

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 **Визначення економічно обґрунтованого варіанту примикання нової лінії до станції Н**

Theme **Determination of economically justified variant of a new line adjacency to the station N**

Керівник дипломної роботи

доц. _____ О. А. Назаров

Нормоконтролер

доц. _____ В. В. Малашкін

Студент групи УЗ1921

_____ А. О. Малявін

Student

Maliavin Anton

Дніпро – 2020

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, 9 розділів, висновків та 3-х додатків. Повний обсяг проекту – 141 сторінка; основний текст міститься на 126 сторінках і включає 15 ілюстрацій, 45 таблиць та 59 літературних джерел.

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

Метою проекту є удосконалення конструкції дільничної станції Н у зв'язку з примиканням нового підходу із К.

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

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: ДІЛЬНИЧНА СТАНЦІЯ, ПЛАН КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ, реконструкція, ЕКСПЛУАТАЦІЙНА РОБОТА, ПРИМИКАННЯ НОВОЇ ЛІНІЇ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .	6
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ПРАКТИЧНОГО ДОСВІДУ РЕКОНСТРУКЦІЇ СТАНЦІЇ	8
1.1 Шляхи реконструкції залізничних станцій	8
1.2 Порівняння варіантів реконструкції станції.....	13
1.3 Розрахунок раціональних параметрів розв'язок підходів	17
1.4 Висновки до розділу 1	21
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ Н.....	23
2.1 Технічна характеристика станції.....	23
2.2 Експлуатаційна характеристика станції	26
2.3 Аналіз недоліків конструкції та постановка задачі дипломного проекту.....	28
3 РОЗРАХУНОК ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЇ Н	29
3.1 Вихідні дані, що характеризують обсяг роботи станції.....	29
3.2 Розрахунок маси та довжини вантажних поїздів.....	31
3.3 Визначення розрахункових розмірів поїздопотоків	34
3.4 Визначення потрібної пропускної спроможності прилеглих ділянок.....	36
4 НОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТАНЦІЇ Н	38
4.1 Визначення середньозваженої тривалості зайняття колії поїздом	38
4.2 Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів з кожної лінії.....	49
4.3 Визначення кількості колій в приймально-відправних парках.....	51
4.4 Визначення кількості колій у сортувальному парку	51
5 АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ	52
5.1 Характеристика існуючої сортувальної гірки.....	52
5.2 Розрахунок необхідної висоти сортувальної гірки.....	52
5.3 Визначення втрат енергетичних висот від сил опору та висоти гірки.....	54
5.4 Визначення параметрів елементів поздовжнього профілю	60

Зам. Інв. №		0042.150278.ДР.2020.000							
	Підпис	Дата							
Інв. № ор.	Зм.	Арк.	Нодок	Підпис	Дата	Визначення економічно обґрунтованого варіанту примикання нової лінії до станції Н	Стадія	Аркуш	Аркушів
	Розробив	Малявін					ДР	4	141
	Керівник	Назаров					ДНУЗТ		
	Зав. каф.	Березовий							

5.5 Побудова графіків втрат енергетичних висот для розрахункових бігунів.....	60
5.6 Побудова графіків швидкості та тривалості скочування розрахункових бігунів	62
5.7 Перевірка умов розділення групи відчепів на розділових елементах	65
5.8 Визначення розрахункової швидкості розпуску та переробної спроможності сортувальної гірки	67
6 ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ РОЗБУДОВИ ВУЗЛОВОЇ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ Н У ЗВ'ЯЗКУ З ПРИМИКАННЯМ НОВОЇ ЛІНІЇ ІЗ К	70
6.1 Варіанти розширення колійного розвитку станції Н.....	70
6.2 Постановка задачі дослідження варіантів примикання нової лінії із К	76
6.3 Техніко-економічне порівняння і вибір раціонального варіанту розв'язки підходів залізничних ліній до станції Н.....	77
7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗБУДОВИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ.....	89
7.1 Визначення об'єктів реконструкції	89
7.2 Визначення модифікованих витрат	92
8 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ К.....	100
8.1 Технологія роботи з транзитними поїздами	100
8.2 Технологія роботи з поїздами, що надходять у розформовування	101
8.3 Технологія роботи з поїздами свого формування.....	106
8.4 Пасажи́рська робота дільничної станції Н.....	108
8.5 Місцева робота дільничної станції Н	109
8.6 Обробка документів в технічній конторі	111
9 СКЛАДАННЯ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ РОБОТИ СТАНЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЇЇ ПОКАЗНИКІВ.....	113
9.1 Вихідні дані для побудови добового плану-графіку роботи станції Н	113
9.2 Визначення основних показників добового плану-графіку.....	113
ВИСНОВКИ.....	119
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	121
ДОДАТОК А ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	127
ДОДАТОК Б ДАНІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ	131
ДОДАТОК В МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ДЕМОСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ	134
ДОДАТОК Г ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	141

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

АСУ – автоматична система управління;
ВГ – вершина гірки;
ВОХР – воєнізована охорона;
ГМП – гірка малої потужності;
ГП – гальмівна позиція;
ГРП – графік руху поїздів;
ГС – граничний стовпчик;
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;
ПВ – приймально-відправний;
ПГП – паркова гальмівна позиція;
ПКО – пункт комерційного обслуговування;
ПТО – пункт технічного обслуговування;
ПФП – план формування поїздів
РБ – розрахунковий бігун;
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

До дільничних станцій відносять станції, основним призначенням яких є обслуговування транзитних поїздів, зміна локомотива та локомотивних бригад, розформування та формування составів дільничних та збірних поїздів, виконання операцій з технічного обслуговування рухомого складу, а також виконання пасажирських, вантажних та комерційних операцій.

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 Н, 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 Н, в тому числі і за рахунок примикання нового підходу із К, виникла необхідність спорудження нового приймально-відправного парку, для якого було розроблено ряд варіантів його влаштування та вибрано один із них. Варіанти конструкції нового парку станції розглядалися у розділі деталі роботи.

Після виконаної реконструкції дільничної станції Н 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.

1 АНАЛІЗ ПРАКТИЧНОГО ДОСВІДУ РЕКОНСТРУКЦІ СТАНЦІЙ

Одним з основних факторів забезпечення високої ефективності експлуатаційної роботи залізниць є мінімізація часу знаходження вагонів на станціях. З цією метою станції повинні мати достатній резерв пропускну та переробної спроможності для погашення пікових навантажень. З іншого боку, потрібно мінімізувати експлуатаційні витрати станцій, приводячи їх технічну оснащеність сучасним умовам роботи [1].

В теперішній час на мережі залізниць України експлуатується понад 1,5 тис. станцій [2] і, з огляду на динаміку обсягів перевезень, можливо припустити, що спорудження нових станцій в більшості випадків є економічно недоцільним. У цьому зв'язку слід розробити заходи щодо удосконалення конструкції і технології роботи існуючих станцій. Таким чином, проблема пошуку раціональної конструкції та технічної оснащеності залізничних станцій є достатньо актуальною та потребує наукового вирішення.

1.1 Шляхи реконструкції залізничних станцій

Серед заходів з підвищення ефективності використання інфраструктури станцій окремо можна виділити реконструктивні, що спрямовані на зміну існуючої конструкції плану та профілю розвитку і технічного оснащення станцій. Необхідність перебудови станції або удосконалення її технічного оснащення може бути викликана різними причинами, такими як: зміна обсягів і структури транспортних потоків, електрифікація ліній на підходах, організація швидкісного руху, спорудження других головних колій, примикання нових головних колій, тощо [3]. Кількість варіантів для подальшого порівняння та оцінки може бути в деяких випадках достатньо великою. Тому в сучасних умовах використовуються методи автоматизованого проектування колійного розвитку станцій; при цьому використовуються системи автоматизованого проектування (САПР).

Як показав аналіз [4], при проектуванні залізничних станцій і вузлів найбільш масовими і трудомісткими є розрахунки з'єднань колій, що зумовило розробку програм і використання ЕОМ для виконання цих розрахунків. Дослідження і алгоритмізація методів розрахунку з'єднань колій розпочаті в 60-х роках одночасно з

початком широкого впровадження ЕОМ в практику інженерно-технічних розрахунків. Так, були розроблені програми [5, 6], що забезпечують виконання на ЕОМ розрахунків з'єднань колій різного типу. Одночасно виконуються перші наукові дослідження, в яких розробляються методики і алгоритми розрахунків з'єднань колій [7, 8].

В даній задачі існує дві основні проблеми: формалізація схеми станції і її вихідних параметрів для введення в ЕОМ (побудова моделі станції) і розробка алгоритму аналізу моделі для розрахунку вихідних параметрів. У [7] виконано детальний логічний аналіз двох варіантів формалізації схем станцій – кодування схеми розміщення елементів колійного розвитку станцій і кодування рівнянь, необхідних для її розрахунку. В результаті аналізу було зроблено вибір на користь другого варіанту, який забезпечував більшу надійність розрахунків, простоту алгоритму і універсальність програми, що при наявних на той час технічних засобах було важливим.

Надалі на базі зазначених принципів розроблена методика, алгоритм і програма для розрахунків з'єднань колій на ЕОМ [9]. Зазначена програма складається з керуючого блоку, котрий залежить від схеми станції, і бібліотеки модулів для розрахунку окремих типових з'єднань колій. Проектувальник визначає порядок розрахунку схеми, вибирає необхідні модулі, задає за певним макетом необхідні числові параметри для кожного з них (лінійні і кутові), а також забезпечує передачу проміжних (розрахункових) параметрів між модулями. Теоретично програма забезпечує розрахунок будь-якої конструкції з'єднань колій; практично існують обмеження за наявністю необхідних модулів в бібліотеці. Важливою перевагою зазначеної методики є можливість завдання обмежень на рішення і їх контроль, різноманітні і оптимізаційні розрахунки певних елементів схем, що особливо важливо в умовах обмеженого простору і при реконструкції станцій, а також автоматизований підбір варіюваних вихідних даних для отримання найкращого рішення. Істотним недоліком зазначеної методики є висока складність підготовки даних для розрахунків, що суттєво ускладнює використання розробленої програми.

Методичні питання автоматизації розрахунків плану колійного розвитку парків станцій, розташованих на кривих, розглядаються в [10].

Фундаментальні дослідження проблеми автоматизації розрахунків колійного розвитку станцій були виконані в [8, 11]. У зазначених роботах вперше був розроблений метод кодування схем станцій з використанням теорії графів. При цьому конструкція будь-якої схеми представляється безліччю елементарних циклів (контурів), що виділяються на графі схеми. Розроблено також алгоритм розрахунку координат схеми колійного розвитку станції, заснований на попередніх розрахунках і ув'язці параметрів елементарних циклів схеми. Розроблена контурна модель станції [8] є універсальною формою подання інформації про її схему. Зазначена модель після автоматичного перетворення може бути використана для вирішення широкого класу задач проектування станцій, зокрема для розрахунку пропускної здатності горловин [12]. Головним недоліком контурної моделі є складність її підготовки (виділення контурів на схемі станцій) і великий надлишковий обсяг інформації, що вводиться, оскільки зазначені операції виконуються вручну. Досить складно також коригувати контурну модель при необхідності внесення змін в схему станції. У зв'язку з цим доцільно спростити вхідну модель станції, наприклад, за рахунок ускладнення алгоритму її перетворення і аналізу.

Зростання складності станцій і вузлів, необхідність підвищення продуктивності праці проектувальників, якості та обґрунтованості проектних рішень з одного боку, а також розвиток математичних методів і технічних засобів ЕОМ з іншого боку, зробили актуальним завдання створення системи автоматизованого проектування станцій [13, 14]. У даних роботах перераховані основні передумови для створення САПР, наголошується на необхідності розвитку методів імітаційного моделювання транспортних об'єктів для вирішення широкого класу задач проектування станцій, в тому числі і оптимізаційних задач. В [15] запропонована можлива структура побудови САПР, а також перераховані основні етапи її створення. Зокрема, в якості етапів розвитку САПР і її складових частин виділені завдання автоматизації розрахунків з'єднань колій (перший етап) та моделювання транспортних систем з метою їх аналізу та синтезу (другий етап). Зазначені етапи можуть послужити основою технологічної лінії проектування залізничних станцій і вузлів.

Питання формалізації схем станцій для автоматизації розрахунків і проектування розглядаються в роботах [16-19]. Розроблено метод формалізованого предста-

влення схем станцій у вигляді дворівневих структур, що містять інформацію про секції станції і елементах кожної секції. Використаний табличний метод кодування схем; передбачено чотири види таблиць різної структури, що включають інформацію як про топології схеми, так і про її параметри. Необхідно відзначити системний підхід до проектування в зазначених роботах, в яких згадується комплексна система, що дозволяє виконати розрахунок координат точок станції, будувати її масштабний план, а також розраховувати технологічні показники на основі імітаційного моделювання. Вказується, що дана система дозволяє проектувальнику в діалоговому режимі аналізувати введені в ЕОМ варіанти схем станцій і на цій основі вибирати варіант для реалізації. До недоліків слід віднести складність табличного методу кодування схем станцій взагалі і використаної в [19] структури зокрема, а також необхідність ручної підготовки та введення.

Методика формалізації конструктивних параметрів залізничних станцій з метою отримання на ЕОМ їх графічного зображення приведена в [20]. Станція представляється як блочно-ієрархічна система, в якій виділено три рівня: функціональний, структурний і рівень базисних елементів. Вхідна інформація про станції представлена у вигляді таблиць шести різних форм, що містять дані про топології схеми, про колії станції, про тип і параметри стрілочних вулиць, про повороти станційних колій і параметрах відповідних кривих. В результаті розрахунків визначаються координати точок плану і всі необхідні дані для побудови на графобудівнику креслення станції. У зазначеній роботі відзначені також інші можливі сфери використання запропонованого методу формалізації схем – моделювання роботи станцій для отримання техніко-експлуатаційних показників, а також створення інформаційних систем для зберігання даних про плани станцій, їх технічне оснащення та показниках експлуатаційної роботи. Недолік роботи – висока складність і трудомісткість робіт з підготовки і введення в ЕОМ формалізованих даних про схему станції.

Однією з досить трудомістких процедур, що виконуються при проектуванні планів колійного розвитку станцій, є розстановка граничних стовпчиків (ГС) і сигналів. В даний час є ряд спеціальних програм [21] для автоматизації вирішення даного завдання. Однак, як показує аналіз, недосконалість використаних моделей колійного розвитку і алгоритмів розпізнавання ситуацій викликає необхідність вико-

нання проектувальником значної підготовчої роботи, що обмежує сферу застосування зазначених програм. Тому виникає задача автоматизації розрахунків координат ГС і сигналів для всіх можливих випадків їх установки при мінімальній вхідній інформації.

Істотні особливості має проектування гіркових горловин сортувальних парків, при якому необхідно забезпечити розміщення стрілочних переводів, гальмівних позицій, а також пристроїв автоматики з урахуванням допустимих радіусів кривих, ширини міжколій та інших технічних умов. Крім того, при проектуванні необхідно визначити положення і параметри додаткових кривих на спускній частині гірки і на сортувальних коліях. Для вирішення вказаного завдання на ЕОМ траса розрахункової колії задається рівнянням проєкцій окремих ділянок траси на вертикальну вісь [22]. Принципова складність даного розрахунку полягає в тому, що у вказане рівняння в загальному випадку зазвичай входить декілька невідомих кутів. Тому для вирішення рівняння доводиться приймати значення деяких кутів підбором на основі попереднього наближеного рішення задачі графічним методом [23], або за даними проєктів аналогічних горловин. Недоліком вказаного способу, крім його трудомісткості, є складність формалізації структури рівняння і завдання його параметрів до розрахунку. З огляду на зазначену невизначеність, в [24] була запропонована методика оптимізації проектування траси розрахункової крайньої колії за критерієм її мінімальної розрахункової довжини. Була сформульована умовна варіаційна задача, для вирішення якої використаний метод множників Лагранжа; в результаті були отримані всі невідомі кути розрахункового шляху. Даний метод, однак, не отримав поширення, так як в ньому не враховуються обмеження, що накладаються на значення окремих кутів, а також їх вплив на умови вписування внутрішніх пучків горловини. Крім того, як показують дослідження, сума кутів повороту розрахункової колії і її розрахункова довжина при варіації окремих кутів змінюються незначно.

Розглянуті роботи присвячені автоматизованому проектуванню при традиційній технології побудови схем станцій, коли варіанти колійного розвитку розробляє проектувальник. Так, існуюча технологія проектування станцій орієнтована на роботу з кресленням. Креслення є носієм інформації для відтворення запроектованого об'єкта. Однак цим роль креслення не вичерпується. Побудова і корекція геомет-

ричної моделі станції являє собою ітераційний процес, розподілений по всіх етапах проектування. У цих умовах проектувальнику необхідний зовнішній накопичувач інформації, що адекватно відображає об'єкт.

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

Математична модель є більш досконалим способом представлення планів колійного розвитку станцій і потужнішим і зручним інструментом для його техніко-експлуатаційної оцінки. Креслення в цих умовах починає грати допоміжну роль, а побудова моделі виконується або автоматично, або автоматизовано за допомогою засобів комп'ютерної графіки. У зв'язку з цим в [25] вирішено завдання автоматизації побудови математичних моделей колійного розвитку станцій на базі немасштабних схем, пропонованих проектувальником, з подальшим їх перетворенням в робочі креслення, супроводжувані значеннями всіх числових параметрів плану.

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

1.2 Порівняння варіантів реконструкції станції

Загальновизнаним є той факт, що процес проектування, в тому числі і залізничних станцій [26], є творчим актом і не може бути повністю формалізований. Якість проекту в значній мірі визначається інтелектуальними якостями проектувальника, його вмінням знаходити принципово нові рішення в нестандартних ситуаціях. Для успішного проектування станцій важливо встановити показники, що характеризують якість конструкції їх колійного розвитку.

У зв'язку з цим великий інтерес представляють роботи [27, 28], в яких пропонується мінімізувати питому будівельну довжину колій, енергетичні витрати на рух поїздів, а також витрати на ремонт колій і рухомого складу за рахунок вибору раціональної конструкції горловин станції.

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

Спроби автоматизувати етап синтезу схем станцій привели до появи оригінальних робіт, в яких пропонуються різні підходи до вирішення даної проблеми. Вперше завдання автоматизації синтезу горловин залізничних станцій була поставлена в [8]. У даній роботі зроблена класифікація горловин парків, а також розроблені алгоритми синтезу найпростішої горловини (з одним входом), засновані на використанні набору решіток. З огляду на те, що запропонована методика допускає проектування горловин обмеженого класу, широкого поширення вона не отримала.

Подальші кроки в напрямку вирішення зазначеної проблеми були зроблені в [29, 30]. У зазначених роботах досліджені проблеми конструювання горловин, запропонований принцип їх систематизації, розроблена система моделей, критеріїв і показників, що дозволяє оптимізувати параметри горловин. Однак проблема прямого синтезу горловин оптимальної конструкції залишається невирішеною.

Формалізовані методи синтезу структури залізничних станцій розглядаються в [31, 32]. Метод І-АБО-дерева, що використовується в [31], дозволяє згенерувати деяку множину варіантів принципових схем станцій з заздалегідь встановленого набору типових елементів. При цьому кожен варіант схеми оцінюється інтегральним показником – «міра складності» її технічної і технологічної структур, що визначає ступінь зв'язності окремих компонентів станції при прийнятому технологічному процесі обробки транспортних одиниць. Вказаний показник отримано формальним методом алгебраїчної (комбінаторної) топології на основі даних про множини технічних елементів станцій X і технологічних ланцюжків обробки різних категорій тра-

транспортних потоків Y , а також зв'язків між елементами цих множин. В роботі [31] стверджується, що зазначений єдиний показник дозволяє однозначно вибрати краще схемне рішення з безлічі згенерованих варіантів, оскільки, чим він вищий, тим більшими технічно-технологічними можливостями володіє відповідна схема станції. З огляду на те, що вказаний показник отримано формальним методом, а також те, що при його розрахунку не використовується цілий ряд істотних факторів (наприклад, параметри станції і транспортних потоків, що переробляються на ній), викладена методика потребує додаткової перевірки. Крім того, незрозуміло, як вибрати проектне рішення, якщо розглянуті варіанти мають однакову міру складності, яка характеризується довжиною вектора Ψk , але їм притаманні різні значення його компонентів $\Psi_x k$ і $\Psi_y k$, що визначають, відповідно, міру складності технічної і технологічної структур станції. Нарешті, значення зазначених показників залежать, очевидно, від початкового вибору проектувальником елементів множин X і Y і, таким чином, носять суб'єктивний характер.

В роботі [32] використаний інший підхід до вирішення завдання синтезу структури станцій, заснований на використанні шаблонів типових схем і окремих елементів конструкції станцій. За допомогою програмних засобів генерується безліч можливих варіантів взаємного розташування постійних шаблонів і зовнішніх (що не входять в шаблон) пристроїв станції; при цьому враховуються необхідні технологічні зв'язки її елементів. Передбачена можливість включення в схему, яка синтезується, підмножини нових пристроїв, що не входять в початковий набір, що дозволяє отримати нове проектне рішення, яке сприяє підвищенню ефективності роботи станції. Запропонований підхід дозволяє розробити значне число варіантних рішень, які відповідають певним критеріям. Слід зауважити, що отримані варіанти представляються схематично у вигляді матриці варіантів розміщення пристроїв; питання аналізу, оцінки та вибору оптимального варіанту в [32] не розглядаються. Вирішення зазначених завдань на основі абстрактних моделей станції представляється досить наближеним.

