГП	227,28	9,85	222,03	242,38
ГС	212,28	0	205,32	219,24

Для визначення швидкості в будь-якій точці використовується формула:

$$V_i = \sqrt{2g'h_i}, \quad (5.18)$$

де  $h_i$  – залишкова енергетична висота в  $i$ -й точці,  $\text{м е.в.}$

Знаючи швидкість відчепа в кожній точці ( $V_i$  і  $V_{i+1}$ ), а також відстань між цими точками ( $S_{i,i+1}$ ), визначається час ходу відчепа між  $i$ -ю і  $i+1$  точками:

$$t_{i,i+1} = \frac{2 \cdot \Delta S_{i,i+1}}{V_i + V_{i+1}}. \quad (5.19)$$

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



$$T_j = \sum_{i=1}^j t_i. \quad (5.20)$$

Діф визначається в кожній розрахунковій точці за формулою:

$$\Delta t_j = T_j^{\Pi} - T_j^X. \quad (5.21)$$

Для прикладу, розрахуємо швидкість та тривалість скочування відчепа П у точці №2:

$$V_2^{\Pi} = \sqrt{2 \cdot 9,19 \cdot 14,13} = 2,28 \text{ м / с}; \quad t_{1;2} = \frac{2 \cdot 10,00}{1,20 + 2,28} = 5,75 \text{ с}; \quad T_2 = 0 + 5,75 = 5,75 \text{ с}.$$

Тепер розрахуємо швидкість та тривалість скочування відчепа Х у точці №2:

$$V_2^{ДХ} = \sqrt{2 \cdot 9,58 \cdot 16,60} = 2,52 \text{ м / с}; \quad t_{1;2} = \frac{2 \cdot 10,00}{1,20 + 2,52} = 5,37 \text{ с}; \quad T_2 = 0 + 5,37 = 5,37 \text{ с}.$$

Величина  $\Delta t$  у точці №2 становить:  $\Delta t_2 = 5,75 - 5,37 = 0,38 \text{ с}$ .

Аналогічно виконуються розрахунки швидкості та тривалості скочування відчепів ДП та ДХ у всіх контрольних та проміжних точках. А також розраховується у всіх точках різниця часу ходу П і Х від ВГ до розрахункової точки. Результати розрахунків наведені у таблиці 5.8.

Результати розрахунків приведено у графічному вигляді графіків швидкості  $V = f(S)$  і тривалості  $T = f(S)$  скочування розрахункових бігунів. Графіки  $T = f(S)$  зображаються для послідовності бігунів П-Х-П, з урахуванням інтервалу часу між моментами початку скочування (відриву від состава) суміжних відчепів.

Інтервал між відчепами на вершині гірки приблизно можна визначити як:

$$I_0 = \frac{S}{V_0} = \frac{l_{\text{в}}^1 + l_{\text{в}}^2}{2 \cdot V_0}. \quad (5.22)$$

де  $l_{\text{в}}^1, l_{\text{в}}^2$  – довжина відповідно першого і другого відчепів; згідно [10]  $l_{\text{в}}^1 = 13,92 \text{ м}$ ,  $l_{\text{в}}^2 = 13,92 \text{ м}$ .

$$I_0 = \frac{13,92 + 13,92}{2 \cdot 1,2} = 11,60 \text{ с}.$$

Тобто Х з'явиться на ВГ через 11,60 с після П, а наступний за П з'явиться на ВГ через 11,60 с після Х і через 23,20 с після першого П.

Таблиця 5.8 – Розрахунок швидкості та тривалості скочування вагонів

№	Найменування точок	$S, м$	$\Delta S, м$	Параметри бігуна П				Параметри бігуна Х				$\Delta t, с$
				$Y_h, мм$	$V, м/с$	$t, с$	$t, с$	$Y_h, мм$	$V, м/с$	$t, с$	$T, с$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Вершина Гірки	0		-	1,20		0	-	1,20		0	0
			10,00			5,75				5,37		
2	Проміжна точка	10,00		14,13	2,28		5,75	16,60	2,52		5,37	0,38
			10,00			3,79				3,41		
3	Проміжна точка	20,00		24,37	2,99		9,54	29,30	3,35		8,78	0,76
			2,54			0,83				0,74		
4	Вхід ІД СП 303	22,54		26,97	3,15		10,37	32,52	3,53		9,52	0,85
			7,46			2,22				1,98		
5	Проміжна точка	30,00		34,6	3,57		12,59	42,00	4,01		11,5	1,10
			10,00			2,62				2,33		
6	Проміжна точка	40,00		44,83	4,06		15,21	54,70	4,58		13,82	1,39
			4,42			1,07				0,95		
7	Вихід ІД СП 303	44,42		47,91	4,20		16,28	58,86	4,75		14,77	1,51
			5,58			1,33				1,17		
8	Проміжна точка	50,00		47,91	4,20		17,61	60,24	4,80		15,94	1,67
			10,00			2,38				2,06		
9	Проміжна точка	60,00		47,92	4,20		20,00	62,72	4,90		18,0	2,00
			7,66			1,82				1,55		
10	Вхід ІД ГП	67,66		47,93	4,20		21,82	64,62	4,98		19,55	2,27
			0,50			0,12				0,10		
11	Вхід ГП	68,16		47,93	4,20		21,94	64,74	4,98		19,65	2,29
			11,84			2,82				2,55		
12	Проміжна точка	80,00		47,99	4,20		24,76	48,20	4,30		22,2	2,56
			11,14			2,65				2,84		
13	Вихід ГП	91,14		48,08	4,20		27,41	32,70	3,54		25,05	2,37
			0,50			0,12				0,14		
14	Вихід ІД ГП	91,64		48,08	4,20		27,53	32,82	3,55		25,19	2,34
			13,36			3,22				3,74		
15	Проміжна точка	105,00		45,83	4,10		30,75	33,71	3,59		28,93	1,82
			15,99			3,98				4,45		
16	Вхід ІД СП 311	120,99		41,95	3,93		34,73	33,60	3,59		33,38	1,35
			10,01			2,59				2,79		
17	Проміжна точка	131,00		39,52	3,81		37,32	33,52	3,58		36,17	1,14
			11,87			3,17				3,31		
18	Вихід ІД СП 311	142,87		36,56	3,67		40,49	33,44	3,58		39,49	1,00
			2,08			0,57				0,58		

Продовження табл. 5.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	Вхід ІД СП 315	144,95		36,13	3,64		41,06	33,43	3,58		40,07	0,99
			10,05			2,81				2,81		
20	Проміжна точка	155,00		33,69	3,52		43,87	33,35	3,57		42,88	0,99
			11,83			3,44				3,31		
21	Вихід ІД СП 315	166,83		30,82	3,37		47,30	33,27	3,57		46,19	1,11
			2,09			0,62				0,59		
22	Вхід ІД СП 319	168,92		30,31	3,34		47,93	33,25	3,57		46,77	1,15
			11,08			3,40				3,11		
23	Проміжна точка	180,00		27,62	3,19		51,32	33,18	3,57		49,88	1,44
			10,80			3,47				3,03		
24	Вихід ІД СП 319	190,80		25,00	3,03		54,80	33,10	3,56		52,91	1,89
			14,52			4,97				4,08		
25	Вхід ГС	205,32		21,48	2,81		59,77	33,00	3,56		56,99	2,78
			13,92			5,17				3,92		
26	Вихід ГС	219,24		18,10	2,58		64,93	32,90	3,55		60,91	4,02
			2,79			1,09				0,79		
27	Вхід ПГП	222,03		17,42	2,53		66,02	32,88	3,55		61,69	4,33
			20,35			8,69				7,90		
28	Вихід ПГП	242,38		12,61	2,15		74,71	6,70	1,6		69,59	5,12
			22,62			12,00				14,60		
29	Проміжна точка	265,00		7,12	1,62		86,71	5,84	1,5		84,20	2,52
			22,13			18,29				15,37		
30	Розр. точка	287,13		1,75	0,8		105,00	5,00	1,38		99,56	5,44

#### 5.4 Перевірка умов розділення розрахункової групи відчепів на розділових елементах

Конструкція і технічне оснащення сортувальної гірки повинні забезпечувати розділення відчепів на окремих елементах: стрілочних переводах, вагоноуповільнювачах, ГС, проміжних ізольованих ділянках. Розділення потрібно для можливості переведення між суміжними відчепами стрілок і вагоноуповільнювачів з одного положення в інше, можливості безперешкодного прослідкування відчепами ГС. Умовою розділення є наявність інтервалу часу між послідовними моментами звільнення еле-

мента відчепом і заняття його наступним відчепом. Для окремого елемента моментами заняття і звільнення його відчепами вважаються: для стрілочного переводу, вагоуповільнювача, проміжної ділянки – вхід на їх ізолювану секцію і вихід з неї крайніх колісних пар відчепа, для ГС – підхід до нього і прохід за нього торцевих стінок відчепа.

Для забезпечення розділення суміжних відчепів кожен з них повинен входити на елемент після його звільнення попереднім відчепом, тобто повинна витримуватись умова:

$$I_o + TE_2 > TG_1, \quad (5.23)$$

де  $I_o$  – інтервал відриву суміжних відчепів на ВГ;

$TE_2$  – тривалість скочування другого відчепа в парі від ВГ до входу на елемент;

$TG_1$  – тривалість скочування першого відчепа від ВГ до виходу з елемента.

