

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 Реконструкція дільничної станції П та розробка технології її роботи у зв'язку з електрифікацією прилеглих ліній

Theme Reconstruction of the section station P and development of its work technology in connection with electrification of the adjacent lines

Керівник дипломної роботи

доц. _____ І. Я. Сковрон

Нормоконтролер

доц. _____ В. В. Малашкін

Студент групи УЗ1926

_____ М. А. Садковський

Student

Sadkovskiy Maksym

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 дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»
(рівень вищої освіти)

отримав студент гр. У31926 Садковський Максим Андрійович
(номер групи) (ПІБ)

1 Тема дипломної роботи: Реконструкція дільничної станції П та розробка
технології її роботи у зв'язку з електрифікацією прилеглих ліній

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

2 Термін подання студентом закінченої роботи: « 10 » грудня 2020 р.

3 Вихідні дані до дипломної роботи: схема станції, технологічний процес роботи
станції; техніко-розпорядчий акт станції; дані про обсяги роботи станції

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

5 Перелік креслень:

1. План дільничної станції П

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

3. Добовий план-графік роботи дільничної станції П

6 Перелік слайдів:

титульний слайд; мета роботи, об'єкт дослідження та предмет дослідження; діаграма
вагонопотоків; діаграма поїздопотоків; схеми варіантів реконструкції станції П;

порівняння варіантів конструкції парку станції; вибір раціонального варіанту

конструкції парку станції; показники добового плану-графіку; кінцевий слайд

6 Розділи та консультанти:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу дипломного роботи	Термін виконання	Кількість креслень / слайдів	Обсяг розділу, %
1. Аналіз питання підвищення ефективності функціонування дільничної станції	строк 1		16
2. Техніко-експлуатаційна характеристика станції та аналіз недоліків її роботи	строк 1	1 / 0	12
3. Визначення розрахункових обсягів роботи станції	строк 2	0 / 2	10
4. Розробка та аналіз варіантів розвитку станції та їх аналіз	строк 2	2 / 0	6
5. Визначення необхідної кількості колій у парках станції	строк 2		10
6. Дослідження та вибір раціонального варіанту конструкції парку станції П (деталь)	строк 2	0 / 2	16
7. Техніко-економічне обґрунтування реконструкції станції П у зв'язку з електрифікацією прилеглих ліній	строк 3	0 / 1	6
8. Аналіз показників роботи сортувальної гірки	строк 3	1 / 0	10
9. Добовий план-графік роботи станції П та визначення основних показників її роботи.	строк 3	1 / 1	10
10. Безпека руху на станції стикування різних систем струму	строк 3		4
Всього		4	100

Дата видачі завдання: « 15 » жовтня 2020 р.

Керівник дипломної роботи

(підпис)

Сковрон І. Я.

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Садковський М. А.

(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, 10 розділів, висновків та 4-х додатків. Повний обсяг проекту – 125 сторінки; основний текст міститься на 111 сторінках і включає 11 ілюстрацій, 24 таблиці та 59 літературних джерел.

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

Метою роботи є удосконалення конструкції дільничної станції П у зв'язку з електрифікацією прилеглих ліній різними системами струму.

В проекті визначені обсяги роботи дільничної станції П, виконано аналіз недоліків її конструкції та технології, визначено технологічні норми, перевірено відповідність колійного розвитку визначеним обсягам роботи, детально розроблено два варіанти горловин нового приймально-відправного парку, виконано їх економічне порівняння, визначено вартість реконструкції цього парку за варіантами та вибрано кращий із них за мінімумом модифікованих витрат. Також були розглянуті питання безпеки руху на станції П.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: ДІЛЬНИЧНА СТАНЦІЯ, ПЛАН КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ, РЕКОНСТРУКЦІЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНА РОБОТА.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ ...	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРА-СТРУКТУРИ У СУЧАСНИХ УМОВАХ ТА МЕТОДІВ ЇХ ВИРІШЕННЯ	10
1.1 Загальна характеристика залізничних станцій мережі залізниць України ...	10
1.2 Проблеми проектування та експлуатації залізничних станцій.....	11
1.3 Методи формального представлення технологічних процесів	13
1.4 Моделювання технологічних процесів залізничної станції.....	14
1.5 Методи аналізу показників роботи залізничних станцій	17
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ ТА АНАЛІЗ НЕДОЛІКІВ ЇЇ РОБОТИ	25
2.1 Технічна характеристика станції	25
2.2 Експлуатаційна характеристика станції	25
2.3 Аналіз недоліків конструкції та постановка задачі дипломної роботи	27
3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ	28
3.1 Розрахунок маси та кількості вагонів вантажного поїзда	28
3.2 Розрахунок обсягів вантажних та пасажирських перевезень.....	30
3.3 Визначення необхідної пропускної спроможності і кількості головних колій прилеглих ліній	33
4 РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ РОЗВИТКУ СТАНЦІЇ	35
4.1 Характеристика першого варіанту розташування нового приймально-відправного парку	35
4.2 Характеристика другого варіанту розташування нового приймально-відправного парку	36
4.3 Характеристика третього варіанту розташування нового приймально-відправного парку	37

Зам. Інв. №		Підпис		Дата		0042.196418.ДР.2020.000											
Інв. № ор.		Зм.		Арк.		№ док		Підпис		Дата		Стадія		Аркуш		Аркушів	
		Розробив		Садковський								Н	2	125	ДНУЗТ		
		Керівник		Сковрон													
		Н. контр		Малашкін													

Реконструкція дільничної станції П та розробка технології її роботи у зв'язку з електрифікацією прилеглих ліній

4.4 Характеристика четвертого варіанту розташування нового приймально-відправного парку	39
4.5 Характеристика п'ятого варіанту розташування нового приймально-відправного парку	40
4.6 Вибір варіанту розташування нового приймально-відправного парку	41
5 ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ КОЛІЙ У ПАРКАХ СТАНЦІЇ	42
5.1 Визначення середньозваженої тривалості зайняття колії поїздом	42
5.2 Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів з кожної лінії	53
5.3 Визначення кількості колій в приймально-відправних парках	55
5.4 Визначення кількості колій у сортувальному парку	55
6 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ КОНСТРУКЦІЇ ПАРКУ СТАНЦІЇ П	57
6.1 Проектування плану колійного розвитку парку ПВ2	57
6.2 Вимоги до проектування колій	58
6.3 Розробка схем живлення контактної мережі колій станції П.....	60
6.4 Аналіз варіантів конструкції горловин парку ПВ2	61
6.5 Визначення тривалості та кількості затримок за варіантами конструкції нового парку	65
7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ СТАНЦІЇ П У ЗВ'ЯЗКУ З ЕЛЕКТРИФІКАЦІЄЮ ПРИЛЕГЛИХ ЛІНІЙ	68
7.1 Визначення об'єктів реконструкції	68
7.2 Визначення модифікованих витрат	69
7.3 Висновок	76
8 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ	77
8.1 Характеристика існуючої сортувальної гірки	77
8.2 Розрахунок необхідної висоти сортувальної гірки.....	77
8.3 Визначення втрат енергетичних висот від сил опору	78
8.4 Визначення висоти гірки та параметрів профілю	83
8.5 Побудова графіків втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів.....	84
8.6 Побудова графіків швидкості та тривалості скочування розрахункових бігунів	85

8.7	Перевірка умов розділення розрахункової групи відчепів на розділових елементах	88
8.8	Визначення розрахункової швидкості розпуску та переробної спроможності сортувальної гірки	90
9	ДОБОВИЙ ПЛАН-ГРАФІК РОБОТИ СТАНЦІЇ П ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЇЇ РОБОТИ	94
9.1	Вихідні дані для побудови добового плану-графіку роботи дільничної станції П	94
9.2	Визначення основних показників добового плану-графіку роботи дільничної станції П	95
10	БЕЗПЕКА РУХУ НА СТАНЦІЇ СТИКУВАННЯ РІЗНИХ СИСТЕМ СТРУМУ	100
10.1	Безпека руху при виконанні робіт на станції П	100
10.2	Вимоги безпеки при перебуванні на станційних коліях	100
10.3	Особливості приймання-відправлення поїздів на електрифікованих коліях	101
10.4	Правила безпеки при роботах на рухомому складі що знаходиться на електрифікованих лініях	102
	ВИСНОВКИ	104
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	106
	ДОДАТОК А. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	112
	ДОДАТОК Б. ДАНІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ РОБОТИ СТАНЦІЇ П	116
	ДОДАТОК В. МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ПРЕЗЕНТАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ	118
	ДОДАТОК Г. ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	125

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

- АСУ – автоматична система управління;
- ВОХР – воєнізована охорона;
- ГМП – гірка малої потужності;
- ГП – гальмівна позиція;
- ГРП – графік руху поїздів;
- ДНЦ – поїзний диспетчер;
- ДСП – черговий по станції;
- ДСПГ – черговий по сортувальній гірці;
- ДСПП – черговий по парку прийому;
- ЕЦ – електрична централізація;
- ІД – ізольована ділянка;
- П – поганий бігун;
- ПВП – приймально-відправний парк;
- ПГП – паркова гальмівна позиція;
- ПКО – пункт комерційного обслуговування;
- ПТО – пункт технічного обслуговування;
- РБ – розрахунковий бігун;
- РМ – розподільчий метод;
- РТ – розрахункова точка;
- СЗ – стрілочна зона;
- СП – сортувальний парк;
- СТЦ – станційний технологічний центр;
- СЦБ – сигналізація централізація і блокування;
- ТГНЛ – телеграмо-натурний лист;
- ТРА – техніко-розпорядчий акт станції;
- Х – хороший бігун.

ВСТУП

Залізничні станції взагалі, і дільничні зокрема відіграють важливу роль у забезпеченні доставки вантажів від відправника до отримувача.

До дільничних станцій належать станції, основним призначенням яких є:

- приймання, обробка і відправлення транзитних вантажних та пасажирських поїздів;
- виконання операцій по формуванню-розформуванню збірних і дільничних поїздів;
- обслуговування під'їзних колій і місць навантаження та розвантаження;
- зміна локомотивів і локомотивних бригад;
- виконання операцій з технічного і комерційного обслуговування рухомого складу.

На міждержавних передаточних (прикордонних) дільничних станціях виконуються операції митного, прикордонного, медично-санітарного, карантинного, ветеринарного, фітосанітарного контролю при взаємодії працівників станції з органами митного контролю та внутрішніх справ на транспорті.

Крім того, на дільничних станціях виконуються операції, які пов'язані з перевезенням пасажирів і вантажів, обробка пасажирських і приміських составів, обслуговування під'їзних колій та інші технічні операції.

Для виконання роботи з розформування та формування составів на дільничних станціях влаштовують сортувальні пристрої: витяжні колії або сортувальні гірки малої потужності.

В даній дипломній роботі планується визначити техніко-експлуатаційну характеристику та обсяги роботи дільничної станції П, перевірити технічне оснащення дільничної станції на відповідність існуючим обсягам роботи, кількість бригад ПТО та груп у них, а також виконати технічне нормування тривалості операцій технологічного процесу по обслуговуванню поїздів різних категорій.

У зв'язку зі збільшенням обсягів роботи станції П виникла необхідність спорудження нового приймально-відправного парку, для якого було розроблено ряд ва-

ріантів його влаштування та вибрано один із них. Варіанти конструкції нового парку станції розглядалися у розділі деталі дипломної роботи.

Після виконаної реконструкції дільничної станції П необхідно розробити технологію її роботи станції з урахуванням впроваджених змін. Для перевірки працездатності, взаємодії всіх елементів технологічного процесу та визначення показників роботи станції буде розроблено добовий план-графік.

Крім цього в даній дипломній роботі будуть розглядатися питання щодо забезпечення безпеки руху на станції стикування різних систем струму.

1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У СУЧАСНИХ УМОВАХ ТА МЕТОДІВ ЇХ ВИРІШЕННЯ

1.1 Загальна характеристика залізничних станцій мережі залізниць України

На залізничній мережі України на даний момент функціонує 1521 станція, серед яких є 249 вантажних, 26 сортувальних, 18 пасажирських, 85 дільничних і 1143 проміжних. Більш ніж 1100 станцій мережі відкриті для виконання вантажних операцій.

Більшість станцій нашої країни пройшли значний шлях історичного розвитку [1, 2]: суттєва частка з них була побудована на початку ХХ століття та протягом минулого часу подекуди багаторазово перебудовувалась або реконструйовувалась, при цьому досить часто стихійно. Зміни в конструкції залізничних станцій пояснювались, в першу чергу, необхідністю збільшення корисної довжини колій, але і на теперішній час вона не завжди відповідає потребам з урахуванням особливостей функціонування в сучасних умовах. Не завжди раціональні схеми взаємного розміщення парків на вантажних станціях ускладнюють виконання сортувальної та маневрової роботи під час обслуговування вантажних фронтів (ВФ). Недостатня довжина витяжних колій викликає збільшення обсягів маневрової роботи на станціях і тривалості знаходження вагонів на них, а також погіршує якість обслуговування клієнтури.

За останні роки з урахуванням різних факторів (в першу чергу, економічних) на залізницях України відбулася переорієнтація вантажопотоків. В т. ч., відбулося збільшення завантаження напрямків на порти Одеського регіону. Суттєво зросло навантаження на ті станції, які обслуговують великі підприємства металургійної та видобувної промисловості, а також (з урахуванням сезонності) – й зернозаготівельні та зернопереробні підприємства [3]. Зокрема, до підприємств, які успішно розвивають свої потужності, відносяться підприємства холдингу «МЕТІНВЕСТ», до складу якого серед інших входять «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат (ГЗК)» (станція примикання Інгулець), «Південний ГЗК» (станція Кривий Ріг); корпорації «ДТЕК», зокрема ПАТ «Павлоградвугілля» (станції Богуславський, Ароматна та Миколаївка-Донецька Дніпропетровської дирекції залізничних перевезень (ДН-1)

Придніпровської залізниці та ряд станцій Донецької залізниці, до яких примикають як шахти, так і центрально-збагачувальні фабрики); Полтавський ГЗК у складі британської групи Ferrexpo (станція Золотнишине); «АрселорМіттал Кривий Ріг» (станції Кривий Ріг, Кривий Ріг-Головний і Новоблочна); «ХайдельбергЦемент» (станція Батуринська); металургійний комбінат (МК) «Азовсталь» (станція Сартана); «ЄВРАЗ» (станція Горяїнове); «ДніпроАзот» і «Баглійкокс» (станція Баглій); «Дніпросталь» і «НТЗ» (станція Нижньодніпровськ) і «НФЗ» (станція Нікополь) корпорації «Інтерпайп»; портовий переробний комплекс «ТРАНСІНВЕСТСЕ-РВІС» (ТІС – станція примикання Чорноморська) та ін.

Зростання обсягів виробництва та транспортування окатишів і залізородного концентрату (ЗК) [4, 5] в Україні призвело до збільшення їх відвантаження на відповідних промислових підприємствах і відповідної завантаженості станцій – промислових і примикання.

1.2 Проблеми проектування та експлуатації залізничних станцій

Потреба в наукових методах проектування та організації роботи станцій з'явилася вже на ранніх етапах функціонування залізничного транспорту. Формування теорії проектування залізничних станцій та вузлів виконано академіком Образцовим В. М. [6, 7]. Надалі вона була розвинута в працях Ляхницького В. Є., Земблінова С. В. [8], Скалова К. Ю. [9, 10] і систематизована в методичних роботах з проектування залізничних станцій та вузлів [11, 12]. У 60-х роках ХХ ст. розроблені та набули чинності типові технологічні процеси роботи вантажних [13, 14], сортувальних [15] та пасажирських станцій. Принципи організації роботи станцій та технологічні норми здебільшого збереглися і в сучасних аналогах цих документів [13-15]. У той же час умови роботи залізничного транспорту України після здобуття незалежності та впровадження ринкових реформ в її економіці суттєво змінилися. На сьогодні відбулося розділення парку вантажних вагонів і рух порожніх приватних вагонів здійснюється за перевізними документами, що збільшує навантаження на інфраструктуру. Суттєві зміни вантажопотоків призвели до втрати відповідності між технічним забезпеченням та обсягами перевезень. На переважній частині мережі утво-

рилися значні резерви інфраструктурних потужностей, у той же час на окремих її ділянках можливості інфраструктури повністю вичерпані.

Матеріально-технічна база залізничного транспорту України має незадовільний стан. Знос основних засобів колійного господарства перевищує 93,0 %, засобів автоматики – 92,9 %, зв'язку – 88 %, енергопостачання – 90,9 %, електровозів – 91,0 %, тепловозів – 99,5 %, вантажних вагонів – 89,65 %. Критичною є ситуація в галузі локомотивного господарства. Із 1 720 одиниць електровозів відпрацювали встановлений нормативний термін служби 1 231 одиниця (71,6 %), з 719 магістральних тепловозів – 715 (99,4 %), з 1410 маневрових тепловозів – 1 308 (91,3 %).

На Укрзалізниці експлуатується 36 470 стрілок на 1 485 станціях, що включені в електричну централізацію, з них експлуатуються понад нормативний термін (30 років) 22 979 стрілок на 908 станціях, що складає 63,0 % від загальної кількості. До гіркової централізації включено 847 стрілок та 1 432 уповільнювачі на 36 сортувальних гірках, з яких 518 стрілок (61,1 %) та 1 286 уповільнювачів (89,8 %) експлуатуються понад нормативний термін (30 та 12 років відповідно).

Для залізничного транспорту існують порогові значення економічної безпеки. Одним з таких параметрів є знос та старіння основних засобів. Його значення – 50-55 %. Таким чином, цей показник для всіх без винятку господарств залізниць України вже давно перевищено.

У зв'язку з цим в ході проектування та розробки технології роботи залізничних станцій виникають випадки невідповідності між принципами, що закладені у правила та норми проектування й типові технологічні документи, з одного боку, та реальними технологічними процесами, що відбуваються на залізничних станціях, – з іншого. Проблеми експлуатації існуючої інфраструктури залізничних станцій у сучасних умовах розглянуто в роботах [16, 17].

У зв'язку з цим для теперішнього етапу функціонування залізничного транспорту України важливими є питання натурального дослідження функціонування залізничних станцій, врахування технічного стану рухомого складу та інфраструктури при розробці технології роботи станції, плануванні ремонту, модернізації та розвит-

ку їх інфраструктури, забезпечення відповідності їх технічного забезпечення характеру та обсягам роботи.

1.3 Методи формального представлення технологічних процесів

Одним з перших методів формального представлення технологічних процесів, що використовується і до сьогодні, є лінійна діаграма Ганта [18, 19], що відображає тривалість технологічних операцій з об'єктом, їх залежність між собою та виконавців, що беруть участь у операції. Лінійні діаграми є основним методом зображення технологічних процесів з окремими об'єктами при розробці технологічних документів [20]. Як моделі технологічних процесів обслуговування об'єктів на станціях широко використовуються сітьові графіки [21], що дозволяє застосовувати розроблений для них математичний апарат з метою визначення загальної тривалості обробки об'єктів. Спільними недоліками лінійних діаграм Ганта і сітьових графіків є те, що в них передбачено жорсткий перелік робіт та порядок їх виконання. Фактично технологія обслуговування поїздів на станціях може відрізнитись і змінюватись в оперативних умовах. Так, при обробці транзитних поїздів виникають різні варіанти технології в залежності від необхідності зміни локомотива, наявності вагонів, що вимагають відчіпного ремонту, справності пристроїв залізничної автоматики під час прийому та відправлення та ін. Враховуючи, що кожне окреме поєднання місцевих умов вимагає різного відображення у вигляді лінійної діаграми чи сітьового графіка, то такий опис стає досить громіздким.

Для фіксації та подальшого аналізу роботи станцій, а також для встановлення їх техніко-експлуатаційних показників використовується графічна модель у вигляді добового плану-графіка [22, 23]. При цьому окремі операції зображуються у вигляді значків на часовій сітці. Добовий план-графік має високу інформативність і є зручним інструментом для аналізу технологічного процесу людиною, але він фактично являє собою окрему репліку роботи станції і за ним неможливо встановити усі правила її функціонування. Формальне представлення технології роботи станцій, з можливістю урахування різних варіантів її виконання надають скінченні автомати [24] та мережі Петрі [25]. Ці моделі представляють технологічні процеси у вигляді дискретних переходів із одного стану в інший. Однак, вони визначають виключно по-

рядок діяльностей, а представлення правил виконання окремих операцій, вибору напрямків переходу викликає необхідність додаткового ускладнення моделі й розробки спеціалізованого програмного забезпечення [26].

Безперечно технологія роботи залізничних станцій може бути представлена у вигляді алгоритму [23], але через складність роботи станцій ці алгоритми є дуже громіздкими і незручними для аналізу.

З початку 90-х років почали стрімко розвиватися візуальні мови програмування, що забезпечують написання програм для ЕОМ шляхом маніпулювання графічними об'єктами, замість написання їх тексту, а також візуальні засоби розробки, що їх підтримують.

На сьогодні однією із найбільш поширених візуальних мов програмування, яка використовується для формального опису бізнес-процесів, є уніфікована мова моделювання (UML) [27]. Мова моделювання UML – це відкритий стандарт, який використовує графічні позначення для створення абстрактної моделі системи, так званої UML-моделі. UML була створена для визначення, візуалізації, проектування та документування в основному програмних систем. Мову UML використовують для моделювання програмного забезпечення, для бізнес-процесів, системного проектування і відображення організаційних структур. Як візуальний засіб розробки продуктів на мові UML компанією IBM розроблено середовище Rational Rose – потужний інструмент аналізу і проектування об'єктно-орієнтованих програмних систем. Середовище Rational Rose дозволяє швидко та зрозуміло побудувати модель технологічного процесу залізничної станції, яка забезпечує, як автоматичну обробку даних ЕОМ, так і ручне моделювання. Це середовище містить усі компоненти мови UML.

1.4 Моделювання технологічних процесів залізничної станції

На початку 60-х років ХХ століття із появою перших серійних ЕОМ розпочалися дослідження можливості їх застосування для вирішення практичних завдань залізничного транспорту. У цей період з допомогою ЕОМ активно створюються імітаційні моделі залізничних станцій для дослідження та оптимізації їх роботи. На цей час припадають перші спроби моделювання технологічних процесів на основі сто-

частичного підходу, а також формулювання загальних принципів формалізації роботи станцій і вузлів та викладення методології побудови їх функціональних моделей. З появою більш потужних ЕОМ були розроблені методи та алгоритми моделювання, що реалізовані у вигляді розрахункових програм для ЕОМ. Слід відзначити праці К. К. Таля [28, 29], у яких сформульовано основні проблеми та підходи до моделювання станцій, наведено описи моделей, алгоритмів та результати досліджень.

Перевірка відповідності технічного оснащення і технології роботи залізничної станції перспективним обсягами роботи є обов'язковим етапом розробки її технологічного процесу. Відповідно до чинних нормативних документів, оцінка техніко-експлуатаційних показників роботи залізничних станцій виконується на підставі побудови графічної моделі у вигляді плану-графіка. Зважаючи на рутинність процедури, побудова плану-графіка виконується, як правило, на одну добу відповідно до розрахункових обсягів роботи. Із середини ХХ століття в ході проведення наукових досліджень для оцінки техніко-експлуатаційних показників роботи станцій почав використовуватися метод імітаційного моделювання їх функціонування на ЕОМ. До сьогодні такі моделі знаходять свою практичну реалізацію у вигляді різноманітних програмних комплексів [30-32], які дозволяють виконувати моделювання тривалих періодів роботи залізничних станцій. Недолік цього підходу пов'язаний з тим, що показники функціонування реальних станцій істотно залежать від черговості обробки поїздів і вагонів. Вибір цієї черговості здійснює оперативно-диспетчерський персонал. Розв'язання задачі автоматичного моделювання функціонування станцій подібне до вирішення задачі автоматичного управління їх роботою [33], проте остання досі остаточно не вирішена. Проблема може вирішуватися за рахунок застосування ергатичних або графоаналітичних методів [33-35], які забезпечують побудову моделі функціонування станції в автоматизованому режимі. Однак участь людини в процесі побудови моделі й аналізу не тільки загальних показників роботи станції, але й перебігу її технологічних процесів різко зменшує тривалість періоду, що моделюється. У цих умовах актуальною проблемою для залізничного транспорту є розробка методів визначення таких розрахункових обсягів роботи, для яких результати моделювання функціонування станцій протягом обмежених періодів часу дозволяли б

зробити обґрунтований висновок про відповідність їх технічного оснащення і технології перспективним обсягами роботи в умовах нерівномірності перевезень.