Одною із важливих задач удосконалення техніко-технологічних параметрів станцій є визначення черговості впровадження на ній реконструктивних заходів. В

роботі [33] вказана задача вирішена як задача динамічного програмування на прикладі удосконалення колійного розвитку і технології роботи приймально-відправного парку (ПВП) однієї з вантажних станцій України. В роботі ПВП станції розглядається чк фізична система S , стан якої характеризується набором певних техніко-технологічних показників. Процедура зміни стану ПВП в момент t є управлінням $U_m^{i \rightarrow j}$, в результаті якого реалізується m -й варіант реконструкції і виконується перехід системи зі i стану в стан j . Кожному періоду експлуатації системи t в стані S_i відповідає величина експлуатаційних витрат $C_{t,i}$. Для переходу системи в наступний стан $S_i \rightarrow S_j$ потрібні інвестиції $K_{i \rightarrow j}$. Рішення поставленої задачі зводиться до пошуку такого набору управлінь $U_m^{i \rightarrow j}(t)$, який би забезпечив за розрахунковий період T мінімум величини приведених витрат E .

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

Використаний в роботі [33] підхід дозволяє знайти економічно ефективну послідовність виконання робіт з удосконалення конструкцій станцій. В той же час при реалізації вказаного підходу достатню складність викликає вибір системи показників (кількісні або якісні) та визначення їх значень при функціонуванні об'єктів на різних етапах переоснащення.

З метою вирішення вказаної проблеми в роботі [34] наведено методику оцінки та визначення ефективних варіантів проектних рішень, спрямованих на удосконалення технічних та технологічних параметрів залізничних станцій. Вказану задачу пропонується вирішувати як задачу векторної оптимізації. При цьому кожний варіант реконструкції пропонується характеризувати двома інтегральними показниками: кількісним (наприклад, витратами на реалізацію варіанту) та якісним (наприклад, переробна спроможність станції).

Таким чином, вказана задача полягає у визначенні таких варіантів проектних рішень, реалізація яких забезпечувала б найбільшу ефективність (оптимальне значення якісного показника) при певному (заданому) значенні кількісного показника (обсягах витрат). Якісні та кількісні показники, що оцінюють кожний з проектів

удосконалення станції, пропонується ви-значати з використанням розробленої автотраєкторної функціональної моделі станції. Задача векторної оптимізації вирішується з використанням функції Лагранжа. При цьому на основі вихідної множини варіантів проектних рішень формується множина ефективних варіантів, кожне з яких забезпечує покращення значення якісного показника (переробної спроможності станції) при збільшенні значення кількісного показника (витрат на реалізацію варіанта).

Апробація запропонованої в [34] методики виконана при визначенні ефективного комплексу заходів, спрямованих на удосконалення парку прибуття однієї з великих сортувальних станцій України. З цією метою було розроблено 48 варіантів можливих організаційно-технічних заходів. На основі вирішення задачі векторної оптимізації було визначено множину ефективних проектних рішень, що забезпечують максимальну переробну спроможність парку прибуття станції в залежності від виділених коштів.

1.3 Розрахунок раціональних параметрів розв'язок підходів

Примикання до станції нової залізничної лінії неминуче викличе пересічення маршрутів прийому та відправлення поїздів на неї з маршрутами руху поїздів на вже існуючих лініях. При цьому пересічення маршрутів можливе в одному і в різних рівнях. Розв'язка маршрутів в різних рівнях (за допомогою шляхопроводу) повністю виключає затримки поїздів на пересіченнях і забезпечує безпеку руху. Однак будівництво шляхопроводів пов'язане з великими витратами і, як правило, веде до збільшення пробігу поїздів і енергетичних витрат на подолання більш крутих підйомів і спусків. У зв'язку з цим в окремих випадках при незначних розмірах руху для збільшення пропускнуої спроможності пересічення в одному рівні можуть влаштовуватися шлюзи [5].

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

Найпростішими є аналітичні моделі пунктів пересічення і злиття ліній в розв'язках [5, 6, 35]. У монографії [36] розглянуті основні схеми пересічень і злиття одно- і двокільних ліній, наведені вирази для розрахунку числа і тривалості затримок поїздів. Дані вирази засновані на визначенні ймовірності того, що в випадковий момент часу пересічення зайнято деяким поїздом. Ймовірність цієї події визначається безпосереднім підрахунком з використанням поняття геометричної ймовірності.

Найпростіші аналітичні моделі пересічень уточнювалися рядом авторів, з тим щоб врахувати наявність перерв у русі на підходах, нерівномірність руху, вплив мінімального інтервалу та інших факторів. Так, в роботі [37] показано, що при значному завантаженні пересічень і підходів до них, зазначені вирази дають систематичну помилку, що досягає 60-80 %, тому що не дозволяють врахувати вторинні затримки. З цією метою в даній роботі були запропоновані формули, що дозволяють уточнити аналітичний розрахунок пересічень і врахувати, в тому числі, і вторинні затримки. Однак, як справедливо відзначається в даній роботі, зі збільшенням складності комплексу пересічень, точність аналітичного розрахунку затримок падає і більш привабливим є метод імітаційного моделювання. Підтвердженням цього висновку можуть служити результати досліджень [38].

Досить складні аналітичні моделі пересічень різного виду були отримані в [39, 40]. Вказані моделі використовувалися для аналізу конструкцій шлюзових розв'язок [41] і шлюзових станцій [42]. Слід зауважити їм також притаманні загальні недоліки аналітичних моделей.

Метод статистичного моделювання розв'язок розглядався в ряді робіт [43-45]. У вказаних роботах пересічення представляється моделлю масового обслуговування з одним обслуговуючим пристроєм (стрілочна зона пересічення) і потоками заявок (поїздів) по кожному підходу. Тривалість обслуговування заявки (заняття пересічення), як правило, постійна для даного виду заявки.

В [44] передбачена можливість використання різних методів моделювання потоків поїздів на підходах (заданий розклад або випадкові інтервали з різними теоретичними і емпіричними законами розподілу). Моделюючий алгоритм виявляє випадки, коли пересічення може бути зайнято двома заявками одночасно (конфліктна ситуація), аналізує цю ситуацію з урахуванням пріоритетів і приймає рішення про

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

Ще один недолік моделі [44] полягає в тому, що отримана з її допомогою кількість затримок поїздів дозволяє лише опосередковано оцінити витрати, пов'язані з розгоном і уповільненням затриманих поїздів.

Оцінка витрат, пов'язаних зі зниженням швидкості окремих поїздів в пунктах пересічення, виконана в [45]. В даній статті наведено методику наближеного визначення додаткової механічної роботи, викликаній зниженням швидкості, а також загальних експлуатаційних витрат, які враховують як затримки поїздів, так і зниження швидкості. Зазначена методика використовувалася для дослідження залежностей експлуатаційних витрат від маси поїзда для різних типів локомотивів при різних комбінаціях інших впливаючих факторів. Отримані результати свідчать про необхідність врахування режимів руху поїздів при визначенні витрат, пов'язаних з їх пропуском через пересічення. В той же час потрібно відзначити, що запропонована методика заснована не на моделюванні руху поїздів, а на наближених аналітичних методах, що може служити джерелом похибок.

Для розрахунку витрат, пов'язаних з пробігами поїздів, зазвичай використовуються в якості моделі диференціальні рівняння руху поїзда (тягові розрахунки). При виконанні зазначених розрахунків виникає проблема вибору режимів руху поїзда, від яких істотно залежать зазначені витрати. В тягових розрахунках при проектуванні нових залізниць зазвичай вибирають режими, при яких максимально використовуються можливості локомотивів і, відповідно, досягаються максимальні швидкості руху поїздів; при реконструкції приймаються до уваги і діючі обмеження швидкості [46]. У зв'язку з цим в [47] була розроблена модель руху поїзда, заснована

на чисельному інтегруванні рівняння руху, в якій передбачена можливість врахування обмежень швидкості в кривих в залежності від їх параметрів, обліку додаткових витрат при русі в кривих малого радіуса, детальне рішення гальмівної задачі при близькому розташуванні декількох ділянок обмеження швидкості.

Слід зауважити, що в моделях [46] розглядається один поїзд, при визначенні режимів руху якого не враховується наявність на лінії попередніх поїздів. Насправді ж режими руху поїздів в потоці істотно залежать від його інтенсивності. Про це свідчать результати експериментальних досліджень часу руху поїздів по ділянці, математичне очікування і дисперсія якого ростуть зі збільшенням ступеня використання пропускної спроможності ділянки [48]. Особливо помітний взаємозв'язок режимів руху суміжних поїздів в місцях, що включають пункти злиття і/або пересічення маршрутів. Затримки поїздів в цих пунктах можуть викликати коливання швидкості руху поїзда на досить віддалених від цих пунктів блок-ділянках. У зв'язку з цим для обліку взаємного впливу режимів руху суміжних поїздів доцільно моделювати їх рух за сигналами автоблокування. Крім того, слід врахувати, що затримки поїздів мають імовірнісну природу і тому для отримання достовірних результатів не можна обмежуватися одиничними реалізаціями процесу пропуску окремих поїздів через пересічення.

Модель руху потоку поїздів по ділянці, оснащеному автоблокуванням, розглянута в [49]. В якості моделі ділянки використана багатофазна СМО з простими приладами (блок-ділянками) і приладами з накопичувачами (станції). Вхідний потік включає дві категорії поїздів (пасажирські і вантажні), що відрізняються дисципліною обслуговування. Однак у даній роботі рух окремого поїзда моделюється спрощено: на кожній блок-ділянці визначається постійна швидкість поїзда в залежності від його категорії і від показання сигналів автоблокування. Модель використана для оптимізації умов пропуску поїздів по ділянці залізниці. Аналіз факторів, включених в модель, показує, що вона не може бути використана для розрахунку витрат з пробігів поїздів.

Найбільш повна модель руху поїздів по ділянці приведена в [50]. У даній роботі здійснюється моделювання руху поїздів за сигналами автоблокування; передбачена імітація прийняття рішення машиністом локомотива про режим руху по пере-

гону (прискорення, гальмування, вибіг) на основі показань світлофорів, обмежень швидкості та параметрів складів. Модель включає алгоритми роботи пристроїв автоблокування, АЛС і напольного обладнання та призначена для отримання показників якості функціонування автоблокування: забезпечення заданої пропускну здатності ділянки, безпеки руху, дотримання графіка руху при ідеальному функціонуванні і при відмовах. Однак, вона призначена тільки для ділянок без пересічень і злиття.

В [51] функціональну модель розв'язки ліній, яка має ієрархічну структуру. На метарівні модель розглядається як СМО, призначена для пропуску потоків поїздів. На макрорівні в модель розв'язки включені: модель руху поїздів і модель системи управління рухом поїздів і їх пропуском через пересічення. Режимів руху поїзда в моделі обирається на основі принципу максимуму з урахуванням показань сигналів автоблокування, а також наявності діючих обмежень швидкості. В результаті моделювання на основі системи одиничних норм можливо отримати поелементні (тяга, вибіг, гальмування) експлуатаційні витрати на рух поїздів. Вказаний підхід буде використано при оцінці варіантів примикання нової лінії.

1.4 Висновки до розділу 1

Ефективним засобом вирішення завдання пошуку раціональних шляхів удосконалення конструкції та технічного оснащення залізничних станцій є математичні моделі, методи та алгоритми аналізу і синтезу станцій в поєднанні з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки та інформаційної технології, в основі якої лежить система автоматизованого проектування.

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

Метою даної дипломної роботи є визначення раціональної конструкції дільничної станції в умовах примикання до неї нової залізничної лінії. Вказана мета може бути досягнута шляхом вирішення наступних завдань: аналіз існуючого колійного розвитку станції та технології її роботи, визначення розрахункових обсягів робо-

ти станції та потрібної кількості колій в її парках з врахуванням поїздопотоків нової лінії, оцінка параметрів сортувальної гірки та визначення відповідності її переробної спроможності розрахунковим обсягам роботи, розробка варіантів удосконалення існуючого колійного розвитку та технічного оснащення станції в разі їх невідповідності розрахунковим обсягам роботи та розробка варіантів примикання до станції Н нової лінії та їх техніко-економічне порівняння.

2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ Н

2.1 Технічна характеристика станції

В даному дипломному проекті розглядається станція Н, яка за призначенням відноситься до дільничних станцій, а за обсягом роботи – до станцій першого класу. За кількістю ліній, що примикають до неї, станція Н є вузловою.

Станція Н (дивись рисунок 2.1) розташована на злитті двоколіїної електрифікованої лінії А–Б та одноколіїної електрифікованої лінії Н–М. Засоби сигналізації на усіх дільницях – автоблокування.

Вантажний рух обслуговується локомотивами ВЛ80К, пасажирський дальній рух – локомотивами ЧС4Т, а приміський рух – ЕР29 із шести вагонів.

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

Колійний розвиток станції Н згруповано у три парки:

- пасажирський (Пас);
- приймально-відправний парк (ПВ);
- сортувальний парк (С).

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 Н 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.

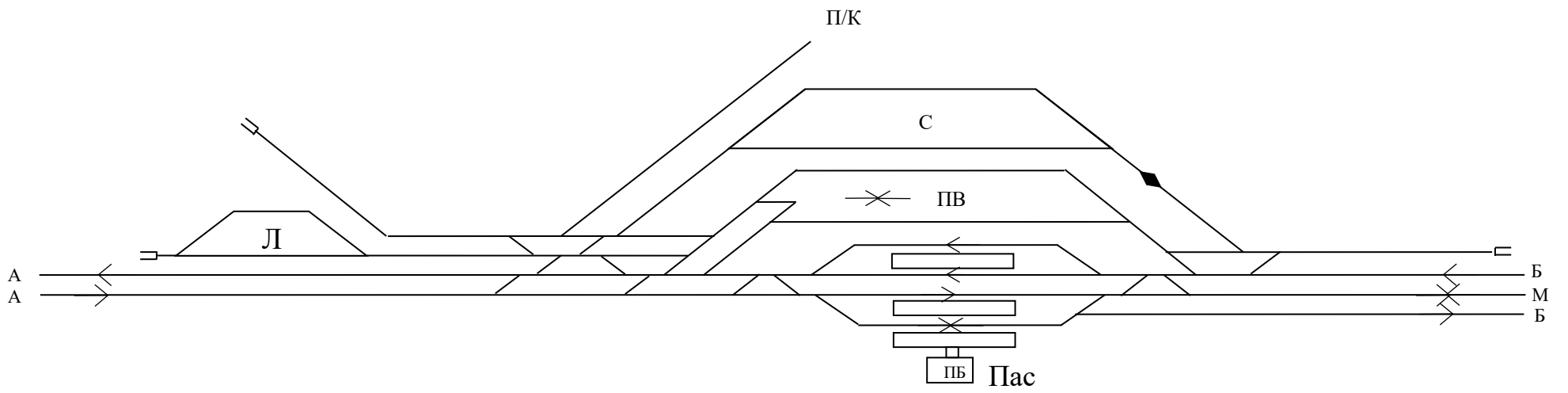


Рисунок 2.1 – Схема вузлової дільничної станції Н

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.

На станції Н працює один маневровий локомотив, що виконує розформування та один використовується для формування составів як дільничних так і збірних поїздів на витяжній колії.

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

Дана станція забезпечує подачу та прибирання місцевих вагонів колій незагального користування. До станції Н примикає під'їзною колією підприємство ООО «Неотранс».

Для оперативного управління роботою черговий по станції Н (ДСП) має у своєму розпорядженні наступне:

- 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, Б та М;

- 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, складачем 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 пасажирам, 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 Н.

2.2 Експлуатаційна характеристика станції

Станція Н 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.

Пасажирські дальні та місцеві поїзди приймаються з напрямку А на колії №ІІ та №4, після зупинки поїзда виконується посадка та висадка пасажирів, після цих операцій пасажирські поїзди відправляються зі станції Н в напрямку станцій Б або М. Пасажирські поїзди аналогічних категорій з напрямку Б або М обслуговують на коліях №І 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 Н 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.

Транзитні поїзди усіх напрямків приймаються на колії № 6 та №8, а також, при необхідності, на інші колії приймально-відправного парку (№10, №12 або №14). Зміна локомотива відбувається лише для кутових 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 составу поїзду;
- відчеплення локомотива та відправлення його в депо;
- технічного огляд вагонів;
- комерційного огляду вагонів;
- 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 розформовується 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.

2.3 Аналіз недоліків конструкції та постановка задачі дипломного проекту

До станції Н примикають 3 електрифіковані дільниці: А-Н, Б-Н та М-Н. У зв'язку зі значним збільшенням виробничих потужностей підприємств населеного пункту Н, зростанням кількості мешканців цього населеного пункту, а також ряду інших причин у розрахунковий період очікується значне зростання розмірів руху по станції Н. Крім того на відповідному рівні було прийнято рішення щодо спорудження до станції Н ще однієї лінії із К, що також сприятиме зростанню поїздопотоків даної станції.

З урахуванням вказаного вище у даному дипломному проекті планується виконати перевірку відповідності існуючого технічного оснащення станції Н збільшеним обсягам роботи за результатами якої будуть розглянуті різні варіанти розбудови станції Н. Крім цього буде виконано визначення раціонального варіанту примикання нової лінії із К за економічними показниками.

В підсумку усі внесені зміни до плану станції будуть безумовно впливати на технологію роботи станції Н, у зв'язку з чим буде виконано удосконалення технології її роботи.

Можливість нормальної роботи даної станції після виконання її розбудови буде перевірено шляхом побудови добового плану-графіку станції Н.

3 РОЗРАХУНОК ОБСЯГІВ РОБОТИ СТАНЦІЙ Н

3.1 Вихідні дані, що характеризують обсяг роботи станції

Дільнична станція Н обслуговує поїзди, що надходять із трьох напрямків: А, Б та М. У розрахунковий термін планується організація примикання із нового напрямку – із К.

До вихідних даних, що характеризують обсяг виконаної роботи на станції, відносяться: пасажирські поїздопотоки, транзитні вагонопотоки (з та без переробки) та місцеві вагонопотоки (див. Додаток А.1).

Пасажирські поїздопотоки, що прибувають на станцію з усіх напрямків, у тому числі із нового підходу К, наведені в таблиці 3.1 (див. таблицю А.3 Додатку А.2):

Таблиця 3.1. Пасажирські поїздопотоки дільничної станції

З	На				
	А	К	Б	М	Всього
А	–	–	4/2*	2/2	6/4
К	–	–	1/2	1/2	2/4
Б	4/2	1/2	–	–	5/4
М	2/2	1/2	–	–	3/4
Всього	6/4	2/4	5/4	3/4	16/16

*Примітка: 1/2 – пасажирські дальні / приміські

Усього через станцію проходить 32 пасажирські поїзди за добу, при цьому пасажирські дальні поїзди прослідують дану станцію без зупинки, а приміські – з виконанням висадки-посадки пасажирів.

Кількість транзитних вагонів, відповідно до таблиці А.2 Додатку А.1, наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Транзитні вагонопотоки без переробки

З	На				
	А	Б	К	М	Всього
А	–	530	53	371	954
Б	477	–	212	53	742
К	53	212	–	159	424
М	265	53	212	–	530
Всього	795	795	477	583	2650

Усього через станцію Н проходить без переробки 2650 транзитних вагонів за добу.

Кількість вагонів у розформування з усіх напрямків на підставі вихідних даних приведено згідно таблиці А.5 Додатку А.1 в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Вагонопотоки з переробкою

З	На					Всього
	А	Б	К	М	Н	
А	–	43	55	151	8	257
Б	64	–	52	65	12	193
К	55	4	–	135	4	198
М	86	31	16	–	7	140
Н	8	12	4	7	–	31
Всього	213	90	127	358	31	819

Добовий обсяг вагонів, що розформовують на станції Н складає 819 вагонів.

Всього кількість вагонів з усіх напрямків за даними таблиць 3.2 та 3.3 вказана в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Загальні вагонопотоки дільничної станції Н

З	На					
	А	Б	К	М	Н	Всього
А	–	573	108	522	8	1211
Б	541	–	264	118	12	935
К	108	216	–	294	4	622
М	351	84	228	–	7	670
Н	8	12	4	7	–	31
Всього	1008	885	604	941	31	3469

Добовий загальний вагонопотік станції Н складає 3469 вагонів.

За отриманими даними будуть визначені поїздопотоки станції Н. Для цього необхідно встановити величину маси составу вантажного поїзда виходячи із керівного ухилу та тягових властивостей локомотива.

3.2 Розрахунок маси та довжини вантажних поїздів

Розрахункова маса вантажного поїзда в основному залежить від сили тяги поїзного локомотива і від керівного ухилу на ділянці. Тому, відповідно до «Правил тягових розрахунків» [52], визначимо вагу вантажного поїзда:

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

де $F_{кр}$ – розрахункове значення дотичної сили тяги, H ;

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

w''_0 – основний питомий опір руху состава, $H/кH$;

i_p – розрахунковий підйом, ‰;

P – розрахункова маса локомотива, t .

Питомі опори руху локомотива і состава визначаються відповідно по формулах:

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

$$w_0'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot V_p + 0,0025 \cdot V_p^2}{q_0}, \quad (3.3)$$

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

q_0 – навантаження від осі вагона на рейку, $кН$.

Довжина поїзда з урахуванням довжини локомотива визначається по формулі:

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

де $m_{ваг}$ – кількість вагонів у складі;

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

$l_{лок}$ – довжина локомотива по осях автозчеплення, $м$;

Кількість вагонів у складі поїзда обмежується або корисною довжиною колій $L_{кор}$, або масою составу Q , що може бути перевезена на розрахунковому підйомі. Таким чином за масу складу беремо менше із цих значень:

$$m_c = \min(m_L; m_Q). \quad (3.5)$$

При цьому кількість вагонів, що залежить від маси буде визначатись як

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

де Q – вага поїзда, $т$;

$q_{ваг}$ – вага вагона, $т$.