Проміжок часу між моментами звільнення елемента першим відчепом ( $TG_1$ ) і моментом зайняття другим відчепом ( $TE_2$ ) являє собою резерв інтервалу  $\delta t$ , величину якого можна розрахувати як :

$$\delta t = I_o + TE_2 - TG_1. \quad (5.24)$$

Для надійного розділення відчепів на окремому розділовому елементі потрібно мати резерв інтервалу не менше  $\delta t_{\min}$ , величина якого залежить від типу елемента:

- для ГС згідно [10]  $\delta t_{\min} = 0$ ;
- для ізолюваних ділянок стрілочних переводів враховується інерційність (запізнення) релейної апаратури на звільнення елемента, яка згідно з [10] становить  $\delta t_{\min} = 1$  с;
- для ізолюваних ділянок вагонних уповільнювачів враховується тривалість переведення уповільнювача з одного стану в інший, тобто  $\delta t_{\min} = t_{\text{пу}}$ .

Величина  $t_{\text{пу}}$  приймається згідно [10] у залежності від типу вагонного уповільнювача і враховується як тривалість його переведення у гальмовий стан ( $\tau_r$ ) для

сполучення бігунів  $\Pi_1 - X_2$  і як тривалість розгальмування ( $\tau_p$ ) – для сполучення  $X_1 - \Pi_2$ . Для уповільнювачів КНП–5:  $\tau_r = 0,8$  с,  $\tau_p = 1,2$  с.

Таким чином, можливість розділення відчепів відповідає умові:

$$\delta t \geq \delta t_{\min}. \quad (5.25)$$

Для перевірки умови розділення відчепів для кожного елемента згідно з координатами входу ( $SE$ ) і виходу ( $SG$ ) на графіках  $T=f(S)$  кожного бігуна, приведених на кресленні, визначаються відповідні моменти входу ( $TE$ ) і виходу ( $TG$ ), показуються фактичні ( $\delta t$ ) і мінімальні ( $\delta t_{\min}$ ) резерви інтервалів. Графічне співставлення цих резервів на відповідність умові (5.25) дозволяє зробити висновок щодо можливості розмежування відчепів.

Більш точно аналіз можна виконати аналітичним розрахунком резервів інтервалів  $\delta t$  за даних з таблиці швидкості і тривалості скочування відчепів.

Наприклад, за даними табл. 5.8 для стрілочного переводу №301 маємо:

$$TE_{\text{дп}} = 10,37 \text{ с}; TG_{\text{дп}} = 16,28 \text{ с}; TE_{\text{дх}} = 9,52 \text{ с}; TG_{\text{дх}} = 14,77 \text{ с}.$$

Користуючись (5.24), визначаємо резерви інтервалів  $\delta t$  при  $I_0 = 11,60$  с:

- у сполученні ДП1-ДХ2  $\delta t = 11,60 + 9,52 - 16,28 = 4,84$  с;
- у сполученні ДХ1-ДП2  $\delta t = 11,60 + 10,37 - 14,77 = 7,2$  с.

Аналогічно виконуються розрахунки для усіх роздільних елементів, вихідні дані й результати яких подаються в табличному вигляді (див. таблицю 5.9).

Таблиця 5.9 – Розрахунок резервів інтервалів

№ п/ п	Найменування елементів	$SE$ , м	$SG$ , м	Сполучення $\Pi_1 - X_2$				Сполучення $X_1 - \Pi_2$			
				$TE_2$	$TG_1$	$\delta t, \text{с}$	$\delta t_{\min}, \text{с}$	$TE_2$	$TG_1$	$\delta t, \text{с}$	$\delta t_{\min}, \text{с}$
1	ІД СП 301	22,54	44,42	9,52	16,28	4,84	1,0	10,37	14,77	7,2	1,0
2	ІД ГП	67,658	91,638	19,55	27,53	3,62	0,8	21,82	25,19	8,23	1,2
3	ІД СП 305	120,99	142,87	33,38	40,49	4,49	1,0	34,73	39,49	6,84	1,0
4	ІД СП 309	144,95	166,83	40,07	47,30	4,37	1,0	41,06	46,19	6,47	1,0
5	ІД СП 313	168,92	190,80	46,77	54,80	3,57	1,0	47,93	52,91	6,62	1,0
6	ГС	205,32	219,24	56,99	64,93	3,66	0	59,77	60,91	10,46	0

Відповідність отриманих значень  $\delta t$  умові (5.25) свідчить про можливість розмежування відчепів і відповідність конструкції гірки вимогам [15] щодо можливості реалізації встановленої швидкості розпуску.

### 5.5 Перевірка достатності потужності гальмових засобів

Згідно [10] сумарна потужність гальмових засобів гірки по маршруту скочування повинна забезпечувати зупинку важкого бігуна при сприятливих умовах скочування на ГП.

Перевірка цієї умови виконується в графо-аналітичному вигляді за допомогою побудови витрат енергетичної висоти з гальмуванням. Для цього виконується розрахунок втрат при скочуванні важкого бігуна від ВГ до кінця зони гальмування ГП без врахування впливу середовища та вітру. Розрахунок виконується в табличному вигляді. Результати розрахунку приведені в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Розрахунок втрат енергетичної висоти при скочуванні бігуна  $Q = 100 \text{ т}$ .

Ділянка	Довжина, м	$\frac{w_0,}{H/\kappa H}$	$h_{осн}$	$h_{ск}$	$h_w$	$H_w$
1	73,408	0,5	0,037	0,010	0,047	0,047
2	17,725	0,5	0,009	0	0,009	0,056

Для побудови втрат енергетичної висоти визначають:

– приведене прискорення важкого бігуна :

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{100}} = 9,65 \text{ м / с}^2;$$

– енергетичну висоту, яка відповідає швидкості розпуску:

$$h_0 = \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,65} = 0,324 \text{ м е.в.}$$

За результатами розрахунків будується лінія енергетичних висот. Аналіз отриманої кривої дозволяє зробити висновок щодо достатності потужності гальмових засобів. Оскільки крива не перетинає поздовжній профіль гірки, то це свідчить про недостатність потужності гальмових засобів.

## **6 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ФРОНТІВ**

Вантажна робота на дільничній станції О виконується на вантажному районі ВР та під'їзних коліях промислових підприємств (ПК1, ПК2, ПК3). Черговість обслуговування вказаних вантажних пунктів в значній мірі впливає на величину простою місцевих вагонів. В цьому зв'язку необхідно розробити графік обслуговування вантажних фронтів, який би дозволяв мінімізувати простій місцевих вагонів на станції. Вказана задача може бути вирішена за допомогою методу сітьового планування та управління.

### **6.1 Методика сітьового планування та управління**

Сітьове планування та управління (СПУ) є одним з ефективних методів організації складних комплексів взаємопов'язаних робіт [39]. В основі СПУ лежить сітьовий графік – модель виробничого процесу в вигляді мережі, тобто фігури, яка складається з вершин і ребер. Вершини – події, що визначають можливість початку чи закінчення різноманітних робіт, а ребра – технологічні операції (роботи), що складають процес. Події на графіку позначають кружками, а роботи – стрілками. Події нумерують послідовно. Кожну роботу позначають власним номером, чи номерами обмежувачих її подій. Цифри на стрілках означають номер роботи та її тривалість; при цьому будь-яка послідовність робіт складає шлях [4].

Перед побудовою сітьових графіків виконується аналіз технологічного процесу і встановлюється перелік робіт. Для кожної роботи визначають тривалість та попередні роботи, тобто ті роботи які повинні бути виконані до початку даної. На підставі цих даних складають структурно-часові таблиці.

Сітьовий графік будують зліва направо. При цьому, по можливості, необхідно уникати перетинів ребер. Основні правила побудови наступні [4]:

- 1) Між двома подіями може знаходитись тільки одна робота;
- 2) Кожна проміжна подія повинна мати хоча б одну попередню та одну наступну роботу. Якщо на мережі виникають тупики їх потрібно з'єднати з завершальною подією фіктивними роботами (фіктивні роботи – це роботи, що позначають

логічний зв'язок між подіями і мають нульову тривалість виконання);

3) Кожна робота повинна бути направлена від події з меншим номером до події з більшим номером.

Сітьовий графік характеризується наступними параметрами: тривалість критичного шляху, тобто тривалість виконання всього комплексу робіт  $T_{кр}$ ; найбільш ранній можливий та найбільш пізній допустимий строк здійснення події; резерви часу для подій та робіт, які не знаходяться на критичному шляху.

Параметри невеликих сітьових графіків визначають секторним методом. При цьому події зображують у вигляді кругів, поділених на чотири сектори (див. рис.6.1).

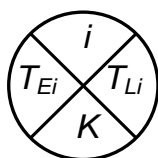


Рисунок 6.1 – Зображення події сітьового графіка

У верхньому секторі записують номер події  $i$ ; в лівому та правому секторах відповідно найбільш ранній можливий  $T_{Ei}$  та найбільш пізній допустимий строк  $T_{Li}$  здійснення події; в нижньому секторі – номер попередньої події  $k$ .