Для моделювання технологічного процесу залізничної станції на базі на імітаційних моделях, запропоновано безліч програмних засобів, але вони розв'язують задачі моделювання технологічних процесів однобічно та не дають однозначних відповідей на питання логістики або моделювання технологічних процесів залізничних станцій. Розглянемо деякі з них.

AnyLogic [36] – потужний інструмент імітаційного моделювання, що підтримує всі підходи до розробки імітаційних моделей: процесно-орієнтований, системно-динамічний, агентний, а також підтримує будь-яку їх комбінацію. Гнучкість та універсальність мови моделювання Java дозволяє врахувати всі аспекти модельованої системи з різним рівнем деталізації процесів та множини їх параметрів. Графічний інтерфейс AnyLogic, інструменти та бібліотеки дозволяють прискорити розробку моделей для широкого спектру задач – від моделювання виробництва, логістики, управління до стратегічних проблем розвитку складних транспортних систем. Розвинені мультимедійні засоби та можливості анімації процесів роботи імітаційної моделі в реальному часі надають додаткові переваги при розробці та проведенні експериментів.

Пакет імітаційного моделювання Aimsun [37] – програмне забезпечення для моделювання трафіку. Маючи тисячі ліцензованих користувачів у органах державної влади, університетах, а також безліч консультантів по всьому світу, Aimsun виділяється надзвичайно високою швидкістю моделювання та злиття попиту моделювання, статичний і динамічний призначення трафіку з мезоскопічного, мікроскопічного і гібридною моделювання - все в межах одного додатку програмного забезпечення.

Програмне забезпечення AutoMod [38] призначене для графічного моделювання систем логістики та виробництва. Воно розроблене для детального аналізу операцій і потоків, хоча головним чином використовується у виробництві та матеріальному аналізі систем обробки. Гнучка архітектура AutoMod дозволяє застосувати його в широкому діапазоні прикладних галузей.

Середовище моделювання фізичних систем MvStudium [39] призначене для моделювання складних динамічних систем. Дозволяє швидко створювати візуальні інтерактивні моделі багатокomпонентних безперервних, дискретних і гібридних (неперервно-дискретних) систем і виконувати з ними активні обчислювальні експерименти. Створення моделі, візуалізація результатів і управління обчислювальним експериментом не вимагає написання програмного коду. Моделі задаються на математичному рівні абстракції. Для опису безперервної поведінки використовуються диференціально-алгебраїчні рівняння. Для опису дискретної і гібридної поведінки застосовуються візуальні карти поведінки, що є розширенням карт станів UML. MvStudium автоматично створює комп'ютерну модель, відповідну заданій математичній, і забезпечує проведення активного обчислювального експерименту. Комп'ютерна модель (виконувана програма або динамічна бібліотека) може використовуватися незалежно від пакету і вбудовуватися в програмне забезпечення користувача. MvStudium підтримує об'єктно-орієнтоване моделювання і можливість створення користувачем своїх власних компонентів з використанням вхідної мови. Підтримується 2D і 3D-анімація.

1.5 Методи аналізу показників роботи залізничних станцій

Під впливом різноманітних факторів у соціальній та економічній сфері країни з плином часу відбуваються зміни напрямків, характеру та обсягів вантажопотоків, що позначається на обсягах роботи магістральних залізничних станцій та під'їзних колій промислових підприємств. У зв'язку з цим виникає необхідність перевірки відповідності технічного оснащення залізничних станцій існуючим і прогнозним обсягам роботи. Необхідним етапом такої перевірки є визначення розрахункових обсягів робіт. Враховуючи, що на умови роботи станцій впливає значна кількість випадкових факторів, то їх технічне оснащення повинно мати резерви потужності для погашення пікових навантажень, що виникають через нерівномірність перевезень.

Процедура визначення завантаження основних елементів станцій є елементом розробки їх технологічних процесів. У [40] зазначено, що ця перевірка виконується на передбачені в графіку руху розміри перевезень. При цьому розміри руху поїздів в останньому встановлюються шляхом множення середньодобової кількості

вантажних поїздів за планом на коефіцієнт нерівномірності і додавання до отриманого добутку планового числа господарських і пасажирських поїздів.

У [41] потрібну пропускну спроможність при побудові графіків руху поїздів пропонується визначати за вказаною формулою.

При виконанні проектних робіт відповідно до [11] потрібна пропускну і переробна спроможність станцій повинна встановлюватися за розмірами пасажиро- і вантажообігу, визначеними на підставі економічних вишукувань, у яких береться до уваги нерівномірність перевезень по місяцях, а також коефіцієнт, що враховує технологічні перерви й необхідний резерв для забезпечення внутрішньодобових коливань розмірів руху поїздів.

Урахування нерівномірності перевезень при проектуванні залізничних станцій виконується за допомогою коефіцієнтів нерівномірності. У [11] зазначено, що показником нерівномірності перевезень є коефіцієнт внутрішньорічної нерівномірності.

Відповідно до [12] пропускну і провізна спроможність промислового транспорту і його стаціонарних об'єктів, що визначаються на розрахунковий термін, повинна відповідати розрахунковому обсягу перевезень (з урахуванням їх нерівномірності по місяцях, а якщо потрібно – і сезонності) і мати резерв не менше 15 %. При проектуванні промислового транспорту, який безпосередньо забезпечує функціонування технологічних процесів, що не допускають зупинки або тривалої перерви, резерв потужності транспортних споруд допускається приймати до 100 %.

При проектуванні під'їзних колій електростанцій відповідно до [42] колійний розвиток залізничних станцій має відповідати проектній потужності електростанції з урахуванням коефіцієнта нерівномірності 1,2.

У [43] наведено вираз для визначення коефіцієнта нерівномірності немаршрутизованих вагонопотоків по прибуттю.

Коефіцієнти нерівномірності також використовуються при проектуванні різних транспортних будівель та споруд.

При проектуванні вантажних складів та фронтів вантажно-розвантажувальних робіт [12] рекомендують встановлювати коефіцієнти нерівномі-

рності для проміжних станцій залежно від добового вагонообігу 1,2-1,7, а для більших станцій 1,1-1,2.

Проектування будівель пасажирських вокзалів передбачає використання коефіцієнта нерівномірності, що враховує відношення середньодобового потоку відправлення пасажирів за піковий період до середньодобового потоку відправлення за рік [44].

Для морських вокзалів коефіцієнт нерівномірності відправлення пасажирів визначається як відношення найбільшого місячного відправлення до середньомісячного за період навігації.

Отже, у нормативній літературі коефіцієнт нерівномірності розглядається як відношення значення показника в піковий період до середнього значення цього показника. Даний показник визначається на підставі попереднього періоду або приймається відповідно до нормативної літератури.

Основними нормативними документами, що регламентують оцінку нерівномірності у вантажному русі, є [11, 12, 43].

Аналіз виразу (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) показує, що його граничне значення не може перевищувати 1,67, що не відповідає оцінці фактичних коефіцієнтів нерівномірності надходження вагонів на під'їзні колії промислових підприємств.

Використання виразу (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) пов'язане з рядом проблем. По-перше, з огляду на те, що кількість днів у різних місяцях відрізняється, то навіть при однакових добових обсягах прибуття вагонів вираз (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) дає коефіцієнт нерівномірності 0,02.

По-друге, як правило, техніко-економічні розрахунки зі зміни технології і технічного оснащення станцій виконуються після періоду зростання обсягів перевезень. Приклад такого процесу зображений на рис. 1.1. У цих умовах зростання (так само як і зменшення) обсягів перевезень виразом (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) інтерпретується як нерівномірність, що призводить до завищення внутрішньорічної нерівномірності.

По-третє, величина розмаху обсягів перевезень не має прямої залежності від самого значення цього обсягу.

По-четверте, аналіз нерівномірності перевезень здійснюється на підставі річного обсягу перевезень. При цьому, значення коефіцієнта нерівномірності для різних років суттєво відрізняється. Зокрема, для умов «ТІС» у 2004 році коефіцієнт нерівномірності становив 1,56, а в 2010 р. – 1,22. Порядок оцінки нерівномірності перевезень на підставі даних більш тривалих періодів, ніж рік, у нормативних документах не вказано.

По-п'яте, на роботу магістральних і промислових залізничних станцій істотно впливає добова нерівномірність перевезень. При цьому на великих станціях в окремі дні спостерігалось перевищення середньорічних обсягів роботи в 1,83 разу.

Аналіз наукових праць з проблеми нерівномірності перевезень показує, що ця тема стала актуальною ще в ХІХ столітті на початкових етапах розвитку науки про організацію руху на залізничному транспорті.

Необхідно відзначити, що до 50-х років ХХ століття основна увага вчених приділялася сезонним коливанням обсягів роботи залізниць, у той же час добові коливання обсягів роботи відносилися на недосконалість оперативного планування і управління роботою залізниць. Після 50-х років почалося активне дослідження нерівномірності вантажних перевезень із застосуванням методів теорії ймовірностей і математичної статистики. Зокрема, необхідно відзначити роботи [45-48], у яких комплексно розглянуті проблеми оцінки нерівномірності перевезень на залізничному транспорті.

Так, у [46] на підставі значного числа спостережень встановлено стійкість добових коливань вагопотоків, а також відповідність цих відхилень нормальному закону розподілу. У [49] виконано розвиток імовірнісних методів оцінки нерівномірності транспортних процесів на залізничному транспорті. Зокрема, запропоновано встановлювати довірчу ймовірність для розрахункових обсягів за такої умови, що протягом року лише один показник вийде за допустимі межі. У [47] виділена внутрішньорічна (місячна), внутрішньомісячна, добова і внутрішньодобова нерівномірність вантажних перевезень, а також описані причини виникнення різних видів нері-

вномірності й досліджена внутрішньодобова нерівномірність залізничних перевезень. У [48] виконано оцінку місячної та добової нерівномірності залізничних станцій України. Сьогодні розвиваються методи короткострокового прогнозування залізничних перевезень, що базуються на використанні нейронних мереж [23, 50] та апарату теорії нечітких множин [51]. Проблеми аналізу часових рядів детально досліджуються в галузі економіки. Зокрема, в [52] представлені методи виділення трендів часових рядів, аналізу сезонних коливань та ін.

Проте проблема оцінки нерівномірності руху й визначення розрахункових обсягів роботи магістральних і промислових залізничних станцій до кінця не вирішена і вимагає виконання додаткових досліджень. Розв'язання цього завдання для приватних припортових станцій є особливо актуальним, оскільки і недостача, і надлишок технічних засобів для освоєння заданих обсягів роботи не може бути зглажена за рахунок роботи решти мережі й безпосередньо призводить до втрати їх конкурентоспроможності.

Оцінка ефективності роботи вантажних станцій здійснюється на підставі системи кількісних та якісних показників, основними з яких є:

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

Необхідно відмітити, що приватні вантажні станції перебувають у стані конкуренції з іншими станціями мережі. Недоліком такої системи показників є те, що вони не дають можливість оцінити роботу станції відносно споживача послуг – вантажовідправника.

2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ ТА АНАЛІЗ НЕДОЛІКІВ ЇЇ РОБОТИ

2.1 Технічна характеристика станції

В даному дипломному проекті розглядається станція П. Дана станція за призначенням відноситься до дільничних станцій, а за обсягом роботи – до станцій другого класу. За кількістю ліній, що примикають, станція П є невузловою.

Станція П (див. на рисунок 2.1) розташована на двоколіній неелектрифікованій дільниці А–Б; засоби сигналізації на дільниці – двостороннє автоблокування.

Вантажний рух обслуговується локомотивами ТЭЗ, пасажирський дальній рух – локомотивами ТЭП60, а приміський рух – дизель-поїздами серії Д1 із шести вагонів.

Станція П обладнана електричною централізацією стрілок та сигналів, управління якими здійснюється з поста ЕЦ.

Колійний розвиток станції П згруповано у три парки:

- пасажирський;
- приймально-відправний парк;
- сортувальний парк.

Приймально-відправний парк складається з 5-ти колій (5, 7, 9, 11 та 13) корисною довжиною від 850 м до 897,14 м. Усі колії спеціалізовані для обслуговування як парних так і непарних вантажних поїздів.

Колії 6 та 8 призначені для обслуговування вантажних транзитних поїздів з обох напрямків. Колії 10, 12 та 14 призначені для обслуговування вантажних поїздів у розформування та свого формування.

Сортувальний парк станції П складається із 10-ти сортувальних колій корисною довжиною від 985,96 м до 1020,21 м.

Для виконання розформування вантажних составів у гірковій горловині до приймально-відправного парку примикає витяжна колія 31 довжиною 850 м. Аналогічної довжини колія 32, що знаходиться у хвостовій горловині сортувального парку, призначена для перестановки составів накопичених поїздів із сортувального парку у приймально-відправний для обслуговування та подальшого відправлення.

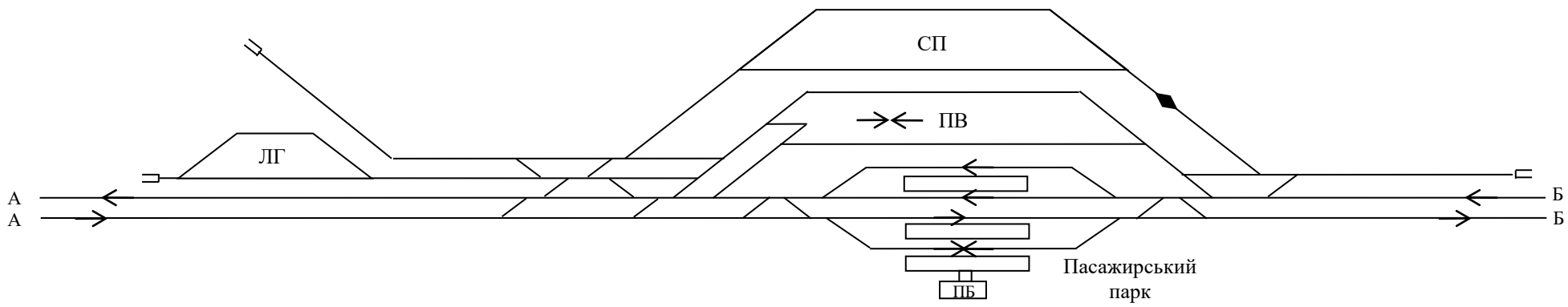


Рисунок 2.1 – Схема дільничної станції П

Пасажирський парк складається з 4-х колій: 2-х головних (I та II) та 2-х приймально-відправних (3 та 4) колій корисною довжиною від 699,05 м до – 716,23 м. Біля 4-ї колії розташована основна низька пасажирська платформа довжиною 500 м і пасажирська будівля. Між 4-ю і II-ю коліями розташована острівна низька пасажирська платформа також довжиною 500 м; аналогічна платформа розташована поруч з колією 3.

Приміські поїзди на даній станції є кінцевими: після висадки пасажирів вони виставляються на 1-у із 2-х колій відстою (35, 36) довжиною 150 м кожна.

На станції II працює один маневровий локомотив, що виконує розформування та формування составів як дільничних так і збірних поїздів з використанням сортувальної гірки або витяжної колії.

Екіпірування усіх поїзних та маневрового локомотивів дизельним паливом здійснюється в локомотивному господарстві станції II.

Дана станція забезпечує подачу та прибирання місцевих вагонів колій незагального користування. До станції II примикає під'їзною колією промислова станція В, яка обслуговує компанію ПАТ «Західтранссервіс».

Для оперативного управління роботою черговий по станції (ДСП) має:

- поїзний диспетчерський зв'язок між ДСП, оператором при ДСП та поїзними диспетчерами дільниць – для передачі та прийому оперативної інформації про рух поїздів, планування поїзної роботи;

- поїзний міжстанційний зв'язок ДСП з черговими по станціям А та Б;

- прямий внутрішньостанційний зв'язок ДСП з черговим по парку (ДСПП), оператором поста централізації, сигналістами, оператором СТЦ, старшим прийомоздавальником вантажу та багажу, черговим по вокзалу, черговим по депо, оператором ПКТО, електромеханіком СЦБ – для прийому та передачі розпоряджень, обміну оперативної інформації стосовно руху поїздів та виконання маневрової роботи;

- поїзний радіозв'язок ДСП з машиністами поїзних локомотивів на прилеглих перегонах та станції про особливості приймання, відправлення поїздів і маневрових переміщень;

- маневровий радіозв'язок ДСП з машиністами маневрових локомотивів, склада-

чем поїздів, сигналістами, ДСПП, операторами поста централізації – для забезпечення оперативного управління технологічними операціями на станції;

- двосторонній парковий зв'язок – для повідомлення працівників, що пов'язані з технологічним процесом;

- телеграфний інформаційний зв'язок СТЦ з ІСЦ та СТЦ станцій А та Б – для прийому попередньої інформації про підхід поїздів, наявність вагонів, що прямують під вивантаження на станцію, передачі змісту ТНЛ та інше.

- сповіщувальний (вокзальний) зв'язок – для передачі інформації черговим по вокзалу пасажиром, на пасажирських платформах та в приміщенні вокзалу про рух поїздів;

- телефонний зв'язок залізничної для зв'язку з підприємствами, організаціями залізниці та підприємствами населеного пункту П.

2.2 Експлуатаційна характеристика станції

Станція П виконує операції прийому та відправлення вантажних, пасажирських і приміських поїздів, роботу з місцевими вагонами, прийому порожніх і відправлення вугільних маршрутів, а також розформування та формування дільничних та збірних поїздів.

Транзитні поїзди обох напрямків приймаються на колії № 6 та 8. У зв'язку зі значною довжиною прилеглих тягових плечей зміна локомотива відбувається для усіх транзитних поїздів.

Поїзди в розформування зі всіх підходів приймаються на одну із вільних колій, що розташовані ближче до сортувального парку (10, 12 та 14). При необхідності допускається приймати дільничні та збірні поїзди на інші колії приймально-відправного парку, оскільки на витяжну колію № 31 є вихід з усіх його колій.

Обробка вантажного поїзда у розформування в приймально-відправному парку складається із наступних операцій:

- закріплення складу поїзду;
- відчеплення локомотива та відправлення його в депо;
- технічного огляд вагонів;
- комерційного огляду вагонів разом із ВОХР;

- контрольної перевірки поїзда;
- перевірки наявності перевізних документів.

Після виконання технічних операцій з поїздом в розформування маневровий локомотив заїжджає під состав та витягує його на витяжну колію № 31. Після зміни напрямку руху состав насувається на сортувальну гірку та розформується із сортувальної гірки, при цьому вагони розподіляються на колії сортувального парку згідно призначень плану формування поїздів (ПФП).

Після накопичення достатньої кількості вагонів на состав поїзда за нормою маси або довжини з ним виконується закінчення формування з використанням витяжної колії, після чого він за допомогою витяжної колії 32 виставляється в приймально-відправний парк на колії 10, 12 або 14 (або на інші вільні).

В приймально-відправному парку состави оглядаються бригадою ПТО та ПКО, після чого, при готовності документів, до нього причіпляється локомотив та поїзд відправляється.

Пасажи́рські дальні та місцеві поїзди приймаються з напрямку А на колії II та 4, після зупинки поїзда виконується посадка та висадка пасажирів, після цих операцій пасажирські поїзди відправляються зі станції II в напрямку станції Б. Пасажи́рські поїзди аналогічних категорій з напрямку Б обслуговують на коліях I та 3, після чого прямують на станцію А.

Приміські поїзди обох напрямків приймаються на колію 4, що біля пасажирської будівлі; після висадки пасажирів вони прямують маневровим порядком на колії відстою приміських поїздів де очікують подачі під посадку та подальшого відправлення на станцію, з якої цей поїзд прибув.

Окрім обслуговування поїздів на станції II виконується місцева робота на під'їзній колії. Після підбірки місцевих вагонів за вантажними фронтами виконується власне подавання їх господарським локомотивом станції на під'їзну колію маневровим порядком. Аналогічним чином місцеві вагони забираються із під'їзної колії на колії сортувального парку де згодом сортуються за допомогою сортувальної гірки за призначеннями.

2.3 Аналіз недоліків конструкції та постановка задачі дипломної роботи

Станція П поєднує дві неелектрифіковані дільниці: А-П та Б-П. Однак у зв'язку зі значним подорожчанням палива керівництвом залізниці було вирішено виконати електрифікацію дільниці А-Б. При цьому, з одного боку (дільниця А-П) запланована електрифікація постійним струмом, з другого боку (дільниця Б-П) – змінним струмом. Оскільки рід струму на ділянках будуть різні, для подальшого прямування составів необхідно створити на станції П пункт стикування ліній з різними системами струму.

Крім цього, необхідність розбудови станції П обумовлена також збільшеним розміром розрахункових вагонопотоків станції.

В даній дипломній роботі будуть розглянуті варіанти перебудови станції П та технології зміни локомотивів, що працюють на різних системах струму.

Для організації на станції П пункту зміни поїзних електровозів необхідно створити окремі приймально-відправні парки для прийому поїздів з різних підходів (у тому числі і поїздів у розформування), а також потрібно побудувати додаткові колії для стоянки поїзних локомотивів в очікуванні причеплення до поїздів.

Варіанти розбудови станції П і технологія зміни поїзних локомотивів, що працюють на різних системами струму, будуть розглянуті в дипломній роботі.

3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ

3.1 Розрахунок маси та кількості вагонів вантажного поїзда

Масу бруutto поїзда можна визначити за формулою [53]:

$$Q_c = \frac{F_{кр} - P_{л} \cdot (w'_0 + i_k)}{w''_0 + i_k}, \quad (3.1)$$

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

$P_{л}$ – розрахункова маса локомотива;

w'_0 – основний питомий опір руху локомотива, $H/кН$;

w''_0 – основний питомий опір руху вагонів, $H/кН$;

i_k – крутизна керівного підйому.

Основний питомий опір руху локомотива w'_0 в режимі тяги під струмом залежить від швидкості руху та конструкції колії. Основний питомий опір руху для електровозів при русі по ланковій колії визначається за формулою:

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

де V_p – розрахункова швидкість руху поїзда, $км/год$.

Основний питомий опір руху вантажних вагонів w''_0 також залежить від конструкції колії та від середньої маси состава, що приходиться на одну вісь колісної пари q_0 (більше $6 т$), визначається за формулою:

$$w''_0 = 0,7 + \frac{a + b \cdot V_p + c \cdot V_p^2}{q_0}, \quad (3.3)$$

де a , b , c – емпіричні коефіцієнти.

Згідно Додатку А.1 відомо:

– на дільниці А-П будуть працювати локомотиви ВЛ10, а на дільниці Б-П – локомотив ВЛ80к;

– керівні уклони рівні: на дільниці А-П 9,4 ‰, на дільниці Б-П 10,2 ‰;

– навантаження на вісь вагону $q_0 = 17,5 \text{ т/вісь}$.

Згідно [53] приймаємо:

– розрахункова сила тяги локомотива: для ВЛ10 $F_{кр} = 46000 \text{ Н/кН}$, а для ВЛ80к $F_{кр} = 49000 \text{ Н/кН}$;

– маса локомотива: для ВЛ10 $P = 184 \text{ т}$, для ВЛ80к також $P = 184 \text{ т}$;

– розрахункова швидкість локомотива: для ВЛ10 $V_p = 46,7 \text{ км/год}$, а для ВЛ80к $V_p = 44,2 \text{ км/год}$;

– емпіричні коефіцієнти $a = 3$; $b = 0,1$; $c = 0,0025$.

Виконаємо розрахунки за формулами (3.1)–(3.3):

– дільниця А-П (локомотив ВЛ10):

$$w'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot 46,7 + 0,0003 \cdot 46,7^2 = 3,021 \text{ Н/кН};$$

$$w''_0 = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 46,7 + 0,0025 \cdot 46,7^2}{17,5} = 1,45 \text{ Н/кН}.$$

В результаті отримаємо:

$$Q_c = \frac{46000 - 184 \cdot (3,021 + 9,4)}{1,45 + 9,4} = 4028 \text{ т}.$$

– дільниця Б-П (локомотив ВЛ80к):

$$w'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot 44,2 + 0,0003 \cdot 44,2^2 = 2,928 \text{ Н/кН}.$$

$$w''_0 = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 44,2 + 0,0025 \cdot 44,2^2}{17,5} = 1,403 \text{ Н/кН}.$$

В результаті отримаємо:

$$Q_c = \frac{49000 - 184 \cdot (2,928 + 10,2)}{1,403 + 10,2} = 4014 \text{ т}.$$

Маса состава згідно [53] встановлюється з точністю до 50 т в меншу сторону. Таким чином, маса поїзда на обох дільницях становитиме $Q_c = 4000 \text{ т}$.