Кількість вагонів, що залежить від корисної довжини колій знаходиться так

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

де $L_{кор}$ – корисна довжина колій, $м$;

$l_{лок}$ – довжина локомотива, $м$;

$l_{ваг}$ – довжина вагона, $м$;

a – допуск на установку состава, $м$.

Вихідні дані і норми прийняті згідно до [52] та з Додатку А.1.

Згідно завдання взято:

- локомотив для вантажних поїздів – ВЛ80К;
- Навантаження на вісь вагону $q_0 = 20 \text{ т / вісь}$;
- ухили на лініях: на Н-А 9,8 ‰, на Н-К 7,9 ‰, на Н-Б 4,9 ‰ та на Н-М 8 ‰.

Так, згідно [52] взято:

- розрахункове значення дотичної сили тяги $F_{кр} = 49000 \text{ Н}$;
- розрахункова маса локомотива $P = 184 \text{ т}$;
- розрахункова швидкість локомотива $V = 44,2 \text{ км/год}$;
- довжина локомотива $L_{лок} = 33,0 \text{ м}$.

Отже, основний питомий опір руху ВЛ-80К в режимі тяги становить:

$$\omega_0' = 1,9 + 0,01 \cdot 44,2 + 0,0003 \cdot 44,2^2 = 2,928 \text{ Н / кН}$$

Основний питомий опір руху вагонів становитиме

$$\omega_0'' = 0,7 + \frac{(3 + 0,1 \cdot 44,2 + 0,0025 \cdot 44,2^2)}{20} = 1,315 \text{ Н / кН}.$$

Таким чином, отримаємо масу составу бруто на напрямку А-Н

$$Q_{бр} = \frac{49000 - 184 \cdot (2,928 + 9,8)}{1,315 + 9,8} = 4900 \text{ т}$$

Розрахунки маси поїздів по усім напрямках виконані в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Результати розрахунків маси поїздів

Напрямок	$i_p, \text{‰}$	$w_0', \text{Н/кН}$	$w_0'', \text{Н/кН}$	$Q, \text{т}$
А	9,8	2,928	1,315	4900
К	7,9	2,928	1,315	5100
Б	4,9	2,928	1,315	7650
М	8,0	2,928	1,315	5000

Розрахунок кількості вагонів на усіх напрямках:

Для напрямку А-Н :

$$m_Q = \frac{4900}{80} = 61 \text{ ваг},$$

$$m_L = \frac{850 - 33 - 10}{15} = 53 \text{ ваг}.$$

Приймаємо кількість вагонів на напрямку А-Н рівним 53 вагона.

Для напрямку К-Н :

$$m_Q = \frac{5100}{80} = 63 \text{ ваг},$$

$$m_L = \frac{850 - 33 - 10}{15} = 53 \text{ ваг}.$$

Приймаємо кількість вагонів у поїзді на К-Н рівним 53 вагона.

Для напрямку Б-Н :

$$m_Q = \frac{7650}{80} = 95 \text{ ваг},$$

$$m_L = \frac{850 - 33 - 10}{15} = 53 \text{ ваг}.$$

На ділянці Б-Н кількість вагонів дорівнює 53 вагона.

Для напрямку М-Н :

$$m_Q = \frac{5000}{80} = 62 \text{ ваг},$$

$$m_L = \frac{850 - 33 - 10}{15} = 53 \text{ ваг}.$$

На ділянці М-Н кількість вагонів дорівнює 53 вагона.

Таким чином, для подальших розрахунків приймаємо кількість вагонів у составі поїзда на всіх ділянках рівною 53 вагона.

3.3 Визначення розрахункових розмірів поїздопотоків

Кількість поїздів визначається по формулі:

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

де n – вагонопотік, *ваг*;

m_c – кількість вагонів у составі, *ваг*.

При розрахунку кількість поїздів округляється у більшу сторону до цілого значення. Для прикладу визначимо транзитний поїздопотік з А на Б при транзитному вагонопотоці без переробки рівному 530 ваг (див. табл. 3.2).

$$N_{A-B} = \frac{530}{53} = 10 \text{ поїздів}$$

Визначення транзитного поїздопотіку виконано по формулі 3.8; результати приведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Транзитний поїздопотік

З	На				
	А	Б	К	М	Всього
А	–	10	1	7	18
Б	9	–	4	1	14
К	1	4	–	3	8
М	5	1	4	–	10
Всього	15	15	9	11	50

Розрахунок поїздопотіку в розформування виконано за формулою 3.6.

Для прикладу визначимо поїздопотік у переробку з А при сумарному транзитному вагонопотоці з переробкою із А рівному 257 ваг (див. табл. 3.3).

$$N_A = \frac{257}{53} = 4,85 \text{ поїздів}$$

Прийнято 5 поїздів, при цьому 4 поїзда дільничні та 1 збірний.

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Визначення поїздопотіку в розформування та свого формування

Вагонопотік із		Вагонопотік на					Поїзди у розформування		
		А	Б	К	М	Н	Всього вагонів	всього	у т. ч. збірні
А		–	43	55	151	8	257	5	1
Б		64	–	52	65	12	193	4	1
К		55	4	–	135	4	198	4	1
М		86	31	16	–	7	140	3	1
Н		8	12	4	7	–	31	2	-
Всього вагонів		213	90	127	358	31	819	-	-
Поїзди	Всього	5	2	3	7	2	-	19 / 18	-
	Збірних	1	1	1	1	-	-	-	4

Таким чином, транзитний поїздопотік дільничної станції Н становить 50 поїздів за добу, а поїздопотік у розформування – 16 поїздів за добу. Кількість вагонів у складі поїзда 53 вагони та 40 вагонів у збірному поїзді.

3.4 Визначення потрібної пропускної спроможності прилеглих ділянок

Потрібна пропускна спроможність прилеглих до станції Н ліній визначається за формулою [53]:

$$N = \alpha(N_{ван} + N_{пас}\varepsilon_{пас} + N_{зб}(\varepsilon_{зб} - 1)) \quad (3.9)$$

де α – коефіцієнт резерву пропускної спроможності, $\alpha=1.20$;

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

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

$\varepsilon_{пас}, \varepsilon_{зб}$ – коефіцієнти зйому вантажних поїздів відповідно пасажирськими і збірними поїздами, $\varepsilon_{пас} = 1.5; \varepsilon_{зб} = 2.0$.

За даними таблиць 3.1, 3.6 та 3.7, потрібна пропускна спроможність прилеглих ліній складе:

$$N_{\Gamma-A} = 1.20 \cdot ((18+5) + 10 \cdot 1.5 + 1 \cdot (2-1)) = 47 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{\Gamma-B} = 1.20 \cdot ((14+4) + 9 \cdot 1.5 + 1 \cdot (2-1)) = 38 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{\Gamma-M} = 1.20 \cdot ((11+7) + 7 \cdot 1.5 + 1 \cdot (2-1)) = 35 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{\Gamma-H} = 1.20 \cdot ((8+4) + 6 \cdot 1.5 + 1 \cdot (2-1)) = 27 \text{ пар поїздів};$$

Згідно розрахованої потрібної пропускної спроможності прилеглих до станції Н ліній, вибираємо кількість головних колій і технічні засоби регулювання інтервалів між поїздами для цих ліній (дивись таблицю 3.8).

Таблиця 3.8 – Кількість головних колій на лініях примикання та їх технічне оснащення

Лінія	Потрібне технічне оснащення		Наявне технічне оснащення	
	Кількість головних колій	Пристрої СЦБ	Кількість головних колій	Пристрої СЦБ
Н – А	1+2 к. вст.	диспетчерська централізація	2	одностороннє автоблокування
Н – Б	1+2 к. вст.	диспетчерська централізація	2	одностороннє автоблокування
Н – М	1	диспетчерська централізація	1	диспетчерська централізація
Н – К	1	диспетчерська централізація	-	-

Таким чином, існуюче технічне оснащення прилеглих до станції Н ліній не гірше за потрібне. В той же час технічне оснащення лінії Н–К для подальшого проектування буде прийнято розрахунковим.

4 НОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТАНЦІЙ Н

Для існуючого колійного розвитку дільничної станції Н виконаємо перевірку існуючого технічного оснащення у парку ПВ.

Кількість колій в приймально-відправному парку згідно [53] визначається за формулою:

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

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 Н.

4.1 Визначення середньозваженої тривалості зайняття колії поїздом

4.1.1 Методика визначення середньозваженої тривалості зайняття колії поїздом

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

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

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:

$$t_{\text{зан}} = t_{\text{т}} + t_{\text{ов}}, \quad (4.3)$$

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 в ПВ обслуговуються поїзди таких категорій:

– транзитні зі зміною локомотива:

$$t_{\text{т}}^{\text{ТЗЛ}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{оч}}^{\text{ТЗЛ}} + t_{\text{об}}^{\text{ТЗЛ}} + t_{\text{мит}} + t_{\text{відпр}}. \quad (4.4)$$

– дільничний, що надходить в переробку:

$$t_{\text{т}}^{\text{д}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{оч}}^{\text{д}} + t_{\text{об}}^{\text{д}} + t_{\text{приб}}. \quad (4.5)$$

– збірний, що надходить в переробку:

$$t_{\text{т}}^{\text{зб}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{оч}}^{\text{зб}} + t_{\text{об}}^{\text{зб}} + t_{\text{приб}}. \quad (4.6)$$

– поїзд свого формування (дільничний, збірний):

$$t_{\text{т}}^{\text{зб}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{оч}}^{\text{сф}} + t_{\text{об}}^{\text{сф}} + t_{\text{відпр}}. \quad (4.7)$$

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

$t_{\text{оч}}^{\text{ТЗЛ}}$, $t_{\text{оч}}^{\text{д}}$, $t_{\text{оч}}^{\text{зб}}$, $t_{\text{оч}}^{\text{сф}}$, $t_{\text{оч}}^{\text{МПВ}}$, $t_{\text{оч}}^{\text{МВ}}$ – 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 [53];

$t_{відпр}$ – 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

$$t_{оч} = 0,35 \cdot t_{об}, \quad (4.8)$$

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:

$$t_{пр} = t_{м} + \frac{0,06 \cdot L''_{бд}}{V} + \frac{0,06 \cdot (L'_{бд} + L_{вх})}{V_{вх}}, \quad (4.9)$$

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 Н, приймаємо за рекомендацією з [53] $V_{вх} = 40$ км/год;

$t_{м}$ – тривалість приготування маршруту та відкриття сигналу, приймаємо $t_{м} = 0,1$ 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

$$V = 0,8 \cdot V_{\max}, \quad (4.10)$$

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

Відстань входу поїзда на станцію визначається як

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

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

$l_{\text{гор}}$ – довжина горловини парку, приймаємо $l_{\text{гор}} = 400$ м;

$l_{\text{п}}$ – довжина поїзда, м.

$$l_{\text{п}} = m_c \cdot l_{\text{в}} + l_{\text{л}}, \quad (4.12)$$

де m_c – кількість вагонів в составі;

$l_{\text{в}}$ – середня довжина вагону, приймаємо $l_{\text{в}} = 15$ м;

$l_{\text{л}}$ – довжина локомотиву, для електровозу ВЛ80К $l_{\text{л}} = 33$ м.

4.1.2 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

$$l_{\text{п}} = 53 \cdot 15 + 33 = 828 \text{ м.}$$

При електричній тязі $l_c = 300$ м, тоді

$$L_{\text{вх}} = 300 + 400 + 828 = 1528 \text{ м.}$$

Тоді час прийому поїзда складе

$$t_{\text{пр}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1000}{80} + \frac{0,06 \cdot (1200 + 1528)}{40} = 4,95 \text{ хв}$$

Тривалість зайняття маршруту при відправленні поїзда визначається за формулою:

$$t_{\text{відпр}} = t_{\text{м}} + \frac{0,06 \cdot L_{\text{вих}}}{V_{\text{вих}}}, \quad (4.13)$$

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

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

$$L_{\text{вих}} = l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (4.14)$$

$$L_{\text{вих}} = 400 + 828 = 1228 \text{ м};$$

Згідно [53] приймаємо $V_{\text{вих}} = 35 \text{ км/год}$. Тоді отримаємо

$$t_{\text{відпр}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1228}{35} = 2,21 \text{ хв.}$$

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

$$t = a + b \cdot m_c, \quad (4.15)$$

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

m_c – кількість фізичних вагонів у маневровому составі.

Довжина напіврейсу складає:

$$\text{для парку ПВ} \quad l_1 = l_{\text{гор1п}} + l_{\text{п}}, \quad (4.16)$$

$$l_1 = 400 + 828 = 1228 \text{ м};$$

Згідно [53] встановлюємо значення коефіцієнтів a та b :

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

$$t_1 = 2,56 + 0,044 \cdot 53 = 7,23 \text{ хв}$$

Для визначення тривалості обслуговування бригадою ПТО вантажних составів поїздів виконаємо розподіл поїздопотоків між парками станції Н у таблиці 4.1 з використанням даних табл. 2.3 та 2.4.

Таблиця 4.1– Розподіл вантажних поїздопотоків по паркам станції Н

З На		А	К	Б	М	Н		Разом
						дільн.	збірні	
А		-	10*/ ПВ	1/ ПВ	7/ ПВ	4 / ПВ	1 / ПВ	23
К		9*/ ПВ	-	4/ ПВ	1/ ПВ	3 / ПВ	1 / ПВ	18
Б		1/ ПВ	4/ ПВ	-	3*/ ПВ	3 / ПВ	1 / ПВ	12
М		5/ ПВ	1/ ПВ	4*/ ПВ	-	2 / ПВ	1 / ПВ	13
Н	дільничні	4/ ПВ	1/ ПВ	2/ ПВ	6/ ПВ	12		
	збірні	1/ ПВ	1/ ПВ	1/ ПВ	1/ ПВ		4	
Разом		20	17	12	18			67\66

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:

$$t_{\text{то}} = \frac{\tau m_c}{K_{\text{гр}}} + a, \quad (4.18)$$

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

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

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

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

$$t_{\text{то}} = \frac{\tau m_c}{K_{\text{гр}}} + \alpha t_{\text{рем}} + a, \quad (4.19)$$

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

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

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО визначається за формулою:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{Nt_{\text{то}}}{1440S}, \quad (4.20)$$

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

S – кількість бригад ПТО, $S=1$.

Отримане за формулою (4.20) 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. 4.1 для парку ПВ кількість транзитних поїздів без зміни локомотива та поїздів, що надходять в переробку, дорівнює $46+17=63$, кількість транзитних поїздів зі зміною локомотива та поїздів свого формування – $4+17=21$.

Так, при составі поїзда $m = 53$ вагонів, $\tau = 0.9$ хв, $K_{\text{гр}} = 1$ група для парку ПВ:

- тривалість технічного обслуговування составу поїзда, що надходить в переробку та транзитного поїзда без зміни локомотива:

$$t_{\text{то}} = \frac{0,9 \cdot 53}{1} + 2 = 49,7 \text{ хв};$$

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

$$t_{\text{то}} = \frac{0,9 \cdot 53}{1} + 0,2 \cdot 12 + 2 = 52,1 \text{ хв};$$

- коефіцієнт завантаження бригади ПТО:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{36 \cdot 49,7 + 38 \cdot 52,1}{1440 \cdot 1} = 2,62.$$

Результати всіх розрахунків заносимо у таблицю 4.2.

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

K _{гр}	Тривалість технічного обслуговування $t_{\text{то}}$, хв		$\Psi_{\text{бр}}$ ПВ
	тр. б/з, рф	тр. з/з, сф	
1	49,7	52,1	2,62
2	24,85	27,25	1,31
3	16,57	18,97	0,87
4	12,43	14,83	0,66

Для парку ПВ у діапазоні 0,75...0,85 знаходиться значення коефіцієнта завантаження бригади ПТО при 4-х групах у ній ($\Psi_{\text{бр}} = 0,66$), що відповідає наявній кількості груп бригади ПТО в парку ПВ станції Н.

Отже, згідно розрахунків в ПВ потрібно 4 групи в бригаді ПТО і тому тривалість огляду вагонів складе 12,43 хв для поїздів у розформування та транзитних поїздів без зміни локомотивів, та 14,83 хв для решти поїздів.

Крім цього, для отримання тривалості обслуговування поїздів у приймально-відправному парку станції Н, для збірного поїзда, що надходить у переробку, до отриманої в табл. 4.2 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 автогалем.

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

– Транзитні без зміною локомотива:

$$t_{\text{т}}^{\text{тбл}} = 4,95 + 0,35 \cdot 12,43 + 12,43 + 2,21 = 23,9 \text{ хв.}$$

– Транзитні зі зміною локомотива:

$$t_{\text{т}}^{\text{тзл}} = 4,95 + 0,35 \cdot 24,83 + 24,83 + 2,21 = 40,7 \text{ хв.}$$

– Дільничний, що надходить в переробку:

$$t_{\text{т}}^3 = 4,95 + 0,35 \cdot 12,43 + 12,43 + 7,23 = 23,9 \text{ хв.}$$

– Збірний, що надходить в переробку:

$$t_T^3 = 4,95 + 0,35 \cdot 17,43 + 17,43 + 7,23 = 35,7 \text{ хв.}$$

– Поїзд свого формування:

$$t_T^3 = 7,23 + 0,35 \cdot 24,83 + 24,83 + 2,21 = 43,0 \text{ хв.}$$

4.1.3 Визначення тривалості очікування виводу поїздів

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

$$t_{\text{ов}} = \frac{720 \cdot N_B \cdot (1 + \mathcal{G}_{\text{від}}^2)}{N_B^{\text{max}} \cdot (N_B^{\text{max}} - N_B)}, \quad (4.18)$$

де N_B^{max} – максимальна кількість вантажних поїздів;

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

Максимальна кількість вантажних поїздів розраховується за формулою:

$$N_B^{\text{max}} = N - N_{\text{пас}} \cdot \varepsilon_{\text{пас}} - N_{\text{зб}} \cdot (\varepsilon_{\text{зб}} - 1), \quad (4.19)$$

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 $I_{\text{мін}}$ 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 пропускній спроможності $N_{\text{п}}$ [53]:

Лінія А – Н:

$$N_{\text{п}} = 47 \text{ пар поїздів};$$

$$N = 100 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{\text{п}}^{\text{max}} = 100 - 10 \cdot 1,5 - 1 \cdot (2 - 1) = 84 \text{ пари поїздів.}$$

Тоді час очікування відправлення на лінію буде дорівнювати:

$$\bar{t}_{\text{об}} = \frac{720 \cdot 20 \cdot (1 + 0,7^2)}{84 \cdot (84 - 20)} = 4,0 \text{ хв.}$$

Лінія К – Н:

$$N_{\text{п}} = 27 \text{ пар поїздів;}$$

$$N = 48 \text{ пар поїздів;}$$

$$N_{\text{п}}^{\text{max}} = 48 - 6 \cdot 1,5 - 1 \cdot (2 - 1) = 38 \text{ пар поїздів.}$$

Тоді час очікування відправлення на лінію буде дорівнювати:

$$\bar{t}_{\text{об}} = \frac{720 \cdot 12 \cdot (1 + 0,7^2)}{38 \cdot (38 - 12)} = 13,0 \text{ хв.}$$

Лінія Б – Н:

$$N_{\text{п}} = 39 \text{ пар поїздів;}$$

$$N = 100 \text{ пар поїздів;}$$

$$N_{\text{п}}^{\text{max}} = 100 - 9 \cdot 1,5 - 1 \cdot (2 - 1) = 85 \text{ пар поїздів.}$$

Тоді час очікування відправлення на лінію буде дорівнювати:

$$\bar{t}_{\text{об}} = \frac{720 \cdot 17 \cdot (1 + 0,7^2)}{85 \cdot (85 - 17)} = 3,2 \text{ хв.}$$

Лінія М – Н:

$$N_{\text{п}} = 35 \text{ пар поїздів;}$$

$$N = 48 \text{ пар поїздів;}$$

$$N_{\text{п}}^{\text{max}} = 48 - 7 \cdot 1,5 - 1 \cdot (2 - 1) = 36 \text{ пар поїздів.}$$

Тоді час очікування відправлення на лінію буде дорівнювати:

$$\bar{t}_{\text{об}} = \frac{720 \cdot 18 \cdot (1 + 0,7^2)}{36 \cdot (36 - 18)} = 29,8 \text{ хв.}$$

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

$$\bar{t}_{\text{оприб}} = \frac{N_p \cdot t_r^2 \cdot (1 + v^2)}{2 \cdot (1440 - N_p \cdot t_r)}, \quad (4.20)$$

де v_2 – коефіцієнт варіації гіркового технологічного інтервалу, приймається згідно [53] $v_2 = 0,5$.

t_r – гірочний технологічний інтервал; прийнято згідно Додатку А.4 $t_r = 28,3$ хв.

$$\bar{t}_{\text{оприб}} = \frac{16 \cdot 28,3^2 \cdot (1 + 0,5^2)}{2 \cdot (1440 - 16 \cdot 28,3)} = 9,4 \text{ хв}$$

4.1.4 Розрахунок середньозваженого зайняття колії поїздом

Розрахунок тривалості $\bar{t}_{\text{зан}}$ для парків наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок середньозваженої тривалості зайняття колії поїздом в приймально-відправних парках

Категорія поїзда	Напрямок	$t_r, \text{хв}$	$t_{\text{ов}}, \text{хв}$	$t_{\text{зан}}, \text{хв}$	N	$Nt_{\text{зан}}$
Транзитні без зміни локомотива	на А	23,9	4,0	27,9	6	167,4
	на К	23,9	13,0	36,9	5	184,5
	на Б	23,9	3,2	27,1	5	135,5
	на М	23,9	29,8	53,7	8	429,6
Транзитні зі зміною локомотива	на А	40,7	4,0	44,7	9	402,3
	на К	40,7	13,0	53,7	10	537
	на Б	40,7	3,2	43,9	4	175,6
	на М	40,7	29,8	70,5	3	211,5
Дільничний в розформування		23,9	9,4	33,3	12	399,6
Збірний в розформування		35,7	9,4	45,1	4	180,4
Поїзд свого формування	на А	43,0	4,0	47	5	235
	на К	43,0	13,0	56	2	112
	на Б	43,0	3,2	46,2	3	138,6
	на М	43,0	29,8	72,8	7	509,6
Всього					83	3818,6

Середньозважену тривалість зайняття колій парку ПВ знаходимо за підсумковими даними таблиці 4.3:

$$t_{\text{зан}}^{-\text{ПВ}} = \frac{3818,6}{83} = 46,0 \text{ хв}$$

4.2 Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів з кожної лінії

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

$$I = \frac{\bar{I} + I_{\min}}{2}, \quad (4.21)$$

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

Лінія А – Н : $N = 100$ пар поїздів, $I_{\min} = 10$ хв;

Лінія К – Н : $N = 48$ пар поїздів, $I_{\min} = 18$ хв;

Лінія Б – Н : $N = 100$ пар поїздів, $I_{\min} = 10$ хв;

Лінія М – Н : $N = 48$ пар поїздів, $I_{\min} = 18$ хв.