Розрахунок починають з початкової події, проставляючи  $T_{E1} = 0$ . Потім розраховують  $T_{Ej}$ , послідовно переходячи від подій з меншими номерами до подій з більшими номерами, по формулі:

$$T_{Ej} = \max_i (T_{Ei} + t_{ij}), \quad (6.1)$$

де  $i$  – номери всіх попередніх подій по кількості вхідних в подію  $j$  робіт;  
 $t_{ij}$  – тривалість роботи  $ij$ .

Номер події  $i$ , з якої було розраховано  $T_{Ej}$  проставляється в нижньому секторі. Дійшовши до завершальної події проставляють  $T_{Li} = T_{Ei} = T_{кр}$ . Далі розраховують  $T_{Li}$  послідовно переходячи від подій з більшими номерами до подій з меншими номерами (рухаючись в зворотному напрямку), по формулі:

$$T_{Li} = \min_j (T_{Lj} - t_{ij}), \quad (6.2)$$



де  $j$  – номери всіх подальших подій по кількості вихідних з події  $i$  робіт.

У початковій події повинно вийти  $T_{Li} = 0$ . Положення критичного шляху визначають починаючи з завершальної події по номерам проставленим в нижніх секторах. Резерви часу для подій визначають за формулою:

$$R_i = T_{Li} - T_{Ei} \quad (6.3)$$

Повний резерв часу для роботи визначають за формулою:

$$R_{ij}^n = T_{Lj} - T_{Ei} - t_{ij} \quad (6.4)$$

Вільний резерв часу для роботи визначають за формулою:

$$R_{ij}^B = T_{Ej} - T_{Ei} - t_{ij} \quad (6.5)$$

Незалежний резерв часу для роботи визначають за формулою:

$$R_{ij}^H = T_{Ej} - T_{Li} - t_{ij} \quad (6.6)$$

## 6.2 Аналіз існуючої черговості обслуговування вантажних фронтів

За існуючою технологією обслуговування вантажних фронтів подача та прибирання вагонів на вантажні пункти виконується двічі на добу маневровим локомотивом станції. Існуюча черговість обслуговування вантажних фронтів, кількість вагонів у подачі  $m$ , тривалість слідування локомотива з вагонами  $t_{\Pi}$  та резервом  $t_p$ , а також виконання вантажних операцій з одним вагоном  $t_{\text{ван}}^1$  на кожному вантажному пункті прийняті згідно таблиці А.10 Додатку А та наведені в таблиці 6.1. Як видно з таблиці, подача вагонів виконується у наступному порядку: ВР-ПК2-ПК3-ПК1; збирання – ПК1-ПК3-ВР-ПК2.

Таблиця 6.1 – Існуючий порядок обслуговування під'їзних колій

Вантажний фронт	$m$ ваг	$t_{\Pi}$ , год	$t_{\text{ван}}^1$ год	$T_{\text{ван}}$ , год	$t_p$ , год	Черговість подачі	Черговість прибирання
ВР	6	0,45	0,60	3,60	0,4	1	3
ПК1	3	0,30	1,86	5,60	0,2	4	1
ПК2	8	0,40	0,60	4,80	0,3	2	4
ПК3	6	0,50	1,05	6,30	0,1	3	2

Існуюча черговість подачі та прибирання вагонів з вантажних фронтів наведено у вигляді структурно-часової таблиці (див. таблицю 6.2). Структурно-часова таблиця містить інформацію про порядок та тривалість проведення технологічних

операцій, а також визначає взаємозв'язок між роботами.

Таблиця 6.2 – Структурно-часова таблиця існуючої технології

№ роботи	Зміст роботи	Тривалість, год	Попередні роботи
1	Подача вагонів на ВР	0,45	-
2	Вантажні операції на ВР	3,60	1
3	Повернення локомотива на станцію з ВР	0,40	1
4	Подача вагонів на ПК2	0,40	3
5	Вантажні операції на ПК2	4,80	4
6	Повернення локомотива на станцію з ПК2	0,30	4
7	Подача вагонів на ПК3	0,50	6
8	Вантажні операції на ПК3	6,30	7
9	Повернення локомотива на станцію з ПК3	0,10	7
10	Подача вагонів на ПК1	0,30	9
11	Вантажні операції на ПК1	5,60	10
12	Прибирання вагонів з ПК1	0,30	11
13	Слідування локомотива на ПК3	0,10	12
14	Прибирання вагонів з ПК3	0,50	8,13
15	Слідування локомотива на ВР	0,40	14
16	Прибирання вагонів з ВР	0,45	2,15
17	Слідування локомотива на ПК2	0,30	16
18	Прибирання вагонів з ПК2	0,40	5,17

На основі розробленої структурно-часової таблиці побудовано сітьовий графік існуючої технології обслуговування вантажних фронтів (див. рисунок 6.2). На графіку додатково пунктиром показано простої вагонів на станції в очікуванні подачі на вантажні fronti та під накопиченням.

Як видно з рис. 6.2, критичний шлях на сітьовому графіку проходить через події 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16.

Розрахунок резервів виконання робіт виконується за формулами (6.4)-(6.6); результати розрахунків наведені в таблиці. 6.3.

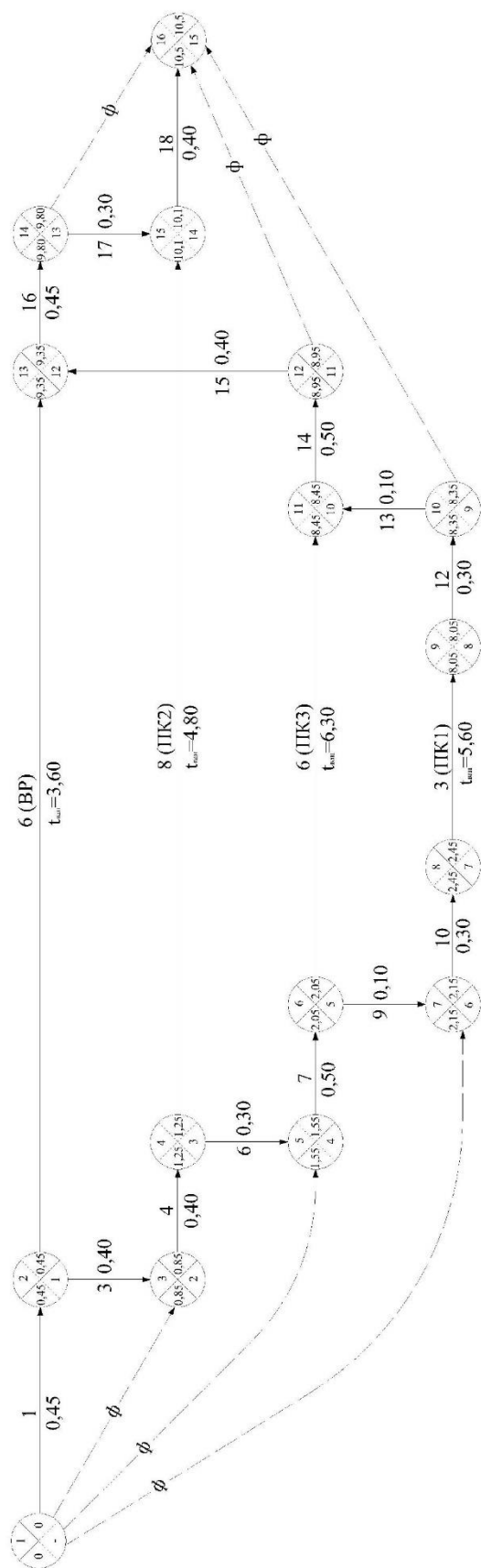


Рисунок 6.2 – Сітьовий графік обслуговування вантажних фронтів (існуючий варіант)

Таблиця 6.3– Резерви робіт існуючої технології

Робота	$R_{ij}^n$	$R_{ij}^b$	$R_{ij}^h$
1-3	0,85	0,85	0,85
1-5	1,55	1,55	1,55
1-7	2,15	2,15	2,15
2-13	5,30	5,30	5,30
4-15	4,05	4,05	4,05
6-11	0,10	0,10	0,10
10-16	2,15	2,15	2,15
12-16	1,55	1,55	1,55
14-16	0,70	0,70	0,70

На основі даних табл. 6.3 та рис. 6.2 розраховуються вагоногодні простого місцевих вагонів. Для цього необхідно знайти добуток величин тривалості виконання (очікування виконання) операцій та відповідної кількості вагонів  $m$ ; при цьому для фіктивних робіт  $t = R_{ij}^b$ , для інших робіт –  $t = T_{Lj} - T_{Ei}$ . Результати розрахунку простого місцевих вагонів наведено таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Величина простого місцевих вагонів

Робота	Зміст роботи	$m$ , ваг	$t$ , год	$mt$ , ваг-год
1-3	Очікування подачі на ПК2	16	0,85	13,60
1-5	Очікування подачі на ПК3	11	1,55	17,05
1-7	Очікування подачі на ПК1	6	2,15	12,90
2-13	Вантажні операції та очікування забирання з ВР	12	8,90	106,80
4-15	Вантажні операції та очікування забирання з ПК2	16	8,85	141,60
6-11	Вантажні операції та очікування забирання з ПК3	11	6,40	70,40
8-9	Вантажні операції на ПК1	6	5,60	33,60
10-16	Простій під накопиченням після забирання з ПК1	6	2,15	12,90
12-16	Простій під накопиченням після забирання з ПК3	11	1,55	17,05
14-16	Простій під накопиченням після забирання з ВР	12	0,70	8,04
Разом				434,39

### 6.3 Розробка альтернативного порядку обслуговування вантажних фронтів

В альтернативній технології обслуговування вантажних фронтів пропонується в першу чергу виконувати подачу вагонів на той вантажний фронт, для якого величина  $t_{\pi} + t_{\text{ван}}$  є найбільшою, і далі в порядку зменшення вказаної величини. Забирання вагонів з вантажних пунктів пропонується виконувати у відповідності з порядком закінчення на них вантажних операцій.