3.2 Розрахунок обсягів вантажних та пасажирських перевезень

Кількість вагонів у складі вантажного поїзда визначається за формулою:

$$m_c = \frac{Q_c}{q_B}, \quad (3.4)$$

де q_B – середня маса бруто одного вагона, т; визначимо її за формулою:

$$q_B = n_{oc} q_0, \quad (3.5)$$

де n_{oc} – кількість осей у вантажному вагоні; $n_{oc} = 4$.

Отже

$$q_B = 4 \cdot 17,5 = 70 \text{ т.}$$

При цьому кількість вагонів становитиме:

$$m_c = \frac{4000}{70} = 57,14 \text{ ваг}$$

Приймаємо у складі вантажного поїзда $m_c = 57$ вагонів.

Корисна довжина приймально-відправних колій визначається за формулою:

$$L_{кор} = m_c l_{ваг} + l_{лок} + a \quad (3.6)$$

де $l_{ваг}$ – довжина вагона по осях автозчеплень, м;

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

a – допуск на неточність встановлення поїзда, м.

Згідно [53] прийнято для обох локомотивів і ВЛ10 і ВЛ80к $l_{лок} = 33$ м, а з [54]

взято $a = 10$ м, $l_{ваг} = 14$ м.

Розраховуємо корисну довжину приймально-відправної колії:

$$L_{кор} = 57 \cdot 14 + 33 + 10 = 841 \text{ м}$$

Так як необхідна корисна довжина приймально-відправних колій становить

841 м, що менше стандартної їх довжини 850 м, тож мінімальна корисна довжина колій станції П буде прийнята 850 м, що відповідає мінімальній довжині існуючих колій.

Транзитний вагонопотік без переробки та потік з переробкою взято із Додатку А (таблиці А.3 та А.4) та наведено, відповідно, в таблицях 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Розміри транзитного вагонопотоку без переробки станції П

Із	На		Всього
	А	Б	
А	969	969	969
Б	969	969	969
Всього	969	969	1938

Таблиця 3.2 – Розміри вагонопотоку з переробкою станції П

Із	На			Всього
	А	Б	П	
А	185	167	18	185
Б	174	189	15	189
П	18	15	33	33
Всього	192	182	33	407

За даними таблиці 3.1 визначимо кількість транзитних вантажних поїздів, що прибувають на станцію П. Наприклад, з дільниці А на станцію Б прямує 969 вагонів щодобово. При цьому, кількість поїздів із 57 вагонів визначається як:

$$N_{\text{тр}}^{\text{А-Б}} = \frac{969}{57} = 17 \text{ поїздів.}$$

Подальші розрахунки виконуються аналогічно; результати розрахунків наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розміри транзитного поїздопотіку станції П

Із	На		Всього
	А	Б	
А	17	17	17
Б	17	17	17
Всього	17	17	34

Отже, по станції П по прилеглим лініям проходять 17 пар вантажних транзитних поїздів по 57 вагонів.

Окрім обслуговування транзитних поїздів на станції П виконується обслуговування поїздів у розформування.

Приклад розрахунку кількості поїздів у розформування із А:

$$N_p^A = \frac{185}{57} = 3,3 \text{ поїзда.}$$

Прийнято 4 поїзда, при чому із них 2 дільничні та 2 збірні.

Результати усіх розрахунків зведені до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Розміри вагоно- та поїздопотоку станції П з переробкою

Із	На			Всього вагонів	П		Всього поїздів
	А	Б	П		Дільничні поїзди	Збірні поїзди	
А	167	167	18	185	2	2	2/2 ¹⁾
Б	174	18	15	189	2	2	2/2
П	18	15	33	33	2	2	2 ²⁾
Всього вагонів		192	182	33	407	4	4
П	Дільничні поїзди	2	2	2	2	4	4
	Збірні поїзди	2	2	2	2	4	4
Всього поїздів		2/2	2/2	2/0	4	4	6/4

Примітки: ¹⁾ в чисельнику – дільничні поїзди, в знаменнику – збірні поїзди;

²⁾ передаточні поїзди із 20 вагонів (згідно Додатку А).

На станції П обслуговуються пасажирські поїзди дальнього та приміського сполучення.

Розміри пасажирського руху по прилеглим до станції П ділянкам (згідно Додатку А) зведені до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Розміри встановленого пасажирського руху станції П

Із	На			Всього
	А	Б	П	
А	5	5	2	5/2 ¹⁾
Б	5	5	2	5/2
П	2	2	0	0/4
Всього	5/2	5/2	0/4	10/8

Примітка: ¹⁾ в чисельнику – дальні пасажирські поїзди, в знаменнику – приміські поїзди.

3.3 Визначення необхідної пропускної спроможності і кількості головних колій прилеглих ліній

Необхідна пропускна спроможність прилеглих ліній визначається за формулою [54]:

$$N_n = \alpha \cdot (N_{\text{вант}} + N_{\text{пас}} \cdot \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}} (\varepsilon_{\text{зб}} - 1)), \quad (3.6)$$

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

$N_{\text{вант}}$ – кількість вантажних поїздів на лінії з врахуванням 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 пасажирськими і збірними, приймаємо $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,5$; $\varepsilon_{\text{зб}} = 2,0$.

Визначаємо необхідну пропускну спроможність ділянок, прилеглих до станції П:

– ділянка А – П:

$$N_n = 1,2 \cdot (21 + 7 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) = 40,2 \approx 41 \text{ пара поїздів}$$

– ділянка Б – П:

$$N_n = 1,2 \cdot (21 + 7 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) = 40,2 \approx 41 \text{ пара поїздів}$$

Оскільки значення пропускної спроможності не перевищують 48 пар поїздів за добу, то потрібне технічне оснащення обох ділянок складає 1-колісну лінію з 2-колійними вставками з диспетчерською централізацією. Однак, як було вказано в розділі 1, до станції П примикають два двоколіїні перегони, оснащені автоблокуванням, що краще, ніж розрахункове оснащення, а відтак жодної реконструкції ділянок робити не потрібно.

4 РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ РОЗВИТКУ СТАНЦІЇ

Стикування систем струму на станції П, що передбачається проектом, вимагає розвитку її технічного оснащення, який втілюється в необхідності будівництва окремого приймально-відправного парку (ПВ2), локомотивного господарства (ЛГ2) та ряду допоміжних колій, які будуть оснащені контактною мережею постійного струму, а також оснащення ряду існуючих колій мережею змінного та комбінованого струму.

Для вибору місця розташування приймально-відправного парку, що проектується, розглянемо ряд можливих варіантів, з яких буде вибрано доцільний варіант для розробки варіантів конструкції його горловин та вибору із них кінцевого варіанту за економічними показниками, який і буде використаний для реалізації.

4.1 Характеристика першого варіанту розташування нового приймально-відправного парку

Розташування приймально-відправного парку для прийому поїздів з локомотивами змінного струму прийнято послідовним до існуючого парку, з непарного боку станції праворуч відносно головної колії для руху непарних поїздів. Схематичне зображення даного варіанту приведене на рисунку 4.1.

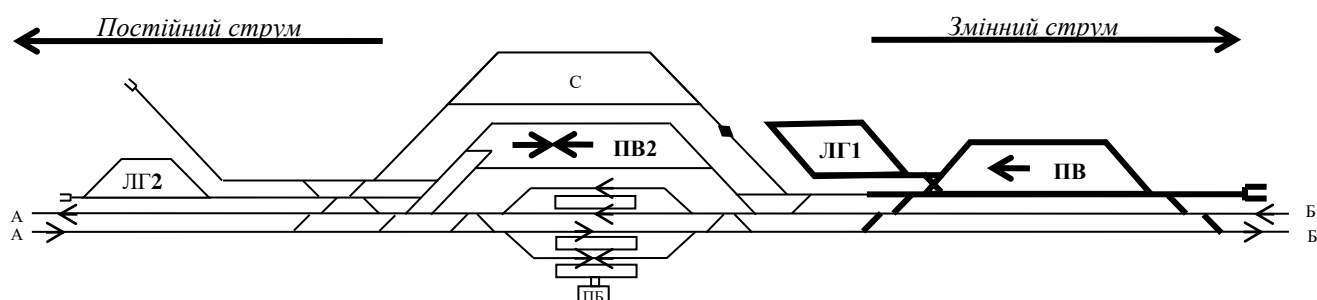


Рисунок 4.1 – Перший варіант схеми розвитку станції П

Спеціалізація парків прийнята наступна:

- парк ПВ1 призначений для прийому транзитних поїздів, а також поїздів у розформування із Б;
- парк ПВ2 призначений для прийому транзитних поїздів, поїздів у розформування із А, а також для виставки поїздів свого формування із парку С.

При прийомі та відправленні поїздів із ПВ2 відбувається перетинання марш-

путів їх руху з маршрутами руху пасажирських поїздів та поїздів, що відправляються із ПВ1.

Локомотивне господарство для електровозів постійного струму (ЛГ2) створюється на базі існуючого локомотивного господарства, а локомотивне депо для електровозів змінного струму (ЛГ1) проектується у центральній горловині станції П біля нового парку ПВ1 та парку С.

Переваги даної схеми: схема набула типу схеми з поздовжнім розташуванням парків, у зв'язку з чим забезпечується поточність руху поїздів, крім того, у зв'язку з розташуванням ЛГ1 для поїзних локомотивів змінного струму між парками, пробіг цих локомотивів мінімальний – схема забезпечує зручну передачу локомотивів з одного парку в інший.

Проте недоліком цієї схеми є: недостатня компактність центральної горловини, значно ускладнюється робота горловини розформування станції П. Крім того виникає необхідність зносу деяких споруд станції, що приведе до зростання будівельних витрат.

4.2 Характеристика другого варіанту розташування нового приймально-відправного парку

Розташування приймально-відправного парку для прийому поїздів з локомотивами змінного струму прийнято послідовним до існуючого парку з непарного боку станції П, праворуч відносно головної колії для руху парних поїздів.

Схематичне зображення даного варіанту приведене на рисунку 4.2.

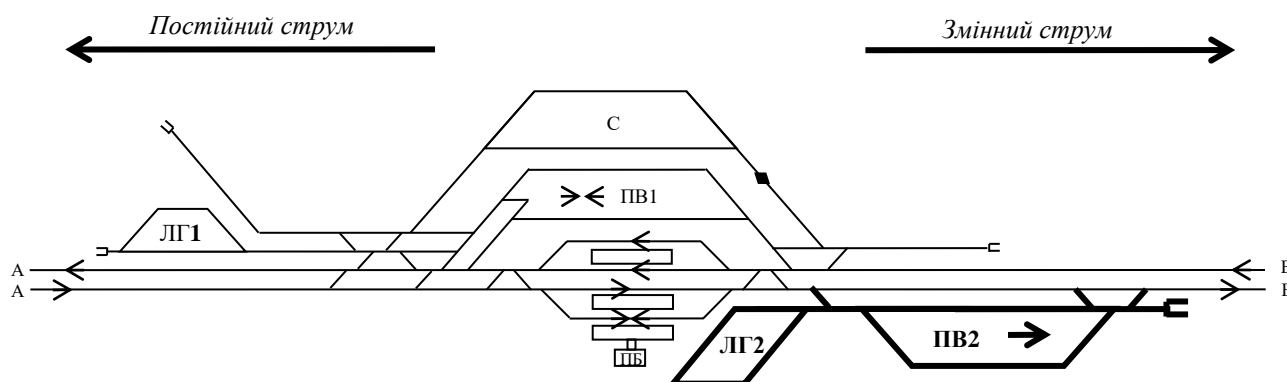


Рисунок 4.2 – Другий варіант схеми розвитку станції П

Спеціалізація парків прийнята наступна:

- парк ПВ1 призначений для прийому транзитних поїздів, а також поїздів у розформування із Б, а також для виставки поїздів свого формування із парку С;
- парк ПВ2 призначений для прийому всіх поїздів із А.

Варіант характеризується малою кількістю перетинань маршрутів: при прийомі та відправленні поїздів із ПВ2 немає перетинань маршрутів їх руху з маршрутами руху пасажирських поїздів та поїздів, що відправляються із ПВ1.

Локомотивне господарство для електровозів змінного струму (ЛГ1) створюється на базі існуючого локомотивного господарства, а локомотивне депо для електровозів постійного струму (ЛГ2) проектується у центральній горловині станції біля нового парку ПВ1, поруч з пасажирською будівлею (ПБ).

Переваги даної схеми: ця схема теж має тип з поздовжнім розташуванням парків, однак при цьому відсутні перетинання головних колій при русі парних поїздів; забезпечується поточність руху та компактність центральної горловини. Також, у зв'язку з розташуванням ЛГ1 для поїзних локомотивів змінного струму між парками, пробіг цих локомотивів мінімальний – схема забезпечує зручну передачу локомотивів з одного парку в інший і на колії відстою локомотивів.

Недоліком цієї схеми є: перепробіг парних поїздів та локомотивів, що працюють на постійному тоці, незручна організація роботи з поїздами у розформування із А.

4.3 Характеристика третього варіанту розташування нового приймально-відправного парку

Дана схема за технологічними особливостями подібна до другої схеми.

Спорудження нового парку ПВ2 відбувається з парного напрямку з правого боку відносно головної колії для руху парних поїздів, поряд з пасажирськими коліями, у зв'язку з чим схема набула вигляду класичної поздовжньої схеми дільничної станції.

Схематичне зображення даного варіанту приведене на рисунку 4.3.

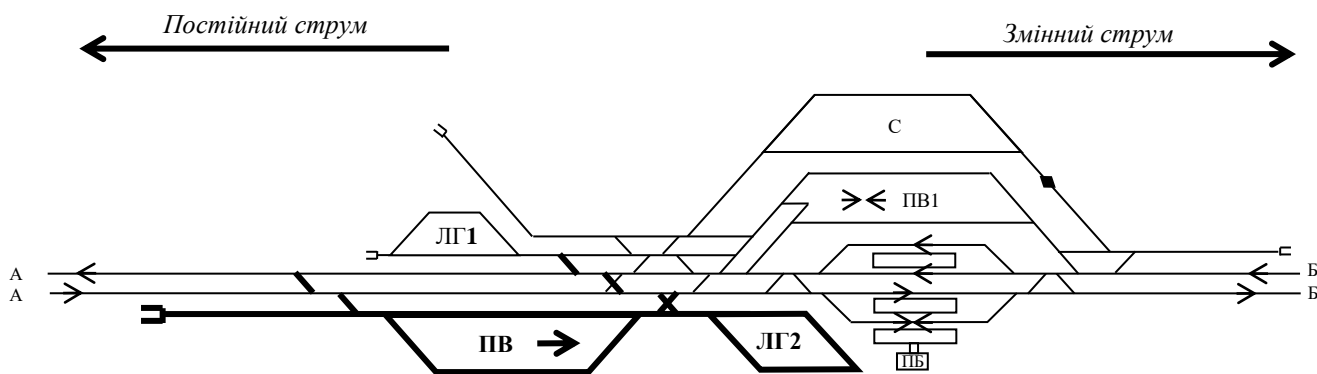


Рисунок 4.3 – Третій варіант схеми розвитку станції П

Спеціалізація парків прийнята наступна:

- парк ПВ1 призначений для прийому транзитних поїздів і поїздів у розформування із Б, а також для виставки поїздів свого формування із парку С;
- парк ПВ2 призначений для прийому всіх поїздів із А.

Цей варіант також, як і попередній, характеризується малою кількістю перетинань маршрутів: при прийомі та відправленні поїздів із ПВ2 немає перетинань маршрутів їх руху з маршрутами руху пасажирських поїздів та поїздів, що відправляються із ПВ1. Крім цього, в даному варіанті немає зайвих пробігів парних поїздів та локомотивів постійного струму.

Локомотивне господарство для електровозів змінного струму (ЛГ1) створюється на базі існуючого локомотивного господарства, а локомотивне господарство для електровозів постійного струму (ЛГ2) проектується у центральній горловині станції, між новим парком ПВ1 та пасажирськими коліями.

Переваги даної схеми: схема, як і попередні, має тип з поздовжнім розташуванням парків, однак при цьому відсутні перетинання головних колій при русі парних поїздів; забезпечується поточність руху та компактність центральної горловини, зручна кореспонденція локомотивів між парками.

Недоліком цієї схеми є: значна довжина маневрових напіврейсів з поїздами у розформування із А.

4.4 Характеристика четвертого варіанту розташування нового приймально-відправного парку

Розташування приймально-відправного парку для прийому парних поїздів з локомотивами постійного струму ПВ2 (дивись рисунок 4.4) прийнято послідовним до існуючого парку з парного боку станції П, ліворуч відносно головної колії для руху цих поїздів.

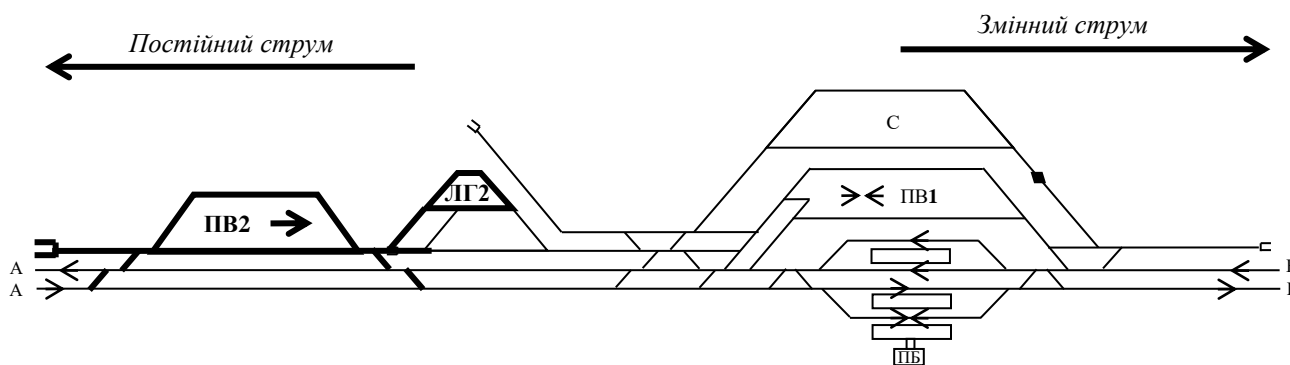


Рисунок 4.4 – Четвертий варіант схеми розвитку станції П

Спеціалізація парків прийнята наступна:

- парк ПВ1 призначений для прийому транзитних поїздів, а також поїздів у розформування із Б, а також для виставки поїздів свого формування із парку С;
- парк ПВ2 призначений для прийому транзитних поїздів та поїздів у розформування із А.

За експлуатаційними характеристиками схема подібна на перший варіант розвитку станції.

При прийомі та відправленні поїздів із ПВ2 відбувається перетинання маршрутів їх руху з маршрутами руху пасажирських поїздів та поїздів, що відправляються із ПВ1.

Локомотивне господарство для електровозів змінного струму (ЛГ1) створюється на базі існуючого локомотивного господарства, а локомотивне депо для електровозів постійного струму (ЛГ2) проектується поруч з ним, що дозволяє об'єднати ці господарства в єдиний комплекс.

Переваги даної схеми: схема має поздовжнє розташуванням парків, у зв'язку з чим забезпечується поточність руху поїздів, крім того, у зв'язку з розташуванням

обох ЛГ між парками, пробіг всіх поїзних локомотивів мінімальний – схема забезпечує зручну передачу локомотивів з одного парку в інший.

Проте недоліком цієї схеми є: недостатня компактність станційної площадки, значно ускладнюється робота з поїздами у розформування з А, яка вимагатиме виконання маневрових пересувань через головні колії.

4.5 Характеристика п'ятого варіанту розташування нового приймально-відправного парку

Розташування приймально-відправного парку для прийому парних поїздів з локомотивами постійного струму ПВ2 (дивись рисунок 4.5) прийнято паралельним до існуючого парку станції П, праворуч від головної колії для руху парних поїздів, у зв'язку з чим пасажирська будівля набуде острівного розташування.

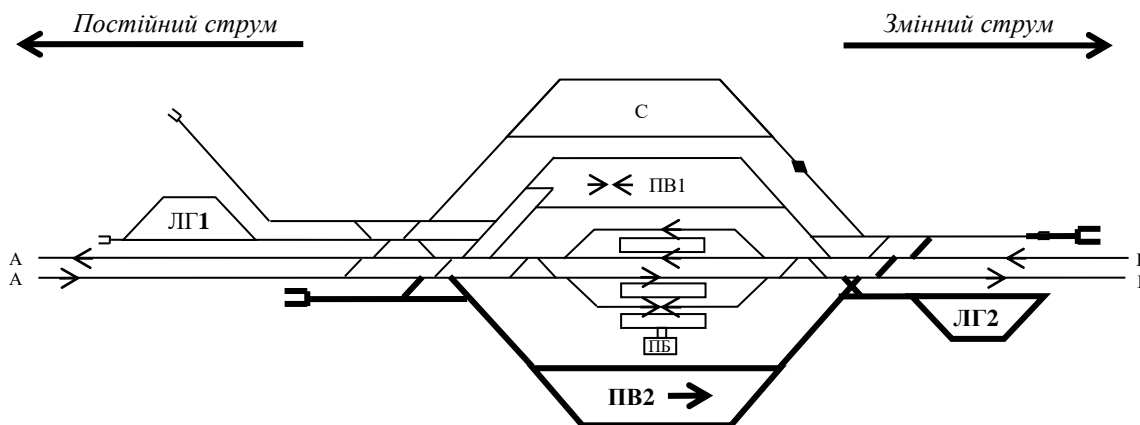


Рисунок 4.5 – П'ятий варіант схеми розвитку станції П

Спеціалізація парків прийнята наступна:

- парк ПВ1 призначений для прийому транзитних поїздів і поїздів у розформування із Б, а також для виставки поїздів свого формування із парку С;
- парк ПВ2 призначений для прийому всіх поїздів із А.

Цей варіант також, як деякі попередні, характеризується малою кількістю перетинань маршрутів: при прийомі та відправленні поїздів із ПВ2 немає перетинань маршрутів їх руху з маршрутами руху пасажирських поїздів та поїздів, що відправляються із ПВ1.

Локомотивне господарство для електровозів змінного струму (ЛГ1) створюю-

ється на базі існуючого локомотивного господарства, а локомотивне господарство для електровозів постійного струму (ЛГ2) проектується у вихідній (непарній) горловині станції П.

Переваги даної схеми: схема, на відміну від попередніх, має тип з паралельним розташуванням парків, при цьому відсутні перетинання головних колій при русі парних поїздів; відносно проста робота з поїздами у розформування зі всіх підходів.

Недоліком цієї схеми є: перетинання головних колій при витягування поїздів у розформування із А, незручна робота з поїзними локомотивами, необхідність спорудження парку на привокзальній території зі знесенням усієї створеної там інфраструктури.

4.6 Вибір варіанту розташування нового приймально-відправного парку

Проаналізувавши усі розглянуті варіанти розбудови станції для подальшого, більш детального, розгляду обираємо варіант №3 з класичним послідовним розташуванням парків, що забезпечить високу поточність руху поїздів, відсутність перетинань поїзних маршрутів, зручну роботу локомотивів різних систем струму та інші переваги.

Після електрифікації та перебудови станції П за цим варіантом вона буде мати наступну спеціалізацію парків:

- парк ПВ1 призначений для прийому транзитних поїздів і поїздів у розформування із Б, а також для виставки поїздів свого формування із парку С;
- парк ПВ2 призначений для прийому всіх поїздів із А.

Вибираємо даний варіант експертним чином, проаналізувавши його переваги та недоліки та порівнявши їх з перевагами та недоліками інших варіантів. Визначення економічних показників для такого вибору в рамках даного дипломного проекту не передбачалося.

Усі транзитні поїзди станції П мають зміну локомотиву.

5 ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ КОЛІЙ У ПАРКАХ СТАНЦІЇ

Для прийнятої у розділі 4 схеми станції П виконаємо перевірку існуючого технічного оснащення у парку ПВ1, та визначимо колійний розвиток парку ПВ2.