Значення I_{\min} приймаємо згідно [53] в залежності від прийнятої наявної пропускної спроможності ділянки.

Середній інтервал прибуття поїздів на станцію з кожної лінії визначається як

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{N} \cdot (\beta \cdot (N_{\text{пас}} \cdot \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}} \cdot (\varepsilon_{\text{зб}} - 1)) + (\beta - 1) \cdot N_{\text{в}})}{N_{\text{в}}}, \quad (4.22)$$

де β – коефіцієнт збільшення розрахункових розмірів вантажного руху в окрему добу, приймаємо $\beta = 1,15$;

$N_{\text{в}}$ – 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.

Для лінії А-Н середній інтервал буде становити

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{100} \cdot (1,15 \cdot (10 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2,0 - 1)) + (1,15 - 1) \cdot 23)}{23} = 48,9 \text{ хв}.$$

Для лінії К-Н середній інтервал буде становити

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{48} \cdot (1,15 \cdot (6 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2,0 - 1)) + (1,15 - 1) \cdot 12)}{12} = 86,8 \text{ хв.}$$

Для лінії Б-Н середній інтервал буде становити

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{100} \cdot (1,15 \cdot (9 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2,0 - 1)) + (1,15 - 1) \cdot 18)}{18} = 64,5 \text{ хв.}$$

Для лінії М-Н середній інтервал буде становити

$$\bar{I} = \frac{1440 - \frac{1440}{48} \cdot (1,15 \cdot (7 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2,0 - 1)) + (1,15 - 1) \cdot 13)}{13} = 75,8 \text{ хв.}$$

Для поїздів в розформування складе

$$\bar{I} = \frac{1440}{16} = 90 \text{ хв}$$

Отримані інтервали дозволяють отримати розрахункові інтервали:

Для лінії А-Н

$$I = \frac{10 + 48,9}{2} = 29,45 \text{ хв ;}$$

Для лінії К-Н

$$I = \frac{18 + 86,8}{2} = 52,4 \text{ хв ;}$$

Для лінії Б-Н

$$I = \frac{10 + 64,5}{2} = 37,3 \text{ хв ;}$$

Для лінії М-Н

$$I = \frac{18 + 75,8}{2} = 46,9 \text{ хв ;}$$

Для поїздів свого формування

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

Визначимо частку поїздів, що поступають з кожного напрямку до ПВ. Звісно, при одному парку ця доля буде рівна 1 для усіх підходів та підходу із СП.

$$\gamma_A = 1, \gamma_H = 1, \gamma_B = 1, \gamma_M = 1, \gamma_{\text{сф}} = 1.$$

4.3 Визначення кількості колій в приймально-відправних парках

Для розрахунку кількості колій в парку ПВ отримані значення підставляємо в формулу (4.1):

$$m_{\text{ПВ}} = \frac{46}{29,45} \cdot 1 + \frac{46}{52,4} \cdot 1 + \frac{46}{37,3} \cdot 1 + \frac{46}{46,9} \cdot 1 + \frac{46}{99,38} \cdot 1 = 6,41 \text{ кол}$$

Приймаємо в ПВ $m_{\text{ПВ}} = 7$ колій.

Таким чином, в парку ПВ необхідно запроєктувати сім приймально-відправних колій з найменшою корисною довжиною колії 850 м, що перевищує існуючий колійний розвиток цього парку.

4.4 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 [53, 54]. Розрахунок кількості колій в сортувальному парку виконується в таблиці 4.4 з використанням даних таблиці 3.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок кількості колій в сортувальному парку

Призначення	Вагонопотік		Кількість колій
Дільничні на А	178	213	1
Збірні на А	35		1
Дільничні на К	55	90	1
Збірні на К	35		1
Дільничні на Б	92	127	1
Збірні на Б	35		1
Дільничні на М	323	358	2
Збірні на М	35		1
Для місцевих вагонів	31		1
Загальна кількість колій в сортувальному парку			10

Як показали розрахунки, колійний розвиток сортувального парку повинен складатися з 10 колій, що відповідає існуючому розвитку цього парку.

5 АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

5.1 Характеристика існуючої сортувальної гірки

Існуюча гірка станції Г є гіркою малої потужності (ГМП) висотою 1,96 м (див. Додаток А.3). Гальмування відчепів при розпуску здійснюється на двох гальмівних позиціях (ГП), обладнаних вагонними уповільнювачами: I ГП – 1хКНП-5; ПГП – 2хРНЗ-2М.

Колійний розвиток сортувального парку станції П складає 10 колій.

Дані метеорології наведено в таблиці 5.1. згідно таблиці А.6 Додатку А.

Таблиця 5.1 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 даному розділі дипломної роботи буде виконано розрахунок параметрів сортувальної гірки станції Н з метою перевірки її спроможності переробити збільшений обсяг вагонопотоку з переробкою.

5.2 Розрахунок необхідної висоти сортувальної гірки

Висота гірки H_r повинна забезпечувати докочування розрахункового бігуна від вершини гірки (ВГ) до розрахункової точки (РТ), яка приймається на розрахунковій, важкій колії згідно [54] 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 важкою колією може бути сортувальна колія №25 (при цьому суміжна колія №24) або колія №22 (суміжна – колія №23).

Оскільки однозначно без розрахунку точно встановити важку та суміжну колії неможливо, складемо спочатку розгорнутий план для колій 25 та 24 та визначимо сумарну роботу всіх сил опору для цих колій.

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 5.2 [54, 55]:

Таблиця 5.2 – Середні швидкості руху вагонів на розрахункових ділянках

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

Висота є одним з головних параметрів сортувальної гірки і визначається згідно [55] за формулою:

$$H_p = k_{\text{очн}} (\bar{h}_{\text{очн}} + \bar{h}_{\text{св}} + \bar{h}_{\text{св}}) + h_{\text{сн}} - h_0, \quad (5.1)$$

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

$\bar{h}_{\text{очн}}, \bar{h}_{\text{сн}}, \bar{h}_{\text{св}}$ – 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 [55] – критий, 4-вісний вагон на роликівих підшипниках, $Q=25 \text{ т}$, $w_0 = 1,75 \text{ Н/кН}$.

Таким чином, H_r визначається по умові докочування розрахункового поганого бігуна від ВГ до РТ.

5.3 Визначення втрат енергетичних висот від сил опору та висоти гірки

Параметри кожної розрахункової ділянки (довжина, число стрілочних переводів і сума кутів повороту) для колій 25 та 24 наведені на рис. 5.1.

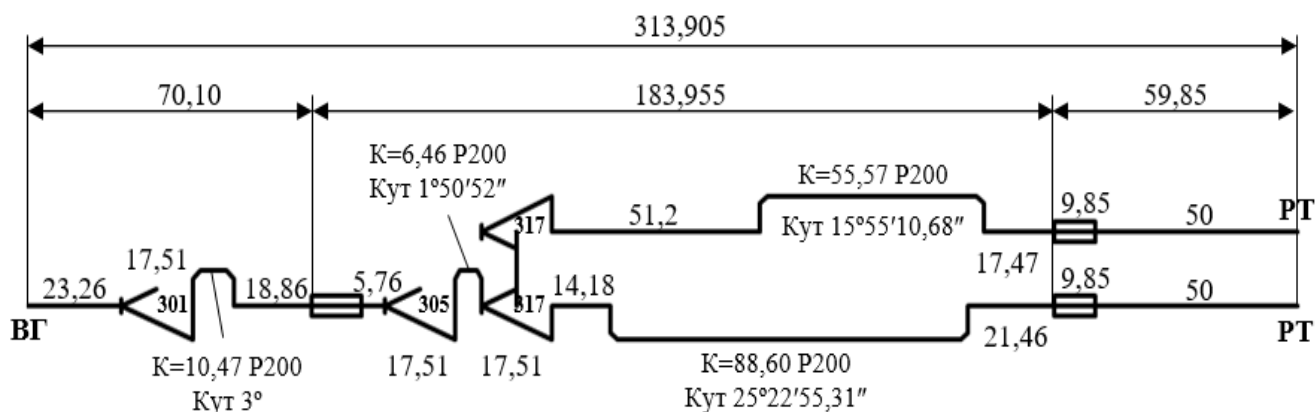


Рисунок 5.1 – Розгорнутий маршрут скочування на важку колію №25
(суміжна колія №24)

Втрати енергетичних висот для цих колій розраховуються згідно [55] за наступними формулах:

– від основного опору:

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

де L_p – розрахункова довжина маршруту від ВГ до РТ, м. ($L_p = 313,905$ м);

w_0 – основний питомий опір розрахункового бігуна, Н/кН.

$$h_{\text{осн}} = 1,75 \cdot 313,905 \cdot 10^{-3} = 0,549 \text{ м. е. в.}$$

– від опору стрілок і кривих:

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

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 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок опору від стрілок і кривих для колій №25 та №24

Ділянка	$L, м$	Кути повороту		$n, ум$	$V_i, м/с$	$h_{ск}, м.е.в$	
		25	24			25	24
1	70,10	7,731		1	3,5	0,0286	
2	183,955	36,692	27,23	2	3,0	0,086	0,066
3	59,85	0	0	0	1,4	0	0
Разом	313,905					0,115	0,095

- від опору снігу і інію згідно [55]:

$$h_{сн} = w_{св} \cdot L \cdot 10^{-3} \quad (5.4)$$

де $w_{св}$ - питомий опір від снігу та інію на i -ї ділянці, $H/кН$. Для температури $-28^{\circ}C$ $w_{св} = 0,46 H/кН$.

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

$$L_{сн} = L_3 + L_2 - l_{гп1} = 59,85 + 183,955 - 12,475 = 231,33 м \quad (5.5)$$

$$h_{сн} = 0,46 \cdot 231,33 \cdot 10^{-3} = 0,106 м е. в.$$

Енергетична висота відчепу на вершині гірки згідно [55]:

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

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

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

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

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

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

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

Тоді матимемо

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

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

Питомий опір від середовища і вітру залежить від типу вагону, швидкості його руху, швидкості і напрямку вітру і визначається по формулі згідно [55]:

$$\pm w_{\text{св}} = K_{\text{вс}} C_x V_p^2 \quad (5.8)$$

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 [55]:

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

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 5.2), яка складається за даними метеорологічних спостережень (табл. 5.1.) на станції і азимуту напрямку розпуску (320°). При цьому беруться до уваги тільки ті напрямки вітру, які є зустрічними напрямку розпуску.

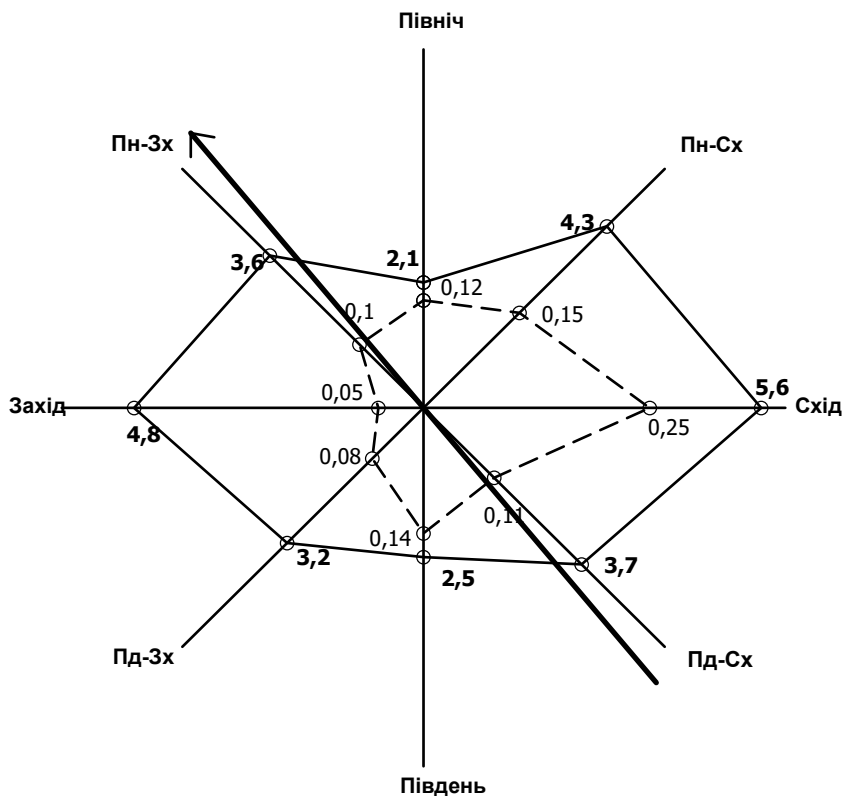


Рисунок 5.2 – «Роза вітрів»

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

Середня швидкість вітру згідно [55] визначається за формулою:

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

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

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

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 за формулою:

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

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

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

Згідно [55] для критого вагону $S = 9,7 \text{ м}^2$, а значення C_x при $\alpha = 0$ буде 1,12:

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

Розрахунок втрат від опору середовища і вітру виконано в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 Розрахунок втрат від опору середовища і вітру для колії №25

Ділянка	$L, \text{ м}$	$V, \text{ м/с}$	$V_p, \text{ м/с}$	$w_{\text{св}}, \text{ Н/кН}$	$h_{\text{св}}, \text{ м. е. в}$
1	70,10	3,5	7,06	1,57	0,11
2	183,955	3	6,56	1,36	0,25
3	59,85	1,4	4,96	0,78	0,047
Разом	313,905				0,407

Знаючи сумарні втрати $h_{\Sigma 0}$ від кожного виду опору, а також енергетичну висоту розрахункового бігуна на вершині гірки ($h_0 = 0,078 \text{ м. е. в.}$), за формулою (5.1) визначимо розрахункову висоту сортувальної гірки для розрахункової колії №25:

$$H_p = 1,5 (0,549 + 0,115 + 0,407) + 0,106 - 0,078 = 1,630 \text{ м}$$

Аналогічно визначимо втрати енергетичних висот для колій 22 та 23 розраховуються за наведеними вище формулами. Для вказаних колій складемо розгорнутий маршрут скочування (дивись рисунок 5.3):

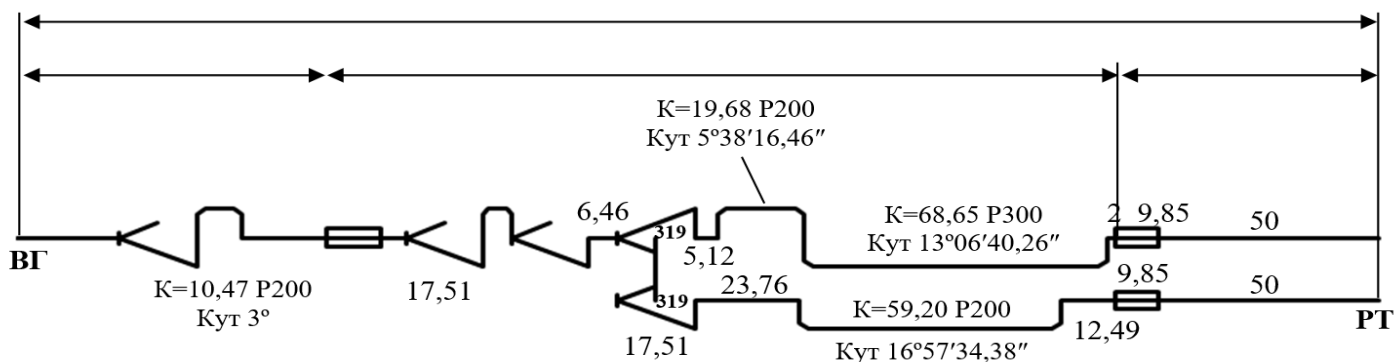


Рисунок 5.3 – Розгорнутий маршрут скочування на важку колію №22
(суміжна колія №23)

Таким чином, отримаємо:

– від основного опору за (5.2):

$$h_{\text{осн}} = 1,75 \cdot 309,085 \cdot 10^{-3} = 0,541 \text{ м. е. в.}$$

– від опору стрілок і кривих (дивись таблицю 5.5):

Таблиця 5.5 – Розрахунок опору від стрілок і кривих для колій №22 та №23

Ділянка	$L, \text{ м}$	Кути повороту		$n, \text{ шт}$	$V_i, \text{ м/с}$	$h_{\text{ск}}, \text{ м. е. в}$	
		22	23			22	23
1	70,1	7,731		1	3,5	0,029	
2	179,135	34,791	33,001	3	3	0,087	0,083
3	59,85	0	0	0	1,4	0	0
Разом	309,085					0,116	0,112

- від опору снігу та інію згідно (5.4):

$$L_{\text{сн}} = 59,85 + 179,135 - 12,475 = 226,51 \text{ м}$$

$$h_{\text{сн}} = 0,46 \cdot 226,51 \cdot 10^{-3} = 0,104 \text{ м е. в.}$$

Розрахунок втрат від опору середовища і вітру виконано в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6. Розрахунок втрат від опору середовища і вітру для колії №22

Ділянка	$L, \text{ м}$	$V, \text{ м/с}$	$V_p, \text{ м/с}$	$w_{\text{св}}, \text{ Н/кН}$	$h_{\text{св}}, \text{ м. е. в}$
1	70,1	3,5	7,06	1,57	0,11
2	179,135	3	6,56	1,36	0,244
3	59,85	1,4	4,96	0,78	0,047
Разом	309,085	-	-	-	0,401

Визначимо розрахункову висоту сортувальної гірки для розрахункової колії №22:

$$H_p = 1,5 (0,541 + 0,116 + 0,401) + 0,104 - 0,078 = 1,61 \text{ м}$$

Таким чином, порівнявши значення H_p для двох потенційних розрахункових колій №25 та №22, приймаємо за розрахункову колію №25, оскільки H_p для даної колії дещо більше.

5.4 Визначення параметрів елементів поздовжнього профілю

Для подальших розрахунків використовуємо значення висоти існуючої гірки, яка рівна $H_r=1,96$ м. Існуючий поздовжній профіль сортувальної гірки наведено в таблиці 5.7. згідно таблиці А.7 Додатку А.

Таблиця 5.7 – Параметри поздовжнього профілю сортувальної гірки

Елемент профілю	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 ППП	1,5	121,49	0,182
Сортувальні колії	0,6	48	0,029
Всього			1,96

5.5 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 [55], 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 5.8 з [54, 55].

Таблиця 5.8 – Характеристики розрахункових бігунів

Тип	Рід	Осей	Q, m	$w_0, H/\kappa H$	l_B, m	b_{κ}, m	S, m^2	$g', m/c^2$	K_{ec}
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 ($t = -28^{\circ}\text{C}$), 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 5.9.

Таблиця 5.9 – Розрахунок втрат енергетичної висоти для П і Х

Ділянка	Параметри		Параметри розрахункових бігунів								
	L, m	$V, m/c$	$V_B, m/c$	$w_0, H/\kappa H$	$V_p, m/c$	$w_{CB}, H/\kappa H$	Втрати енергетичної висоти				
							$h_{очн}$	$h_{ск}$	$h_{св}$	h_w	H_w
Поганий ($K_{BC} = 0,0272, C_x = 1,75$)											
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 ($K_{BC} = 0,0089, C_x = 1,75$)											
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:

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

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

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

Швидкість бігуна X 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 Π і X на розрахункових ділянках. При цьому слід враховувати максимальну потужність гальмівних позицій.