Момент закінчення вантажних операцій на вантажному пункті визначається як:

$$t_3 = t_{\pi} + t_{\text{ван}} + \sum_{i=1}^n t_{\text{л},i}, \quad (6.7)$$

де  $\sum_{i=1}^{n-1} t_{\text{л},i}$  - момент початку подачі вагонів на вантажний фронт, хв.

Тривалість  $t_{\text{л}}$  обслуговування вантажного пункту локомотивом може бути визначена як:

$$t_{\text{л}} = t_{\pi} + t_{\text{р}} \quad (6.8)$$

Розрахунки порядку обслуговування вантажних фронтів за альтернативною технологією виконані у вигляді в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Альтернативний порядок обслуговування під'їзних колій

Фронт	$t_{\pi}$	$t_{\text{ван}}^1$	$T_{\text{ван}}$	$t_{\text{р}}$	$t_{\pi} + t_{\text{ван}}$	Черговість подачі	$t_{\text{л}}$	$\sum_{i=1}^{n-1} t_{\text{л},i}$	$t_3$	Черговість прибирання
ВР	0,45	0,45	3,60	0,4	4,05	4	0,85	1,80	5,85	1
ПК1	0,30	0,35	5,60	0,2	5,90	2	0,50	0,60	6,50	3
ПК2	0,40	0,40	4,80	0,3	5,2	3	0,70	1,10	6,30	2
ПК3	0,50	0,30	6,30	0,1	6,80	1	0,60	0	6,80	4

Як видно з таблиці, при застосуванні альтернативної технології обслуговування вантажних фронтів подача вагонів на них виконується у порядку ПК3-ПК1-ПК2-ВР, а збирання – ВР-ПК2-ПК1-ПК3. Вказаний порядок наведено у вигляді структурно-часової таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Структурно-часова таблиця альтернативної технології

№ роботи	Зміст роботи	Тривалість, год	Попередні роботи
1	Подача вагонів на ПК3	0,50	-
2	Вантажні операції на ПК3	6,30	1
3	Повернення локомотива на станцію з ПК3	0,10	1
4	Подача вагонів на ПК1	0,30	3
5	Вантажні операції на ПК1	5,60	4
6	Повернення локомотива на станцію з ПК1	0,20	4
7	Подача вагонів на ПК2	0,40	6
8	Вантажні операції на ПК2	4,80	7
9	Повернення локомотива на станцію з ПК2	0,30	7
10	Подача вагонів на ВР	0,45	9
11	Вантажні операції на ВР	3,60	10
12	Прибирання вагонів з ВР	0,45	11
13	Слідування локомотива на ПК2	0,30	12
14	Прибирання вагонів з ПК2	0,40	8,13
15	Слідування локомотива на ПК1	0,20	14
16	Прибирання вагонів з ПК1	0,30	5,15
17	Слідування локомотива на ПК3	0,10	16
18	Прибирання вагонів з ПК3	0,50	2,17

На основі структурно-часової таблиці побудовано сітьовий графік обслуговування вантажних фронтів за альтернативною технологією (див. рисунок 6.3). Аналогічно рис. 6.2 на графіку додатково пунктиром показано простої вагонів на станції в очікуванні подачі та прибирання на вантажні fronti та в очікуванні формування.

Як видно з рис. 6.3, критичний шлях на сітьовому графіку проходить через події 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16. Резерви робіт наведено в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Резерви робіт альтернативної технології

Робота	$R_{ij}^n$	$R_{ij}^b$	$R_{ij}^h$
1-3	0,6	0,6	0,6
1-5	1,1	1,1	1,1
1-7	1,8	1,8	1,8
2-15	0,8	0,8	0,8
4-13	0,7	0,7	0,7
6-11	0,3	0,3	0,3
10-16	1,8	1,8	1,8
12-16	1,1	1,1	1,1
14-16	0,6	0,6	0,6

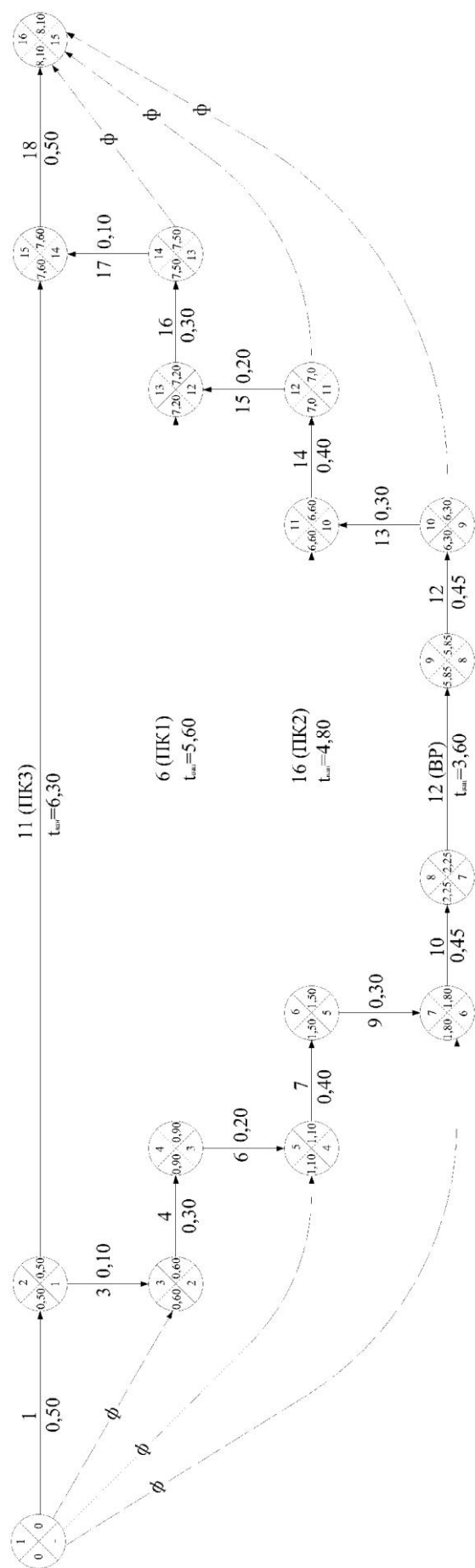


Рисунок 6.3 – Сітьовий графік обслуговування вантажних фронтів (альтернативний варіант)



Розрахунок вагоно-годин простою місцевих вагонів виконано у вигляді таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Величина простою місцевих вагонів

Робота	Зміст роботи	<i>m</i> , <i>ваг</i>	<i>t</i> , <i>год</i>	<i>mt</i> , <i>ваг-год</i>
1-3	Очікування подачі на ПК1	6	0,60	3,60
1-5	Очікування подачі на ПК2	16	1,10	17,60
1-7	Очікування подачі на ВР	12	1,80	21,60
2-15	Вантажні операції та очікування забирання з ПК3	11	7,1	78,1
4-13	Вантажні операції та очікування забирання з ПК1	6	6,3	37,8
6-11	Вантажні операції та очікування забирання з ПК2	16	5,1	81,6
8-9	Вантажні операції на ВР	12	3,6	43,2
10-16	Простій під накопиченням після забирання з ВР	12	1,80	21,60
12-16	Простій під накопиченням після забирання з ПК2	16	1,10	17,60
14-16	Простій під накопиченням після забирання з ПК1	6	0,60	3,60
Разом				326,30

Як видно, альтернативний варіант черговості обслуговування вантажних фронтів дозволяє досягти скорочення простою місцевих вагонів на станції О на 108,09 *ваг-год*. Цей варіант подачі вагонів на вантажні fronti буде використано при розробці плану-графіку роботи станції.

## 7 ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД СКОРОЧЕННЯ ПРОСТОЮ ВАГОНІВ

Розроблені заходи з удосконалення технології обслуговування вантажних фронтів станції О дозволяють скоротити витрати, пов'язані з простоєм вантажних вагонів та утриманням технічних засобів і дають можливість вивільнити додаткові вантажні ресурси. Економічна оцінка удосконалення технології обслуговування вантажних фронтів дозволить визначити ефект від скорочення простою місцевих вагонів. Вказана оцінка може бути виконана за допомогою методу одиничних витратних ставок.

### 7.1 Методика визначення економічного ефекту

Метод одиничних витратних ставок [31] доцільно застосовувати для визначення собівартості перевезень, як в цілому, так і по видах тяги, сполученням, категоріям поїздів і операціям технологічного процесу, оцінки впливу зміни показників використання рухомого складу на експлуатаційні витрати і при багатьох інших техніко-економічних розрахунках.