Кількість колій в приймально-відправному парку згідно [54] визначається за формулою:

$$m = \sum_{j=1}^n \frac{\bar{t}_{\text{зан}}}{I_j} \cdot \gamma_j, \quad (5.1)$$

де $\bar{t}_{\text{зан}}$ – середньозважена тривалість зайняття колії поїздом у відповідному парку;

I_j – розрахунковий інтервал прибуття поїздів j -ої лінії;

γ_j – доля поїздів з j -ої лінії.

n – кількість ліній, прилеглих до станції.

5.1 Визначення середньозваженої тривалості зайняття колії поїздом

5.1.1 Методика визначення середньозваженої тривалості зайняття колії поїздом

Середньозважена тривалість зайняття колії приймально - відправного парку визначається за формулою:

$$\bar{t}_{\text{зан}} = \frac{\sum_{i=1}^k t_{\text{зан}} \cdot N_i}{\sum_{i=1}^k N_i}, \quad (5.2)$$

де $t_{\text{зан}}$ – тривалість зайняття колії поїздом i -ої групи;

N_i – середньодобова кількість поїздів i -ої групи, які обробляються в парку;

k – кількість груп поїздів.

Тривалість зайняття колії приймально-відправного парку поїздом кожної групи складається з двох елементів:

$$t_{\text{зан}} = t_{\text{т}} + t_{\text{ов}}, \quad (5.3)$$

де $t_{\text{т}}$ – тривалість виконання всіх технологічних операцій з поїздом в парку з врахуванням міжопераційних інтервалів;

$t_{\text{ов}}$ – тривалість очікування виводу (відправлення або забирання) поїзда з парку.

Тривалість технологічних операцій з поїздами залежить від їх категорії. В нашому випадку шість категорій:

– Транзитні зі зміною локомотива:

$$t_{\text{т}}^{\text{ТЗЛ}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{оч}}^{\text{ТЗЛ}} + t_{\text{об}}^{\text{ТЗЛ}} + t_{\text{мит}} + t_{\text{відпр}}. \quad (5.4)$$

– Дільничний, що надходить в переробку:

$$t_{\text{т}}^{\text{д}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{оч}}^{\text{д}} + t_{\text{об}}^{\text{д}} + t_{\text{приб}}. \quad (5.5)$$

– Збірний, що надходить в переробку:

$$t_{\text{т}}^{\text{зб}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{оч}}^{\text{зб}} + t_{\text{об}}^{\text{зб}} + t_{\text{приб}}. \quad (5.6)$$

– Поїзд свого формування (дільничний, збірний):

$$t_{\text{т}}^{\text{зб}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{оч}}^{\text{сф}} + t_{\text{об}}^{\text{сф}} + t_{\text{відпр}}. \quad (5.7)$$

де $t_{\text{пр}}$ – тривалість зайняття колії при прийомі поїзда на станцію;

$t_{оч}^{ТЗЛ}$, $t_{оч}^д$, $t_{оч}^{зб}$, $t_{оч}^{сф}$, $t_{оч}^{МПВ}$, $t_{оч}^{МВ}$ – тривалість очікування обробки поїзда відповідної категорії, яке виникає в період згущення прибуття поїздів на станцію;

$t_{об}^{ТЗЛ}$, $t_{об}^д$, $t_{об}^{зб}$, $t_{об}^{сф}$, $t_{об}^{МПВ}$, $t_{об}^{МВ}$ – тривалість обробки поїзда відповідної категорії, визначаємо згідно [54];

$t_{відпр}$ – тривалість зайняття колії при відправленні поїзда зі станції;

$t_{приб}$ – тривалість зайняття колії при прибиранні та подачі состава на витяжну колію;

$t_{оч}^{приб}$, $t_{оч}^{под}$ – тривалість очікування прибирання та подачі состава на витяжну колію.

Для усіх категорій поїздів тривалість очікування визначимо як

$$t_{оч} = 0,35 \cdot t_{об}, \quad (5.8)$$

Тривалість зайняття 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:

$$t_{пр} = t_m + \frac{0,06 \cdot L''_{бд}}{V} + \frac{0,06 \cdot (L'_{бд} + L_{вх})}{V_{вх}}, \quad (5.9)$$

де $L'_{бд}$, $L''_{бд}$ – довжина блок-ділянки, приймаємо $L'_{бд} = 1200$ м, $L''_{бд} = 1000$ м;

V – встановлена швидкість слідування поїзда по перегону, км/год;

$V_{вх}$ – середня швидкість входу поїзда на станцію, приймаємо з [54]

$V_{вх} = 40$ км/год;

t_m – тривалість приготування маршруту та відкриття сигналу, приймаємо

$t_m = 0,1$ хв;

$L_{вх}$ – відстань, яку проходить поїзд від вхідного сигналу до зупинки на колії приймально-відправного парку.

Середня швидкість входу поїзда на станцію розраховується, як

$$V = 0,8 \cdot V_{\max}, \quad (5.10)$$

де V_{\max} – максимальна швидкість руху по перегону, км/год.

Відстань входу поїзда на станцію визначається як

$$L_{\text{вх}} = l_c + l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (5.11)$$

де l_c – відстань від вхідного сигналу до першої стрілки горловини, м;

$l_{\text{гор}}$ – довжина горловини парку, приймаємо $l_{\text{гор}} = 300$ м;

$l_{\text{п}}$ – довжина поїзда, м.

$$l_{\text{п}} = m_c \cdot l_{\text{в}} + l_{\text{л}}, \quad (5.12)$$

де m_c – кількість вагонів в составі;

$l_{\text{в}}$ – середня довжина вагону, приймаємо $l_{\text{в}} = 14$ м;

$l_{\text{л}}$ – довжина локомотиву, для електровозів ВЛ10 та ВЛ80 $l_{\text{л}} = 33$ м.

5.1.2 Визначення тривалості операцій з поїздом

Визначимо швидкість руху поїздів на лінії.

З [53] прийmemo $V_{\max} = 100$ км/год. Тоді

$$V = 0,8 \cdot 100 = 80 \text{ км/год};$$

Довжина поїзда складе

$$l_{\text{п}} = 57 \cdot 14 + 33 = 831 \text{ м.}$$

При електричній тязі $l_c = 300$ м, тоді

$$L_{\text{вх}} = 300 + 400 + 831 = 1531 \text{ м.}$$

Тоді час прийому поїзда складе

$$t_{\text{пр}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1000}{80} + \frac{0,06 \cdot (1200 + 1531)}{40} = 4,95 \text{ хв}$$

Тривалість зайняття маршруту при відправленні поїзда визначається за формулою:

$$t_{\text{відпр}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot L_{\text{вих}}}{V_{\text{вих}}}, \quad (5.13)$$

де $V_{\text{вих}}$ – середня швидкість виходу поїзда з урахуванням розгону, м;

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

$$L_{\text{вих}} = l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (5.14)$$

$$L_{\text{вих}} = 400 + 831 = 1231 \text{ м};$$

Згідно [54] приймаємо $V_{\text{вих}} = 35 \text{ км/год}$. Тоді отримаємо

$$t_{\text{відпр}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1231}{35} = 2,21 \text{ хв.}$$

Тривалість зайняття приймально-відправної колії при подачі та прибиранні поїзда визначається як тривалість відповідних напіврейсів подачі $t_{\text{под}}$ та прибирання вагонів $t_{\text{приб}}$:

$$t = a + b \cdot m_{\text{с}}, \quad (5.15)$$

де a , b – нормативні коефіцієнти; значення обираємо в залежності від довжини напіврейсів;

$m_{\text{с}}$ – кількість фізичних вагонів у маневровому составі.

Довжина напіврейсу складає:

$$\text{для парку ПВ1} \quad l_1 = l_{\text{гор1п}} + l_{\text{п}}, \quad (5.16)$$

$$l_1 = 400 + 831 = 1231 \text{ м};$$

$$\text{для парку ПВ2} \quad l_2 = l_{\text{гор1н}} + l_{\text{кор1}} + l_{\text{гор1п}} + l_{\text{гор2н}} + l_{\text{п}}, \quad (5.17)$$

$$l_2 = 400 + 850 + 350 + 300 + 831 = 2731 \text{ м};$$

Згідно [54] встановлюємо значення коефіцієнтів a та b :

для ПВ1 $a=2,56 \text{ хв}$, $b = 0,044 \text{ хв / ваг}$, тоді отримаємо

$$t_1 = 2,56 + 0,044 \cdot 57 = 7,23 \text{ хв}$$

для ПВ2 $a=4,78 \text{ хв}$, $b = 0,126 \text{ хв / ваг}$, тоді отримаємо

$$t_2 = 4,78 + 0,126 \cdot 57 = 11,96 \text{ хв}$$

Для визначення тривалості обслуговування бригадою ПТО вантажних составів поїздів виконаємо розподіл поїздопотоків між парками станції П у таблиці 5.1 з використанням даних табл. 3.3 та 3.4.

Таблиця 5.1– Розподіл вантажних поїздопотоків по паркам станції П

На \ З		А	Б	Д		Разом
				дільничні	збірні	
А		-	17*/ ПВ2	2 / ПВ2	2 / ПВ2	21
Б		17*/ ПВ1	-	2 / ПВ1	2 / ПВ1	21
Д	дільничні	2/ ПВ1	2/ ПВ1			
	збірні	2/ ПВ1	2/ ПВ1			
Разом		21	21			42

Примітки: чисельник – кількість вантажних поїздів;

знаменник – номер парку, в який надходять поїзда;

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

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

$$t_{\text{то}} = \frac{\tau m_c}{K_{\text{гр}}} + a, \quad (5.18)$$

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

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

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:

$$t_{то} = \frac{\tau m_c}{K_{гр}} + \alpha t_{рем} + a, \quad (5.19)$$

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

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

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО визначається за формулою:

$$\Psi_{бр} = \frac{N t_{то}}{1440 S}, \quad (5.20)$$

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

S – кількість бригад ПТО, $S=1$.

Отримане за формулою (5.20) 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. 5.1 для парка ПВ1 кількість транзитних поїздів без зміни локомотива та поїздів, що надходять в переробку, дорівнює $0+4=4$, кількість транзитних поїздів зі зміною локомотива та поїздів свого формування – $17+8=25$. Для парку ПВ2 кількість транзитних поїздів без зміни локомотива та поїздів, що надходять в переробку дорівнює $0+4=4$, транзитних поїздів зі зміною локомотива – 17.

Так, при составі поїзда $m = 57$ вагонів, $\tau = 0.9$ хв, $K_{гр} = 1$ група для парка ПВ1:

- тривалість технічного обслуговування составу поїзда, що надходить в переробку:

$$t_{\text{то}} = \frac{0,9 \cdot 57}{1} + 2 = 53,3 \text{ хв};$$

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

$$t_{\text{то}} = \frac{0,9 \cdot 57}{1} + 0,2 \cdot 12 + 2 = 55,7 \text{ хв};$$

- коефіцієнт завантаження бригади ПТО:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{4 \cdot 53,3 + 25 \cdot 55,7}{1440 \cdot 1} = 1,11.$$

Результати всіх розрахунків тривалостей технічного обслуговування составів поїздів і коефіцієнтів завантаження бригади ПТО у парках ПВ1 і ПВ2 заносимо у таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 Тривалість технічного обслуговування составів поїздів і коефіцієнти завантаження бригади ПТО

K _{гр}	Тривалість технічного обслуговування $t_{\text{то}}$, хв		$\Psi_{\text{бр}}$	
	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	53,3	55,7	0,96	0,81
2	27,65	30,05	0,52	0,43
3	19,1	21,5	0,37	0,31
4	14,83	17,23	0,29	0,24

Для парку ПВ1 у діапазоні 0,75...0,85 знаходиться значення коефіцієнта завантаження бригади ПТО при 2 групах у ній ($\Psi_{бр} = 0,52$), що відповідає наявній кількості груп бригади ПТО на станції. Для парку ПВ2 у діапазоні 0,75...0,85 знаходиться значення коефіцієнта завантаження бригади ПТО у разі 1 групи у ній ($\Psi_{бр} = 0,81$). Оскільки даний парк буде проектуватись, то ж доцільно прийняти саме так кількість груп у бригаді ПТО для нього.

Отже, згідно розрахунків в ПВ1 потрібно 2 групи в бригаді ПТО і тому тривалість огляду вагонів складе 27,65 хв для поїздів у розформування та транзитних поїздів без зміни локомотивів, та 30,05 хв для решти поїздів.

В ПВ2 потрібно 1 групу в бригаді ПТО і тому тривалість огляду вагонів складе 53,3 хв для поїздів у розформування та транзитних поїздів без зміни локомотивів, та 55,7 хв для решти поїздів.

Крім цього, для отримання тривалості обслуговування поїздів у приймально-відправних парках станції, для збірного поїзда, що надходить у переробку, до отриманої в табл. 5.2 тривалості технічного огляду 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.

Тривалість виконання технологічних операцій з поїздами різних категорій в парку ПВ1:

– Транзитні зі зміною локомотива:

$$t_T^{тзл} = 4,95 + 0,35 \cdot 40,05 + 40,05 + 2,21 = 61,23 \text{ хв.}$$

– Дільничний, що надходить в переробку:

$$t_T^д = 4,95 + 0,35 \cdot 27,65 + 27,65 + 7,23 = 49,51 \text{ хв.}$$

– Збірний, що надходить в переробку:

$$t_T^з = 4,95 + 0,35 \cdot 32,65 + 32,65 + 7,23 = 56,26 \text{ хв.}$$

– Поїзд свого формування:

$$t_T^{сф} = 7,23 + 0,35 \cdot 40,05 + 40,05 + 2,21 = 63,51 \text{ хв.}$$

Тривалість виконання технологічних операцій з поїздами різних категорій в парку ПВ2:

– Транзитні зі зміною локомотива:

$$t_T^{\text{ТЗЛ}} = 4,95 + 0,35 \cdot 65,7 + 65,7 + 2,21 = 95,86 \text{ хв.}$$

– Дільничний, що надходить в переробку:

$$t_T^{\text{Д}} = 4,95 + 0,35 \cdot 53,3 + 53,3 + 11,96 = 88,87 \text{ хв.}$$

– Збірний, що надходить в переробку:

$$t_T^{\text{З}} = 4,95 + 0,35 \cdot 58,3 + 58,3 + 11,96 = 95,62 \text{ хв.}$$

5.1.3 Визначення тривалості очікування виводу поїздів

Тривалість очікування відправлення вантажних поїздів визначається окремо для кожної прилеглої до парку лінії за формулою:

$$t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot N_{\text{в}} \cdot (1 + \mathcal{G}_{\text{від}}^2)}{N_{\text{в}}^{\text{max}} \cdot (N_{\text{в}}^{\text{max}} - N_{\text{в}})}, \quad (5.18)$$

де $N_{\text{в}}^{\text{max}}$ – максимальна кількість вантажних поїздів;

$\mathcal{G}_{\text{від}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів відправлення на лінію, приймаємо $\mathcal{G}_{\text{від}} = 0,7$.

Максимальна кількість вантажних поїздів розраховується за формулою:

$$N_{\text{в}}^{\text{max}} = N - N_{\text{пас}} \cdot \varepsilon_{\text{пас}} - N_{\text{зб}} \cdot (\varepsilon_{\text{зб}} - 1), \quad (5.19)$$

де N – наявна пропускна спроможність лінії.

Наявна пропускна спроможність лінії N залежить від багатьох факторів. З одного боку, вона менше максимальної пропускної спроможності лінії, визначену величиною мінімального інтервалу між поїздами I_{min} внаслідок ремонтних робіт, нерівномірності руху. З іншого боку, для забезпечення надійної роботи ділянки, наявна пропускна спроможність не повинна бути менш за потрібну, розраховану з урахуванням резерву.

Величину наявної пропускної спроможності N визначимо по потрібній про-

пускній спроможності N_{Π} [54]:

Лінія А – П:

$$N_{\Pi}^{A-\Pi} = 41 \text{ пар поїздів};$$

$$N = 54 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{\Pi}^{\max} = 54 - 7 \cdot 1,5 - 2 \cdot (2 - 1) = 41 \text{ пар поїздів}.$$

Лінія Б – П:

$$N_{\Pi}^{B-\Pi} = 41 \text{ пар поїздів};$$

$$N = 54 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{\Pi}^{\max} = 54 - 7 \cdot 1,5 - 2 \cdot (2 - 1) = 41 \text{ пар поїздів}.$$

Тоді час очікування відправлення на будь-яку лінію буде дорівнювати:

$$\bar{t}_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot 21 \cdot (1 + 0,7^2)}{41 \cdot (41 - 21)} = 27,47 \text{ хв.}$$

Середній простій поїздів в приймально-відправному парку в очікуванні прибирання розраховується за формулою:

$$\bar{t}_{\text{оприб}} = \frac{N_p \cdot t_r^2 \cdot (1 + \nu^2)}{2 \cdot (1440 - N_p \cdot t_r)}, \quad (5.20)$$

де ν_2 – коефіцієнт варіації гіркового технологічного інтервалу, приймається згідно [54] $\nu_2 = 0,5$.

t_r - гірочний технологічний інтервал, приймається згідно [54] $t_r = 30 \text{ хв.}$

$$\bar{t}_{\text{оприб}} = \frac{4 \cdot 30^2 \cdot (1 + 0,5^2)}{2 \cdot (1440 - 4 \cdot 30)} = 1,7 \text{ хв}$$

5.1.4 Розрахунок середньозваженого зайняття колії поїздом

Розрахунок тривалості $\bar{t}_{\text{зан}}$ для парків наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок середньозваженої тривалості зайняття колії поїздом в приймально-відправних парках

Категорія поїзда	Напрямок	$t_T, хв$		$t_{об}, хв$	$t_{зан}, хв$		ПВ – 1		ПВ – 2	
		ПВ1	ПВ2		ПВ1	ПВ2	N	$Nt_{зан}$	N	$Nt_{зан}$
Транзитні зі зміною локом.	На А	61,23		27,47	88,7		17	1507,9		
	На Б		95,86	27,47		123,33			17	2096,61
Дільничний в розформування		49,51	88,87	1,7	51,21	90,57	2	102,42	2	181,14
Збірний в розформування		56,26	95,62	1,7	57,96	97,32	2	115,92	2	194,64
Поїзд свого форм.	На А	63,51		27,47	90,98		4	363,92		
	На Б	63,51		27,47	90,98		4	363,92		
Всього							29	2454,08	21	2472,39

Середньозважену тривалість зайняття колій парків знаходимо за підсумковими даними таблиці 5.1:

$$t_{зан}^{-ПВ1} = \frac{2454,08}{29} = 84,62 хв,$$

$$t_{зан}^{-ПВ2} = \frac{2472,39}{21} = 117,73 хв.$$

5.2 Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів з кожної лінії

Розрахунковий інтервал прибуття визначаємо для кожної прилеглої до станції лінії за формулою:

$$I = \frac{\bar{I} + I_{\min}}{2}, \quad (5.21)$$

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

Лінія А – П : $N = 54$ пар поїздів, $I_{\min} = 15$ хв;

Лінія Б – П : $N = 54$ пар поїздів, $I_{\min} = 15$ хв.

Значення I_{\min} приймаємо згідно [54] в залежності від прийнятої наявної пропускної спроможності ділянки.

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

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{N} \cdot (\beta \cdot (N_{\text{пас}} \cdot \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}} \cdot (\varepsilon_{\text{зб}} - 1)) + (\beta - 1) \cdot N_{\text{в}})}{N_{\text{в}}}, \quad (5.22)$$

де β – коефіцієнт збільшення розрахункових розмірів вантажного руху в окрему добу, приймаємо $\beta = 1,10$;

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

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

У зв'язку з рівністю даних з обох ліній середній інтервал буде однаковим та становитиме

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{54} \cdot (1,15 \cdot (7 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2,0 - 1)) + (1,15 - 1) \cdot 21)}{21} = 46,32 \text{ хв.}$$

Для поїздів в розформування складе

$$\bar{I} = \frac{1440}{8} = 180 \text{ хв}$$

Отримані інтервали дозволяють отримати розрахункові інтервали:

$$I_{A,B} = \frac{15 + 46,32}{2} = 30,66 \text{ хв};$$

$$I_{\text{сф}} = \frac{18,75 + 180}{2} = 99,38 \text{ хв}$$

Визначимо частку поїздів, що поступають з кожного напрямку до ПВ1 та ПВ2:

– для парку ПВ1:

$$\gamma_A = 0/21 = 0, \gamma_B = 21/21 = 1,0, \gamma_{сф} = 8/8 = 1,0.$$

Таким чином, в даний парк з напрямку Б поступають всі транзитні вантажні поїзди, поїзди в розформування зі всіх напрямків та з парку С переставляються усі поїзди свого формування.

– для парку ПВ2:

$$\gamma_A = 21/21 = 1, \gamma_B = 0/21 = 0,78, \gamma_{сф} = 0/8 = 0,0.$$

тобто до даного парку поступають лише транзитні вантажні поїзди з А.

5.3 Визначення кількості колій в приймально-відправних парках

Для розрахунку кількості колій в парках ПВ1 і ПВ2 отримані значення підставляємо в формулу:

$$\text{ПВ1: } m_{\text{ПВ1}} = \frac{84,62}{30,66} \cdot 0 + \frac{84,62}{30,66} \cdot 1 + \frac{84,62}{99,38} \cdot 1 = 4,09 \text{ кол},$$

Приймаємо в ПВ1 $m_{\text{ПВ1}} = 5$ колій.

$$\text{ПВ2: } m_{\text{ПВ2}} = \frac{117,73}{30,66} \cdot 1 = 3,84 \text{ кол кол.}$$

Приймаємо в ПВ2 $m_{\text{ПВ2}} = 4$ колії.

Таким чином, в парку ПВ1 необхідно запроектувати п'ять приймально-відправних колій з найменшою корисною довжиною колії 850 м, що повністю відповідає технічному оснащенню існуючого парку.

Отже, для нормальної роботи станції необхідно проектувати ще один парк ПВ2 з колійним розвитком у 4 колії.

5.4 Визначення кількості колій у сортувальному парку

З метою визначення необхідної кількості колій в сортувальному парку, необхідно розробити спеціалізацію колій в залежності від призначень плану формування поїздів, добової кількості вагонів кожного призначення, довжини колій парку та технологічного процесу роботи. На кожне призначення плану формування виділяється окрема колія, якщо кількість вагонів призначення менша за 200 на добу [54, 55]. Розрахунок кількості колій в сортувальному парку виконується в таблиці 5.4 з використанням даних таблиці 3.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок кількості колій в сортувальному парку

Призначення	Вагонопотік		Кількість колій
Дільничні на А	122	192	1
Збірні на А	70		1
Дільничні на Б	112	182	1
Збірні на Б	70		1
Для місцевих вагонів		33	2
Для несправних вагонів		-	1
Для вагонів з небезпечними вантажами		-	1
Загальна кількість колій в сортувальному парку			8

Як показали розрахунки, колійний розвиток сортувального парку повинен складатися з 8 колій, однак існуючий розвиток цього парку складає 10 колій, що не гірше за розрахунковий. У зв'язку з тим, що демонтаж колій вимагає значних економічних витрат було прийнято рішення залишити існуючу їх кількість, однак надлишкові колії було вирішено законсервувати. Це дозволить уникнути витрат на їх утримання і, при необхідності, включити їх до числа колій, що експлуатуються (при збереженні їх належного стану).

6 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ КОНСТРУКЦІЇ ПАРКУ СТАНЦІЇ П

З п'яти варіантів розбудови станції П у розділі 4 експертним чином було вибрано найбільш прийнятний, а в розділі 5 було визначено колійне оснащення парків станції. Як було встановлено, у парку ПВ1 колійного оснащення потрібно якраз стільки, скільки у ньому і є – 5 колій, а у новому парку ПВ2 потрібно 4 приймально-відправні колії довжиною 850 м. Сортувальний парк розташований паралельно парку ПВ1 має 10 сортувальних колій, які не оснащені контактною мережею.

В даному розділі будуть запропоновані декілька варіантів горловини приймально-відправного парку ПВ2 та за допомогою техніко-економічних розрахунків вибрано кращий із них.

6.1 Проектування плану колійного розвитку парку ПВ2

Колії приймально-відправних парків проектуються від головної колії станції. Під час проектування дільничної станції П значна увага була зосереджена на конструкції горловин, які повинні забезпечити необхідну пропускну спроможність, безпеку руху, необхідну паралельність руху та зручність маневрової роботи, взаємозв'язок парків і колій.