5.6 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 ($\Pi - X - \Pi$), 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 ізольовану 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

$$SE = S\Pi - b_K/2; \quad SG = S\Pi + l_{\Gamma\Pi} + b_K/2;$$

- для ізольованих ділянок стрілок

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

- для граничного стовпчика

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

де $S\Pi$ – координата початку відповідного елемента, визначається, користуючись розгорнутим планом маршруту;

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

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

Координати контрольних точок наведені в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 Розрахунок координат контрольних точок маршруту скочування

Найменування елементів	СП, м	$l_{ГП}$, $l_{Д}$, 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:

$$V_i = \sqrt{2g'h_i}, \quad (5.12)$$

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:

$$t_{i,i+1} = \frac{2 \cdot \Delta S_{i,i+1}}{V_i + V_{i+1}}, \quad (5.13)$$

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

$$T_j = \sum_{i=1}^j t_i, \quad (5.14)$$

Інтервал між відчепами на вершині гірки приблизно можна визначити як:

$$I_0 = \frac{S}{V_0} = \frac{l_1^1 + l_2^2}{2 \cdot V_0}, \quad (5.15)$$

де l_{B1}, l_{B2} – 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 він показує, наскільки швидше (або пізніше) прийде Х в дану точку, якщо вважати, що Х і П вийдуть з ВГ одночасно, «дифи» визначаються в кожній точці:

$$\Delta t_j = T_j^{\text{П}} - T_j^{\text{Х}}, \quad (5.16)$$

Швидкість та тривалість скочування відчепів наведені в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11. Розрахунок швидкості та тривалості скочування вагонів

№ точки	Назва точки	S, м	ΔS, м	Y _н , 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	Проміжна	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	Проміжна	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	Проміжна	44,63	10	45,3	55,3	4,08	4,6	2,53	2,25	16,17	14,79	1,38
8	Проміжна	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 ГП1	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 ГП1	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 ГП1	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 ГП1	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	Проміжна	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	Проміжна	171,165	20	38,4	39	3,76	3,87	5,16	5,16	45,8	45,45	0,35
24	Проміжна	191,165	20	33,5	38,7	3,51	3,85	5,5	5,18	51,3	50,63	0,67
25	Проміжна	211,165	20	28,7	38,4	3,25	3,84	5,92	5,2	57,22	55,83	1,39
26	Проміжна	231,165	20	23,8	38,1	2,96	3,82	6,44	5,22	63,66	61,05	2,61
27	Початок ЗГ ПП1	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 ПП1	268,945	3,25	15,2	6,3	2,36	1,55	1,36	1,79	77,89	73,21	4,68
30	Проміжна	283,945	15	11,9	5,9	2,09	1,5	6,74	9,84	84,63	83,05	1,58
31	Проміжна	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

5.7 Перевірка умов розділення групи відчепів на розділових елементах

Конструкція і технічне оснащення сортувальної гірки повинні забезпечувати розмежування відчепів на окремих елементах: стрілочних переводах, вагоноуповільнювачах, граничних стовпчиках, проміжних ізольованих 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 наступним відчепом. 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 відчепів кожен з них повинен входити на елемент після його звільнення попереднім відчепом, тобто повинна витримуватись умова:

$$I_o + TE_2 > TG_1, \quad (5.17)$$

де I_o – інтервал відриву суміжних відчепів на ВГ;

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

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

Проміжок часу між моментами звільнення елемента першим відчепом (TG_1) і моментом заняття другим відчепом (TE_2) являє собою резерв інтервалу δt , величину якого можна розрахувати як

$$\delta t = I_o + TE_2 - TG_1, \quad (5.18)$$

Для надійного розмежування відчепів 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 [55] 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. 5.1 [55] у залежності від типу вагонного уповільнювача і враховується як тривалість його переведення у гальмовий стан (τ_r) для сполучення бігунів П₁ - Х₂ і як тривалість розгальмування (τ_p) - для сполучення Х₁ - П₂. Наприклад, для уповільнювачів КНП-5: $\tau_r = 0,8$ с, $\tau_p = 1,2$ с.

Таким чином, можливість розмежування відчепів відповідає умові:

$$\delta t \geq \delta t_{\min}, \quad (5.19)$$

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 (5.18) 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. 5.9).

Розрахунок інтервалів між відчепами на розділювальних елементах наведені в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12. 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 (5.18) свідчить про можливість розмежування відчепів і відповідність конструкції гірки вимогам [55] щодо можливості реалізації встановленої швидкості розпуску.

5.8 Визначення розрахункової швидкості розпуску та переробної спроможності сортувальної гірки

Виконана перевірка умов розділення відчепів показала наявність резервів інтервалів 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:

$$V_{0\max} = \frac{l_{\text{ваг1}} + l_{\text{ваг2}}}{2(I_0 - \delta t + \delta t_{\min})} \quad (5.20)$$

Розрахунки виконано у вигляді таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – 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
		$\delta t, c$	$\delta t_{\min}, c$	V _{0 max} , м/с	$\delta t, c$	$\delta t_{\min}, c$	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:

$$V_{0\max} = \sum_{i=1}^n V_{0\max i} \cdot P_i, \quad (5.21)$$

де $V_{0\max i}$ - максимальна швидкість розпуску по умовам розділення відчепів на стрілочних переводах i -ї стрілочної позиції. В значенні $V_{0\max i}$ береться мінімальне з значень, визначених для сполучень Π_1 - X_2 та X_1 - Π_2 ;

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

$$P_i = P_{\text{стр}} \cdot K, \quad (5.22)$$

де n - кількість стрілочних позицій;

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

$$P_{\text{стр}} = \frac{2 \cdot n_{\text{л}} \cdot n_{\text{п}}}{m_{\text{сп}} (m_{\text{сп}} - 1)}, \quad (5.23)$$

де $n_{\text{л}}$, $n_{\text{п}}$ - кількість сортувальних колій, на які можна потрапити слідуючи по даному стрілочному переході 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 5.14.

Таблиця 5.14. Визначення максимально можливої швидкості розпуску на сортувальній гірці

№ Стрілочної позиції	К	$n_{\text{л}}$	$n_{\text{п}}$	$P_{\text{стр}}$	$V_{0\max}, \text{ м/с}$			$V_{0\max i}$ 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:

$$\bar{V}_c = \frac{V_0 + \bar{V}_{0\max}}{2}, \quad (5.24)$$

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

Переробна спроможність гірки визначається за формулою:

$$N_{\pi} = \frac{\alpha_{\text{вр}} \cdot (1440 - T_{\text{пост}})}{p_{\Gamma} t_{\Gamma}} \cdot m_c, \quad (5.25)$$

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., $T_{\text{пост}}=60 \text{ хв}$;

t_{Γ} - гірочний технологічний інтервал, згідно Додатку А.4 приймається $t_{\Gamma}=28,3 \text{ хв}$;

m_c - кількість вагонів в составі, згідно розділу 2 $m_c=53 \text{ ваг}$;

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

$$N_{\pi} = \frac{0,97 \cdot (1440 - 60)}{1,12 \cdot 28,3} \cdot 53 = 2238 \text{ ваг / добу}$$

Тоді коефіцієнт завантаження гірки буде дорівнювати:

$$\Psi_{\Gamma} = \frac{819}{2238} = 0,37$$

Оскільки коефіцієнт завантаження гірки не перевищує 0,85, то можна зробити висновок, що можливості гірки не лише відповідають обсягам роботи, але й значно переважають їх, у зв'язку з чим навіть при подальшому зростанні обсягів переробки дана гірка залишатиметься актуальною.

6 ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ РОЗБУДОВИ ВУЗЛОВОЇ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ Н У ЗВ'ЯЗКУ З ПРИМИКАННЯМ НОВОЇ ЛІНІЇ ІЗ К

У даному розділі буде запропоновано декілька варіантів розширення колійного оснащення станції Н, а також розглядатиметься варіанти примикання лінії із К з та без шляхопроводу.

6.1 Варіанти розширення колійного розвитку станції Н

Як було встановлено у розділі 3, кількість приймально-відправних колій, яка потрібна для обслуговування збільшених розмірів руху переважає наявну кількість таких колій на 2 колії.

Розглянемо два варіанти реалізації розрахункової кількості приймально-відправних колій.

6.1.1 Перший варіант розширення колійного розвитку станції Н.

Схематично зміни у конструкції станції зображено на рисунку 6.1.

За даним варіантом пропонується включити до складу приймально-відправного парку ПВ дві колії із сортувального парку. В той же час, оскільки колійний розвиток сортувального парку використовується повністю (тобто в ньому немає зайвих двох колій) тож необхідно добудувати дві колії з польової сторони станції. Вказані зміни повинні бути виконані таким чином, щоб звести до мінімуму капітальні витрати на їх впровадження, особливо це стосується збереження недоторканною гіркової горловини. При реалізації даного варіанту суттєвих змін у технології роботи станції Н не відбудеться.

Недоліком даного варіанту є те, що при наступному збільшенні обсягів роботи виникне потреба в наступній реконструкції колійного оснащення станції, що, як було сказано вище, пов'язано зі значними витратами.

Подібних недоліків немає у наступному варіанті розбудови станції Н.

6.1.2 Другий варіант розширення колійного розвитку станції Н.

Схематично зміни у конструкції станції зображено на рисунку 6.2.

За даним варіантом передбачається побудова нового парку ПВ2, який доцільно влаштувати за позовжньою схемою щодо існуючого парку ПВ. Для визначення кількості колій в даному парку недостатньо виконати алгебраїчні дії віднявши від потрібної кількості колій (7 колій) наявну їх кількість (5 колій), адже при наявності двох приймально-відправних парків розподіл поїздів по цим паркам вносить свої корективи у розрахунок кількості колій в них.

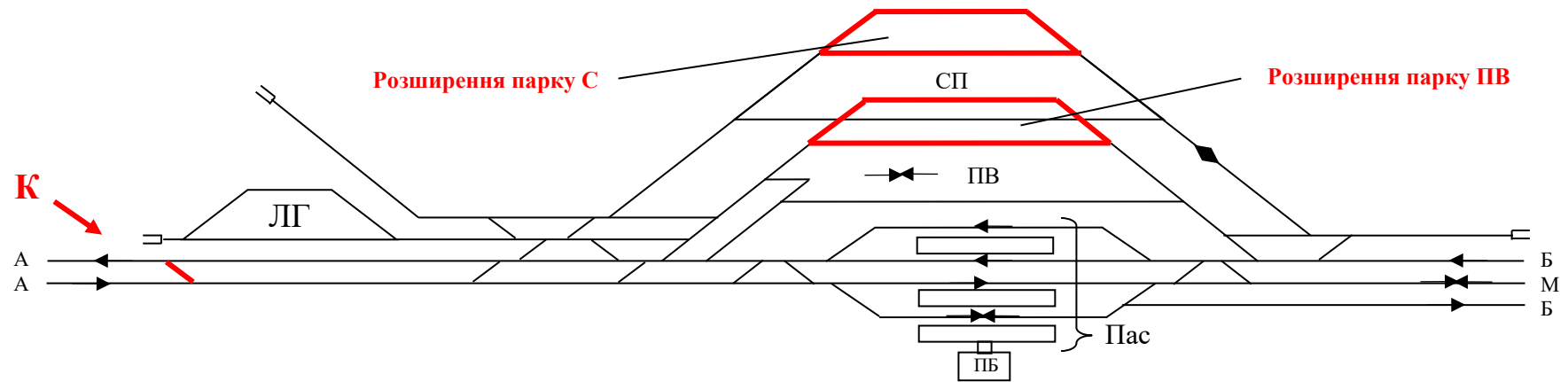


Рисунок 6.1 – Схема першого варіанту розбудови дільничної станції Н

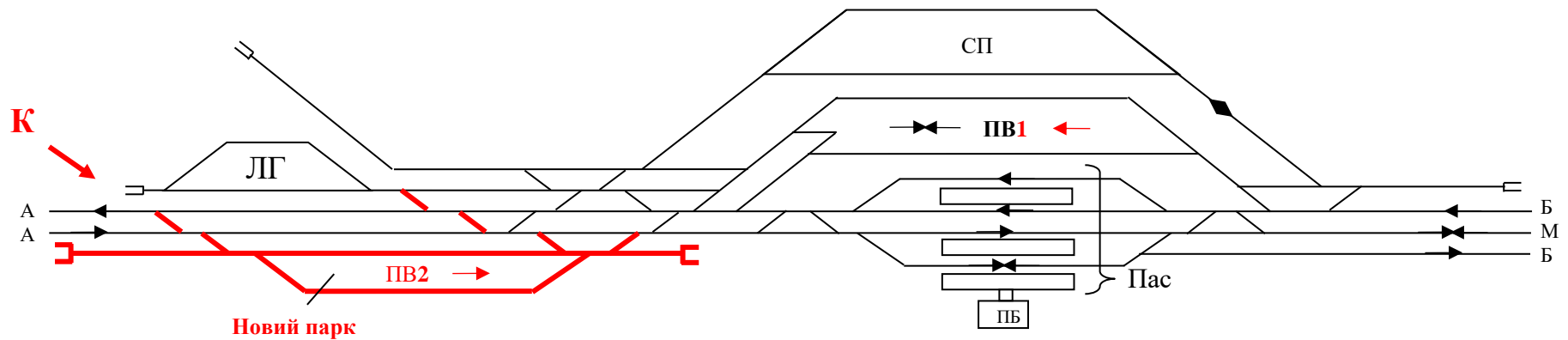


Рисунок 6.2 – Схема другого варіанту розбудови дільничної станції Н

Для другого варіанту розбудови станції Н необхідно визначити кількість колій в обох парках станції використовуючи формули розділу 3.

Перш за все необхідно чітко спеціалізувати цей парк, наприклад, лише для прийому парних транзитних поїздів. Жодних маневрових операцій, крім зміни локомотива, у даному парку не виконується.

Так, для ПВ2 $l_{\text{гор}} = 200 \text{ м}$.

Тоді згідно (3.12) отримаємо $L_{\text{вх}} = 300 + 200 + 828 = 1328 \text{ м}$.

Тоді час прийому поїзда у ПВ2 складе

$$t_{\text{пр}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1000}{80} + \frac{0,06 \cdot (1200 + 1328)}{40} = 4,64 \text{ хв}$$

Для ПВ1 час прийому залишиться попереднім (4,95 хв).

Тривалість зайняття маршруту при відправленні поїзда визначається за (3.13):

$$L_{\text{вих}} = 200 + 828 = 1028 \text{ м};$$

Тоді отримаємо

$$t_{\text{відпр}} = 0,1 + \frac{0,06 \cdot 1028}{35} = 1,9 \text{ хв}.$$

Для визначення тривалості обслуговування бригадою ПТО вантажних составів поїздів виконаємо розподіл поїздопотоків між парками станції Н у таблиці 6.1 з використанням даних табл. 2.3 та 2.4.

Таблиця 6.1– Розподіл вантажних поїздопотоків по паркам станції Н

З \ На	А	К	Б	М	Н		Разом
					дільн.	збірні	
А	-	10*/ ПВ2	1/ ПВ2	7/ ПВ2	4 / ПВ1	1 / ПВ1	23
К	9*/ ПВ2	-	4/ ПВ2	1/ ПВ2	3 / ПВ1	1 / ПВ1	18
Б	1/ ПВ1	4/ ПВ1	-	3*/ ПВ1	3 / ПВ1	1 / ПВ1	12
М	5/ ПВ1	1/ ПВ1	4*/ ПВ1	-	2 / ПВ1	1 / ПВ1	13
Н	дільничні	4/ ПВ1	1/ ПВ1	2/ ПВ1	6/ ПВ1	12	
	збірні	1/ ПВ1	1/ ПВ1	1/ ПВ1	1/ ПВ1		4
Разом	20	17	12	18			67\66

Примітки: чисельник – кількість вантажних поїздів;

знаменник – номер парку, в який надходять поїзда;

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

Визначимо тривалість обслуговування составів та коефіцієнт завантаження бригад ПТО у парках станції Н з використанням формул (3.18)–(3.20):

- тривалість технічного обслуговування составу поїзда, що надходить в переробку та транзитного поїзда без зміни локомотива:

$$t_{\text{ТО}} = \frac{0,9 \cdot 53}{1} + 2 = 49,7 \text{ хв};$$

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

$$t_{\text{ТО}} = \frac{0,9 \cdot 53}{1} + 0,2 \cdot 12 + 2 = 52,1 \text{ хв};$$

- коефіцієнт завантаження бригади ПТО ПВ1:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{27 \cdot 49,7 + 23 \cdot 52,1}{1440 \cdot 1} = 1,76.$$

- коефіцієнт завантаження бригади ПТО ПВ2:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{13 \cdot 49,7 + 19 \cdot 52,1}{1440 \cdot 1} = 1,14.$$

Результати всіх розрахунків заносимо у таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 Тривалість технічного обслуговування составів поїздів і коефіцієнти завантаження бригади ПТО

K _{гр}	Тривалість технічного обслуговування $t_{\text{ТО}}$, хв		$\Psi_{\text{бр}}$	
	тр. б/з, рф	тр. з/з, сф	ПВ1	ПВ2
1	49,7	52,1	1,76	1,14
2	24,85	27,25	0,88	0,57
3	16,57	18,97	0,59	0,38
4	12,43	14,83	0,44	0,28

Для парку ПВ1 у діапазоні 0,75...0,85 знаходиться значення коефіцієнта завантаження бригади ПТО при 3-х групах у ній ($\Psi_{бр} = 0,59$). У новому парку ПВ2 потрібно мати одну двогрупну бригаду ПТО.

При цьому тривалість огляду вагонів складе 16,57 хв для поїздів у розформування та транзитних поїздів без зміни локомотивів, та 18,97 хв для решти поїздів у парку ПВ1. Аналогічно, у парку ПВ2 матимемо 24,85 хв та 27,25 хв.

Крім цього, для отримання тривалості обслуговування поїздів у прийнятно-відправному парку ПВ1 станції Н, для збірного поїзда, що надходить у переробку, до отриманої в табл. 6.2 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 визначимо з використанням даних розділу 3 та вищенаведених даних цього розділу:

– Транзитні без зміною локомотива:

$$t_T^{тбл} = 4,95 + 0,35 \cdot 16,57 + 16,57 + 2,21 = 29,5 \text{ хв.}$$

– Транзитні зі зміною локомотива:

$$t_T^{тзл} = 4,95 + 0,35 \cdot 28,97 + 28,97 + 2,21 = 46,3 \text{ хв.}$$

– Дільничний, що надходить в переробку:

$$t_T^3 = 4,95 + 0,35 \cdot 16,57 + 16,57 + 7,23 = 34,5 \text{ хв.}$$

– Збірний, що надходить в переробку:

$$t_T^3 = 4,95 + 0,35 \cdot 21,57 + 21,57 + 7,23 = 41,3 \text{ хв.}$$

– Поїзд свого формування:

$$t_T^3 = 7,23 + 0,35 \cdot 28,97 + 28,97 + 2,21 = 48,5 \text{ хв.}$$

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

– Транзитні без зміною локомотива:

$$t_T^{тбл} = 4,64 + 0,35 \cdot 24,85 + 24,85 + 1,9 = 40,1 \text{ хв.}$$

– Транзитні зі зміною локомотива:

$$t_T^{тзл} = 4,64 + 0,35 \cdot 37,25 + 37,25 + 1,9 = 56,8 \text{ хв.}$$

Тривалість очікування відправлення для кожної прилеглої до парку лінії візьмемо із розділу 3.

Розрахунок тривалості $\bar{t}_{\text{зан}}$ для парків наведено в таблиці 6.3.

Середньозважену тривалість зайняття колій парків знаходимо за підсумковими даними таблиці 6.3:

$$t_{\text{зан}}^{-\text{ПВ1}} = \frac{2658,1}{51} = 52,1 \text{ хв}$$

$$t_{\text{зан}}^{-\text{ПВ2}} = \frac{2020,9}{32} = 63,2 \text{ хв}$$

Усі розрахункові інтервали беремо із розділу 3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок середньозваженої тривалості зайняття колії поїздом в приймально-відправних парках

Категорія поїзда	Напрямок	$t_{\text{T}}, \text{хв}$		$t_{\text{ов}}, \text{хв}$	$t_{\text{зан}}, \text{хв}$		N	$Nt_{\text{зан}}$	N	$Nt_{\text{зан}}$
		ПВ1	ПВ2		ПВ1	ПВ2				
Транзитні без зміни локомотива	на А	29,5	-	4,0	33,5	-	6	201	-	-
	на К	29,5	-	13,0	42,5	-	5	212,5	-	-
	на Б	-	40,1	3,2	-	43,3	-	-	5	216,5
	на М	-	40,1	29,8	-	69,9	-	-	8	559,2
Транзитні зі зміною локомотива	на А	-	56,8	4,0	50,3	60,8	-	-	9	547,2
	на К	-	56,8	13,0	59,3	69,8	-	-	10	698
	на Б	46,3	56,8	3,2	49,5	60	4	198	-	-
	на М	46,3	56,8	29,8	76,1	86,6	3	228,3	-	-
Дільничний в розформування		34,5	-	9,4	43,9	-	12	526,8	-	-
Збірний в розформування		41,3	-	9,4	50,7	-	4	202,8	-	-
Поїзд свого формування	на А	48,5	-	4,0	52,5	-	5	262,5	-	-
	на К	48,5	-	13,0	61,5	-	2	123	-	-
	на Б	48,5	-	3,2	51,7	-	3	155,1	-	-
	на М	48,5	-	29,8	78,3	-	7	548,1	-	-
Всього							51	2658,1	32	2020,9

Визначимо частку поїздів, що поступають з кожного напрямку до ПВ1 та ПВ2. Так, для ПВ1 отримаємо:

$$\gamma_{\text{А}} = \frac{5}{23} = 0,217 \quad \gamma_{\text{К}} = \frac{4}{18} = 0,222 \quad \gamma_{\text{Б}} = \frac{12}{12} = 1 \quad \gamma_{\text{М}} = \frac{13}{13} = 1 \quad \gamma_{\text{сф}} = \frac{16}{16} = 1$$

Для парку ПВ2 матимемо:

$$\gamma_A = \frac{18}{23} = 0,783, \quad \gamma_H = \frac{14}{18} = 0,778, \quad \gamma_B = \frac{0}{12} = 0, \quad \gamma_M = \frac{0}{13} = 0, \quad \gamma_{\text{сф}} = \frac{0}{16} = 0.$$

Для розрахунку кількості колій в парку ПВ1 отримані значення підставляємо в формулу (3.1):

$$m_{\text{ПВ1}} = \frac{52,1}{29,45} \cdot 0,217 + \frac{52,1}{52,4} \cdot 0,222 + \frac{52,1}{37,3} \cdot 1 + \frac{52,1}{46,9} \cdot 1 + \frac{52,1}{99,38} \cdot 1 = 3,6 \text{ кол}$$

Потрібно мати в ПВ1 $m_{\text{ПВ1}} = 4$ колії, а є 5 колій.

$$m_{\text{ПВ1}} = \frac{63,2}{29,45} \cdot 0,783 + \frac{63,2}{52,4} \cdot 0,778 + \frac{63,2}{37,3} \cdot 0 + \frac{63,2}{46,9} \cdot 0 + \frac{63,2}{99,38} \cdot 0 = 3,1 \text{ кол}$$

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

Таким чином, в парку ПВ1 кількість колій достатня (навіть є резерв для подальшого зростання обсягів руху), а для приймання транзитних поїздів із А та К необхідно побудувати парк ПВ2 за поздовжньою схемою із 4-х приймально-відправних колій.