Витратні ставки є залежними витратами, що відносяться на одиницю вимірника. Метод витратних ставок базується на залежності витрат від обсягу роботи, вираженого в різних вимірниках.

Використання методу витратних ставок включає наступні етапи:

#### 1) Розрахунок величини витратних ставок

- обирається варіант розрахунку собівартості перевезень;
- загальну величину експлуатаційних витрат по залізниці, мережі розподіляють по видах перевезень і тяги;
- визначається перелік витрат, залежних від об'єму роботи, і їх частка по варіантах розрахунку;
- проводиться групування залежних від розмірів перевезень експлуатаційних витрат по вимірниках, пропорційно яким ці витрати змінюються за однакових умов перевезень;
- визначається сума витрат, віднесених на один і той ж вимірник, виділяючи по кожній статті витрат основну заробітну плату;

- на основну заробітну плату нараховується основні залежні витрати, загальні для усіх галузей господарства;
- встановлюють величину кожного вимірника;
- діленням сум основних і основних загальних витрат, залежних від одного і того ж вимірника, на величину цього вимірника визначають витратну ставку.

Формула для визначення витратної ставки має вигляд [31]:

$$e_i = \frac{\sum_j E_{ij} + \sum_j (Z_{ij} \cdot K)}{I_i} \quad (7.1)$$

де  $e_i$  – витратна ставка на  $i$ -й вимірник, *грн.*;

$E_{ij}$  – основні залежні витрати по  $j$ -й статті, віднесені на  $i$ -й вимірник, *грн.*;

$Z_{ij}$  – заробітна плата по  $j$ -й статті, *грн.*;

$K$  – розмір нарахувань на основну заробітну плату основних, загальних для усіх галузей господарства, витрат, *од.*;

$I_i$  – величина  $i$ -го вимірника, *од.*

Доцільно витратні ставки розраховувати не рідше ніж один раз в рік в довгостроковому і не рідше одного разу в квартал в короткостроковому періодах.

## 2) Визначення експлуатаційних витрат і собівартості.

Залежно від поставленого завдання розглядаються всі особливості перевезень і встановлюються якісні показники роботи :

- на обраний обсяг перевезень (1000 *т-км*, 1000 *пас-км*, 1 *т*, 1 *ваг* і т. д.) встановлюється перелік і розраховується витрата кожного калькуляційного вимірника при виконанні даних перевезень;
- множенням витратних ставок на відповідних калькуляційних вимірників визначають суму залежних витрат;
- обчислюють умовно-постійні витрати або на одиницю перевезень, або у відсотках до залежних витрат;

– підсумовуючи залежні витрати, пов'язані з кожним калькуляційним вимірником, і додавши до них що відносяться на прийнятий обсяг перевезень умовно-постійні витрати, визначають загальну суму експлуатаційних витрат, а після ділення її на величину обсягу перевезень отримують собівартість одиниці перевезень.

Загальна величина експлуатаційних витрат по перевезеннях вантажів за методом витратних ставок визначається як [31]:

$$E = \sum_i (e_i \cdot I_i) + E_{\text{уп}} \quad (7.2)$$

де  $E_{\text{уп}}$  – умовно-постійні витрати, що віднесені на перевезення, які розглядаються.

Вибір калькуляційних вимірників і встановлені зв'язки з ними мають велике значення, від чого залежать точність і достовірність результатів розрахунку.

Проте це складна і трудомістка робота, оскільки виробничий процес на залізничному транспорті є багатоплановим і різноманітним і тому існує складний характер зв'язку витрат з вимірниками.

У одних випадках витрати декількох статей пов'язані з одним і тим же вимірником. Наприклад, з маневровими локомотиво-часами пов'язані витрати локомотивного господарства, витрати станцій, господарства колії. В інших випадках витрати однієї статті залежать не від одного, а від декількох вимірників.

Для встановлення такої системи взаємозв'язку витрат і вимірників, яка б достатньо точно відображала вплив на собівартість основних показників роботи залізничного транспорту, застосовують різні методи математично-статистичного аналізу, а також шляхом дослідження кореляційної залежності між пропонованим вимірником і витратами на основі види діяльності залізниць за один і той же період.

Система вимірників буде різною при розрахунках на експлуатованих і проєктованих залізницях. На експлуатованих залізницях розрахунки виконуються при встановлених експлуатаційній довжині залізниці, профілі і трасі ліній, розміщенні постійних пристроїв. Це дозволяє об'єднати усі умовно-постійні витрати в одну групу витрат або розподілити їх на невелике число груп.

На залізницях, що проектуються, зазвичай розглядається декілька варіантів спорудження, у зв'язку з чим величини умовно-постійних витрат змінюються за варіантами, а це веде до того, що спочатку їх розподіляють на ряд нових калькуляційних вимірників. Крім того для вибору раціонального варіанту спорудження нової залізничної лінії потрібний детальніший розрахунок витрат, пов'язаних із зміною зносу рухомого складу і верхньої будови колії. Для цього вводять додаткові вимірники: «механічна робота локомотивів» і «механічна робота сил опору».

Сукупність калькуляційних вимірників, з якими пов'язують залежні витрати, називають системою вимірників.

На залізницях, що експлуатуються, при визначенні собівартості перевезень в цю систему входить 10 вимірників, але при вирішенні конкретних техніко-економічних завдань число калькуляційних вимірників може бути збільшено або зменшено.

Вибір системи вимірників залежить і від рівня структурного підрозділу – мережа, залізниця, дирекція, станція. Це пов'язано з характером обліку і розподілу витрат.

Система калькуляційних вимірників відображає всі елементи технологічного процесу:

- пробіг вагонів, локомотивів, поїздів по видах руху і тяги;
- час, витрачений на виконання роботи, простої рухомого складу;
- роботу бригад при обслуговуванні локомотивів, поїздів;
- прийом і відправлення вантажів, підготовку вагонів до перевезення;
- обслуговування пасажирів на вокзалах і в поїздах та ін.

Система вимірників змінюється залежно від варіанту аналізу експлуатаційних витрат.

## **7.2 Розрахунок витрат, пов'язаних з простоєм вагонів**

В дипломному проекті за рахунок проведених організаційно-технічних заходів вдалося скоротити добову тривалість простою місцевих вагонів на станції на 108,09 *ваг-год*. Отже річна економія у вагоно-годинах складе:

$$\Delta \Sigma nt = 108,09 \cdot 365 = 39452,85 \text{ ваг-год.}$$

Економія вагонного парку розраховується за формулою [31]:

$$\Delta n_p = \frac{\Delta \Sigma nt}{24 \cdot 365}, \quad (7.3)$$

де  $\Delta B_r$  – річна економія у вагоно-годинах.

Таким чином маємо:

$$\Delta n_p = \frac{39452}{24 \cdot 365} = 4,504 \text{ ваг.}$$

Річна економія поточних витрат на амортизацію і поточний ремонт вантажних вагонів визначається за формулою [31]:

$$E_r = \Delta \Sigma nt \cdot e_{вч} \quad (7.4)$$

де  $e_{вч}$  – витратна ставка на 1 *ваг-год*.

Згідно Додатку А.6 приймаємо  $e_{вч} = 0,79 \text{ грн.}$

$$E_r = 0,79 \cdot 39452,85 = 31,168 \text{ тис. грн.}$$

Економія капітальних вкладень у вагонний парк розраховується як [31]:

$$K_b = \Delta n_p \cdot Ц \quad (7.5)$$

де  $Ц$  – середня ціна фізичного вагона.

Згідно Додатку А.6 приймаємо  $Ц = 350 \text{ тис. грн.}$

$$K_b = 4,504 \cdot 350,0 = 1576,4 \text{ тис. грн.}$$

Економія капітальних вкладень на розвиток ремонтної бази визначається за формулою [31]:

$$K_{pb} = 0,1 \cdot K_b \quad (7.6)$$

$$K_{pb} = 0,1 \cdot 1576,4 = 157,64 \text{ тис. грн.}$$

Економія капітальних вкладень у розвиток станційних колій розраховується за формулою [31]:

$$K_{\text{сп}} = \Delta n_p \cdot \alpha \cdot c \quad (7.7)$$

де  $c$  – капітальні витрати на будівництво 1 км станційних колій;

$\alpha$  – довжина колії для одного вагона.

Згідно [44] приймаємо  $\alpha = 15 \text{ м} = 0,015 \text{ км}$ ; згідно Додатку А.6 приймаємо  $c = 2000 \text{ тис. грн.}$

$$K_{\text{сп}} = 4,504 \cdot 0,015 \cdot 2000 = 135,12 \text{ тис. грн.}$$

Економія від скорочення вантажної маси на колесах визначається за формулою:

$$K_{\text{гм}} = \Delta n_p \cdot P_d \cdot C_q \quad (7.8)$$

де  $P_d$  – динамічне навантаження вагона, приймаємо;

$C_q$  – середня ціна 1 тони вантажу.