Для забезпечення необхідної пропускну спроможності в горловинах станції передбачається можливість реалізації необхідної кількості одночасних пересувань.

У зв'язку з неважким профілем прилеглих до станції ділянок перегонів (некруті уклони), парк змінного струму розміщується по послідовній схемі. Проектом передбачається укладка чотирьох приймально-відправних колій з корисною довжиною не менше ніж 850 м окремим парком для прийому та обробки поїздів з підходу А (колії №№21–24).

В непарній горловині цього парку передбачено розміщення локомотивного господарства для локомотивів постійного струму, що обслуговують дільницю А–П.

Крім цього для можливості прямої кореспонденції составів між приймальними парками влаштовуються необхідні з'їзди.

В парній горловині парку ПВ2 влаштовується витяжна колія № 43 половинної

довжини вантажного составу (425 м).

Для можливості заїзду локомотивів невідповідної контактній мережі парку системи струму центральну горловину станції як і головні колії станції повинні бути оснащені комбінованим живленням.

6.2 Вимоги до проектування колій

Колії парку ПВ2 станції П, згідно діючих норм і вимог, повинна розташовуватися в плані на прямих ділянках, що покращує умови видимості при русі поїздів і маневровій роботі, рушанні поїздів з місця [55, 56].

Головні колії на підходах до станції проектуються на прямих або кривих якомога більшого радіусу, що створює кращі умови забезпечення безпеки і плавності руху поїздів; величина радіусів кривих рекомендується згідно [55] залежно від категорії лінії і коливається від 2500-4000 м.

Радіуси захрестовинних кривих приймаються не менше радіусу перевідної кривої прилеглого стрілочного перевалу. Радіуси кривих сполучних і ходових локомотивних колій проектуються не менше 200 м, а на під'їзних коліях до 150 м.

Між парками влаштовується з'єднувальна колія для подачі та прибирання поїзних локомотивів різних систем струму. В горловині між парками розташовані тупикові колії для стоянки поїзних локомотивів постійного та змінного струму.

Колійний розвиток парної та непарної горловини запроектований таким чином, що маневрова робота по зміні поїзних локомотивів ізольована від поїзної роботи по прийманню та відправленню пасажирських поїздів.

Колії стоянки поїзних локомотивів постійного струму розташовані поряд з вихідною горловиною парку ПВ1, а колії стоянки поїзних локомотивів змінного струму розташовані поряд з вихідною горловиною парку ПВ2 і тому їх зручно подавати під состав або прибирати з-під состава.

При реконструкції станції П необхідно керуватися Державними Будівельними нормами і правилами проектування (ДБН) та Інструкцією з проектування станцій і вузлів на залізницях України, а також технічними умовами, вказівками і інструкціями, що визначають вимоги до проектування станцій і вузлів.

Залізничні лінії і під'їзні колії за їх призначенням, характером і розмірами перевезень в частині норм проектування поділяються на 5 категорій, з яких станція П відноситься до II категорії: залізничні лінії або їх складові ділянки, здійснюючи переважно міжрайонні зв'язки усередині країни або в сполученнях з іншими країнами і наступні показники, що мають вантажонапруженість нетто в вантажному напрямку на 5-й рік експлуатації 7-12 млн. т-км/км; на 10-й рік експлуатації 10-20 млн. т-км/км; розміри пасажирського руху на 5-й рік експлуатації 5-12 пар поїздів за добу, окрім приміських.

На станції, згідно діючих норм і правил, об'єднуються технологічно однорідні будівлі, споруди і пристрої різних служб. Передбачається широка кооперація споруд і пристроїв залізничного транспорту з аналогічними спорудами і пристроями інших видів транспорту, промислових підприємств і населених пунктів.

Дільнична станція П розташовується на горизонтальній площадці, що полегшує умови зрушення поїздів в обох напрямках, знижує небезпеку відходу вагонів від поштовху при маневрах або під впливом вітру.

Для зменшення земляних робіт в окремих випадках допускається розташування станції на ухилах не більше 1,5 ‰, а в складних умовах збільшення ухилів до 2,5 ‰.

На станціях, де передбачається виконання маневрових операцій або відчеплення локомотивів від складу, профіль колій в межах корисної довжини повинен унеможливити мимовільний відхід рухомого складу з роликівими підшипниками. Для цього поздовжній профіль колій в межах корисної довжини слід проектувати трьохелементним увігнутим контуром з однаковими відмітками по кінцях корисної довжини .

У даній дипломній роботі станційний майданчик розташований на підвищенні профілю.

Витяжні колії за межами стрілочної горловини дільничної станції розташовуємо на ухилах не крутіше 2,0 ‰ у бік обслуговуваних ними колій або на горизонтальному майданчику.

Перелом профілю в межах стрілочного перевалу проектується за хвостом хрестовини на відстані не менше тангенса вертикальної кривої.

З урахуванням застосування мінімальних радіусів вертикальних кривих перелом профілю призначаємо від центрів стрілочних переводів марки 1/11 на відстані не менше 28-30 м, а марки 1/9 24-26 м.

Основою відміток поздовжнього профілю колій на існуючій станції приймаємо відмітки голівок рейок колій, отримані при натурній зйомці станції.

Ширину земляного полотна на прямих ділянках лінії приймаємо на одноколійних лініях II категорії 6,5 м.

Відстань від осі крайньої станційної колії до бровки земляного полотна приймаємо не менше половини ширини земляного полотна головної колії, а на стрілочних вулицях і витяжних коліях - не менше 3,25 м незалежно від категорії ліній.

Щоб земляне полотно залишалось міцним і стійким, забезпечуємо своєчасне, надійне відведення води з його поверхні і баластної призми, від централізованих стрілок і інших станційних пристроїв, а також води, що притікає до станційного майданчика з нагірного боку, крутизну ухилів насипу з гравію і щебеня приймаємо 1:1,5.

Стрілочні переводи на головних і приймально-відправних коліях укладаємо рейками того ж типу. Стрілочні переводи, обладнані електричною централізацією, укладаємо на щебеновому баласті.

Колійні упори влаштовують з дерев'яних брусів або рейок. Для збільшення опору руху перед упором упродовж 12 м насипаємо гальку або гравій.

6.3 Розробка схеми живлення контактної мережі колій станції П

З метою забезпечення ритмічної роботи станції П необхідно забезпечити можливість безперешкодного руху поїздів та поїзних локомотивів по визначених технологіях колійному розвитку цієї станції. Для цього визначимо основні технологічні операції з поїздами та поїзними локомотивами:

- прийом вантажних поїздів із А локомотивами постійного струму у ПВ2;
- прийом вантажних поїздів із Б локомотивами змінного струму у ПВ2;
- відправлення вантажних поїздів із ПВ1 на А з локомотивами постійного струму;

- відправлення вантажних поїздів свого формування із ПВ1 на Б з локомотивами змінного струму;
- відправлення вантажних поїздів із ПВ2 на Б з локомотивами змінного струму;
- пересування локомотивів постійного струму з колій ПВ2 в ЛГ2, з ЛГ2 до ЛГ1 та в ПВ1;
- пересування локомотивів змінного струму з колій ПВ1 в ЛГ1, з ЛГ1 до ЛГ2 та в ПВ2;
- прийом пасажирських дальніх поїздів із Б з локомотивами змінного струму та відправлення на А з локомотивами постійного струму;
- прийом пасажирських дальніх поїздів із А з локомотивами постійного струму та відправлення на Б з локомотивами змінного струму;
- прийом пасажирських приміських електропоїздів із Б змінного струму, перестановка його на колії відстою та в зворотному напрямку;
- прийом пасажирських приміських електропоїздів із А постійного струму, перестановка його на колії відстою та в зворотному напрямку.

З метою реалізації усіх перерахованих операцій колії станції П повинні бути обладнані контактною мережею з відповідною системою живлення (рисунок 6.1).

6.4 Аналіз варіантів конструкції горловин парку ПВ2

Розрахунки, що були виконані у розділі 5, дозволили стверджувати, що існуючого колійного розвитку приймально-відправного парку ПВ1, який складає 5 колій, достатньо лише для обслуговування непарних транзитних поїздів. Згідно результатів розрахунків, для обслуговування парних поїздів споруджується приймально-відправний парк ПВ2, в якому необхідно передбачити 4 приймально-відправні колії.

У зв'язку з цим в даному розділі буде проаналізовано операції в кожній із горловин нового парку ПВ2 та, на базі цього аналізу, розроблені варіанти спорудження горловин цього приймально-відправного парку.

Для вибраного варіанту розташування парного приймально-відправного парку, що зображено на рис. 4.3, виконаємо перелік можливих операцій в кожній із його горловин.

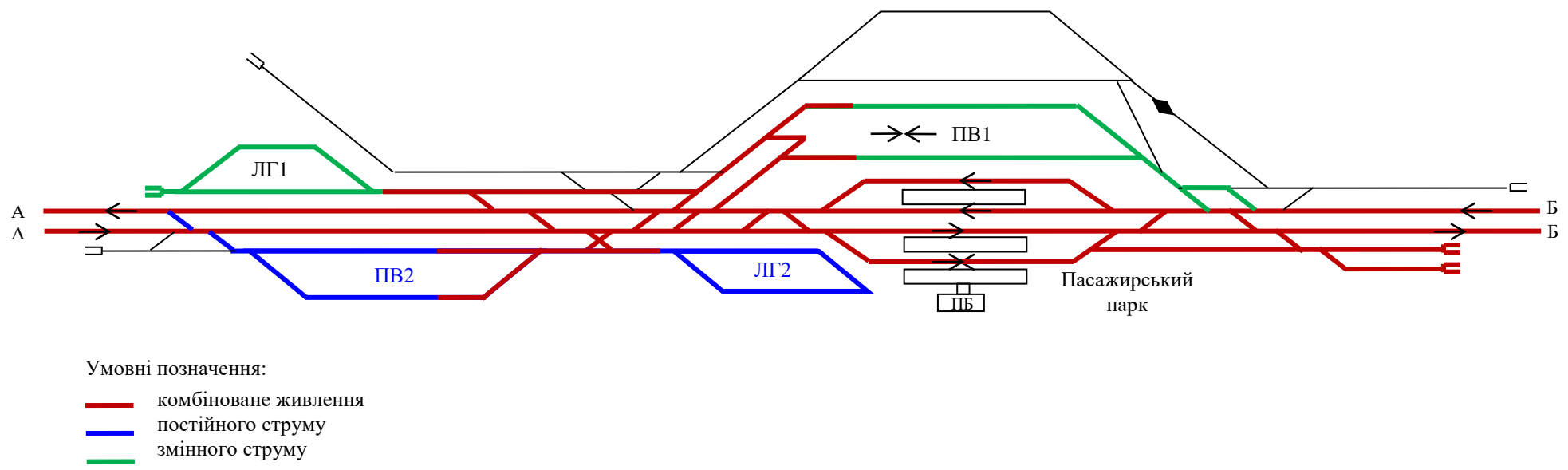


Рисунок 6.1 – Схема живлення контактної мережі колій дільничної станції П

Парна горловина ПВ2:

- прийом всіх вантажних поїздів із А;
- виконання операцій по вилучення групи вагонів із складу парного транзитного поїзда (не часто).

З врахуванням цього, досить обмеженого переліку операцій, розробимо конструкцію парної горловини нового парку ПВ2 (дивись рисунок 6.2):

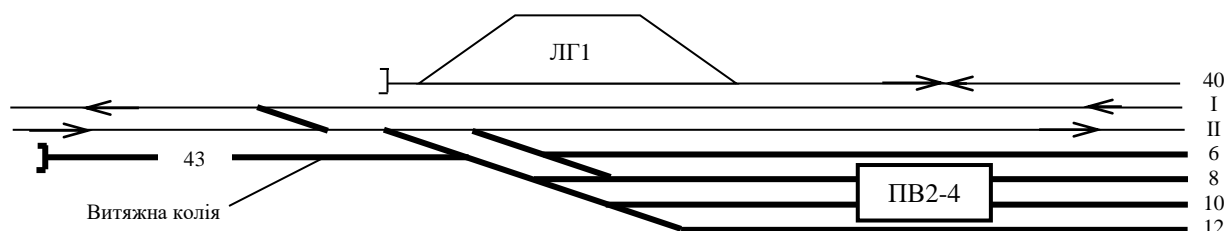


Рисунок 6.2 – Схема парної горловини нового парку ПВ2

При незначній кількості операцій проектувати різні варіанти конструкції парної горловини парку ПВ2 немає необхідності, отже даний варіант приймемо за єдиний варіант парної горловини для подальшого проектування.

Непарна горловина ПВ2:

- відправлення вантажних поїздів на Б;
- пропуск локомотивів постійного струму з колій парку в ЛГ2;
- пропуск локомотивів змінного струму з ЛГ1 або за колій парку ПВ1 на колії парку ПВ2;
- перестановка маневровим локомотивом складів поїздів у розформування із А з колій парку ПВ2 на колії парку ПВ1 або на витяжну колію розформування по головних коліям.

З врахуванням цього переліку операцій, запроєктуємо варіанти конструкції цієї горловини.

Схема 1-го варіанту конструкції непарної горловини парку ПВ2 вказана на рисунку 6.3:

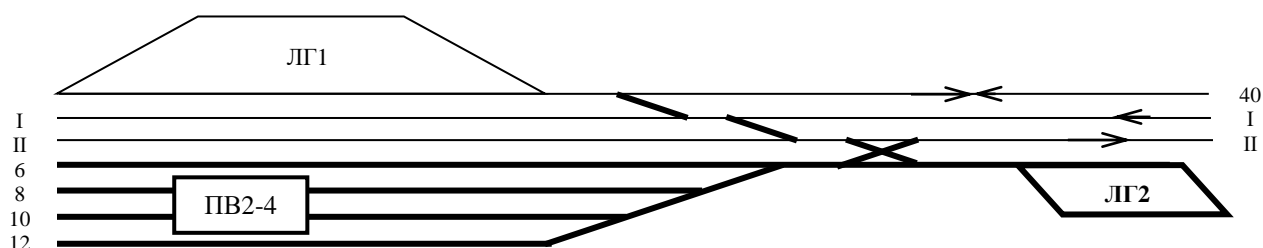


Рисунок 6.3 – Схема 1-го варіанту конструкції непарної горловини парку ПВ2

Перший варіант конструкції непарної горловини парку ПВ2 передбачає мінімальну вартість її спорудження, проте при цьому слід відмітити повну відсутність паралельності операцій в даній горловині.

Крім того, колією з мінімальною корисною довжиною 850 м буде колія № 23, а інші колії будуть мати більшу довжину.

Схема 2-го варіанту конструкції непарної горловини парку ПВ2 вказана на рисунку 6.4:

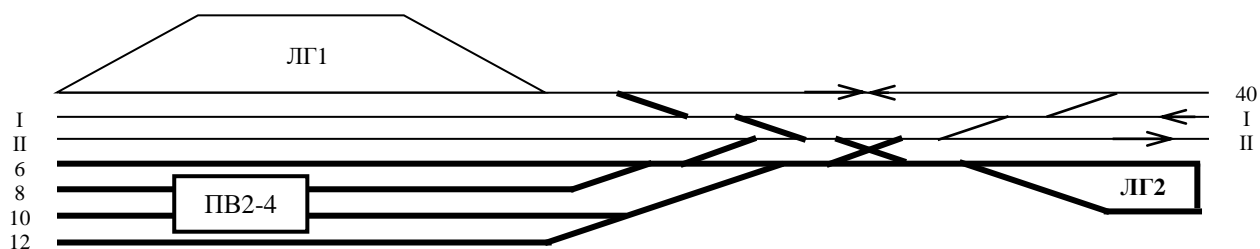


Рисунок 6.4 – Схема 2-го варіанту конструкції непарної горловини парку ПВ2

Другий варіант конструкції непарної горловини парку ПВ2 передбачає дещо більшу вартість спорудження у порівнянні з першою схемою, однак при цьому забезпечується паралельність маневрових операцій у цій горловині.

Коліями з мінімальною корисною довжиною 850 м будуть колії № 21 та № 23; інші колії будуть мати більшу довжину, проте сукупна довжина приймально-відправних колій за цим варіантом буде менше ніж за першим варіантом.

В економічному розділі виконаємо розрахунки і за меншими модифікованими витратами виберемо кращий варіант конструкції парку ПВ2.

В результаті комбінації запропонованих варіантів реконструкції двох горловин отримаємо 2 варіанти схеми парного приймально-відправного парку.

Виконавши масштабне проектування отриманих варіантів парку «Б» отримаємо змогу визначити основні їх конструктивні показники.

Так, обсяги виконаних робіт за варіантами реконструкції парного приймально-відправного парку будуть наступними:

Варіант 1 реконструкції передбачає: укладання 4,412 км колії; розбирання 0,605 км колії; укладання 2 стрілочних переводів 1/11 та 18 – 1/9; спорудження 4,412 км контактної мережі; спорудження 1 тупикової призми.

За варіантом 2 реконструкції необхідно: укладання 4,305 км колії; розбирання 0,605 км колії; укладання 2 стрілочних переводів 1/11 та 18 – 1/9; спорудження 4,305 км контактної мережі; спорудження 1 тупикової призми.

6.5 Визначення тривалості та кількості затримок за варіантами конструкції нового парку

Для кожної пари пересічних потоків вірогідна тривалість затримок T_3 є множення вірогідного числа затримок K_3 на середню тривалість затримки τ однієї пари поїздів [55, 56]:

$$T_3 = K_3 \cdot \tau, \quad (6.1)$$

де K_3 – кількість затримок;

τ – середнє значення затримок.

Кількість затримок визначається за формулою [56]:

$$K = \frac{N_1 \cdot N_2 \cdot (t_1 + t_2)}{1440}, \quad (6.2)$$

Середнє значення затримок відрізняється для рівномірних (τ_p) та нерівномірних (τ_n) маршрутів, і може бути визначене за формулами:

$$\tau_p = \frac{t_1^2 + t_2^2}{2 \cdot (t_1 + t_2)}, \quad \tau_n = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (6.3)$$

де t_1, t_2 – час заняття перетину поїздом відповідного маршруту, хв;

N_1, N_2 – кількість поїздів по відповідних маршрутах за добу;

Час заняття маршруту перетину одним поїздом приймається 5 хв для вантажних поїздів 6 хв для виставлення поїздів свого формування [56].

Результати розрахунків кількості та тривалості затримок для першого варіанту реконструкції парної горловини парного приймально-відправного парку станції П зведемо у таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахунок кількості та тривалості затримок для першого варіанту реконструкції непарної горловини парку «Б»

№ п/п	Маршрути		Н/Р	N_1	N_2	t_1	t_2	K_3	τ_3	T_3
	Маршрут I	Маршрут II								
1	Прийом пасажирських поїздів із А	Перестановка составів поїздів в розформування з ПВ2 в ПВ1	Н	7	4	6	10	0,31	8	2,48
2	Відправлення пасажирських поїздів на А	Перестановка составів поїздів в розформування з ПВ2 в ПВ1	Н	7	4	6	10	0,31	8	2,48
3	Прийом пасажирських поїздів із А	Прямуювання поїзних локомотивів з ЛГ2 на колії ПВ1	Н	7	27	6	3	1,18	4,5	5,31
4	Відправлення пасажирських поїздів на А	Прямуювання поїзних локомотивів з ЛГ2 на колії ПВ1	Н	7	21	6	3	0,92	4,5	4,14
5	Прийом пасажирських поїздів із А	Прямуювання поїзних локомотивів з ЛГ1 на колії ПВ2	Н	7	21	6	3	0,92	4,5	4,14
6	Відправлення пасажирських поїздів на А	Прямуювання поїзних локомотивів з ЛГ1 на колії ПВ2	Н	7	21	6	3	0,92	4,5	4,14
7	Відправлення транзитних поїздів на Б	Прямуювання поїзних локомотивів з-під поїздів в розф. із А в ЛГ2	Н	17	4	3	3	0,28	3	0,84
8	Перестановка составів поїздів свого формування	Прямуювання поїзних локомотивів з-під транзитних поїздів із А в ЛГ2	Р	4	17	10	3	0,61	2	1,22
9	Перестановка составів поїздів свого формування	Прямуювання поїзних локомотивів під транзитні поїзди на Б з ЛГ2	Р	4	17	10	3	0,61	2	1,22
Всього								30,54		25,97

Результати розрахунків кількості та тривалості затримок для другого варіанту реконструкції парної горловини парного приймально-відправного парку станції П зведемо у таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Розрахунок кількості та тривалості затримок для другого варіанту реконструкції непарної горловини парку «Б»

№ п/п	Маршрути		Н/Р	N_1	N_2	t_1	t_2	K_3	τ_3	T_3
	Маршрут I	Маршрут II								
1	Прийом пасажирських поїздів із А	Перестановка составів поїздів в розформування з ПВ2 в ПВ1	Н	7	4	6	10	0,31	8	2,48
2	Відправлення пасажирських поїздів на А	Перестановка составів поїздів в розформування з ПВ2 в ПВ1	Н	7	4	6	10	0,31	8	2,48
3	Прийом пасажирських поїздів із А	Прямуювання поїзних локомотивів з ЛГ2 на колії ПВ1	Н	7	27	6	3	1,18	4,5	5,31
4	Відправлення пасажирських поїздів на А	Прямуювання поїзних локомотивів з ЛГ2 на колії ПВ1	Н	7	21	6	3	0,92	4,5	4,14
5	Прийом пасажирських поїздів із А	Прямуювання поїзних локомотивів з ЛГ1 на колії ПВ2	Н	7	21	6	3	0,92	4,5	4,14
6	Відправлення пасажирських поїздів на А	Прямуювання поїзних локомотивів з ЛГ1 на колії ПВ2	Н	7	21	6	3	0,92	4,5	4,14
7	Відправлення транзитних поїздів на Б	Прямуювання поїзних локомотивів з-під поїздів в розф. із А в ЛГ2	Н	17	4	3	3	0,28	3	0,84
Всього								29,32		23,53

Отримані у даному розділі показники будуть використані для економічної оцінки кожного варіанту реконструкції станції та вибору із них раціонального за меншими модифікованими приведеними витратами.

7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ СТАНЦІЇ У ЗВ'ЯЗКУ З ЕЛЕКТРИФІКАЦІЄЮ ПРИЛЕГЛИХ ДІЛЯНОК

7.1 Визначення об'єктів реконструкції

Дільнична станція П обслуговує вантажні поїзди різних категорій, а також пропускає пасажирські поїзди. Від злагодженої роботи усіх елементів станції П залежать її якісні показники, одним із яких є простій транзитного вагону.

У зв'язку з електрифікацією прилеглих дільниць до станції П в попередніх розділах була виконана перевірка на відповідність існуючого колійного розвитку новим обставинам. В результаті перевірки було встановлено необхідність спорудження нового парку ПВ2 та локомотивного господарства ЛГ2, що обслуговуватимуть парні поїзди з локомотивами постійного струму.

Аналіз варіантів конструкції горловин нового парку дозволив визначити єдиний варіант парної горловини, та два варіанти непарної горловини. Таким чином для визначення кінцевого варіанту конструкції колійного розвитку парку ПВ2 необхідно за економічними показниками визначити кращий.

Визначення економічно обґрунтованого варіанту удосконалення конструкції станції (спорудження нового парку) виконується з використанням даних, отриманих при проектуванні масштабного плану двох розглянутих у попередньому розділі варіантів.

З метою аналізу основних відмінностей порівнюваних варіантів та полегшення розрахунків зведемо вказані вище параметри варіантів у таблицю 7.1.

Крім цього, у зв'язку зі складністю визначення вартості спорудження локомотивного господарства ЛГ2 та тим фактом, що воно є при будь якому варіанті рекон-

струкції станції П, не будемо враховувати вартість його спорудження (адже вона однакова по варіантам) при порівнянні розглянутих варіантів.

Таблиця 7.1 – Зведена характеристика за варіантами удосконалення конструкції

Варіант	Демонтаж				Спорудження				
	СП1/9	СП1/11	Колії	Тупикова призма	СП1/9	СП1/11	Колії	Тупикова призма	КМ
Одиниці	шт	шт	м	шт	шт	шт	м	шт	м
1	0	0	605	0	18	2	4412	1	4412
2	0	0	605	0	18	2	4305	1	4305

Дані табл. 7.1 далі будуть враховані при виконанні техніко-економічного порівняння варіантів удосконалення конструкції станції.