6.2 Постановка задачі дослідження варіантів примикання нової лінії із К

У зв'язку з примиканням лінії із К до станції Н виникає необхідність перетинання деякими маршрутами двоколіїної лінії Н-А, у зв'язку з чим постає проблема вибору обґрунтованої схеми розв'язки цих ліній.

Тип і схема розв'язки ліній на підходах до станції встановлюються залежно від місцевих умов і розмірів руху на прилеглих лініях. Розв'язки можуть проектуватися як в одному рівні, так і в різних, тобто за допомогою колієпроводів.

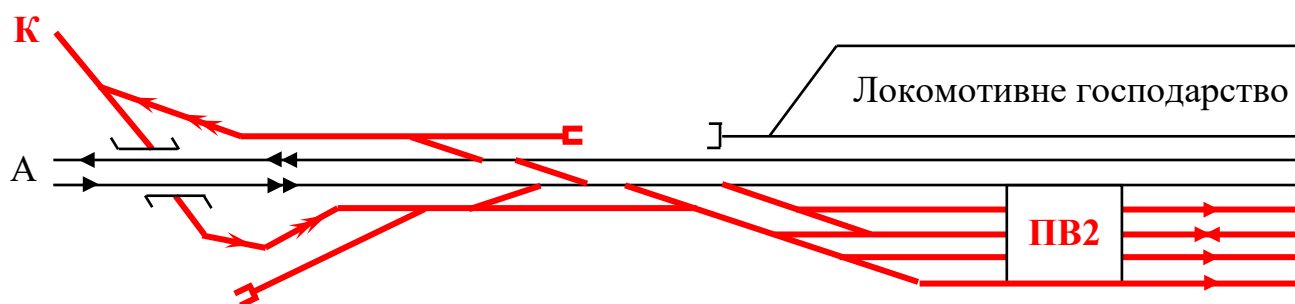
Так, колієпроводні розв'язки можуть проектуватися:

- для ліквідації перетинів в одному рівні, пропускна спроможність яких недостатня для пропуску заданих розмірів руху поїздів;
- з міркувань економічної доцільності, коли пропускна спроможність перетинів ще не вичерпана, але експлуатаційні витрати на утримання постійних пристроїв і обслуговуючого пункту перетину штату, а також витрати, що викликаються затримками поїздів у точках перетину маршрутів, настільки великі, що стає вигіднішим влаштування колієпроводної розв'язки;
- з міркувань безпеки руху поїздів і для забезпечення повної взаємозалежності руху по кожній з ліній, що перетинаються.

Вибір схеми розв'язки ліній на підходах до станції Н проводимо на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням розмірів і напрямку руху поїздів.

У даному проекті розглянемо два варіанти розв'язок підходів Н-К та Н-Б, які розрізняються конструктивно і технологічно: у першому варіанті розв'язка запроектована за допомогою шляхопроводу (дивись рисунок 6.3, а), у другому варіанті – в одному рівні (дивись рисунок 6.3, б).

а) Варіант розв'язки I:



б) Варіант розв'язки II:

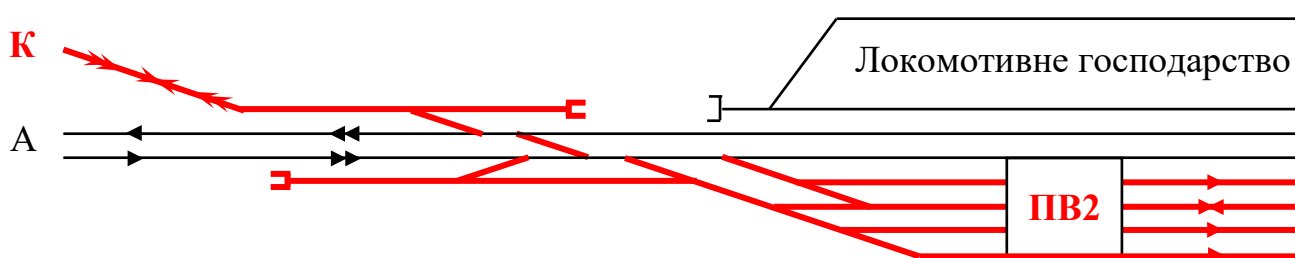


Рисунок 6.3 – Варіанти розв'язок ліній Н-Б та Н-К

Варіанти розв'язок також відрізняються порядком введення лінії із К на станцію в парк ПВ2 і деякими, викликаними цим, змінами конструкції горловини.

6.3 Техніко-економічне порівняння і вибір раціонального варіанту розв'язки підходів залізничних ліній до станції Н

При виборі варіантів рішення технічних задач визначаємо порівняльну економічну ефективність двох варіантів, що показує наскільки один варіант ефективніший за інше. Для варіантів з одноетапними капіталовкладеннями і постійними в часі експлуатаційними витратами порівняльну економічну ефективність визначаємо по модифікованим витратам, що обчислюється для кожного варіанту за формулою [57]:

$$МПВ_{при} = K_i + (1 - \gamma) \frac{C_i}{E}, \quad (6.1)$$

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*.

При визначенні будівельних і експлуатаційних витрат по порівнюваних варіантах розв'язок враховуємо всі існуючі відмінності.

Будівельні витрати включають:

1. Витрати на роботи з підготовки території будівництва.
2. Витрати на земляні роботи (спорудження земляного полотна та верхньої будови споруджуваних колій, а також спорудження водовідведення).
3. Витрати на спорудження штучних споруд.
4. Витрати на спорудження шляхопроводів.
5. Витрати на спорудження стрілочних переводів, пристроїв зв'язку та СЦБ, та ряд інших.

Експлуатаційні витрати враховують:

1. Затримки рухомого складу на перетинах (злитті) маршрутів.
2. Пробіги вантажних і пасажирських поїздів.
3. Утримання постійних пристроїв, по яких є відмінності.

6.3.1 Витрати на роботи з підготовки території будівництва

У витрати по підготовці території будівництва входять: відшкодування збитків займаних орних земель; витрати на очищення території від лісу і пнів; знос будівель і споруд, перевлаштування всякого роду інженерних комунікацій, споруду тимчасових споруд, доріг та мостів.

Площа займаних земель визначається для насипів і виїмок множенням ширини смуги відведення земель на довжину масиву. Ширина смуги відведення земель для одноколійної лінії залежно від середньої робочої відмітки на масиві приведена [57 ч. I табл.1].

Розрахунки за визначенням площі земель приведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Визначення площі земель та обсягів земляних робіт

Діл	L, км	Кіл-ть гол. колій	h _p , м	Обсяг земляних робіт на 1 км, тис. м ³				Ширина полоси відводу, км	S, км ²
				Основна частина	Попр.	Всього на 1 км	На діл.		
I варіант									
а-б	0,900	1	4,2	56,8	-	56,8	51,12	0,0316	0,028
б-в	0,168	1	8,06	155,73	-	155,73	26,16	0,0432	0,007
в-г	1,150	1	4,36	60,08	-	60,08	69,09	0,0321	0,037
г-д	1,570	1	0,5	4,6	-	4,6	7,22	0,0205	0,032
д-е	1,630	1	0,5	4,6	-	4,6	7,5	0,0205	0,033
е-ж	1,370	1	0,5	4,6	-	4,6	6,3	0,0205	0,028
Σ	6,788						167,39		0,165
I варіант та II варіант									
д-е	1,630	1	0,5	4,6	-	4,6	7,5	0,0205	0,033
е-ж	1,370	1	0,5	4,6	-	4,6	6,3	0,0205	0,028
Σ	3,000						13,8		0,061

6.3.2. Витрати на земляні роботи

Об'єм робіт по головній колії залежить від ширини основного майданчика земляного полотна і середньої робочої відмітки окремих масивів насипів і виїмок. Об'єм земляних робіт для кожного масиву визначається як множення покілометрового об'єму робіт при даній середній робочій відмітці і ширині основного майданчика земляного полотна впродовж ділянки.

Об'єм земляних робіт і площу займаних земель визначаємо за планом і подовжнім профілем залізничних ліній на підході до залізничного вузла. Розрахунки за визначенням об'ємів земляних робіт приведені в табл. 6.4.

Обсяги робіт за варіантами становлять: по першому варіанту – 167,39 тис. м³, по другому варіанту – 13,8 тис. м³. Площа займаних земель становить: по першому варіанту – 0,165 км², по другому варіанту – 0,061 км². Експлуатаційна довжина: по першому варіанту – 6,788 км, по другому варіанту – 3,0 км.

Обсяг робіт на 1 кілометр становить:

$$A_{\text{зп}}^I = \frac{167,39}{6,788} = 24,7 \text{ тис. м}^3 / \text{км}, \quad A_{\text{зп}}^{II} = \frac{13,8}{3,0} = 4,6 \text{ тис. м}^3 / \text{км}.$$

Одинична вартість $C_{\text{зп}}$ [57, ч. I, табл. 5] становить:

$$C_{зп} = 95 \text{ тис. грн}$$

Загальні витрати на зведення земляного полотна:

$$K_{зп} = C_{зп} \cdot V_{зп}, \quad (6.3)$$

Отримаємо

$$K_{зп}^I = 167,39 \cdot 95 = 15902,05 \text{ тис. грн};$$

$$K_{зп}^{II} = 13,8 \cdot 95 = 1311,00 \text{ тис. грн.}$$

6.3.3. Витрати на спорудження штучних споруд

Вартість будівництва малих і середніх штучних споруд на перегонах зважаючи на складнощі, пов'язані з визначенням необхідної кількості цих споруд і їх технічних параметрів, детально не визначаємо. Вартість таких робіт $K_{шс}$ встановимо по її співвідношенню з вартістю зведення земляного полотна $K_{зп}$:

$$K_{шс} = \eta \cdot K_{зп}, \quad (6.3)$$

де η - відношення питомої ваги вартості штучних споруд до питомої ваги вартості земляних робіт.

Коефіцієнт η знаходимо по графіку [57, ч. I, мал. 2] залежно від середнього об'єму земляних робіт по зведенню одного кілометра полотна перегонів і роду тяги. Вони будуть рівними:

$$\eta^I = 0,352, \quad \eta^{II} = 0,420.$$

Тоді матимемо:

$$K_{шс}^I = 0,352 \cdot 15902,05 = 5597,522 \text{ тис. грн.}$$

$$K_{шс}^{II} = 0,420 \cdot 1311 = 550,62 \text{ тис. грн.}$$

6.3.4. Витрати на спорудження шляхопроводів

Вартість шляхопроводу визначається його довжиною і одиничною вартістю 1 погонного метра шляхопроводу. Довжина шляхопроводу залежить від кількості залізничних колій, розташованих на нижньому горизонті шляхопроводу (мал. 6.3) і визначається за формулою:

$$L_{п} = l_{пр} + 2 \cdot l_{ус} \quad (6.4)$$

де l_{Π} – повна довжина шляхопроводу;

l_{np} – довжина прольоту шляхопроводу;

l_{yc} – довжина устою шляхопроводу.

Довжина прольоту шляхопроводу визначається за виразом:

$$l_{np} = \frac{\sum l + 2 \cdot a}{\sin \beta}, \text{ м} \quad (6.5)$$

де $\sum l$ – сума відстаней між осями колій, укладених в нижньому горизонті шляхопроводу;

a – габаритна відстань наближення будівель, $a=3,1$ м;

β – кут між пересічними залізничними коліями $\beta=60^\circ$.

$$l_{np} = \frac{2 \cdot 3,1}{\sin 60} = 7,16 \text{ м}$$

Довжина устоїв залежить від висоти насипу і крутизни укосів устоїв шляхопроводу і визначається за формулою:

$$l_{yc} = m \cdot H, \text{ м} \quad (6.6)$$

де H – висота насипу у шляхопроводі $H=7,50$ м;

m – основа укосів устоїв шляхопроводу, $m=1,25$.

$$l_{yc} = 7,5 \cdot 1,25 = 9,38 \text{ м}$$

$$L = 7,16 + 2 \cdot 9,38 = 25,92 \text{ м}$$

Вартість шляхопроводу визначаємо за формулою:

$$K_n = C_n \cdot L_n [1 + (n - 1) \cdot \alpha] \quad (6.7)$$

де C_{Π} – одинична вартість одного погонного метра довжини одноколійного шляхопроводу, *тис. грн.*;

n – кількість колій, укладених по верху шляхопроводу $n=1$;

α – частка вартості шляхопроводу на укладання кожної додаткової колії, що йде по верху шляхопроводу, окрім першої колії $\alpha = 0,9$.

Підставивши дані із [56] та дані із плану розв'язки, отримаємо

$$K_{\Pi} = 96 \cdot 25,92 [1 + (1 - 1) \cdot 0,9] = 2488,32 \text{ тис.грн.}$$

Розрахунок загальних будівельних витрат за варіантами проектних рішень зводимо в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5. – Загальна будівельна вартість порівнюваних варіантів.

№	Пристрої та споруди	Вимірник	Одинич. вартість, тис. грн.	I варіант		II варіант	
				Об'єм робіт	Вартість, тис. грн.	Об'єм робіт	Вартість, тис. грн.
1	Вартість займаних земель	км ²	5300	0,165	874,5	0,061	323,3
2	Земляні роботи	тис. м ³	95	167,39	15902,05	13,8	1311
3	Малі штучні споруди		0,352 / 0,420	-	5597,522	-	550,62
4	Шляхопровід	м	96	25,92	2488,32	-	-
5	Тимчасові споруди	км	90	6,788	610,92	3,0	270
6	Верхня будова колії	км	2000	6,788	13576	3,0	6000
7	Пристрої СЦБ та зв'язку	1 кол	136	6,788	923,168	3,0	408
Всього					39972,48	-	8862,92

6.3.5 Експлуатаційні витрати, пов'язані із затримками рухомого складу

У порівнюваних варіантах розв'язок (див. рис. 6.3) умови пропуску потоків поїздів відрізняються. Тому всі маршрути проходження поїздів по варіантах заносимо в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6. Взаємна залежність маршрутів по варіантам

№ п/п	Найменування маршруту	№ варіанту									
		I варіант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Приєм пасажирських поїздів із А		3	-	П	П	3	П	П	П	П
2	Приєм пасажирських поїздів із К	3		П	-	3	П	П	П	П	П
3	Приєм вантажн. транз. поїздів із А	-	X		3	П	X	П	П	П	П
4	Приєм вантажн. транз. поїздів із К	X	-	3		X	П	П	П	П	П
5	Приєм вантажн. поїздів в розф. із А	-	3	-	X		3	П	П	П	П
6	Приєм вантажн. поїздів в розф. із К	3	-	X	-	3		П	П	П	П
7	Відпр. пасажирських поїздів на А	П	X	П	X	П	X		П	П	П
8	Відпр. пасажирських поїздів на К	П	-	П	-	П	-	-		-	-
9	Відпр. вантажних поїздів на А	П	X	П	X	П	X	-	-		-
10	Відпр. вантажних поїздів на К	П	-	П	-	П	-	-	-	-	
		II варіант									

В таблиці 6.6 прийняті наступні умовні позначення:

П – паралельні маршрути; З – злиття маршрутів;

Х – перетин маршрутів; - – ворожі (неможливі) маршрути.

Для скорочення техніко-економічних розрахунків виявлених перетинів і злиття потоків по варіантах визначимо і виключимо з порівняння ті перетини і злиття потоків, які у варіантах не відрізняються.

У розрахунках вірогідних затримок поїздів і пов'язаних з ними витрат врахуємо наступне:

- перетини і злиття потоків пасажирських поїздів між собою затримок не створюють, оскільки при складанні графіка руху (який, звичайно, для пасажирського руху суворо виконується) пропуск поїздів через пересічення відповідним чином розмежовується в часі;

- перевага в пропуску віддається поїздам пріоритетнішого потоку. При перетині потоків пасажирських і вантажних поїздів перевагу мають пасажирські поїзди. За наявності потоків однієї категорії перевага віддається потоку, що приймається на станцію (затримується потік поїздів, що відправляються);

- затримки поїздів, що відправляються зі станції, де вони мали обов'язкову зупинку, не слід змішувати із затримками на перегонах або роздільних пунктах, де технологічна стоянка поїздів не передбачається. У першому випадку витрати на розгін і гальмування в розрахунок не вводяться, оскільки вони все одно матимуть місце незалежно від наявності або відсутності додаткової затримки поїздів.

До витрат, пов'язаних із затримками, відносяться наступні:

1. По простою поїздів:

$$\mathcal{E}_n = \frac{365}{60} \cdot \sum T_z \cdot C_n \cdot 10^{-3}, \quad (6.8)$$

де E_n – витрати на простій поїздів;

$\sum T_z$ – сумарна вірогідна тривалість затримок протягом доби;

C_n – укрупнена норма витрат на 1 поїздо-год.

2. По розгону і гальмуванню поїздів:

$$\mathcal{E}_{pt} = 365 \cdot \sum K \cdot (C_p + C_r) \cdot 10^{-3}, \quad (6.9)$$

де $\mathcal{E}_{\text{рт}}$ – витрати по розгону і гальмуванню поїздів, грн;
 $\sum K$ – вірогідна кількість затримок поїздів протягом доби;
 C_p – норма витрат на один розгін, грн;
 C_m – норма витрат на одне гальмування, грн.

Загальні витрати по затримках поїздів складуть:

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{E}_{\text{п}} + \mathcal{E}_{\text{рт}} \quad (6.11)$$

Для кожної пари пересічних потоків вірогідна тривалість затримок T_3 є множення вірогідного числа затримок (K) на середню тривалість затримки (τ) однієї пари поїздів:

$$T_3 = K \cdot \tau \quad (6.12)$$

Співмножники правої частини визначаються за формулами:

– кількість затримок K :

$$K = \frac{N_1 \cdot N_2 \cdot (t_1 + t_2)}{1440} \quad (6.13)$$

– середнє значення затримок при рівномірних τ_p та нерівномірних $\tau_{\text{н}}$ маршрутах:

$$\tau_p = \frac{t_1^2 + t_2^2}{2 \cdot (t_1 + t_2)}, \quad \tau_{\text{н}} = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (6.8)$$

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

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

$\tau_p, \tau_{\text{н}}$ – середнє значення затримок відповідно для рівноправних і нерівноправних маршрутів.

Час заняття маршруту перетину одним поїздом приймається 5 хв для вантажних поїздів та 7 хв для пасажирських.

Розрахунки за визначенням кількості і часу затримок поїздів по варіантах зводимо в таблицю 6.7.

Таблиця 6.7 – Розрахунок кількості та тривалості затримок в горловині.

№	Маршрути		н/р ¹⁾	N ₁	N ₂	t ₁	t ₂	K ₃	τ ₃	T ₃
	I	II								
II варіант										
1	Приєм тр. із А	Приєм пас із К	н	18	6	5	7	0,90	6	5,4
2	Приєм тр. із К	Приєм пас із А	н	8	10	5	7	0,67	6	4
3	Відпр. пас. на А	Приєм пас із К	Регулюється ГРП							
4	Відпр. пас. на А	Приєм тр. із К	н	10	8	7	5	0,67	6	4
5	Відпр. пас. на А	Приєм в розф. із К	н	10	4	7	5	0,33	6	2
6	Відпр. вант. на А	Приєм пас із К	н	20	6	5	7	1	6	6
7	Відпр. вант. на А	Приєм тр. із К	н	20	8	5	5	1,11	6	5,55
8	Відпр. вант. на А	Приєм в розф. із К	н	20	4	5	5	0,56	6	2,78
Всього								5,24		29,77

Примітки: ¹⁾ н – нерівноправний маршрут, р – рівноправний маршрут.

Для виконання вказаного розрахунку згідно додатку А.4 приймемо наступні витратні ставки для локомотиву ВЛ-80К і $Q_{бр}=4900$ т: $C_{п} = 744,48$ грн, $C_{р} = 116,50$ грн та $C_{т} = 37,2$ грн. Тоді отримуємо наступні витрати:

$$\mathcal{E}_{п} = \frac{365}{60} \cdot 29,77 \cdot 744,48 \cdot 10^{-3} = 134,83 \text{ тис. грн.},$$

$$\mathcal{E}_{р} = 365 \cdot 5,24 \cdot (116,5 + 37,2) \cdot 10^{-3} = 293,967 \text{ тис. грн.},$$

$$\mathcal{E}_{3} = 134,83 + 293,967 = 428,797 \text{ тис. грн.}$$

6.3.6 Експлуатаційні витрати, пов'язані з пробігом поїздів

У системі групових норм витрати по пробігу поїздів визначаємо залежно від середньої швидкості його руху на окремих ділянках, а для ділянок, де швидкість руху визначається максимально допустимою її величиною, – залежно від крутизни ухилів.