Згідно Додатку А.6 приймаємо  $P_d = 42,1 \text{ т}$ ;  $C_q = 1820 \text{ грн.}$

$$K_{\text{гм}} = 4,504 \cdot 42,1 \cdot 1820 = 345,105 \text{ тис. грн.}$$

Сумарна економія капітальних вкладень, що залежать від простою вагонів дорівнює:

$$K_{\text{об}} = K_{\text{в}} + K_{\text{рб}} + K_{\text{сп}} + K_{\text{гм}} \quad (7.9)$$

$$K_{\text{об}} = 1576,40 + 157,64 + 135,12 + 345,105 = 2214,265 \text{ тис. грн.}$$

Загальна економія експлуатаційних витрат:

$$\Delta E = E_r \quad (7.10)$$

Таким чином,

$$\Delta E = 31,168 \text{ тис. грн.}$$

Приведена річна економія визначається за формулою [31]:

$$E = \Delta E + E_n \cdot \Delta K \quad (7.11)$$

де  $E_n$  – коефіцієнт дисконтування капітальних витрат.

Згідно Додатку А.6 приймаємо  $E_n = 0,12$ .

$$E = 31,168 + 0,12 \cdot 2214,265 = 296,87 \text{ тис. грн.}$$

Як показали розрахунки, в результаті удосконалення технології роботи дільничної станції О з метою скорочення простою місцевих вагонів економія капітальних вкладень, що залежать від простою вагонів склала 2214,265 тис. грн., загальна економія експлуатаційних витрат – 31,168 тис. грн., а приведена річна економія склала 296,87 тис. грн.



## 8 ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СТАНЦІЇ

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

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

### 8.1 Розробка добового плану-графіку роботи станції

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

- підхід поїздів за графіком руху зі всіх прилеглих до станції напрямків;
- знаходження поїздів у парках з виділенням часу прийому (зайняття стрілочної горловини), обробки составів, простоїв в очікуванні обслуговування;
- зайнятість поїзними та маневровими пересуваннями найбільш завантажених стрілок горловин парків;
- розформування составів з виділенням операцій, що виконуються кожним маневровим локомотивом, та зайнятість пристроїв (гірки, колії насуву);
- накопичення вагонів на сортувальних коліях та зайнятість сортувальних колій при закінченні формування;
- роботу витяжних колій формування і окремо маневрових локомотивів з фіксацією операцій закінчення формування;

- знаходження транзитних поїздів в парках ПВ1 та ПВ2 з виділенням операцій обробки составів і очікування відправлення;
- відправлення поїздів на графіку на всі прилеглі до станції перегони.

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

В дипломному проекті виконано моделювання розкладу прибуття усіх поїздів за допомогою ЕОМ, а також проведено моделювання розподілу вагонів за призначеннями плану формування для усіх поїздів у розформування (Додаток Б).

## 8.2 Визначення показників добового плану-графіку роботи станції

За добовим планом-графіком розраховуються наступні показники [26]:

1. Простій транзитного вагону без переробки:

$$t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}}}{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}}}, \quad (8.1)$$

де  $\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}}$  - вагоно-години простою транзитних вагонів за добу;

$\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}}$  - кількість транзитних вагонів, що обслуговуються в парку за добу.

Згідно добового плану-графіку прийнято:

$$\text{ПВ-1:} \quad \sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 1255,83 \text{ ваг-год}, \quad \sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 2035 \text{ ваг};$$

$$\text{ПВ-2:} \quad \sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 1077,08 \text{ ваг-год}, \quad \sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 2695 \text{ ваг}.$$

Тоді простій одного транзитного вагону без переробки становить:

$$\text{ПВ1:} \quad t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{1255,83}{2035} = 0,62 \text{ год};$$

$$\text{ПВ2:} \quad t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{2228,42}{2695} = 0,83 \text{ год}.$$

2. Простій транзитного вагону з переробкою визначається як [26]:

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = t_{\text{пп}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{в}} \quad (8.2)$$

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

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

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

Вищевказані величини обчислюються за наступним виразом [26]:

$$t_i = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i} \quad (8.3)$$

Тоді, згідно добового плану-графіку елементи виразу (8.2) будуть рівні:

$$t_{\text{пп}} = \frac{824,08}{960} = 0,86 \text{ год};$$

$$t_{\text{нак}} = \frac{4020,56}{960} = 4,18 \text{ год};$$

$$t_{\text{в}} = \frac{697,58}{960} = 0,73 \text{ год}.$$

Отже, простій транзитного вагону з переробкою становить:

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = 0,86 + 4,18 + 0,73 = 5,77 \text{ год}.$$

3. Середньозважена величина простою транзитного вагону становить:

$$t_{\text{тр}} = \frac{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} t_{\text{тр}}^{\text{бп}} + \sum n_{\text{тр}}^{\text{зп}} t_{\text{тр}}^{\text{зп}}}{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} + \sum n_{\text{тр}}^{\text{зп}}} = \frac{1255,83 + 1077,08 + 5542,22}{2035 + 2695 + 960} = 1,38 \text{ год}.$$

4. Робочий парк транзитних вагонів становить:

$$N_{\text{р}} = \frac{2035 \cdot 0,62 + 2695 \cdot 0,83 + 960 \cdot 5,77}{24} = 377 \text{ ваг.}$$

5. Завантаження бригад ПТО парків станції визначається як:

$$\Psi_{\text{пто}} = \frac{\sum t_{\text{то}}}{24}, \quad (8.4)$$

де  $\sum t_{\text{то}}$  - сумарна тривалість огляду поїздів в парку, год.

Згідно з добовим планом графіком прийнято:

$$\text{ПВ1} \quad \sum t_{\text{то}} = 19,32 \text{ год};$$

$$\text{ПВ2} \quad \sum t_{\text{то}} = 16,23 \text{ год};$$

Тоді завантаження бригад ПТО становитиме:

$$\text{ПВ1} \quad \Psi_{\text{пто}} = \frac{19,32}{24-1} = 0,84;$$

$$\text{ПВ2} \quad \Psi_{\text{пто}} = \frac{16,23}{24-1} = 0,71.$$

6. Коефіцієнт використання маневрових локомотивів становить:

$$K_{\text{л}} = \frac{\sum t}{24 - T_{\text{л}}}, \quad (8.5)$$

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

Згідно [26] прийнято  $T_{\text{л}} = 1$  год. Виконаємо розрахунки за формулою (8.5)

$$\text{гірковий локомотив :} \quad K_{\text{л}} = \frac{7,26}{24-1} = 0,32;$$

$$\text{локомотив в хвості парку С:} \quad K_{\text{л}} = \frac{9,24}{24-1} = 0,40.$$

Аналізуючи показники роботи станції приходимо до висновку, що технічне оснащення станції відповідає розрахунковим обсягам роботи.

## 9 ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРИЙМАННІ ТА ВІДПРАВЛЕННІ ПОЇЗДІВ

Порядок перевірки правильності приготування маршрутів залежить від умов роботи пристроїв СЦБ. Так, в умовах нормальної роботи пристроїв СЦБ у вірності приготування маршрутів приймання та відправлення поїздів черговий по станції (ДСП) О переконується за контрольними приладами апарату управління.

При порушенні нормальної дії пристроїв СЦБ черговий по станції діє згідно вимог [22]; при цьому у вірності приготування маршрутів приймання та відправлення поїздів вказаний працівник переконується наступним чином [22, 43]:

- при несправжній зайнятості колійних безстрілочних ізольованих ділянок у їх вільності ДСП станції О переконується через чергового по парку (ДСПП), складача поїздів. В тому, що маршрут приготовлено вірно ДСП переконується за показаннями контрольних приладів апаратів управління. Приймання і відправлення поїздів по маршрутах, в які входять несправжню зайняті ділянки, виконується при забороняючих показаннях світлофорів;

- при несправжній зайнятості стрілочних ізольованих ділянок відповідні стрілки переводяться за допомогою допоміжної кнопки. Перед кожним переводом такої стрілки, а також перед пропуском по ній рухомого складу, ДСП повинен переконатись у вільності її від рухомого складу, наявності габаритів по суміжним коліям через оператора поста централізації, складача поїздів або помічника складача поїздів. Про відповідність приготування маршруту ДСП станції О переконується за показаннями контрольних приладів апаратів управління. Приймання і відправлення поїздів по маршрутам, в які входять несправжню зайняті ділянки здійснюється при забороняючих показаннях світлофорів;

- при помилковій вільності безстрілочних ізольованих ділянок ДСП зобов'язаний перед пропуском по ним рухомого складу переконатись в їх вільності від рухомого складу через ДСПП, складача поїздів, помічника складача поїздів. Про відповідність приготування маршруту ДСП переконується за показаннями контрольних приладів апаратів управління. Приймання і відправлення поїздів по маршрутам,

в які входять помилково вільні ділянки здійснюється при забороняючих показаннях світлофорів;

– при помилковій вільності колійних стрілочних ізольованих ділянок відповідні стрілки переводяться з пульта за допомогою рукояток. Перед кожним переводом такої стрілки, а також перед пропуском по ній рухомого складу ДСП зобов'язаний переконатись в її вільності від рухомого складу, наявності габаритів по суміжним коліям через ДСПП, складача поїздів, помічника складача поїздів. Про відповідність приготування маршруту ДСП переконується за показаннями контрольних приладів апаратів управління. Приймання і відправлення поїздів по маршрутам, в які входять помилково вільні ділянки виконується при забороняючих показаннях світлофорів;