7.2 Визначення модифікованих витрат

Для варіантів з одноетапними капіталовкладеннями і постійними в часі експлуатаційними модифікованими витратами приведені річні витрати визначаємо за сумарними приведеними капітальними та експлуатаційними витратами, які визначаються для кожного варіанту за формулою [57]:

$$МПВ_{при} = K_{0i} + (1 - \gamma) \frac{C_i}{E}, \quad (7.1)$$

де i – варіант реконструкції станції;

K_{0i} – одноразові капітальні вкладення, тис. грн;

γ – частка податкових відрахувань від прибутку;

C_i – річні експлуатаційні (поточні) витрати, тис. грн;

E – норма дисконту, тис. грн.

Капітальні вкладення визначаються за формулою:

$$K_i = K_{дем.вбк}^i + K_{вбк}^i + K_{дем.сп}^i + K_{сп}^i + K_{км}^i, \quad (7.2)$$

де $K_{дем.вбк}^i$ – капітальні вкладення на демонтаж верхньої будови колій;

$K_{\text{вбк}}^i$ – капітальні вкладення на верхню будову колій, що споруджуються;

$K_{\text{дем.сп}}^i$ – капітальні вкладення на демонтаж стрілочних переводів;

$K_{\text{сп}}^i$ – капітальні вкладення на стрілочні переводи.

Капітальні вкладення на демонтаж верхньої будови колій визначаються за формулою

$$K_{\text{дем.вбк}}^i = L_{\text{дем}}^i C_{\text{дем.вбк}}, \quad (7.3)$$

де $L_{\text{дем}}^i$ – розгорнута довжина колій, що проектується за i -м варіантом, км;

$C_{\text{дем.вбк}}$ – вартість демонтажу 1 км верхньої будови колії, тис. грн.

Розгорнута довжина колій, що демонтуються, складає згідно масштабного плану варіантів удосконалення конструкції (див. розділ 6) однакова та складає $L_{\text{дем}} = 0,605$ км.

Прийmemo $C_{\text{дем.вбк}} = 1000$ тис. грн з таблиці А.8 Додатку А.4.

Таким чином величина капітальних вкладень на демонтаж верхньої будови колій за варіантами реконструкції складе:

$$K_{\text{дем.вбк}} = 0,605 \cdot 1000 = 605 \text{ тис. грн},$$

Капітальні вкладення на верхню будову колій, що споруджуються, визначаються за формулою

$$K_{\text{вбк}}^i = L_{\text{вбк}}^i C_{\text{вбк}}, \quad (7.4)$$

де $L_{\text{вбк}}^i$ – розгорнута довжина колій, що проектується за i -м варіантом, км;

$C_{\text{вбк}}$ – вартість спорудження 1 км верхньої будови колії, тис. грн.

Розгорнута довжина колій, що проектується, складає згідно розділу 5 $L_{\text{вбк}}^I = 4,412$ км та $L_{\text{вбк}}^{II} = 4,305$ км.

Прийmemo $C_{\text{вбк}} = 2000$ тис. грн з таблиці А.8 Додатку А.4.

Таким чином величина капітальних вкладень на верхню будову колій за варіантами реконструкції складе:

$$K_{\text{вбк}}^I = 4,412 \cdot 2000 = 8824 \text{ тис. грн},$$

$$K_{\text{вбк}}^{II} = 4,305 \cdot 2000 = 8610 \text{ тис. грн}.$$

Капітальні вкладення на демонтаж стрілочних переводів визначаються за формулою

$$K_{\text{дем.сп}}^i = n_{\text{сп}}^i C_{\text{дем.сп}}, \quad (7.5)$$

де $n_{\text{сп}}^i$ – кількість стрілочних переводів за i -м варіантом, *комплект*;

$C_{\text{дем.сп}}$ – вартість демонтаж 1 стрілочного переводу, *тис. грн*.

У зв'язку з тим, що демонтажу стрілочних переводів за варіантами не передбачено приймемо $K_{\text{дем.сп}} = 0$.

Капітальні вкладення на спорудження стрілочних переводів визначаються за формулою

$$K_{\text{сп}}^i = n_{\text{сп}}^i C_{\text{сп}}, \quad (7.6)$$

де $n_{\text{сп}}^i$ – кількість стрілочних переводів за i -м варіантом, *комплект*;

$C_{\text{сп}}$ – вартість укладання 1 стрілочного переводу, *тис. грн*.

Вартість поодинокого звичайного стрілочного переводу марки 1/9 становить $C_{\text{сп1/9}} = 500$ *тис. грн*, а марки 1/11 – $C_{\text{сп1/11}} = 600$ *тис. грн* з таблиці А.8 Додатку А.4.

Кількість стрілочних переводів, що споруджуються, складає, згідно табл. 7.1 для першого варіанту $n_{\text{сп1/9}}^I = 18$ *комплектів*, $n_{\text{сп1/11}}^I = 2$ *комплекти*, для другого варіанту також $n_{\text{сп1/9}}^{II} = 18$ *комплектів*, $n_{\text{сп1/11}}^{II} = 2$ *комплекти*.

Таким чином величина капітальних вкладень на спорудження стрілочних переводів за варіантами реконструкції складе:

$$K_{\text{сп}}^{I,II} = 18 \cdot 500 + 2 \cdot 600 = 9000 + 1200 = 10200 \text{ тис. грн},$$

Капітальні вкладення на спорудження контактної мережі визначаються за формулою

$$K_{\text{км}}^i = L_{\text{км}}^i C_{\text{км}}, \quad (7.7)$$

де $L_{\text{км}}^i$ – розгорнута довжина колій, що проектуються за i -м варіантом, км;

$C_{\text{км}}$ – вартість спорудження 1 км верхньої будови колії, тис. грн.

Розгорнута довжина колій, а значить і контактної мережі, що проектується, складає згідно розділу 5 $L_{\text{км}}^I = 4,412$ км та $L_{\text{км}}^{II} = 4,305$ км.

Приймемо $C_{\text{км}} = 2500$ тис. грн з таблиці А.8 Додатку А.4.

Таким чином величина капітальних вкладень на верхню будову колій за варіантами реконструкції складе:

$$K_{\text{км}}^I = 4,412 \cdot 2500 = 11030 \text{ тис. грн},$$

$$K_{\text{км}}^{II} = 4,305 \cdot 2500 = 10762,50 \text{ тис. грн}.$$

Загальні капітальні вкладення визначимо за формулою (7.2):

$$K_I = 605 + 8824 + 0 + 10200 + 11030 = 30659 \text{ тис. грн},$$

$$K_{II} = 605 + 8610 + 0 + 10200 + 10762,50 = 30177,5 \text{ тис. грн}.$$

Експлуатаційні витрати визначаються за формулою:

$$C_i = C_{\text{утрим}}^i + C_{\text{затр}}^i, \quad (7.8)$$

де $C_{\text{утрим}}^i$ – експлуатаційні витрати на утримання колій, стрілочних переводів, тис. грн;

$C_{\text{затр}}^i$ – затримки поїздів на перетинах (злитті) маршрутів, тис. грн.

Експлуатаційні витрати на утримання колій, стрілочних переводів, контактної мережі, пристроїв СЦБ визначаються за формулою:

$$C_{\text{утрим}}^i = C_{\text{утрим.кол}}^i + C_{\text{утрим.сп}}^i + C_{\text{утрим.км}}^i, \quad (7.9)$$

де $C_{\text{утрим.кол}}^i$ – експлуатаційні витрати на утримання колій, *тис. грн*;

$C_{\text{утрим.сп}}^i$ – експлуатаційні витрати на утримання стрілочних переводів, *тис. грн*;

Експлуатаційні витрати на затримки поїздів на перетинах (злитті) маршрутів:

$$C_{\text{затр}}^i = C_{\text{прост}}^i + C_{\text{рг}}^i, \quad (7.10)$$

де $C_{\text{прост}}^i$ – експлуатаційні витрати на простій поїздів на перетинах (злитті) маршрутів, *тис. грн*;

$C_{\text{рг}}^i$ – експлуатаційні витрати на розгін-гальмування поїздів на перетинах, *тис. грн*.

Експлуатаційні витрати на утримання колій визначимо за формулою:

$$C_{\text{утрим.кол}}^i = L_r^i e_{\text{кол}}, \quad (7.11)$$

де $e_{\text{кол}}$ – експлуатаційні витрати на утримання 1 км експлуатаційної довжини колій, *тис. грн*.

Місячне утримання 1 км колії складає 58 тис. грн з таблиці А.9 Додатку А.4. На рік експлуатаційні витрати на утримання 1 км колії складуть $e_{\text{кол}} = 58 \cdot 12 = 696$ *тис. грн*.

Експлуатаційні витрати на утримання колій складуть:

$$C_{\text{утрим.кол}}^I = 4,412 \cdot 696 = 3070,752 \text{ тис. грн},$$

$$C_{\text{утрим.кол}}^{II} = 4,305 \cdot 696 = 2996,28 \text{ тис. грн}.$$

Експлуатаційні витрати на утримання стрілочних переводів визначимо за формулою:

$$C_{\text{утрим.сп}}^i = n_{\text{сп}}^i e_{\text{сп}}, \quad (7.12)$$

де $e_{\text{сп}}$ – експлуатаційні витрати на утримання 1 стрілочного переводу, *тис. грн.*

Місячне утримання стрілочних переводів з таблиці А.9 Додатку А.4 складає 11 тис. грн, тобто за рік експлуатаційні витрати для СП складуть $e_{\text{сп}} = 132$ *тис. грн.*

При цьому експлуатаційні витрати на утримання стрілочних переводів складуть:

$$C_{\text{утрим.сп}}^I = (18 + 2) \cdot 132 = 2640 \text{ тис. грн.},$$

$$C_{\text{утрим.сп}}^{II} = (18 + 2) \cdot 132 = 2640 \text{ тис. грн.}$$

Експлуатаційні витрати на утримання контактної мережі визначимо за формулою:

$$C_{\text{утрим.км}}^i = L_p^i e_{\text{км}}, \quad (7.13)$$

де $e_{\text{кол}}$ – експлуатаційні витрати на утримання 1 км контактної мережі, *тис. грн.*

Місячне утримання 1 км колії складає 15 тис. грн з таблиці А.9 Додатку А.4. На рік експлуатаційні витрати на утримання 1 км колії складуть $e_{\text{км}} = 15 \cdot 12 = 180$ *тис. грн.*

Експлуатаційні витрати на утримання колій складуть:

$$C_{\text{утрим.км}}^I = 4,412 \cdot 180 = 794,16 \text{ тис. грн.},$$

$$C_{\text{утрим.кол}}^{II} = 4,305 \cdot 180 = 774,9 \text{ тис. грн.}$$

Експлуатаційні витрати на утримання колій, стрілочних переводів та контактної мережі становлять:

$$C_{\text{утрим}}^I = 3070,752 + 2640 + 794,16 = 6504,912 \text{ тис. грн.},$$

$$C_{\text{утрим}}^{\text{II}} = 2996,28 + 2640 + 774,9 = 6411,18 \text{ тис. грн}$$

Визначення експлуатаційних витрат на затримки поїздів на перетинах

Для визначення експлуатаційних витрат на затримки поїздів на перетинах було встановлено тривалість та кількість затримок за кожним із варіантів.

Експлуатаційні витрати на простій поїздів визначаються за формулою:

$$C_{\text{прост}}^i = \frac{365}{60} \cdot \sum T_3 \cdot C_{\text{пр}} \cdot 10^{-3}, \quad (7.14)$$

де $\sum T_3$ – сумарна вірогідна тривалість затримок протягом доби, *хв*;

$C_{\text{пр}}$ – укрупнена норма витрат на 1 поїздо-год, *грн*.

При $Q=4000 \text{ т}$ та електротязі приймаємо $C_{\text{пр}} = 488,54 \text{ грн}$ з Додатку А.4.

Отже, експлуатаційні витрати на простій поїздів складають

$$C_{\text{прост}}^I = \frac{365}{60} \cdot 25,97 \cdot 488,54 \cdot 10^{-3} = 77,182 \text{ тис. грн},$$

$$C_{\text{прост}}^{\text{II}} = \frac{365}{60} \cdot 23,53 \cdot 488,54 \cdot 10^{-3} = 69,924 \text{ тис. грн}.$$

Експлуатаційні витрати на розгін і гальмування поїздів визначаються за допомогою виразу:

$$C_{\text{рг}} = 365 \cdot \sum K_3 \cdot (C_p + C_r) \cdot 10^{-3}, \quad (7.15)$$

де $\sum K_3$ – вірогідна кількість затримок поїздів протягом доби;

C_p – норма витрат на один розгін залежно від швидкості закінчення розгону поїзду, *грн*;

C_r – норма витрат на одне гальмування, *грн*;

При $Q=4000 \text{ т}$ та електротязі згідно Додатку А.4 приймаємо $C_p = 92,37 \text{ грн}$ та $C_r = 29,85 \text{ грн}$.

Таким чином, витрати на розгін і гальмування поїздів рівні

$$C_{\text{гр}}^I = 365 \cdot 30,54 \cdot (92,37 + 29,85) \cdot 10^{-3} = 1362,399 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{\text{гр}}^{II} = 365 \cdot 29,32 \cdot (92,37 + 29,85) \cdot 10^{-3} = 1307,974 \text{ тис. грн.}$$

Експлуатаційні витрати на затримки поїздів на перетинах визначаються за формулою (7.10) і складають:

$$C_{\text{затр}}^I = 77,182 + 1362,399 = 1439,581 \text{ тис. грн.},$$

$$C_{\text{затр}}^{II} = 69,924 + 1307,974 = 1377,898 \text{ тис. грн.}$$

Загальні експлуатаційні витрати визначимо за формулою (7.8):

$$C_I = 6504,912 + 1439,581 = 7944,493 \text{ тис. грн.},$$

$$C_{II} = 6411,18 + 1377,898 = 7789,078 \text{ тис. грн.}$$

Загальні приведені витрати розраховуються за формулою (7.1).

Із [5] прийнято $\gamma=0,25$.

$$МПВ_I = 30659 + (1 - 0,25) \frac{7944,493}{0,12} = 80312,081 \text{ тис.грн.},$$

$$МПВ_{II} = 30177,5 + (1 - 0,25) \frac{7789,078}{0,12} = 78859,238 \text{ тис.грн.}$$

7.3 Висновок

Менші модифіковані приведені витрати на удосконалення конструкції станції П спостерігаються за третім варіантом (78859,238 тис. грн), отже саме його доцільно впроваджувати. Це дозволить зменшити витрати на простій поїздів у зв'язку зі зменшенням ворожості маршрутів в даній горловині та зменшити капітальні вкладення за рахунок відмови від проектування додаткових обхідних колій та з'їздів.

8 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

8.1 Характеристика існуючої сортувальної гірки

Існуюча гірка станції П є гіркою малої потужності (ГМП). Гальмування відчепів при розпуску здійснюється на двох гальмівних позиціях (ГП), обладнаних вагонними уповільнювачами: I ГП – 1xКНП-5; ПГП – 2xРНЗ-2М.

Колійний розвиток сортувального парку станції П складає 10 колій.

Дані про вітри наведено в таблиці 8.1. згідно таблиці А.6 Додатку А.

Таблиця 8.1 Дані метеорологічних спостережень

Параметри вітру	Розрахункова температура повітря -30°C							
	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	0,1

В цьому дипломному проекті буде виконано розрахунок параметрів сортувальної гірки з метою перевірки її спроможності переробити збільшений обсяг вагонопотоку з переробкою.

8.2 Розрахунок необхідної висоти сортувальної гірки

Висота гірки H_T повинна забезпечувати докочування розрахункового бігуна від вершини гірки (ВГ) до розрахункової точки (РТ), яка приймається на розрахунковій, важкій колії згідно [58] на відстані 50 м від кінця паркової гальмівної позиції (ПГП).

Розрахунок висоти сортувальної гірки і подальша перевірка її подовжнього профілю здійснюється для розрахункової колії, в якості якої приймається сортувальна колія, для якої по маршруту прямування сумарна питома робота всіх сил опору руху відчепів буде максимальна. Звичайно це колія, найбільш віддалена від вершини гірки (ВГ), на яку веде найбільше число стрілочних переводів і кривих. Для даної схеми гірочної горловини такою колією є сортувальна колія 25, а суміжною колією є колія 24.

Для розрахунку втрат енергетичних висот розрахункового відчепу був складений розгорнутий план колії 25, на якому вказано всі відстані, стрілочні переводи, криві.

При розрахунку висоти гірки весь маршрут прямування відчепа з гірки розбито на 3 розрахункові ділянки, кожна з яких характеризується розрахунковою швидкістю скочування, що наведено у таблиці 8.2 [58, 59]:

Таблиця 8.2 – Середні швидкості руху вагонів на розрахункових ділянках

№ ділянок	Межі ділянок	V_i , м/с
1	ВГ- Початок ГП1	3,5
2	Початок ГП1- Початок ПП1	3,0
3	Початок ПП1 - РТ	1,4

Висота є одним з головних параметрів сортувальної гірки і визначається згідно [59] за формулою:

$$H_p = k_{\text{осн}} (\bar{h}_{\text{осн}} + \bar{h}_{\text{св}} + \bar{h}_{\text{св}}) + h_{\text{сн}} - h_0, \quad (8.1)$$

де k_p – міра відхилення розрахункового значення h_w від його середньої величини (для ГМП $k_{\text{осн}} = 1,5$);

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

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

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

На кожній з розрахункових ділянок визначається величина сил опору.

Розрахунок втрат енергетичних висот при визначенні H_p виконується для розрахункового бігуна, який характеризується наступними параметрами [59] – критий, 4-вісний вагон на роликових підшипниках, $Q=25$ т, $w_0 = 1,75$ Н/кН. Таким чином, H_p визначається по умові докочування розрахункового поганого бігуна від ВГ до РТ.

8.3 Визначення втрат енергетичних висот від сил опору

Параметри кожної розрахункової ділянки (довжина, число стрілочних переводів і сума кутів повороту) наведені в таблиці 8.3.

Втрати енергетичних висот розраховуються згідно [59] по наступних формулах:

– від основного опору:

$$\bar{h}_{\text{осн}} = \bar{w}_0 \cdot L_p \cdot 10^{-3}, \quad (8.2)$$

де L_p – розрахункова довжина маршруту від ВГ до РТ, м. ($L_p = 317,34$ м);

w_0 – основний питомий опір розрахункового бігуна, $H/\kappa H$.

$$h_{\text{осн}} = 1,75 \cdot 313,695 \cdot 10^{-3} = 0,549 \text{ м. е. в.}$$

– від опору стрілок і кривих:

$$\bar{h}_{\text{ск}} = (0,56 \cdot n + 0,23 \Sigma \varphi) \cdot \bar{V}^2 10^{-3}, \quad (8.3)$$

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

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

Розрахунок опору від стрілок і кривих для розрахункових ділянок по маршруту на колії 25 і 24 виконаний в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Розрахунок опору від стрілок і кривих

Ділянка	$L, м$	Кути повороту		$n, шт$	$V_i, м/с$	$h_{\text{ск}}, м. е. в$	
		25	24			25	24
1	70,1	7,731		1	3,5	0,0286	
2	183,745	36,692	27,23	2	3,0	0,086	0,066
3	59,85	0	0	0	1,4	0	0
Разом	313,695					0,115	0,095

- від опору снігу і інею згідно [59]:

$$h_{\text{сн}} = w_{\text{сб}} \cdot L \cdot 10^{-3} \quad (8.4)$$

де $w_{\text{сб}}$ – питомий опір від снігу та інею на i -ї ділянці, $H/\kappa H$. Для температури -28°C $w_{\text{сб}} = 0,46 H/\kappa H$.

Опір від снігу та інею розраховується для зимових умов в межах стрілочної зони і на сортувальних коліях.

$$L_{\text{сн}} = L_3 + L_2 - l_{\text{гп1}} = 59,85 + 183,745 - 12,475 = 231,12 \text{ м} \quad (8.5)$$

$$h_{\text{сн}} = 0,46 \cdot 231,12 \cdot 10^{-3} = 0,106 \text{ м е. в.}$$

Енергетична висота відчепу на вершині гірки згідно [59]:

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g'} \quad (8.6)$$

де V_0 - швидкість розпуску (для ГМП $V_0 = 1,20 \text{ м/с}$);

g' - прискорення вільного падіння з урахуванням інерції частин, що обертаються, м/с^2

$$g' = \frac{g}{1 + \frac{0,42 \cdot n_{\text{ос}}}{Q}} \quad (8.7)$$

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

$n_{\text{ос}}$ – число осей в розрахунковому відчепі ($n_{\text{ос}} = 4$);

Q – вага розрахункового відчепа ($Q = 25 \text{ т}$).

Тоді

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

$$h_0 = \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,19} = 0,078 \text{ м.е.в.}$$

Питомий опір від середовища і вітру залежить від типу вагону, швидкості його руху, швидкості і напрямку вітру і визначається по формулі згідно [59]:

$$\pm w_{\text{св}} = K_{\text{вс}} C_x V_p^2 \quad (8.8)$$

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

C_x – коефіцієнт повітряного опору вагону;

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

Коефіцієнт $K_{\text{вс}}$ для окремих вагонів визначається по формулі згідно [59]:

$$K_{\text{вс}} = \frac{17.8 \cdot S}{(273 + t^0) Q}, \quad (8.9)$$

де S - площа поперечного перетину вагону, м²;

t^0 - температура зовнішнього повітря, °С;

Q - вага вагону, т.

Для визначення результуючої швидкості V_p необхідно розрахувати середню швидкість вітру $V_{\text{вітру}}$. Швидкість вітру в даному випадку визначається за розою вітрів (рисунок 8.1), яка складається за даними метеорологічних спостережень (табл. 8.1.) на станції і азимуту напрямку розпуску (320°). При цьому беруться до уваги тільки ті напрямки вітру, які є зустрічними напрямку розпуску.

Виходячи з рози вітрів видно, що зустрічними напрямку розпуску будуть вітри Пн-Сх, Пн, Пн-Зх, З.

Середня швидкість вітру згідно [59] визначається за формулою:

$$V_{\text{вітру}} = \frac{\sum V_i P_i}{\sum P_i} \quad (8.10)$$

де V_i - швидкість вітру i -го напрямку, м/с;

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

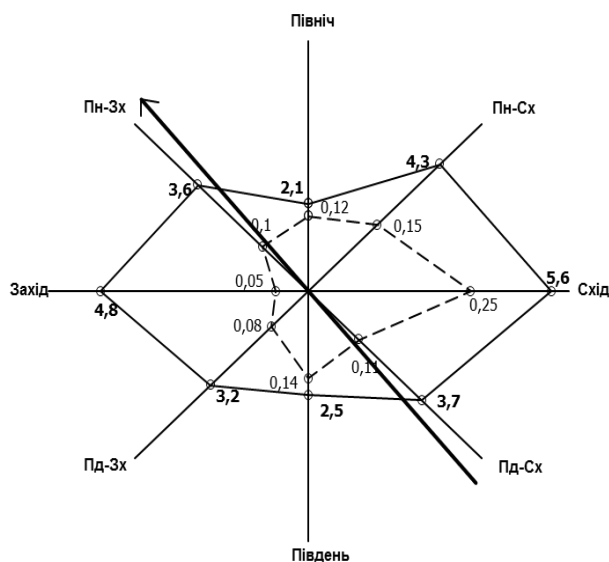


Рисунок 8.1 «Роза вітрів»

Таким чином, середньозважена швидкість вітру складе

$$V_{\text{вітру}} = \frac{4,3 \cdot 0,15 + 2,1 \cdot 0,12 + 3,6 \cdot 0,1 + 4,8 \cdot 0,05}{0,15 + 0,12 + 0,1 + 0,05} = 3,56 \text{ м/с}$$

Кут напрямку вектора $V_{\text{вітру}}$ вважаємо рівним $\beta = 0$ (вітер зустрічний – лобовий). При кутах $\beta < 30^\circ$ результуюча швидкість розраховується по формулі:

$$V_p = V_{\text{ваг}} + V_{\text{вітру}}, \quad (8.11)$$

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

Кут α між напрямком руху вагону і напрямком результуючої вітру: $\alpha = \beta/2 = 0$ (так як $\beta = 0$).