Витрати по пробігу одним поїздом маршруту завдовжки L км визначаються за формулою:

$$\mathcal{E}_{\text{дв}} = \sum C_{\text{нкм}(i)} \cdot l_i + \sum C_{\text{нкм}(вср)} \cdot l_{\text{вср}}, \quad (6.9)$$

де $C_{\text{нкм}(вср)}$ – норма витрат на 1 поїздо-км;

$C_{\text{нкм}(i)}$ - норма витрат на 1 поїздо-км для кожного елемента профілю;

$l_{(вср)}, l_i$ – довжини відповідних елементів, км.

Розрахунок витрат, пов'язаних з пробігом вантажних поїздів, зводимо в таблицю 6.8, а пасажирських поїздів – у таблицю 6.9.

Витрати за рік складуть:

$$\mathcal{E}_{\text{п}}^I = 365 \cdot (12827,02 + 1452,738) \cdot 10^{-3} = 5212,111 \text{ тис. грн}$$

$$\mathcal{E}_{\text{п}}^{II} = 365 \cdot (9489,288 + 1190,604) \cdot 10^{-3} = 3898,161 \text{ тис. грн}$$

6.3.7. Експлуатаційні витрати на утримання постійних пристроїв

Витрати на утримання постійних пристроїв визначимо в таблиці 6.10 використовуючи дані Додатку А, таблиці А.8.

Таблиця 6.8 – Витрати по пробігу вантажних поїздів масою $Q_{\text{бр}}=4900 \text{ т}$

Діл	Ухил, i	Вартість 1 поїздо-км пробігу	Довжина ділянки L , км	Вартість пробігу 1 поїзду на ділянці	N	Витрати на пробіг, грн
Варіант I						
а-б	6,6	287,0	0,900	258,3	12	3099,6
б-в	0	131,0	0,168	22,008	12	264,096
в-г	-7,6	115,5	1,150	132,825	12	1593,9
г-д	1,3	154,5	1,570	242,565	12	2910,78
д-е	0,2	135,0	1,630	220,05	12	2640,6
е-ж	0,4	141,0	1,370	193,17	12	2318,04
Всього						12827,02
Варіант II						
ж-е	-0,4	122,7	1,370	168,099	12	2017,188
е-д	-0,2	128,5	1,630	209,455	12	2513,46
д-е	0,2	135,0	1,630	220,05	12	2640,6
е-ж	0,4	141,0	1,370	193,17	12	2318,04
Всього						9489,288

Таблиця 6.9 – Витрати по пробігу пасажирських поїздів

Діл	Ухил, <i>i</i>	Вартість 1 поїздо-км пробігу	Довжина ділянки <i>L</i> , <i>км</i>	Вартість пробігу 1 поїзду на ділянці	<i>N</i>	Витрати на пробіг, <i>грн</i>
Варіант I						
а-б	6,6	50,4	0,900	45,36	6	272,16
б-в	0	31,2	0,168	5,242	6	31,452
в-г	-7,6	26,7	1,150	30,705	6	184,23
г-д	1,3	33,9	1,570	53,223	6	319,338
д-е	0,2	31,8	1,630	51,834	6	311,004
е-ж	0,4	40,7	1,370	55,759	6	334,554
Всього						1452,738
Варіант II						
ж-е	-0,4	29,9	1,370	40,963	6	245,778
е-д	-0,2	30,6	1,630	49,878	6	299,268
д-е	0,2	31,8	1,630	51,834	6	311,004
е-ж	0,4	40,7	1,370	55,759	6	334,554
Всього						1190,604

Таблиця 6.10 – Витрати на утримання постійних пристроїв

№ п/п	Пристрої та споруди	Вимі- рник	Норма	I варіант		II варіант	
				Обсяг	Вартість, <i>тис. грн</i>	Обсяг	Вартість, <i>тис. грн</i>
1	Утримання колій	1 <i>км</i>	696	6,788	4724,448	3,00	2088
2	Сніго- та водовідвід	1 <i>км</i>	188	6,788	1276,144	3,00	564
3	Малі штучні споруди	-	288	6,788	1954,944	3,00	864
4	Шляхопрово- ди	1 <i>м</i>	3,6	25,92	93,312	-	-
5	Пристрої СЦБ та зв'язку	1 <i>км</i>	158	6,788	1072,504	3,00	474
6	Контактна мережа	1 <i>км</i>	120	6,788	814,56	3,00	360
Всього					9935,912		4350

6.3.8. Визначення модифікованих витрат за варіантами

Сума річних експлуатаційних витрат за варіантами становить:

$$C_I = 5212,111 + 9935,912 = 15148,023 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{II} = 3898,161 + 4350 + 428,797 = 8676,958 \text{ тис. грн.}$$

Згідно [57] прийнято $\gamma=0,25$ та $E=0,12$. Тоді модифіковані річні приведені витрати за варіантами становитимуть:

$$МПВ_{пр1} = 39972,48 + (1 - 0,25) \frac{15148,023}{0,12} = 134647,624 \text{ тис.грн.},$$

$$МПВ_{пр2} = 8862,92 + (1 - 0,25) \frac{8676,958}{0,12} = 63093,908 \text{ тис.грн.}$$

Проведені розрахунки показують, що зважаючи на дорожнечу першого варіанту, розв'язку ліній Н-А та Н-К вигідніше будувати за другим варіантом.

7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗБУДОВИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ

7.1 Визначення об'єктів реконструкції

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

У зв'язку з примиканням нової електрифікованої лінії із К до станції Н в попередніх розділах була виконана перевірка на відповідність існуючого колійного розвитку новим обставинам. В результаті перевірки було встановлено необхідність спорудження нового парку ПВ2, де обслуговуватимуться парні поїзди з локомотивами змінного струму ВЛ80К.

Аналіз варіантів конструкції горловин нового парку дозволив визначити один 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.

Техніко-економічне обґрунтування варіанту розбудови дільничної станції (спорудження нового парку) виконується з використанням даних, отриманих при проектуванні масштабного плану двох розглянутих у попередньому розділі варіантів.

Розрахунки, що були виконані у розділі 4, 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 рисунку 6.2 розділу 6, виконаємо перелік можливих операцій в

кожній із його горловин.

Парна горловина ПВ2:

- прийом вантажних транзитних поїздів із А та К;
- виконання операцій по вилучення групи вагонів із складу парного транзитного поїзда (інколи).

З врахуванням цього, досить обмеженого переліку операцій, розробимо конструкцію парної горловини нового парку ПВ2 (дивись рисунок 7.1):

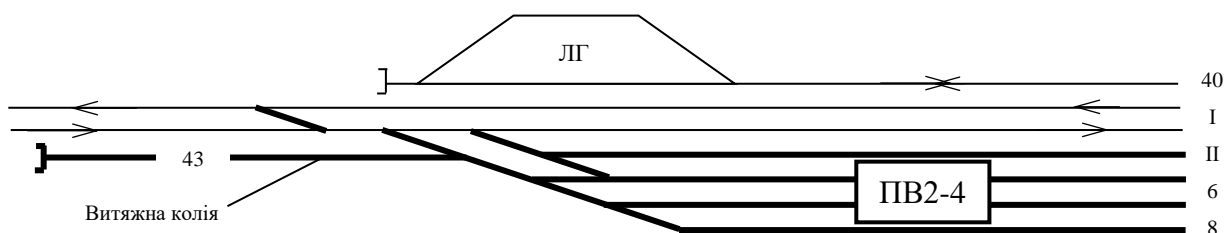


Рисунок 7.1 – Схема парної горловини нового парку ПВ2

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 та М;
- пропуск локомотивів з колій парку в тупик і далі в ЛГ;
- пропуск локомотивів з ЛГ або з колій парку ПВ1 на колії парку ПВ2.

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

Схема 1-го варіанту конструкції непарної горловини парку ПВ2 вказана на рисунку 7.2:

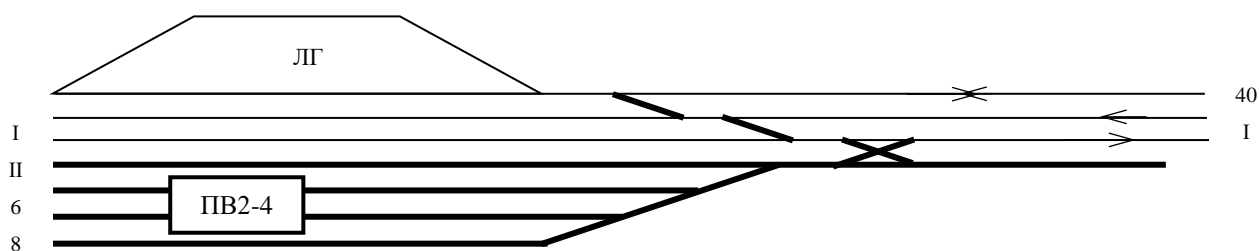


Рисунок 7.2 – Схема 1-го варіанту конструкції непарної горловини ПВ2

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 № 6, а інші колії будуть мати більшу довжину.

Схема 2-го варіанту конструкції непарної горловини парку ПВ2 вказана на рисунку 7.3:

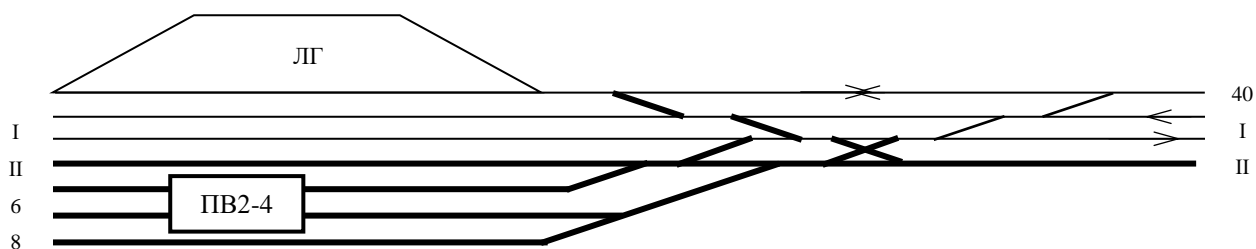


Рисунок 7.3 – Схема 2-го варіанту конструкції непарної горловини ПВ2

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 № 6 та № 10; інші колії будуть мати більшу довжину, проте сукупна довжина приймально-відправних колій за цим варіантом буде менше ніж за першим варіантом.

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

Виконавши масштабне проектування отриманих варіантів парку ПВ2 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.

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

Таблиця 7.1 – Зведена характеристика за варіантами удосконалення конструкції

Вар.	Демонтаж				Спорудження				
	СП1/9	СП1/11	Колії	Тупикова призма	СП1/9	СП1/11	Колії	Тупикова призма	КМ
Один.	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:

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

де $K_{\text{дем.вбк}}^i$ – 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 5) однакова та складає $L_{\text{дем}} = 0,605$ км.

Приймемо $C_{\text{дем.вбк}} = 1000$ тис. грн з таблиці А.9 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.

Приймемо $C_{\text{вбк}} = 2000$ тис. грн з таблиці А.9 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.9 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 проектується 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.9 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:

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

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:

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

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

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:

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

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

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:

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

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

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

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

Отже, експлуатаційні витрати на простій поїздів складають

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

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

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

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

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

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 [57] прийнято $\gamma=0,25$.

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

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

Менші модифіковані приведені витрати на розбудову станції Н у зв'язку з примиканням до неї підходу із К спостерігаються за другим варіантом (78859,238 тис. грн), а тому саме цей варіант 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 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ДІЛЬНИЧНОЇ СТАНЦІЇ Н

Після спорудження на станції Н другого приймально-відправного парку (ПВ2) відбулись суттєві зміни в її роботі, в зв'язку з чим в даному розділі буде описана удосконалена технологія роботи існуючої станції Н, яка враховуватиме наявність вказаного парку ПВ2.

8.1 Технологія роботи з транзитними поїздами

З напрямків А та К транзитні поїзди приймаються в новий парк ПВ2, а з напрямків Б та М – в парк ПВ1 для технічного огляду, зміни поїзного локомотива або локомотивних бригад.

До прибуття транзитного поїзда ДСП одержує від поїзного диспетчера інформацію про номер, індекс поїзда, очікуваний час прибуття, а також інші особливі умови подальшого проходження.

ДСП по двосторонньому парковому зв'язку повідомляє працівників станції Н про приймання і подальші дії з поїздом, що надходить на станцію.

За фактом прибуття поїзда на станцію оператор технічної контори вводить відповідне повідомлення АСК ВП УЗ. Якщо поїзд слідує із зміною локомотива, локомотивної бригади то склад закріплюється. Якщо склад поїзда вимагає обробки то порядок огородження і закріплення складу аналогічний огородженню і закріпленню щодо поїздів, які прибули в розформовування.

В цьому випадку обробка транзитного поїзда складається з наступних операцій:

- технічного обслуговування і безвідчіпного ремонту;
- зміни локомотивів або локомотивних бригад;
- перевірки документів операторами технічної контори;
- опробування гальм у разі зміни локомотива або локомотивної бригади;

Технічний огляд поїздів виконується бригадою, пункту технічного огляду (ПТО). В обов'язки бригади ПТО по прибуттю поїзда входить: зовнішній огляд цілі-

сності кузова вагона, перевірка наявності та справності запірних засобів на дверях та лючних навантажувальних і вивантажувальних засобах.

При огляді в першу чергу звіряються фактичні номери вагонів прибулого составу з натурним листом на поїзд по прибуттю. Отримавши від машиніста поїзда пакет перевізних документів, агенти контори передач перевіряють наявність документів, їх укомплектованість згідно переліку, вказаного у документі СМГС в графі № 23. Після чого, агенти контори передач передають документи працівникам митних органів і разом з ними перевіряють відповідність вантажу з вантажем вказаним у перевізних документах, також перевіряють наявність, цілісність та правильність пломбування.

При виявленні розбіжностей даних про склад поїзда з ТГНЛ, а також у разі змін у складі поїзда, оператор технічної контори зобов'язаний ввести в ЕОМ повідомлення коректування 08 і одержує відкоректований натурний лист і довідку про склад поїзда.

Після відправлення транзитного поїзда із станції готується і вводиться в ЕОМ повідомлення 200 про факт відправлення поїзда. Підключення станції до системи АСК ВП УЗ забезпечує передачу інформації в СТЦ про всі події, які відбуваються з поїздом, про зміну складу транзитного поїзда і т.д.

Для кутових поїздів або поїздів із зміною локомотива слід провести опробування автогальм тривалістю 12 хв. Після цього оглядачі заповнюють довідку про гальма і вручають її машиністу локомотива. Тривалість виконання технічного огляду поїздів розрахована в розділі 3, тривалості виконання інших технологічних операцій прийняті згідно з [58].

Графік обробки транзитних поїздів зі зміною локомотива в ПВ1 наведений на рисунку 8.1., відповідно [58] з використанням даних розділу 4.

8.2 Технологія роботи з поїздами, що надходять у розформовування

Поїзди, які надійшли на станцію в переробку, приймаються на станційні колії парку ПВ1, на колії, що ближче до сортувального парку – № 13, 14, 15.

Після виходу поїзда з сусідньої станції ДСП сповіщає працівників технічної контори, ПТО і ПКО про номер, індекс поїзда, колію прийому і час його прибуття для підготовки до зустрічі поїзда працівників, які беруть участь в його обробці.

Найменування операцій	До прибуття поїзда	Після прибуття поїзда, хв						Виконавець
		0	10	20	30	40	50	
Одержання від поїзного диспетчера повідомлення про номер, час прибуття і призначення								Черговий по станції
Повідомлення працівників станції, ПТО, про номер, час прибуття та колію приймання поїзда								Черговий по станції
Вихід на колію приймання працівників, що беруть участь в обробці поїзда								Працівники ПТО, ДСПП
Закріплення рухомого складу, доповідь ДСП								ДСПО
Відчеплення поїзного локомотива								Локомотивна бригада
Прийом перевізних документів від локомотивної бригади								ДСПП
Технічний огляд состава, усунення комерційних несправностей та перевірка документів								Працівники ПТО, ПКО, СТЦ
Причеплення поїзного локомотива, проба автогальм, вручення пакета з перевізними документами, прибирання башмаків, доповідь ДСП								Локомотивна бригада, ДСПП
Загальна тривалість обробки поїзда								

Рисунок 8.1. Графік виконання технологічних операцій при обробці непарного транзитного поїзда зі зміною локомотива в ПВ1

Працівники, які беруть участь в обробці поїзда, завчасно виходять до колії прийому, щоб оглянути і знайти несправності.

Перевірка состава працівниками технічної контори з нанесенням крейдяної розмітки проводиться після прибуття поїзда на станцію.

При одночасному прибутті декількох поїздів ДСП повідомляє працівникам ПТО черговість їх обробки. Обробка составів, які надійшли в розформування складається з наступних операцій:

- технічного обслуговування складу і підготовки його до розформування;
- контрольної перевірки складу і наявності документів;
- комерційного огляду.

Після прибуття поїзд закріплюють гальмівними башмаками. Про закріплення складу сигналіст повідомляє безпосередньо ДСП. ДСП дає дозвіл локомотивній бригаді, провести відчеплення локомотива від складу і після фактичного відчеплення проводиться огороження составу.

Здійснивши огороження, оператор ПТО сповіщає про це по двосторонньому парковому зв'язку всіх працівників, які приступають до роботи по огляду і ремонту вагонів в складі. Технічне обслуговування вагонів здійснює в ПВ1 бригадою ПТО, яка складається з двох груп, а у ПВ2 – одна бригада, яка складається з однієї групи. Проводиться необхідний ремонт вагонів. Після його закінчення працівники ПТО доповідають оператору ПТО про закінчення робіт, після чого старший оглядач дає вказівку оператору ПТО про зняття огорожі на даній колії і повідомлення про це ДСП.

У разі виявлення вагонів, що вимагають відчіпного ремонту, оглядач повідомляє оператора ПТО номера вагонів, що вимагають відчіпного ремонту, для внесення змін в план розформування составу.

Состави оглядаються також бригадою комерційного огляду на наявність порушень в правильності навантаження і фактів розкрадання або доступу до вантажу.

Керуючись даними інформації про підхід поїздів, розміченими ТГНЛ на поїзди, які прибувають на станцію, наявністю вагонів на коліях сортувального парку по безперервному обліку і планом відправлення поїздів, ДСПГ встановлює черговість розформування составів з урахуванням якнайшвидшого накопичення вагонів і формування составів з метою зменшення простою під накопиченням. ДСПГ дає вка-

зівки причетним працівникам про послідовність розпуску, зміни в сортувальному листі, спеціалізацію сортувальних колій і т.д.

Процес розформовування поїздів через гірку включає наступні операції

- заїзд гірочного локомотиву під состав;
- витягування составу;
- насув составу на гірку;
- розпуск составу поїзда;
- осадження вагонів на коліях сортувального парку для ліквідації “вікон”,

що утворюються;

- закінчення формування на коліях сортувального парку.

Маневровою роботою по розформовуванню – формуванню поїздів в сортувальному парку керує ДСПГ, якому підлегли:

- оператор гальмівної позиції на спусковій частині сортувальної гірки;
- регулювальники швидкості руху вагонів;
- складачі сортувальної гірки;
- складачі маневрового району хвостової горловини сортувального парку.

ДСП готує маршрут заїзду маневрового локомотива під состав і маршрут насуву його на гірку по вказівці маневрового диспетчера. Черговий по гірці, у свою чергу, попереджає працівників ПВ1 про насув складу і дає команду машиністу гіркового локомотива. Перед безпосереднім початком розпуску черговий по гірці повинен переконатися в готовності всіх працівників, причетних до розпуску.

Розпуск составу веде черговий по гірці, керуючись сортувальним листком, отриманим з технічної контори.

Розчеплення відчепів ведеться на основі сортувального листка.

ДСПГ в процесі розпуску повинен контролювати ступінь заповнення колій сортувального парку, шляхи проходження відчепів. Також він повинен контролювати правильність відчеплення вагонів на горбу гірки по номерах вагонів, вказаних в сортувальному листку.

ДСПГ зобов'язаний готувати колії сортувального парку, щоб забезпечити мінімальний час на розпуск составів з гірки. Для цього періодично проводиться осаджування і підтягування вагонів. Осаджування або підтягування проводить маневровий локомотив по вказівці ДСПГ після закінчення розпуску составу.

Тривалість виконання технічного огляду поїздів розрахована в розділі 4, тривалості виконання інших технологічних операцій прийняті згідно з [58].

Графік обробки поїзда, що надійшов у розформування наведений на рисунку 8.2.

Найменування операцій	До прибуття поїзда	Після прибуття поїзда, хв						Виконавець
		0	10	20	30	40	50	
Сповіднення працівників СТЦ, ПКО, ПТО, сигналіста про час і колію прибуття поїзда								Черговий по станції
Контрольна перевірка состава у вхідній горловині								Оператор СТЦ
Доставка перевізних документів в СТЦ								Оператор СТЦ
Закріплення состава гальмовими башмаками і відчеплення поїзного локомотива, огороження состава								Сигналіст, локомот. бригада, оператор ПТО
Перевірка ТГНЛ, штемпелювання і перевірка перевізних документів								Оператор СТЦ
Технічне обслуговування состава, відпускання гальм								Працівники ПТО
Коригування сортувального листка								Оператор СТЦ
Комерційний огляд состава								Приймальник поїздів
Загальна тривалість обробки поїзда								

Рисунок 8.2. Графік виконання технологічних операцій при обробці поїзда, що надійшов у переробку

Графік роботи гірки по розформуванню составів побудований з використанням даних Додатку А.4 та наведений на рисунку 8.3.