– при відсутності контролю положення централізованої стрілки її справність і правильність встановлення в маршруті мають бути перевірені на місці оператором поста централізації, складачем поїздів або помічником складача поїздів. Така стрілка має бути замкнена на закладку та навісний замок, а в її електроприводі – вимкнений блок-контакт. Ключ від замкненої стрілки має зберігатись у ДСП (оператора поста централізації). Відповідність установки інших стрілок, які входять в маршрут, ДСП перевіряє за контрольними приладами апаратів управління. Приймання та відправлення поїздів по маршрутам, в які входять стрілки, які не мають контролю положення, виконується при забороняючому показанні світлофорів;

– при неможливості переведення централізованих стрілок з апаратів управління, після зовнішнього огляду, до прибуття електромеханіка, ДСП, з відома ДНЦ, може передати стрілку на ручне управління (курбелем). Переведення стрілки здійснюється ДСПП, складачем поїздів. В правильності встановлення стрілки в відповідному маршруті ДСП переконується по доповіді ДСПП, складача поїздів або помічника складача поїздів. Якщо на апаратах управління після переведу стрілки курбелем зберігається контроль її положення, приймання і відправлення поїздів здійснюється при дозволяючих показаннях відповідних світлофорів. При відсутності контролю положення стрілки на апаратах управління;

— при виключенні ізолюваних ділянок із централізації із збереженням користування сигналами в правильності установки стрілок по маршруту ДСП переконується за контрольними приладами апаратів управління. Перед пропуском рухомого складу ДСП станції О зобов'язаний переконатись в вільності виключеної ізолюваної ділянки від рухомого складу по доповіді оператора поста централізації, складача поїздів або помічника складача поїздів. При виключенні стрілок із збереженням користування сигналами, положення виключеної стрілки, яка входить в маршрут, має бути перевірено на місці, з замиканням ДСП її на закладку і навісний замок, складачем поїздів, помічником складача поїздів. В правильності установки решти стрілок, які входять в маршрут, ДСП переконується за контрольними приладами апаратів управління. Ключ від замкненої стрілки має зберігатися у ДСП або оператора поста централізації. Приймання і відправлення першого поїзда по маршрутах з виключеними стрілками і ділянками виконується при забороняючому показанні вхідного, вихідного, маршрутного світлофора. Приймання і відправлення послідовних поїздів здійснюється по дозволяючому показанню цих світлофорів, при цьому швидкість прослідування не більш  $40 \text{ км/год}$ . ДСП, перед тим, як відкрити вхідний (вихідний) світлофор, повинен упевнитись в наявності у машиніста поїзда попередження на обмеження швидкості руху по виключеній ділянці або стрілці до  $40 \text{ км/год}$ ;

— при виключенні ізолюваної ділянки з централізації без збереження користування сигналами, в вірності установки стрілок по маршруту ДСП переконується за контрольними приладами апаратів управління. Стрілки, що входять у виключену ізолювану ділянку, переводяться за допомогою допоміжної кнопки. Перед кожним переводом стрілки, а також пропуском рухомого складу, ДСП зобов'язаний переконатись у вільності виключеної ізолюваної ділянки від рухомого складу по доповіді складача поїздів, оператора поста централізації. Приймання і відправлення поїздів по маршрутах, у які входять виключені ізолювані ділянки, виконується при забороняючих показаннях світлофорів. При виключенні стрілок без збереження користування сигналами, положення виключеної стрілки, яка входить в маршрут повинно бути перевірене на місці з замиканням її на закладку і навісний замок оператором поста централізації або складачем поїздів. Ключ від замкненої стрілки має зберігатися у ДСП

станції О. В правильності установки інших стрілок, які входять в маршрут, ДСП переконується за контрольними приладами апаратів управління;

- при виключенні стрілки без збереження користування сигналами, якщо вістряки від'єднуються від електроприводу, вони закріплюються на типову скобу працівником дистанції колії. Приймання та відправлення поїздів по маршруту, в які входять виключені стрілки виконується при забороняючому показанні світлофорів;

- при несправності вхідних, маршрутних і вихідних світлофорів у правильності встановлення стрілок по маршруту ДСП переконується по контрольних приладах апаратів пульті управління. Приймання і відправлення поїздів виконується при забороняючих показаннях світлофорів, порядком передбаченим ТРА станції.



## ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі було вирішено задачу удосконалення техніко-технологічних параметрів дільничної станції з метою скорочення тривалості скорочення простою вагонів.

На першому етапі було виконано розрахунок ваги та кількості вагонів у составів поїзда, визначені розміри добових поїздопотоків станції. Так, кількість поїздів, що обслуговується на станції складає: пасажирських поїздів – 16, транзитних поїздів – 86, поїздів у розформовування – 19, свого формування – 19. Обсяг переробки – 960 вагонів за добу.

На основі вказаних даних у роботі визначено потрібну пропускну спроможність примикаючих до станції ліній, число головних колій та пристрої СЦБ на них. Фактичне число головних колій відповідає потрібній.

Також було виконано розрахунок норм часу на виконання технологічних операцій та визначено потрібне число колій у парках станції, яке дорівнює: 5 – для парку ПВ1; 4 – для парку ПВ2; 12 – для сортувального парку. Потрібне число колій у парках не перевищує наявного.

У роботі за допомогою методів сітьового планування та управління було визначено раціональну черговість обслуговування вантажних фронтів станції. Це дозволило скоротити простій місцевого вагона на 108,09 *ваг-год*. Очікуваний економічний ефект від вказаного скорочення тривалості знаходження рухомого складу на станції складе 296,87 *тис. грн/рік*.

На основі розробленої черговості обслуговування вантажних фронтів було удосконалено технологію роботи станції з місцевими вагонами. Крім того в проекті наведено технологію роботи станції з вантажними поїздами всіх категорій. Ефективність запропонованих заходів було перевірено шляхом графічного моделювання роботи станції. В результаті цього було встановлено, що технічне оснащення станції відповідає розрахунковим обсягам роботи. На основі побудованого плану-графіка було визначено основні показники роботи станції.

Так, простій транзитного вагону без переробки склав в парку ПВ1 – 0,62 , в парку ПВ2 - 0,83 *год*, а з переробкою – 5,77 *год*; середньозважена величина простою транзитного вагону – 1,38 *год*; робочий парк вагонів – 377 *ваг*.

## БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Автоматизация процесса разработки и проектирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики: Отчет о НИР / ЛИИЖТ. - Л., 1988. - 42 с.
2. Акулиничев В.М., Бодюл В.И., Голубев В.В. Проблемы автоматизации проектирования ж.д. станций и узлов // Вопросы проектирования и технология транспортных узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 674. - М.: МИИТ, 1980. - с. 3 - 9.
3. Акулиничев В.М. Алаев М.М. Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 735. - М.: МИИТ, 1983. - с. 3 - 14.
4. Акулиничев В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог: Учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков – М.: Транспорт, 1981. – 223 с.
5. Алаев М.М. Формализация элементов схем станций для расчетов на ЭВМ. // Проблемы наращивания мощности станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 765. - М.: МИИТ, 1985. - с. 58 - 59.
6. Антонов К. В. Автоматизированные расчеты при проектировании планов парков путей на станции // Пути повышения производительности труда, сокращения сроков проектирования и строительства транспортных сооружений: Сб. научн. тр. - М.: ЦНИИС, 1986. - с. 133 - 135.
7. Б. дел Рио, Мирошниченко В.М. Определение на ЭЦВМ пропускной способности станций по горловинам // Сб. Кибернетика и транспорт. - М.: Наука, 1968. - с. 207 - 231.
8. Бобровский В. И. Формализованное представление и расчет планов путевого развития крупных железнодорожных станций / В. И. Бобровский, В. В. Малашкин // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Дніпропетровськ, 2010. — Вип. 31. — С. 226—231.
9. Бобровский В.И. Имитационная модель развязки линий в железнодорожном узле // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. пр. Вип. 38. - Харків: ХарДАЗТ, 1999. - с. 35 - 42.

10. Божко М. П., Муха Ю. О. Розрахунок та проектування сортувальної гірки. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування. Частина 1. Дніпропетровськ, ДПТ, 2002.

11. Болотный В. Я. Переустройство железнодорожных станций : Справ.руководство по проектированию / В. Я. Болотный , М. К. Брехов. - М. : Транспорт, 1982. - 173 с.

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

13. Бутунов Д. Б. Оценка непроизводительных потерь в работе сортировочной станции / Д. Б. Бутунов, А. Г. Котенко // Проблематика транспортних систем. – 2018. – № 4. – С. 498–510.

14. Вернигора, Р. В. Методика технико-эксплуатационной оценки проектных решений по совершенствованию параметров железнодорожных станций / Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. Лазаряна. — Дніпропетровськ, 2016. — Вип. 11. — С. 16—25. — doi: 10.15802/tstt2016/76822

15. Галузеві будівельні норми України [Текст]: затв. наказом МТУ, наказ від 17.01.2013 р. № 25 / Мін-во транспорту України. – ДП. : Київдніпротранс, 2012. – 112 с.

16. Дзюба И. С. Выбор параметров и структуры станционных горловин: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.08 / ЛИИЖТ. - Л., 1989. - 17 с.