Згідно [59] для критого вагону $S = 9,7 \text{ м}^2$, а значення C_x при $\alpha = 0$ буде 1,12:

$$K_{\text{вс}} = \frac{17,8 \cdot 9,7}{(273 - 28) \cdot 25} = 0,0272$$

Розрахунок втрат від опору середовища і вітру виконано в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 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	70,1	3,5	7,06	1,57	0,11
2	183,745	3	6,56	1,36	0,25
3	59,85	1,4	4,96	0,78	0,047
Разом	313,695				0,407

8.4 Визначення висоти гірки та параметрів профілю

Знаючи сумарні втрати $h_{\Sigma w}$ від кожного виду опору, а також енергетичну висоту розрахункового бігуна на вершині гірки ($h_0 = 0,078 м. е. в.$), за формулою (8.1) визначимо розрахункову висоту сортувальної гірки:

$$H_p = 1,5 (0,549 + 0,115 + 0,407) + 0,106 - 0,078 = 1,63 м$$

Для подальших розрахунків використовуємо значення висоти існуючої гірки, яка рівна $H_r = 1,96 м$ так. Існуючий поздовжній профіль сортувальної гірки наведено в таблиці 8.5. згідно таблиці А.7 Додатку А.

Таблиця 8.5 – Параметри поздовжнього профілю сортувальної гірки

Елемент профіля	Ухил, %	Довжина, м	Перевищення $h, м$
Швидкісна ділянка 1	28	33	0,924
Швидкісна ділянка 2	17	34,1	0,58
1-ша гальмівна позиція	7	18,475	0,129
Проміжна ділянка	2	58,63	0,117
Стрілочна зона і паркова гальмівна позиція	1,5	121,49	0,182
Сортувальні колії	0,6	48	0,029
Всього			1,96

8.5 Побудова графіків втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів

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 кривих 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 (СП), уповільнювачах, граничному стовпчику (ГС).

Розрахунковою групою відчепів для гірки малої потужності приймається: П – Х – П [59], де П – поганий бігун, Х – хороший бігун. При цьому П скочується на «важку» колію (колія 25), Х – на суміжну з ним (колія 24).

Характеристика розрахункових бігунів наведена в таблиці 8.6 з [58, 59].

Таблиця 8.6- Характеристики розрахункових бігунів

Тип	Рід	Осей	Q, m	$w_0, H/кН$	l_b, m	b_k, m	S, m^2	$g', m/c^2$	$K_{вс}$
П	пв	4	25	4,0	13,92	10,5	8,5	9,19	0,0272
Х	пв	4	70	0,8	13,92	10,5	8,5	9,58	0,0089

При моделюванні прийнято наступні умови: швидкість розпуску 1,2 м/с, зимовий період ($t = - 28^{\circ}C$), вітер зустрічний – боковий ($\beta = 30^{\circ}$). Крім того, криві втрат енергетичних висот для Х будуються для двох режимів: без гальмування та з гальмуванням на гальмівних позиціях.

Розрахунки втрат енергетичної висоти для розрахункових бігунів зведені в таблицю 8.7.

Таблиця 8.7 – Розрахунок втрат енергетичної висоти для П і Х

Ділянка	Параметри		Параметри розрахункових бігунів								
	L, м	V, м/с	V _в , м/с	w ₀ , Н/кН	V _р , м/с	w _{св} , Н/кН	Втрати енергетичної висоти				
							h _{осн}	h _{ск}	h _{св}	h _w	H _w
Поганий (K _{вс} = 0,0272, C _x = 1,75)											
1	70,1	3,5	3,56	4	7,06	2,16	0,28	0,029	0,151	0,46	0,46
2	183,745	3	3,56	4	6,56	1,87	0,735	0,086	0,344	1,165	1,625
3	59,85	1,4	3,56	4	4,96	1,07	0,239	0	0,064	0,303	1,928
Хороший (K _{вс} = 0,0089, C _x = 1,75)											
1	70,1	3,5	3,56	0,8	7,06	0,77	0,056	0,029	0,054	0,139	0,139
2	183,745	3	3,56	0,8	6,56	0,66	0,147	0,066	0,121	0,334	0,473
3	59,85	1,4	3,56	0,8	4,96	0,38	0,048	0	0,023	0,071	0,544

Визначимо енергетичну висоту розрахункових бігунів на вершині гірки:

$$g_{п}' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{25}} = 9,19 \text{ м/с}^2; \quad h_0 = \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,19} = 0,078 \text{ м.е.в.}$$

$$g_{x}' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{70}} = 9,58 \text{ м/с}^2; \quad h_0 = \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,58} = 0,073 \text{ м.е.в.}$$

Виходячи із отриманих даних можна сказати, що висота гірки забезпечує докочування поганого бігуна до РТ.

Швидкість бігуна Х в розрахунковій точці значно перевищує допустиму швидкість зіткнення вагонів (1,4 м/с). В цьому зв'язку необхідно виконати гальмування цього бігуна на гальмівних позиціях. Гальмування виконується так, щоб вирівняти швидкості П і Х на розрахункових ділянках. При цьому слід враховувати максимальну потужність гальмівних позицій.

8.6 Побудова графіків швидкості та тривалості скочування розрахункових бігунів

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

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

- вхід на гальмову позицію (координата SE ГП) і вихід із неї (SG ГП);
- вхід на ізолювану секцію стрілочного перевалу, уповільнювача (SE ІД) і вихід із неї (SG ІД);
- підхід до граничного стовпчика (SE ГС) і прохід за нього (SGГС).

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

- для зон гальмування

$$SE = SPI - b_K/2; \quad SG = SPI + l_{ГП} + b_K/2;$$

- для ізолюваних ділянок стрілок

$$SE = SPI - b_K/2; \quad SG = SPI + l_{ІД} + b_K/2;$$

- для граничного стовпчика

$$SE = SPI - l_B/2; \quad SG = SPI + l_B/2,$$

де SPI – координата початку відповідного елемента, визначається, користуючись розгорнутим планом маршруту;

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

b_K , l_B – відповідно колісна база та довжина вагона.

Координати контрольних точок наведені в таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 Розрахунок координат контрольних точок маршруту скочування

Найменування елементів	СП, м	$l_{ГП}$, $l_{ІД}$, м	SE, м	SG, м
ІД СП 301	17,79	11,38	12,54	34,42
ІД ГП 1	69,39	13,48	64,14	88,12
ІД СП 305	82,87	11,38	77,62	99,5
ІД СП 317	106,83	11,38	101,58	123,46
ГС	151,04	0	144,08	158
ППП	253,84	13,5	248,59	272,59
ГП 1	69,89	12,48	64,64	87,62

Для визначення швидкості в будь-якій точці використовується формула:

$$V_i = \sqrt{2g'h_i}, \quad (8.12)$$

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

Побудова графіків тривалості скочування $T = f(S)$ виконується на тому ж кресленні, що і $V=f(S)$. 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:

$$t_{i,i+1} = \frac{2 \cdot \Delta S_{i,i+1}}{V_i + V_{i+1}}, \quad (8.13)$$

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

$$T_j = \sum_{i=1}^j t_i, \quad (8.14)$$

Інтервал між відчепами на вершині гірки приблизно можна визначити як:

$$I_0 = \frac{S}{V_0} = \frac{l_e^1 + l_e^2}{2 \cdot V_0}, \quad (8.15)$$

де $l_{в1}, l_{в2}$ – довжина відповідно першого і другого відчепів (13,92 м).

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

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

«Дифом» називається різниця часу ходу П і Х від ВГ до певної точки. Тобто „диф” показує, наскільки швидше (або пізніше) прийде Х в дану точку, якщо вважати, що Х і П вийдуть з ВГ одночасно, «дифи» визначаються в кожній розрахунковій точці:

$$\Delta t_j = T_j^{\text{П}} - T_j^{\text{X}}, \quad (8.16)$$

Швидкість та тривалість скочування відчепів наведені в таблиці 8.9.

Таблиця 8.9 Розрахунок швидкості та тривалості скочування вагонів

№ точки	Назва точки	S, м	ΔS, м	Y _h , мм		V, м/с		t _х , с		T _х , с		Δt, с
				П	Х	П	Х	П	Х	П	Х	
1	ВГ	0		3,9	3,75	1,2	1,2			0	0	0
2		7	7	11,4	12,9	2,05	2,22	4,31	4,09	4,31	4,09	0,22
3	Вхід на ІД СП301	12,75	5,75	17,5	20,3	2,54	2,79	2,51	2,3	6,82	6,39	0,43
4		22,75	10	28,2	33,3	3,22	3,57	3,47	3,14	10,29	9,53	0,76
5	А	33	10,25	39,2	46,6	3,8	4,23	2,92	2,63	13,21	12,16	1,05
6	Вихід із ІД СП301	34,63	1,63	40	47,8	3,83	4,28	0,43	0,38	13,64	12,54	1,1
7		44,63	10	45,3	55,3	4,08	4,6	2,53	2,25	16,17	14,79	1,38
8		54,63	10	50,5	62,8	4,31	4,91	2,38	2,1	18,55	16,89	1,66
9	Вхід на ІД ГПІ	64,35	9,72	55,6	70,2	4,52	5,19	2,2	1,92	20,75	18,81	1,94
10	Початок ЗГ ГПІ	64,85	0,5	55,8	70,5	4,53	5,2	0,11	0,1	20,86	18,91	1,95
11	Б	67,1	2,25	57	68,5	4,58	5,12	0,49	0,44	21,35	19,35	2
12	Вхід на ІД СП305	77,825	10,725	57,4	53,5	4,59	4,53	2,34	2,22	23,69	21,57	2,12
13	В	85,575	7,75	57,6	42,6	4,6	4,04	1,69	1,81	25,38	23,38	2
14	Кінець ЗГ ГПІ	87,825	2,25	57,1	38,9	4,58	3,86	0,49	0,57	25,87	23,95	1,92
15	Вихід із ІД ГПІ	88,325	0,5	57	39	4,58	3,87	0,11	0,13	25,98	24,08	1,9
16	Вихід із ІД СП305	99,705	11,38	54,5	39	4,48	3,87	2,51	2,94	28,49	27,02	1,47
17	Вхід на ІД СП317	101,785	2,08	54,1	39	4,46	3,87	0,47	0,54	28,96	27,56	1,4
18		112,785	11	51,7	39,1	4,36	3,87	2,49	2,84	31,45	30,4	1,05
19	Вихід із ІД СП317	123,665	10,88	49,3	39,2	4,26	3,88	2,52	2,81	33,97	33,21	0,76
20	Вхід на ГС	137,245	13,58	46,4	39,4	4,13	3,89	3,24	3,5	37,21	36,71	0,5
21	Г	144,205	6,96	44,8	39,4	4,06	3,89	1,7	1,79	38,91	38,5	0,41
22	Вихід із ГС	151,165	6,96	43,2	39,3	3,99	3,88	1,73	1,79	40,64	40,29	0,35
23		171,165	20	38,4	39	3,76	3,87	5,16	5,16	45,8	45,45	0,35
24		191,165	20	33,5	38,7	3,51	3,85	5,5	5,18	51,3	50,63	0,67
25		211,165	20	28,7	38,4	3,25	3,84	5,92	5,2	57,22	55,83	1,39
26		231,165	20	23,8	38,1	2,96	3,82	6,44	5,22	63,66	61,05	2,61
27	Початок ЗГ ППІ	248,595	17,43	19,6	37,8	2,68	3,81	6,18	4,57	69,84	65,62	4,22
28	Д	265,695	17,1	16	11,4	2,43	2,09	6,69	5,8	76,53	71,42	5,11
29	Кінець ЗГ ППІ	268,945	3,25	15,2	6,3	2,36	1,55	1,36	1,79	77,89	73,21	4,68
30		283,945	15	11,9	5,9	2,09	1,5	6,74	9,84	84,63	83,05	1,58
31		298,945	15	8,5	5,4	1,77	1,44	7,77	10,2	92,4	93,25	-0,85
32	РГ	313,695	14,75	5,25	5,05	1,39	1,39	9,34	10,42	101,74	103,67	-1,93

8.7 Перевірка умов розділення розрахункової групи відчепів на розділових елементах

Конструкція і технічне оснащення сортувальної гірки повинні забезпечувати розмежування відчепів на окремих елементах: стрілочних переводах, вагоноуповільнювачах, граничних стовпчиках, проміжних ізолюваних ділянках. Розмежування потрібно для можливості переведення між суміжними відчепами стрілок і вагоноуповільнювачів з одного положення в інше, можливості безперешкодного прослідування відчепами граничних стовпчиків, можливості нормального функціонування пристроїв ГАЦ і систем автоматизації. Умовою розмежування є наявність інтервалу часу між послідовними моментами звільнення елемента відчепом і заняття його на-

ступним відцепом. Для окремого елемента моментами заняття і звільнення його відчепами вважаються: для стрілочного переводу, вагоноуповільнювача, проміжної ділянки – вхід на їх ізольовану секцію і вихід з неї крайніх колісних пар відчепа, для граничного стовпчика – підхід до нього і прохід за нього торцевих стінок відчепа.

Для забезпечення розмежування суміжних відцепів кожен з них повинен входити на елемент після його звільнення попереднім відцепом, тобто повинна витримуватись умова:

$$I_o + TE_2 > TG_1, \quad (8.17)$$

де I_o – інтервал відриву суміжних відцепів 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 відцепом (TG_1) і моментом заняття другим відцепом (TE_2) являє собою резерв інтервалу δt , величину якого можна розрахувати як

$$\delta t = I_o + TE_2 - TG_1, \quad (8.18)$$

Для надійного розмежування відцепів на окремому розподільному елементі потрібно мати резерв інтервалу не менше δt_{\min} , величина якого залежить від типу елемента:

– для граничного стовпчика $\delta t_{\min} = 0$;

– для ізольованих ділянок стрілочних переводів враховується інерційність (запізнення) релейної апаратури на звільнення елемента, яка згідно з [59] становить $\delta t_{\min} = 1$ с;

– для ізольованих ділянок вагонних уповільнювачів враховується тривалість переведення уповільнювача з одного стану в інший, тобто $\delta t_{\min} = t_{\text{пу}}$.

Величина $t_{\text{пу}}$ приймається по табл. 8.1 [59] у залежності від типу вагонного уповільнювача і враховується як тривалість його переведення у гальмовий стан (τ_r) для сполучення бігунів $\Pi_1 - X_2$ і як тривалість розгальмування (τ_p) - для сполучення $X_1 - \Pi_2$. Наприклад, для уповільнювачів КНП-5: $\tau_r = 0,8$ с, $\tau_p = 1,2$ с.

Таким чином, можливість розмежування відчепів відповідає умові:

$$\delta t \geq \delta t_{\min}, \quad (8.19)$$

Для перевірки умови розмежування відчепів для кожного елемента згідно з координатами входу (SE) і виходу (SG) на кривих $T=f(S)$ кожного бігуна, приведених на листі, визначаються відповідні моменти входу (TE) і виходу (TG), показуються фактичні (δt) і мінімальні (δt_{\min}) резерви інтервалів. Графічне співставлення цих резервів на відповідність умові (8.18) дозволяє зробити висновок щодо можливості розмежування відчепів.

Більш точно аналіз можна виконати аналітичним розрахунком резервів інтервалів δt за допомогою TE і TG з таблиці швидкості і тривалості скочування відчепів (табл. 8.9).

Розрахунок інтервалів між відчепами на розділювальних елементах наведені в таблиці 8.10.

Таблиця 8.10 Розрахунок інтервалів між відчепами на розділювальних елементах

№ п/п	Найменування елементів	Сполучення П ₁ - Х ₂				Сполучення Х ₁ - П ₂			
		TE_2	TG_1	$\delta t, c$	$\delta t_{\min}, c$	TE_2	TG_1	$\delta t, c$	$\delta t_{\min}, c$
1	ІД СП 301	6,81	31,9	4,01	1	6,31	12,56	5,91	1
2	ІД ГП 1	21,06	26,26	4,11	0,8	18,77	23,97	8,69	1,2
3	ІД СП 305	23,99	28,76	4,31	1	21,47	26,93	8,66	1
4	ІД СП 317	29,22	34,24	4,83	1	27,47	33,15	7,67	1
5	ГС	39,22	42,75	7,36	0	38,51	42,12	8,7	0

Відповідність отриманих значень δt умові (8.18) свідчить про можливість розмежування відчепів і відповідність конструкції гірки вимогам [59] щодо можливості реалізації встановленої швидкості розпуску.

8.8 Визначення розрахункової швидкості розпуску та переробної спроможності сортувальної гірки

Виконана перевірка умов розділення відчепів показала наявність резервів ін-

тервалів на розділювальних елементах, що свідчить про можливість підвищення швидкості розпуску, а відповідно можливості підвищення переробної спроможності.

Максимально можлива швидкість розпуску по умові розділення відчепів на окремо взятому елементі розраховується за формулою:

$$V_{0\max} = \frac{l_{\text{ваз1}} + l_{\text{ваз2}}}{2(I_0 - \delta t + \delta t_{\min})} \quad (8.20)$$

Розрахунки виконано у вигляді таблиці 8.11.

Таблиця 8.11 – Визначення максимально можливої швидкості розпуску для окремих розділювальних елементів

№ п/п	Найменування елементів	Сполучення П ₁ -Х ₂			Сполучення Х ₂ -П ₁			V _{0 max} , м/с
		δ t, с	δ t _{min} , с	V _{0 max} , м/с	δ t, с	δ t _{min} , с	V _{0 max} , м/с	
1	ІД СП 301	4,01	1	2,07	5,91	1	2,96	2,07
2	ІД ГП1	4,11	0,8	2,08	8,69	1,2	8,14	2,08
3	ІД СП 305	4,31	1	2,21	8,66	1	7,17	2,21
4	ІД СП 317	4,83	1	2,41	7,67	1	4,83	2,41
5	ГС	7,36	0	3,28	8,7	0	4,8	3,28

Середньозважене значення максимальної швидкості розпуску визначається за формулою:

$$V_{0\max} = \sum_{i=1}^n V_{0\max i} \cdot P_i, \quad (8.21)$$

де V_{0maxi} - максимальна швидкість розпуску по умовам розділення відчепів на стрілочних переводах i-ї стрілочної позиції. В значенні V_{0maxi} береться мінімальне з значень, визначених для сполучень П₁-Х₂ та Х₁-П₂;

P_i - ймовірність розділення відчепів на i-й стрілочній позиції визначаємо за формулою:

$$P_i = P_{\text{стр}} \cdot K, \quad (8.22)$$

де n - кількість стрілочних позицій;

$P_{стр}$ - ймовірність розділення відчепів на окремому стрілочному переводі, розраховуємо за формулою:

$$P_{стр} = \frac{2 \cdot n_{л} \cdot n_{п}}{m_{сп} (m_{сп} - 1)}, \quad (8.23)$$

де $n_{л}$, $n_{п}$ – кількість сортувальних колій, на які можна потрапити слідуючи по даному стрілочному переводі ліворуч чи праворуч відповідно.

В стрілочну позицію входять всі стрілочні переводи, що знаходяться приблизно на однаковій відстані від вершини гірки.

Всі необхідні розрахунки виконано у вигляді таблиці 8.12.

Таблиця 8.12 – Визначення максимально можливої швидкості розпуску на сортувальній гірці

№ Стрілочної позиції	К	$n_{л}$	$n_{п}$	$P_{стр}$	$V_{0\max}, м/с$			$V_{0\max i}$ стр/гп/гс	$V_{0\max i} \cdot P$
					стр	гп	гс		
1	1	5	5	0,55555	2,07	-	-	2,07	1,149
2	1	3	2	0,13333	2,21	2,08	-	2,08	0,277
3	1	1	1	0,19999	2,41	2,08	-	2,08	0,415
	1	1	2						
	1	2	3						
4	1	1	1	0,08888	2,41	2,08	-	2,08	0,184
	1	2	1						
	1	1	1						
5	1	1	1	0,2225	22,41	2,08	3,28	2,8	0,046
Всього	9			1					2,07

Середня експлуатаційна швидкість розпуску состава розраховується за формулою:

$$\bar{V}_c = \frac{V_0 + \bar{V}_{0\max}}{2}, \quad (8.24)$$

$$\bar{V}_c = \frac{1,2 + 2,07}{2} = 1,64 \text{ м / с.}$$

Переробна спроможність гірки визначається за формулою:

$$N_{\text{п}} = \frac{\alpha_{\text{вр}} \cdot (1440 - T_{\text{пост}})}{p_{\text{г}} \cdot t_{\text{г}}} \cdot m_{\text{с}}, \quad (8.25)$$

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

$T_{\text{пост}}$ - час заняття гірки за добу постійними технологічними перервами для технічного обслуговування та ремонту гірочних пристроїв, зміни локомотивних бригад і т.і., $T_{\text{пост}}=60$ хв;

$t_{\text{г}}$ - гірочний технологічний інтервал, згідно попередніх розрахунків, $t_{\text{г}}=17,7$ хв;

$m_{\text{с}}$ - кількість вагонів в складі, згідно розділу 2 $m_{\text{с}}=57$ ваг;

$p_{\text{г}}$ - коефіцієнт надійності технічних засобів гірки, $p_{\text{г}}=1,12$.

$$N_{\text{п}} = \frac{0,97 \cdot (1440 - 60)}{1,12 \cdot 17,7} \cdot 57 = 4321 \text{ ваг / добу}$$

Тоді коефіцієнт завантаження гірки буде дорівнювати:

$$\Psi_{\text{г}} = \frac{407}{4321} = 0,10$$

Оскільки коефіцієнт завантаження гірки не перевищує 0,85, то можна зробити висновок, що гірка цілком відповідає обсягам роботи.

9 ДОБОВИЙ ПЛАН-ГРАФІК РОБОТИ СТАНЦІЇ П ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЇЇ РОБОТИ

Добовий план-графік – це графічне відображення процесів обробки поїздів і вагонів, використання основних технічних засобів і станційних пристроїв. Він складається на основі графіка руху і плану формування поїздів, техніко-розпорядчого акта і технологічного процесу станції.

Добовий план-графік роботи станції П визначає взаємозв'язок у часі і просторі і порядок виконання основних технологічних операцій. Добовий план-графік складають з метою узгодження роботи всіх підрозділів станції між собою, чи ліквідації зведення до виправданого мінімуму всіх між операційних інтервалів, виявлення найбільш завантажених і потребуючих посилення елементів. За допомогою плану-графіку можна визначити ступінь нерівномірності в роботі і її вплив на використання основних технічних засобів і експлуатаційні показники станції.

9.1 Вихідні дані для побудови добового плану-графіку роботи дільничної станції П

Основними вихідними даними для побудови добового плану-графіку роботи станції є: технічне оснащення, технологія роботи і розрахункові обсяги роботи станції. До технічного оснащення станції відносяться: схема взаємного розташування основних залізничних пристроїв, колійний розвиток і т.д.

Добовий план-графік роботи дільничної станції П будується з врахуванням розрахованих норм часу на виконання технологічних операцій (розділ 3). Для побудови плану-графіку виконано моделювання моментів прибуття поїздів (Додаток Б.1) та розподілу вагонів по коліям сортувального парку для поїздів з різних напрямків (Додатку Б.2).

9.2 Визначення основних показників добового плану-графіку роботи дільничної станції П

На основі аналізу побудованого добового плану-графіку визначаються наступні показники роботи дільничної станції П [8]:

- простій транзитного вагону без переробки ;
- простій транзитного вагону з переробкою;
- середньозважена величина простою транзитного вагону;
- добовий вагонообіг;
- робочий парк вагонів;
- коефіцієнти завантаження різних об'єктів станції П.

Простій транзитного вагону без переробки визначаємо за формулою:

$$t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{\sum nt_{\text{мп}}}{\sum n_{\text{мп}}}, \quad (9.1)$$

де $\sum nt_{\text{мп}}$ – вагоно-години простою в парку;

$\sum n_{\text{мп}}$ – сумарний транзитний вагонопотік без переробки, що обслуговується в ПВ1 (згідно табл. 2.1 розділу 2).

Отже, для парку ПВ1 простій транзитного вагону без переробки становить:

$$t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{1110}{969} = 1,15 \text{ год}$$

Для парку ПВ2 простій транзитного вагону без переробки становить:

$$t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{1810}{969} = 1,87 \text{ год}$$

Простій транзитного вагону з переробкою визначаємо за формулою:

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = t_{\text{пш}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{оч}}^{\text{зф}} + t_{\text{зф}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{пвп}}, \quad (9.2)$$

де $t_{\text{пш}}$ - середній час простою вагона у приймально-відправному парку, год.;

$t_{\text{роз}}$ - середній час розформовування составів, год.;

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

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

$t_{\text{пер}}$ - час на перестановку составів, год.;

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

Середній час простою вагона у парку прийому визначається за формулою:

$$t_{\text{пш}} = \frac{\sum nt_{\text{пер}}}{\sum n_{\text{пер}}}, \quad (9.3)$$

Звідси маємо:

$$t_{\text{пш}} = \frac{745}{407} = 1,83 \text{ год}$$

Середній час розформовування составів визначається за формулою:

$$t_{\text{роз}} = \frac{t_{\text{н}} + t_{\text{р}} + t_{\text{ос}}}{60}, \quad (9.4)$$

Отже:

$$t_{\text{роз}} = \frac{2+10+4}{60} = 0,27 \text{ год}$$

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

$$t^{\text{нак}} = \frac{\sum t_{\text{оч}} \cdot m_i}{60 \cdot (m_{\text{приб}} + m_{\text{зал}})}, \quad (9.5)$$

де $m_{\text{ідеа}}$ - вагони під накопиченням, згідно добового плану-графіку;

$m_{\text{сая}}$ - залишок вагонів на початку доби, згідно добового плану-графіку.

Звідси маємо:

$$t^{\text{нак}} = \frac{175335}{60 \cdot 407} = 7,18 \text{ год}$$

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

$$t^{\text{зф}} = \frac{N_{\text{р}}^{\text{діл}} \cdot t_{\text{діл}}^{\text{зф}} + N_{\text{р}}^{\text{зб}} \cdot t_{\text{зб}}^{\text{зф}}}{60 \cdot (N_{\text{р}}^{\text{діл}} + N_{\text{р}}^{\text{зб}})}, \quad (9.6)$$

Отже:

$$t^{\text{зф}} = \frac{10 \cdot 8 + 5 \cdot 50}{60 \cdot (10 + 5)} = 0,36 \text{ год}$$

Середній час на перестановку составів знаходимо з виразу:

$$t_{\text{пер}}^{\text{ср}} = \frac{t_{\text{пер}} (N_{\text{діл}} + N_{\text{зб}})}{60 \cdot (N_{\text{діл}} + N_{\text{зб}})}, \quad (9.7)$$

$$t_{\text{пер}}^{\text{ср}} = \frac{8 \cdot (10 + 5)}{60 \cdot (10 + 5)} = 0,13 \text{ год.}$$

Середній час знаходження у приймально-відправному парку составів свого формування під обробкою по відправленню визначаємо за формулою:

$$t_{\text{від}} = \frac{\sum nt_{\text{пер}}}{\sum n_{\text{пер}}}, \quad (9.8)$$

$$t_{\text{від}}^{\text{ср}} = \frac{730}{407} = 1,79 \text{ год}$$

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = 1,83 + 0,27 + 7,18 + 0,36 + 0,13 + 1,79 = 11,56 \text{ год.}$$

Середньозважена величина простою транзитного вагону визначається за формулою:

$$t_{\text{тр}} = \frac{n_{\text{тр}}^{\text{бп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{бп}} + n_{\text{тр}}^{\text{зп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{зп}}}{(n_{\text{тр}}^{\text{бп}} + n_{\text{тр}}^{\text{зп}})}, \quad (9.9)$$

Звідси:

$$t_{\text{тр}} = \frac{969 \cdot 1,15 + 969 \cdot 1,87 + 407 \cdot 11,56}{969 + 969 + 407} = 3,30 \text{ год}$$

Робочий парк транзитних вагонів визначається за формулою:

$$n_{\text{р}} = \frac{n_{\text{тр}}^{\text{бп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{бп}} + n_{\text{тр}}^{\text{зп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{зп}}}{24} \quad (9.10)$$

$$n_{\text{р}} = \frac{969 \cdot 1,15 + 969 \cdot 1,87 + 407 \cdot 11,56}{24} = 317,97 \text{ вагонів}$$

Приймаємо $n_{\text{р}} = 318$ вагонів.

Добовий вагонообіг визначимо за формулою:

$$V_0 = \Pi + B, \quad (9.11)$$

де Π , B – кількість вагонів, що прибувають та відправляються зі станції за добу.

$$\Pi = 1938 + 407 = 2345 \text{ вагона}$$

$$B = 1938 + 407 = 2345 \text{ вагона}$$

$$B_0 = 2345 + 2345 = 4690 \text{ вагонів}$$

Коефіцієнт використання технічних засобів визначається за формулою:

$$K = \frac{\sum t}{n \cdot 1440}, \quad (9.12)$$

де $\sum t$ – час роботи пристрою (згідно добового плану-графіку), *хв*;

n_p – кількість технічних пристроїв;

– для гіркового маневрового локомотива:

$$K = \frac{180}{1 \cdot 1440} = 0,13$$

– для маневрового локомотива формування:

$$K = \frac{336}{1 \cdot 1440} = 0,23$$

Завантаження бригад ПТО:

- для бригади ПТО для ПВ1

$$K = \frac{992}{1 \cdot 1440} = 0,69$$

- для бригади ПТО для ПВ2

$$K = \frac{1029}{1 \cdot 1440} = 0,71$$

Таким чином, у даному розділі був побудований добовий план-графік та визначені наступні основні показники роботи дільничної станції П:

- простій транзитного вагону без переробки для ПВ1 $t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 1,15 \text{ год.}$ та для ПВ2 $t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 1,87 \text{ год.}$;
- простій транзитного вагону з переробкою $t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = 11,56 \text{ год.}$;
- середньозважена величина простою транзитного вагону $t_{\text{тр}} = 3,30 \text{ год.}$;
- робочий парк вагонів, який складає $n_p = 318 \text{ ваг.}$;
- добовий вагонообіг $B_0 = 4690 \text{ ваг.}$

10 БЕЗПЕКА РУХУ НА СТАНЦІЇ СТИКУВАННЯ РІЗНИХ СИСТЕМ СТРУМУ

10.1 Безпека руху при виконанні робіт на станції П

Усі працівники зміни станції П зобов'язані з'явитися в червоний куточок біля будівлі вокзалу о 7 год. 30 хв., або о 19 год. 30 хв., добре відпочивши, у зручному, (щільно застебнутому, що не сковує руху) одязі та головному уборі, що забезпечує нормальну чутність сигналів. Взуття повинне бути на широкому та низькому каблучі.

У червоному куточку ДСП посту ЕЦ перевіряють явку працівників зміни. Начальник станції аналізує роботу за минуле чергування, доводить план майбутньої роботи і проводить інструктаж з питань охорони праці.

Для інструктажу використовують телеграми, накази з питань охорони праці і безпеки руху поїздів, що надходять на станцію, а також питання конкретної обстановки на станції і метеорологічні умови.

Розглянуті на інструктажі питання заносяться в книгу інструктажу з розписом працівника, який проводив інструктаж.

10.2. Вимоги безпеки при перебуванні на станційних коліях

При перебуванні на залізничних коліях станції працівники повинні дотримуватися наступних заходів безпеки:

а) проходити уздовж колій тільки по узбіччю колії чи посередині міжколій, при цьому стежити за поїздами, локомотивами, відчепленнями вагонів, що рухаються, стежити за наявністю предметів, що виступають за межі обрисів габаритів навантаження і рухомого складу;

б) звертати увагу на пристрої і предмети, що знаходяться на шляху прямування (граничні стовпчики, гнучкі тяги, водовідвідні лотки і колодязі, пристрої СЦБ і зв'язку й ін.), щоб не спіткнутися;

в) при виході на колію із-за рухомого складу, споруд, потрібно попередньо переконатися у відсутності рухомого складу;

г) переходити колію під прямим кутом, попередньо переконавшись, що в цьому місці немає рухомого складу, що рухається на небезпечній відстані. Не можна ставати на рейку, між гостряком і рамною рейкою чи в ринви на стрілочному переводі;

д) при переході через колію, зайняту рухомим складом, на іншу сторону, користуватися тільки гальмовими площадками вагонів; забороняється підлазити під вагони;

е) при обході групи вагонів чи локомотивів, що стоять на коліях, черговими по паркам, операторам поста централізації, складацькими бригадами під час роботи дозволяється переходити колії на відстані від них не менш 3-х м, а проходити у проміжку між розчепленими вагонами на відстані між ними не менш 5м, всім іншим працівникам станції при обході вагонів чи локомотивів на відстані 5 м, а проходити між розчепленими вагонами - на відстані не менш 10 м;

ж) перш ніж зійти з гальмової площадки вагона на міжколійю, необхідно переконатися в справності підніжок, поручнів, настилу, а також у відсутності локомотивів, вагонів, дрезин і ін., що рухаються по суміжній колії на небезпечній відстані, у відсутності сторонніх предметів на між колії об які можна спіткнутися. При сході з гальмової площадки потрібно триматися за поручні і бути поверненим обличчям до вагону.

10.3 Особливості приймання-відправлення поїздів на електрифікованих коліях

Для забезпечення безпеки людей від ураження електричним струмом і попередження перепалення проводу контактної мережі (далі КМ) поїзним диспетчерам і черговим по станції забороняється:

– випускати електрорухомий склад на перегони в тих випадках, коли з КМ прилягаючого перегону знята напруга;

– приймати електрорухомий склад чи робити на станції маневри з електрорухомим складом із заїздом на електрифіковані колії станції, з яких знята напруга;

- на станціях стикування постійного то змінного струму приймати і відправляти електрорухомий склад, не переконавшись у тому, що розташована перед поїздом секція КМ знаходиться під напругою того роду струму, для роботи на якій призначений цей електрорухомий склад;

- опускання струмоприймачів електрорухомого складу без попереднього зняття електронапруги, відключення напруги з працюючих допоміжних машин.

10.4. Правила безпеки при роботах на рухомому складі що знаходиться на електрифікованих лініях

На рухомому складі, що знаходиться на електрифікованих коліях, до відключення і заземлення проводів контактної мережі, повітряних ліній електропередач (далі ПЛ) і зв'язаних з ними пристроїв, розташованих над цими коліями, забороняється:

- підніматися на дах, чи знаходитися, робити які-небудь роботи на дахах вагонів, контейнерів, тепловозів, електровозів, моторвагонного рухомого складу, дизель- та електропоїздів (огляд дахів і пристроїв, що знаходяться на них, та ін.);

- відкривати люки (кришки) цистерн, ізотермічних і критих чи вагонів вести які-небудь роботи на них;

- підніматися на вантаж, робити навантаження чи розвантаження з відкритого рухомого складу, коли самі працюючі чи застосовувані ними пристосування можуть під час роботи

- наблизитися на відстань менш ніж 2 м до частин контактної мережі, які знаходяться під напругою;

- виконувати роботи на котлі, будці тендера паровоза;

- проводити вимірювання кількості нафти, води і чищення димоходів.

- проведення зазначених робіт на рухомому складі допускається на спеціально виділених не електрифікованих коліях.

При огляді поїздів, що відправляються на електрифіковані ділянки, оглядачі вагонів зобов'язані ретельно перевірити стан вагонних дахів і пристроїв які знаходяться на дахах вагонів.

Зі складу поїзда слід вилучити вагони з несправними дахами чи розташованими на них негабаритними пристроями.

Роботи на даху вагона проводять на не електрифікованих коліях після огороження їх відповідно до вимог «Інструкції із сигналізації на залізницях України» затвердженої наказом Міністерства транспорту України від 08.06.95 № 259 [9]. Заявку про необхідність перестановки поїзда (секції, вагону) на не електрифіковану колію для проведення робіт на даху вагона подає оглядач вагонів маневровому диспетчеру чи черговому по станції П.

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі був виконаний аналіз конструкції та технології роботи дільничної станції П. Були розраховані обсяги її роботи, виконано схема та план станції, побудовано діаграми вагоно- та поїздопотоків.

Аналіз схеми станції виявив необхідність спорудження окремого приймально-відправного парку, і в розділі 3 було запропоновано ряд варіантів, з яких експертним чином вибрано один.

Розрахунок колійного розвитку приймально-відправних і сортувального парків показала, що потрібна кількість колій в приймально-відправному парку ПВ1 4, що відповідає існуючій кількості. В новому парному приймально-відправному парку ПВ2 потрібно спорудити 4 колії та у сортувальному парку необхідно 7 колій, що менше існуючої їх кількості в сортувальному парку, у зв'язку з чим необхідності виконати реконструкцію цього парку немає.

В розділі деталі проекту було для парного приймально-відправного парку запропоновано два варіанти його конструкції, з яких в економічному розділі вибрано варіант, модифіковані витрати на спорудження якого були мінімальними і склали 78859,238 тис. грн.

Для побудови добового плану-графіку було виконано нормування технологічних операцій на станції, при цьому було розраховано необхідну кількість бригад ПТО та груп в них, яка відповідає існуючій їх кількості в ПВ1, а для парку ПВ2 було прийнято розраховану кількість груп в бригаді ПТО.

В процесі аналізу техніко-експлуатаційних параметрів сортувальної гірки було визначено її висоту 1,63 м при існуючій висоті 1,93 м та перевірено поздовжній профіль, який забезпечує докочування відцепів до розрахункової точки та розділення відцепів на розділювальних елементах.

В дипломній роботі було розраховано тривалість виконання основних операцій технологічного процесу та розроблені технологічні графіки обробки поїздів.

Можливість реалізації удосконалення було перевірено шляхом побудови добового плану-графіку та визначення показників роботи дільничної станції П. Аналіз вказаних показників дозволяє виділити наступні: простій транзитного вагона

без переробки склав 0,50 год в парку ПВ I, та 0,79 год в парку ПВ II. Для вагона з переробкою вказаний показник становить 9,33 год. Добовий вагонообіг становить 4690 вагонів, а коефіцієнти завантаження локомотивів та бригад ПТО не перевищують максимальне допустиме значення 0,85.

Крім того у даній дипломній роботі були розглянуті також питання забезпечення безпеки руху на дільничній станції П.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Методические указания по проектированию железнодорожных узлов и станций № 111 [Текст] – Киев, Киевгипротранс, 1987. – 33 с.
2. Приднепровская железная дорога [Электронный ресурс] – Режим доступа: / <https://ru.wikipedia.org/wiki/> – Загол. з екрану.
3. Козаченко Д. Н. Анализ инфраструктуры Украины по обеспечению перспективных объемов переработки и экспорта зерна [Текст] / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, Р. В. Рустамов // «Розвиток теорії та практики функціонування залізничних станцій і вузлів» (11.12.2014-12.12.2014): тези наук.-практ. конф. / Мін-во освіти і науки України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. – С. 34–37
4. ПГОК экспортировал более 3.8 млн тонн окатышей, опередив другие ГОКи СНГ [Электронный ресурс] – Режим доступа: / <http://uaprom.info/news/144672>. – Загол. з екрану.
5. Украина может снизить поставки ЖРС в Китай [Электронный ресурс] – Режим доступа: / <http://odnako.su/news/finance/-313449>. – Загол. з екрану
6. Образцов В. Н. Станции и узлы. Ч. II. [Текст] / В. Н. Образцов – Москва: Трансжелдориздат, 1938. – 492 с.
7. Образцов В. Н. Станции и их принадлежности / В. Н. Образцов. – Москва: Московский ин-т инженеров транспорта, 1922. – 76 с.
8. Земблинов С. В. Восстановление станций и узлов [Текст] / С. В. Земблинов, А. С. Герасимов, Н. И. Тышкевич; // . - М: Трансжелдориздат, 1944. - 232 с.
9. Скалов К. Ю. Железнодорожные станции и узлы / К. Ю. Скалов. – Москва: Трансжелдориздат, 1955. – 408 с.
10. Скалов К. Ю. Развитие железнодорожных станций и узлов / К. Ю. Скалов. – Москва: Трансжелдориздат, 1960. – 296 с.
11. Проектирование железнодорожных станций и узлов: Справочное и методическое руководство / под ред. А. М. Козлова и К. Г. Гусевой. – Москва: Транспорт, 1981. – 592 с.

12. Пособие к СНиП 2.05.07-85. Пособие по проектированию промышленных железнодорожных станций. – Утв. приказом Союзпромтрансниипроекта №200 от 14.10.86. – Москва: Стройиздат, 1986. – 254 с.

13. Типовой технологический процесс работы грузовой станции, М. : Изд-во «Транспорт». – 1965. – 151 с.

14. Типовой технологический процесс работы грузовой станции, М. : Изд-во «Транспорт». – 1976. – 206 с.

15. Типовой технологический процесс работы сортировочной станции, М. : Изд-во «Транспорт». – 1976. – 99 с.

16. Журавель І. Л. Проблеми регулювання ємності колійного розвитку залізничних станцій [Текст] / І. Л. Журавель // Зб. наук. пр. ДНУЗТ «Транспортні системи та технології перевезень». – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 8. – С. 51–57.

17. Журавель В. В. Підвищення ефективності функціонування промислової станції шляхом вдосконалення її конструкції [Текст] / В. В. Журавель, І. Л. Журавель // Вост.-Европ. журн. передових технологій. – 2015. – № 2/3 (74). – С. 61–67.

18. История диаграммы Ганта [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://gibtech.ru/blog/discus?entry_id=177 . – Перевірено 08.11.2018

19. Лустина, Е. Небольшой рассказ о Генри Ганте [Електронний ресурс] / Лустина Е. – Режим доступу: <http://www.mental-skills.ru/synopses/524.html>. – Перевірено 08.11.2018

20. Технологічний процес роботи одеської залізниці. Державна адміністрація залізничного транспорту України. – Одеса: Державна адміністрація залізничного транспорту України. – 2009. – 168 с.

21. Разумов И. М. Сетевые графики в планировании [Текст] / И. М. Разумов, Л. Д. Белова, М. И. Ипатов, А. В. Проскуряков – Москва : Высшая школа. – 1967 г. – 170 с.

22. Конспект лекцій «Технологія і управління роботою станцій та вузлів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua-referat.com>. – Перевірено 08.11.2018

23. Скалозуб, В.В. О применении расширенного логистического отображения для анализа и прогнозирования параметров процессов железнодорожного транспорта [Текст] / В.В. Скалозуб, И.В. Клименко // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2012. – № 3-4 (4-5). – С. 57-62.

24. Карпов, Ю. Г. Теория автоматов / Ю. Г. Карпов // Санкт-Петербург. : Питер, 2003 –208 с.

25. Котов, В. Е. Сети Петри / В. Е. Котов. – Москва : Наука, 1984. –160 с.

26. Лаврухин, А.В. Формирование интеллектуальной модели функционирования железнодорожной станции при выполнении поездной работы / А.В. Лаврухин // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту – 2015. – № 1(55). - С. 43-53.

27. Леоненков, А. В. Самоучитель UML / А. В. Леоненков. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2002 – С.183–196.

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

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

30. Альошинський, Є.С. Моделювання системи переробки експортно-імпортного вантажопотоку на припортових залізничних станціях Петрі [Текст] / Є.С. Альошинський // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 3/3(33). – С. 20-23

31. Лаврухін, О. В. Формування основ щодо розробки автоматизованої інтелектуальної системи управління рухом вантажних поїздів на станції [Текст] / О. В. Лаврухін // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: наук.-техн. журнал. – Харків, 2011. – Вип. 3. – С. 3-8.

32. Рахмангулов, А.Н. Особенности построения имитационной модели технологии работы железнодорожной станции в системе AnyLogic/ А.Н. Рахмангулов, П.Н. Мишуров // Сборник научных трудов Sworld. материалы международной нау-

чно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании' 2012». – 2012. – Т. 2. № 4. – С. 7-13.

33. Ковалев, В.И. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Ковалев, В.И., Гапанович В.А., Грачев А.А и др. – М.: Маршрут, 2006. – 544 с.

34. Боггс, У. UML и Rational Rose 2002 [Текст] / Уэнди Боггс, Майкл Боггс. – Волгоград: Лори, 2004, – 510 с.

35. Каликина, Т.Н. Технический комплекс железнодорожного транспорта и технологическое управление : учеб. пособие / Т.Н. Каликина, Т.А. Одуденко // – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2008.

36. Учебное пособие по железнодорожной библиотеке: официальный веб-сайт компании AnyLogic [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.anylogic.ru/anylogic/help/index.jsp> – Проверено : 08.11.2018.

37. Огляд програмного забезпечення [Електронний ресурс] / – Режим доступу: <http://www.aimsun.com/> – Проверено : 08.11.2018.

38. Огляд програмного забезпечення [Електронний ресурс] / – Режим доступу: <http://www.automod.se/eng/home.html> – Проверено: 08.11.2018.

39. Огляд програмного забезпечення [Електронний ресурс] / – Режим доступу: <http://www.mvstudium.com/> – Проверено : 08.11.2018.

40. ЦД-0081. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи сортувальної станції. – Затв. наказом Укрзалізниці № 715-Ц від 22.12.09. – Київ : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2010

41. Ярошевич В. П. Выбор системы мер увеличения пропускной и провозной способности железнодорожных линий: учебн. пособие / В. П. Ярошевич, М. И. Шкурин. – Гомель : БелИИЖТ, 1989 – 66 с.

42. ВНТП 81. Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций. – Утв. Протоколом научно-технического Совета Мин-энерго СССР от 17.08.1981 г. №99. – Москва: Изд-во стандартов, 1981. – 46 с.

43. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України. Ч.І. – Київ, 2004. – 432 с.

44. Рекомендации по проектированию вокзалов / Минстрой России, ЦНИИП градостроительства. – Москва: ГУП ЦПП, 1997. – 60 с.

45. Бородин А. Ф. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с увеличением доли частного вагонов [Текст] / А. Ф. Бородин, Е. А. Сотников // Ж.-д. трансп. – 2013. – № 3. – С. 8–19.

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

47. Бодюл В. И. Повышение ритмичности и эффективности транспортного производства на основе снижения внутрисуточной неравномерности перевозок на железных дорогах: дисс. ... докт. техн. наук: 05.22.08 / Валерий Иванович Бодюл; ВНИИЖТ. – Москва, 2006. – 318 с.

48. Вернигора Р. В. Анализ неравномерности грузовых перевозок на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте / Р. В. Вернигора, Н. И. Березовый // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 2/3(56). – С. 62-67.

49. Захаров А. Г. Совершенствование планирования и анализа грузовых перевозок на железнодорожном транспорте / А. Г. Захаров. – Москва : Транспорт, 1990. – 239 с.

50. Zhengyu, X. A Hybrid Temporal-Spatio Forecasting Approach for Passenger Flow Status in Chinese High-Speed Railway Transport Hub / X. Zhengyu, J. Limin, Q. Yong Q, W. Li // Discrete Dynamics in Nature and Society. –2013. – Article ID 239039. – 7 p. – <http://dx.doi.org/10.1155/2013/239039>

51. Лаврухін О. В. Удосконалення оперативного планування роботи ва- 156 нтажної станції в умовах нечіткої вихідної інформації / О. В. Лаврухін, І. О. Левченко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 25. – С. 162-164.

52. Мелник М. Основы прикладной статистики : пер. с англ. / М. Мелник. – Москва : Энергоатомиздат, 1983. – 416 с.

1. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст]. – Д.: Транспорт, 1985.

54. Залізничні станції та вузли. Проектування дільничних станцій [Текст]: Метод. вказ. до курс. та дип. проектування / В. І. Бобровський, В. В. Журавель та ін. – Д.: ДНУЗТ, 2008. – 34 с.

55. Козлов А.М., Гусева К.Г. Проектирование железнодорожных станций и узлов: Справочное и методическое руководство – М.: Транспорт, 1980.

56. Савченко И. Е., Земблинов С. В., Страковский И. И. Железнодорожные станции и узлы. Учебник для вузов ж.-д. трансп. / Под ред. В. М. Акулиничева, Н. Н. Шабалина, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980.

57. Кулаев Ю. Ф. Економіка залізничного транспорту [Текст] / Навчальний посібник. – Ніжин: Видавництво "Аспект-Поліграф", 2006. – 232 с.

58. Правила та норми проектування сортувальних пристроїв на залізницях СРСР [Текст]: ВСН 207-89 / МПС – М.: Транспорт, 1992.

59. Божко М.П. Розрахунок і проектування сортувальної гірки [Текст]: методичні вказівки до курсового та дипломного проектування. Частина 1, 2. / М.П. Божко, Ю.О. Муха. – Д.: ДНУЗТ, 2001, 2009.