17. Жардемов Б. Б. Системные принципы построения схем железнодорожных станций и узлов. Методы исследования и оценки // Транспорт: Наука, техника, управление. - ВИНТИ. - 1999. - № 5. - с. 40 - 48.

18. Железнодорожные станции и узлы промышленного транспорта: Учебник для ВУЗов / В.М. Акулиничев, Л.П. Колодий, Н.Г. Мищенко, В.А. Сидяков / Под ред. В.М. Акулиничева. - М.: Транспорт, 1986. - 352 с.

19. Залізничні станції та вузли: проектування дільничних станцій [Текст]: методичні вказівки до курсового та дипломного проектування / уклад.: В. І. Бобровський; В. В. Журавель; Г. Я. Мозолевич; Р. В. Вернигора. — Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Д.: 2008. — 35 с.

20. Игольников Б. В. Методы сокращения непроизводительных затрат / Б. В. Игольников, Е. Б. Бабошин, М. И. Климчук // Мир транспорта. — 2012. — № 5. — С. 68—71.

21. Изыскания и проектирование железных дорог / И.В. Турбин, А.В. Гавриленков, И.И. Кантор и др./ под ред. И.В. Турбина. - М.: Транспорт, 1989. - 479 с.

22. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України [Текст]: затв. Наказ Мінтрансу та зв'язку України 31.08.2005 №507. / Мін-во трансп. Та зв'язку України. — К., 2005.

23. Концепція та програма реструктуризації на залізничному транспорті України [Текст]. — Київ: Міністерство транспорту, 1998. — 232 с.

24. Корешков В.Н. Способ представления схемы сортировочной станции в ЭВМ // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Гомель: БелИИЖТ, 1985. - с. 91 - 96.

25. Корнаков А.М. Развязки железнодорожных линий в узлах. - М.: Трансжелдориздат, 1962. - 154 с.

26. Кочнев Ф. П. Управление эксплуатационной работой железных дорог [Текст]: учеб. пособие для вузов / Ф. П. Кочнев, И. Б. Сотников. — М.: Транспорт, 1990. — 424 с.

27. Левин Д.Ю. Оптимизация потоков поездов. - М.: Транспорт, 1988. - 175 с.

28. Малашкін В. В. Підвищення ефективності функціонування залізничних станцій на основі реалізації раціональної черговості заходів по удосконаленню їх техніко-технологічних параметрів / Малашкін В. В. // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Дніпропетровськ, 2014. — Вип. 8. — С. 100—109. — doi:

10.15802/tstt2014/38097

29. Мацкель С.С. Статистическое моделирование транспортных процессов в узлах. // Вопросы разработки систем автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 203 /47. - Ташкент: ТашИИТ, 1987. - с. 59 - 69.

30. Методические указания по проектированию железнодорожных узлов и станций. – Киев: Киевгипротранс, Вып. 100, 1985 – 32с

31. Методы экономической оценки инвестиционных проектов на транспорте [Текст]: Учеб.-метод. пособие / сост. Ю. Ф. Кулаев. – К.: Транспорт України, 2001. – 182 с.

32. Мирошниченко В.М. О машинном представлении схем крупных железнодорожных станций // Сб. Кибернетика и транспорт. - М.: Наука, 1968. - с. 178 - 206.

33. Мирошниченко В.М. Некоторые вопросы автоматизации проектирования железнодорожных станций с помощью ЭЦВМ: Автореф. дис... канд. техн. наук: 434/ХИИТ. - К., 1969. - 25 с.

34. Модели, методы и алгоритмы автоматизированного проектирования железнодорожных станций : монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин. — Д. : Изд-во Маковецкий, 2010. — 156 с

35. Олейников А.М., Алаев М.М., Корешков В.Н. Основные принципы проектирования схем станций с помощью ЭВМ. // Тезисы докладов IX областной научно - практической конференции. - Куйбышев: КИИТ. - 1985. - с. 15 - 16.

36. Олейников Л.М., Алаев М.М. Оптимизация проектных решений элементов схем станций с помощью ЭВМ // Тезисы докладов IX областной научно - практической конференции. - Куйбышев: КИИТ. - 1985. - с. 14 - 15.

37. Орловский П.Н. Об аналитических методах расчета задержек подвижного состава у пересечений маршрутов следования поездов в узлах // Вопросы механизации и автоматизации сортировочных горок: Труды ДИИТа. - Вып. 160/8. - Днепропетровск: 1975. - с. 115 - 121.

38. Павлов В.Е. Элементы оптимального проектирования плана горловины автоматизированной сортировочной горки. // Железнодорожные системы автоматики и

телемеханики с применением бесконтактных элементов: Сб. научн. тр. ЛИИЖТа. - Вып. 314. - Л.: Транспорт, 1971. - с. 148 - 155.

39. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С. Моделирование транспортных систем. - М.: Транспорт, 1972. - 208 с.

40. Поттгофф Г. Теория массового обслуживания. - М.: Транспорт, 1979. - 144с.

41. Правдин Н. В., Головнич А. К. Компьютерное представление нормативных требований для проектирования станций // Железнодорожный транспорт. - 2000. - № 6. - с. 70 - 73.

42. Правдин Н. В., Головнич А. К. Оценка структуры отдельного пункта с использованием САПР // Транспорт: Наука, техника, управление. - ВИНТИ. - 1999. - № 5. - с. 22 - 29.

43. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]: / затв.: наказ Мінтрансу та зв'язку України 20.12.1996. № 411 / Мін-во трансп. та зв'язку України. - К., 2005. - 132 с.

44. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст]: - М.: Транспорт, 1981. - 287 с.

45. Проектирование железнодорожных станций и узлов / Справ. и метод. руководство / Под ред. Козлова А.М., Гусевой К.Г. - М.: Транспорт, 1981. - 592 с.

46. Развитие транспортных узлов. Том 2 / Под ред. Скалова К.Ю. М.: Транспорт, 1978. - 176 с.

47. Расчеты соединения путей на ЭВМ / Методические указания по проектированию железнодорожных узлов и станций. - К.: Киевгипротранс, 1981. - 23 с.

48. Родимов Б.А., Павлов В.Е., Прокинова В.Д. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок. - М.: Транспорт, 1980. - 96 с.

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

50. Савченко И.Е., Земблинов С.В., Страковский И.И. Железнодорожные станции и узлы. - М.: Транспорт, 1980. - 479 с.

51. Самкнулов А.И. Определение времени хода поездов на однопутных линиях. // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Гомель: БелИИЖТ, 1982. - с. 69 - 71.

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

53. Сюй Ю. А. Выбор конструкций горловин и их влияние на работу подсистемы формирования - отправления сортировочной станции: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.08 / МИИТ. - М., 1987. - 25 с.

54. Таль К.К., Пономарева Л.Ф. Методика расчета соединений путей на ЭВМ / Вопросы проектирования железных дорог: Сб. научн. тр. ЦНИИС. - Вып. 63. - М.: Транспорт, 1967. - с. 142 - 156.

55. Таль К.К. Об аналитической оценке пересечения маршрутов следования поездов в узлах // Вестник ВНИИЖТа. - 1970. - №1. - с. 49 - 51.

56. Таль К.К. Руководство по определению на ЭЦВМ БЭСМ - 2М расходов по передвижению поездов в узлах. / ЦНИИС. - М., 1966 - 217 с.

57. Тарифне керівництво №4: Затв.: наказ Укрзалізниці НР 31-Ц від 19 січня 2001р. Режим доступу: [http://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/tariff\\_conditions/transportation\\_in\\_ukraine/zmini\\_tarifnih\\_vidstaney/](http://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/transportation_in_ukraine/zmini_tarifnih_vidstaney/)

58. Томилина Г.С. Схемы горловин участковых станций с минимальными затратами на ремонт стрелочных переводов и подвижного состава // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Гомель: БелИИЖТ, 1987. - с. 74 - 78.

59. Томилина Г.С. Необходимые условия для автоматизации проектирования станций. // Вопросы совершенствования системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 214/54. - Ташкент: ТашИИТ, 1989. - с. 29 - 30.

60. Уварова О. В. Предложения по внедрению элементов «бережливого производства» на железнодорожной станции Московка / О. В. Уварова, Ю. А. Колосова // Экономика железных дорог. – 2015. – Вып. 1. – С. 87–94.

61. Федотов Н.И. Исследование транспортных операций / Ч. 2. - Математическое моделирование транспортных систем. - Новосибирск: НИИЖТ, 1978. - 95 с.

62. Федотов Н.И. Шлюзовые развязки точек пересечения маршрутов // Оптимизация работы железнодорожных станций и узлов Урала и Сибири: Межвуз. сб. научн. тр. - Новосибирск: НИИЖТ, 1989. - с. 45 - 54.

63. Федотов Н.И. Шлюзовые станции // Оптимизация работы железнодорожных станций и узлов Урала и Сибири: Межвуз. сб. научн. тр. - Новосибирск: НИИЖТ, 1989. - с. 54 - 65.

64. Чернов В.Н., Пивоваров В.С. Формализация схем железнодорожных станций для графического отображения на ЭВМ. // Вопросы совершенствования системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 214/54. - Ташкент: ТашиИТ, 1989. - с. 8 - 13.