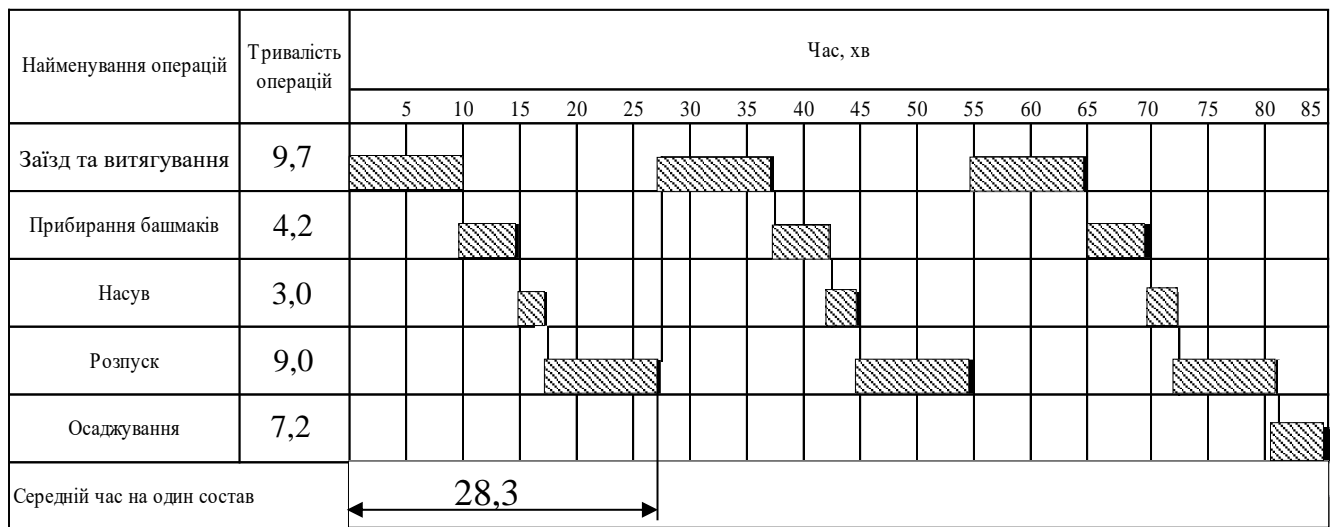


Рисунок 8.3 Графік роботи гірки по розформуванню составів

8.3 Технологія роботи з поїздами свого формування

По завершенню процесу закінчення формування составів та перестановки його на колії ПВ1 відбувається закріплення составів гальмівними башмаками, огороження під обробку і подальша обробка бригадами ПТО і ПКО.

З составом свого формування проводяться наступні операції:

- технічне обслуговування і поточний безвідчипний ремонт вагонів;
- комерційний огляд вагонів і усунення несправностей;
- видача локомотивній бригаді документів на поїзд і бланк діючих попереджень по колії проходження поїзда;
- причіпка локомотива і опробування автогальм по повній схемі;
- навішування хвостових сигналів.

Відправлений із станції Н поїзд повинен бути сформований відповідно до плану формування поїздів, і мати встановлені сигнали.

При технічному обслуговуванні составів перед відправленням виявляються технічні несправності, отримані в процесі розпуску і накопичення составу. Несправності, отримані в процесі навантаження або розвантаження вагонів, виявляються і усуваються відповідними працівниками на під'їзних коліях і місцях загального користування. Інформація про необхідність ремонту інших вагонів (призначенням на

під'їзні колії), передається ДСПГ оператором ПТО, проводиться закріплення вагонів, колія огорожується, і працівники ПТО приступають до ремонту.

Після закінчення технічного обслуговування составу про це сповіщається оператор ПТО, який доповідає ДСП про готовність составу. Оператор ПТО знімає огороження і на колію подається поїзний локомотив. Проводиться повне опробування автогальм.

Одночасно з цим ведеться обробка поїзда в документальному відношенні в технічній конторі.

Графік обробки поїзда свого формування наведений на рисунку 8.4 з використанням даних розділу 4.

Найменування операцій	До перестановки в парк відпр.	Після перестановки в парк відправлення, хв						Виконавці
		0	10	20	30	40	50	
Погодження колії перестановки								ДСЦ з ДСП поста ЕЦ
Перестановка составу у парк відправлення								Локомотивна бригада
Оформлення натурального листа і підбір документів								Оператор СТЦ
Контрольна перевірка состава з натури								Списувач поїздів
Закріплення составу гальмовими башмаками. Доповідь ДСП			5					Приймальник поїздів парка відправлення
Конвертування і пересилка документів у парк відправлення			10					Оператор СТЦ
Технічний огляд составу і усунення несправностей				27,25				Працівники ПТО
Комерційний огляд составу і усунення несправностей				27,25				Приймальник поїздів
Вручення документів машиністу локомотива						3		ДСПП
Причеплення поїзного локомотива, випробування автогальм, прибирання башмаків, доповідь ДСП							10	Локомотивна бригада, працівники ПТО, прийм. поїздів
Загальна тривалість обробки поїзда				45,25				

Рисунок 8.4 Графік виконання технологічних операцій при обробці поїзда свого формування

Паралельно з технічним обслуговуванням проводиться комерційний огляд складу шляхом одночасного проходу уздовж составу. Знайдені комерційні несправності повинні бути усунені до відправлення поїзда. По закінченню комерційного огляду і усунення несправностей старший прийомоздавальник повідомляє ДСП про готовність складу в комерційному відношенні.

ДСП може відправити поїзд після отримання підтвердження готовності в технічному і комерційному відношенні, а також за наявності документів на поїзд у локомотивної бригади, наявності хвостових сигналів. Можливість відправлення поїзда ДСП повинен погоджувати з поїзним диспетчером. Тривалість виконання технічного огляду поїздів розрахована в розділі 4, тривалості виконання інших технологічних операцій прийняті згідно з [58].

8.4 Пасажирська робота дільничної станції Н

Дільнична станція Н являється пунктом посадки та висадки пасажирів, обробки пасажирських і приміських поїздів. На станції можуть виконуватися такі операції:

- посадка та висадка пасажирів;
- обробка транзитних пасажирських поїздів зі зміною локомотива;
- обробка пасажирських та приміських поїздів зі зміною напрямку руху;
- відчеплення і причеплення груп або окремих вагонів до пасажирських поїздів та інших;
- навантаження - вивантаження багажу.

Пасажирські поїзди приймаються і відправляються із спеціалізованих колій, що призначені для цього ТРА станції відповідно до діючого графіка руху поїздів.

У процесі чергування поїзні диспетчери, даючи точну інформацію про підхід поїздів по 2-3 годинних періодах, вказують час прибуття на станцію пасажирських поїздів.

Перед прибуттям пасажирського поїзда, черговий по станції завчасно сповіщає про колію його приймання чергового по вокзалу, а про поїзди, що потребують обробки - оглядачів вагонів. Операції по обробці поїзда, що слідує через станцію, виконуються за час стоянки, яка передбачена розкладом.

Обробка транзитного пасажирського поїзда з відчепленням та причепленням груп, або окремих вагонів організується в такій послідовності:

- група вагонів, яка причіплюється, заздалегідь готується до відправлення і ставиться на одній із колій, що суміжна з колією приймання поїзда;

- посадка пасажирів у вагони (групи), що причіплюються, як правило здійснюється на колії відправлення;

- група вагонів, яка відчіпляється від поїзда, що прибув, виставляється маневровим локомотивом на одну з колій, яка розташована поблизу колії приймання;

У такій же послідовності здійснюються операції під час перечеплення груп, або окремих вагонів безпересадочного сполучення від одного поїзда до другого.

У випадках коли відчеплення вагонів проводиться з голови поїзда, відчеплення вагонів здійснює складач поїздів станції, і після чого вагони витягуються поїзним локомотивом в горловину станції та перечіпляються до маневрового локомотива, що очікує на колії суміжній з колією приймання поїзда.

При виконанні причеплення, або відчеплення вагонів в складах пасажирських поїздів, за вказівкою чергового по станції, оператор СТЦ вносить відповідні зміни в натурний лист бригадира поїзда.

8.5 Місцева робота дільничної станції Н

Місцева робота станції включає лише маневрову роботу з вагонами, що поступають під розвантаження, навантаження на підприємство ООО «Укртранскорп».

Маневрова робота з вагонами, що поступають під розвантаження або навантаження полягає в підбірці груп вагонів за вантажними фронтами.

Черговий по станції Н забезпечує своєчасну подачу місцевих вагонів на вантажні пункти, розстановку та прибирання вагонів з вантажних фронтів, що обслуговуються локомотивом станції.

Старший прийомоздавальник забезпечує:

- виконання змінного плану вантажної роботи;
- погодження плану роботи з начальником виробничої ділянки механізованої дистанції вантажно-розвантажувальних робіт;

- поточне планування, облік наявності вільних місць на складах та оперативний контроль за виконанням плану навантаження-розвантаження та сортування на місцях загального користування;

- оперативний облік вантажної роботи;
- підбиття підсумків виконання змінного плану по вантажній роботі.

Керівництво місцевою роботою черговий по станції та старший прийомоздавальник здійснюють на підставі плану роботи станції на зміну, який одержують від начальника станції, або заступника начальника станції.

Перед здачею зміни, старший прийомоздавальник складає наряд на виконання вантажної роботи для вступаючої зміни, погоджує його з начальником станції, або його заступником та передає його старшому прийомоздавальнику зміни, яка вступає для вручення черговому по станції і складачу поїздів.

Керівництво місцевою роботою ґрунтується на:

- веденні безперервного обліку наявності, розташування і стану місцевих вагонів на місцях загального користування;
- постійній інформації про підхід поїздів з вантажами, про хід виконання вантажних операцій та ін.;
- планування роботи по подачі вагонів на вантажні пункти, та прибирання вагонів з вантажних пунктів.

Під час вступу на чергування черговий по станції, ознайомлюється із змінним планом, інформацією про підхід місцевих вагонів, наявністю місцевих вагонів на коліях станції та вантажних пунктах. Проаналізувавши початкові фактори повідомляє виконавців про план вантажної роботи на 4-6 годинний період.

Подальше виконання вантажної роботи черговим по станції планується:

- на підставі інформації від старшого прийомоздавальника про терміни закінчення вантажних операцій на вантажних фронтах загального користування та під'їзних коліях;
- інформацію про підхід вагонів під розвантаження та порожніх вагонів під навантаження;
- даними безперервного обліку наявності, розташування і стану місцевих вагонів.

У процесі виконання вантажних операцій старші прийомоздавальники інформують чергового по станції про хід виконання вантажних операцій та про час їх закінчення, що передбачається, а після закінчення розвантаження, завантаження ваго-

нів повідомляють дані про вагони з вказівкою їх номера та розмітки за планом формування.

Після закінчення розвантаження старший прийомоздавальник, перед тим як дати інформацію про закінчення вантажних операцій, переконуються у відсутності остачі вантажу в вагонах та наявності габариту.

На підставі одержаної інформації про закінчення вантажних операцій черговий по станції дає вказівку про прибирання вагонів та повідомляє старшого прийомоздавальника про майбутній заїзд маневрового локомотива.

Старший прийомоздавальник здійснює комерційний огляд вагонів, що призначені під навантаження (як порожніх, так і звільнених після розвантаження) та пред'являє їх працівникам ПКТО до технічного огляду із записом в журналі форми ВУ-14 з вказівкою роду вантажу, що підлягає завантаженню.

8.6 Обробка документів в технічній конторі

Технічна контора забезпечує всі станційні процеси, інформацією про поїзди, вагони і вантажі, основою, якій служить натурний лист поїзда.

В технічній конторі виконуються операції, послідовність яких відповідає технології роботи станції.

В процесі прибуття поїзда на станцію Н в ЕОМ вводиться повідомлення 201 про прибуття поїзда, окрім цього, склад поїзда перевіряється з натури. Після прибуття проводиться обробка документів і видача сортувального листка.

Після розпуску составу ДСПГ вводиться повідомлення 203 про фактичне закінчення розпуску составу. У свою чергу після цього повідомлення ЕОМ видає накопичувальну відомість. Дані накопичувальної відомості підклеюються до листів накопичення на відповідні сортувальні колії.

Після пред'явлення до огляду сформованого составу оператор технічної контори проводить перевірку номерів вагонів в составі шляхом проходження вздовж составу. Оператор технічної контори здійснює перевірку заготовки натурального листа з даними накопичувальної відомості.

Після обробки повідомлення про правильність натурального листа на друк в технічній конторі видаються:

- натурний лист поїзда форми ДУ-1;
- довідка для заповнення маршруту машиніста;

- накопичувальна відомість залишкової групи вагонів на колії, з якого був виставлений состав.

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

Після відправлення поїзда оператор при ДСПП вводить повідомлення 200 про фактичне відправлення поїзда. Під час вступу цього повідомлення в ЕОМ інформація про даний поїзд переписується в архів і автоматично передається в СТЦ.

9 СКЛАДАННЯ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ РОБОТИ СТАНЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЇЇ ПОКАЗНИКІВ

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 N 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 станції N

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 N 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

На основі аналізу побудованого добового плану-графіку визначаються наступні показники роботи дільничної станції N [59]:

- 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 Н.

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 ПВ (згідно табл. 2.2 розділу 2).

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

$$t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{725}{1272} = 0,57 \text{ год}$$

Для парку ПВ2 простій транзитного вагону без переробки становить:

$$t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{786}{1378} = 0,57 \text{ год}$$

Простій транзитного вагону з переробкою визначаємо за формулою:

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

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

$t_{\text{роз}}$ - середній час розформування 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;

$t_{\text{відпр}}$ - 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:

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

Звідси маємо:

$$t_{\text{пр}} = \frac{745}{819} = 0,91 \text{ год}$$

Середній час, що приходить на розформування одного составу визначається за формулою:

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

Використовуючи дані Додатку А.4, отримаємо

$$t_{\text{роз}} = \frac{9,7 + 4,2 + 3,0 + 9,0 + 2,4}{60} = 0,47 \text{ год}$$

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

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

Звідси маємо:

$$t^{\text{нак}} = \frac{315226}{60 \cdot (819 + 226)} = 5,02 \text{ год}$$

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:

$$t^{\text{зф}} = \frac{12 \cdot 10 + 6 \cdot 50}{60 \cdot (12 + 6)} = 0,38 \text{ год}$$

Середній час на перестановку составів знаходимо з виразу:

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

$$t_{\text{пер}}^{\text{сп}} = \frac{10 \cdot (12 + 6)}{60 \cdot (12 + 6)} = 0,16 \text{ год.}$$

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

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

$$t_{\text{від}}^{\text{сп}} = \frac{730}{819} = 0,89 \text{ год}$$

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = 0,91 + 0,27 + 5,02 + 0,38 + 0,16 + 0,89 = 7,63 \text{ год.}$$

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:

$$t_{\text{тр}} = \frac{1272 \cdot 0,57 + 786 \cdot 0,57 + 819 \cdot 7,63}{1272 + 786 + 819} = 2,57 \text{ год}$$

Робочий парк транзитних вагонів визначається за формулою:

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

$$n_p = \frac{1272 \cdot 0,57 + 786 \cdot 0,57 + 819 \cdot 7,63}{24} = 309,25 \text{ вагонів}$$

Приймаємо $n_p = 310$ 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.

$$\Pi = 2650 + 819 = 3469 \text{ вагона}$$

$$B = 2650 + 819 = 3469 \text{ вагона}$$

$$V_0 = 3469 + 3469 = 6938 \text{ вагонів}$$

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:

$$K = \frac{530}{1 \cdot 1440} = 0,37$$

– для маневрового локомотива формування:

$$K = \frac{490}{1 \cdot 1440} = 0,34$$

Завантаження бригад ПТО:

- для бригади ПТО для ПВ1

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

- для бригади ПТО для ПВ2

$$K = \frac{642}{1 \cdot 1440} = 0,45$$

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

- простій транзитного вагону без переробки для ПВ1 $t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 0,57 \text{ год.}$ та для ПВ2 також $t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = 0,57 \text{ год.}$;
- простій транзитного вагону з переробкою $t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = 7,63 \text{ год.}$;
- середньозважена величина простою транзитного вагону $t_{\text{тр}} = 2,57 \text{ год.}$;
- робочий парк вагонів, який складає $n_{\text{р}} = 310 \text{ ваг.}$;
- добовий вагонообіг $B_0 = 6938 \text{ ваг.}$;

ВИСНОВКИ

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

В дипломній роботі було розраховано тривалість виконання основних операцій технологічного процесу та розроблені технологічні графіки обробки поїздів. 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 10 колій, що відповідає існуючій їх кількості в сортувальному парку, у зв'язку з чим необхідності виконати реконструкцію цього парку немає.

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 відчепів до розрахункової точки та розділення відчепів на розділювальних елементах.

В розділі деталі проекту було запропоновано варіанти розвитку станції Н, та вибрано найбільш прийнятний варіант. Також було досліджено варіанти примикання нового підходу до станції Н, з яких вибрано кращий варіант за економічними показниками, спорудження якого вимагатиме 9740,508 тис. грн.. приведених витрат. Даний варіант передбачає організацію такого примикання без влаштування шляхопроводу.

В економічному розділі було запропоновано ряд варіантів горловин парку ПВ2, на базі яких було запропоновано два варіанти конструкції даного парку, з яких згодом було вибрано варіант, модифіковані витрати на спорудження якого були мінімальними і склали 78859,238 тис. грн.

Для побудови добового плану-графіку в розділах 3 та 5 було виконано нормування технологічних операцій на станції Н, 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.

Можливість реалізації удосконалення було перевірено шляхом побудови добового плану-графіку та визначення показників роботи дільничної станції Н. Аналіз вказаних показників дозволяє виділити наступні: простій транзитного вагона без переробки склав 0,57 год в парку ПВ1, та 0,57 год в парку ПВ2. Для вагона з переробкою вказаний показник становить 7,63 год. Добовий вагонообіг становить 6938 вагонів, а коефіцієнти завантаження локомотивів та бригад ПТО не перевищують максимальне допустиме значення 0,85.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Концепція та програма реструктуризації на залізничному транспорті України [Текст]. – Київ: Міністерство транспорту, 1998. – 232 с.
2. Тарифне керівництво №4: Затв.: наказ Укрзалізниці НР 31-Ц від 19 січня 2001р. Режим доступу: http://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/transportation_in_ukraine/zmini_tarifnih_vidstaney/
3. Болотный В. Я. Переустройство железнодорожных станций : Справ.руководство по проектированию / В. Я. Болотный , М. К. Брехов. - М. : Транспорт, 1982. - 173 с.
4. Бобровский В. И. Формализованное представление и расчет планов путевого развития крупных железнодорожных станций / В. И. Бобровский, В. В. Малашкин // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Дніпропетровськ, 2010. — Вип. 31. — С. 226—231.
5. Проектирование железнодорожных станций и узлов / Справ. и метод. руководство / Под ред. Козлова А.М., Гусевой К.Г. - М.: Транспорт, 1981. - 592 с.
6. Савченко И.Е., Земблинов С.В., Страковский И.И. Железнодорожные станции и узлы. - М.: Транспорт, 1980. - 479 с.
7. Таль К.К., Пономарева Л.Ф. Методика расчета соединений путей на ЭВМ / Вопросы проектирования железных дорог: Сб. научн. тр. ЦНИИС. - Вып. 63. - М.: Транспорт, 1967. - с. 142 - 156.
8. Мирошниченко В.М. О машинном представлении схем крупных железнодорожных станций // Сб. Кибернетика и транспорт. - М.: Наука, 1968. - с. 178 - 206.
9. Расчеты соединения путей на ЭВМ / Методические указания по проектированию железнодорожных узлов и станций. - К.: Киевгипротранс, 1981. - 23 с.
10. Антонов К. В. Автоматизированные расчеты при проектировании планов парков путей на станции // Пути повышения производительности труда, сокращения сроков проектирования и строительства транспортных сооружений: Сб. научн. тр. - М.: ЦНИИС, 1986. - с. 133 - 135.

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

12. Б. дел Рио, Мирошниченко В.М. Определение на ЭЦВМ пропускной способности станций по горловинам // Сб. Кибернетика и транспорт. - М.: Наука, 1968. - с. 207 - 231.

13. Акулиничев В.М., Бодюл В.И., Голубев В.В. Проблемы автоматизации проектирования ж.д. станций и узлов // Вопросы проектирования и технология транспортных узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 674. - М.: МИИТ, 1980. - с. 3 - 9.

14. Акулиничев В.М. Алаев М.М. Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып.735. - М.: МИИТ, 1983. - с. 3 - 14.

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

16. Алаев М.М. Формализация элементов схем станций для расчетов на ЭВМ. // Проблемы наращивания мощности станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 765. - М.: МИИТ, 1985. - с. 58 - 59.

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

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

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

20. Чернов В.Н., Пивоваров В.С. Формализация схем железнодорожных станций для графического отображения на ЭВМ. // Вопросы совершенствования системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 214/54. - Ташкент: ТашИИТ, 1989. - с. 8 - 13.

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

22. Родимов Б.А., Павлов В.Е., Прокинова В.Д. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок. - М.: Транспорт, 1980. - 96 с.

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

24. Павлов В.Е. Элементы оптимального проектирования плана горловины автоматизированной сортировочной горки. // Железнодорожные системы автоматики и телемеханики с применением бесконтактных элементов: Сб. научн. тр. ЛИИЖТа. - Вып. 314. - Л.: Транспорт, 1971. - с. 148 - 155.

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

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

27. Томилина Г.С. Схемы горловин участковых станций с минимальными затратами на ремонт стрелочных переводов и подвижного состава // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Гомель: БелИИЖТ, 1987. - с. 74 - 78.

28. Томилина Г.С. Необходимые условия для автоматизации проектирования станций. // Вопросы совершенствования системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 214/54. - Ташкент: ТашИИТ, 1989. - с. 29 - 30.

29. Сүй Ю. А. Выбор конструкций горловин и их влияние на работу подсистемы формирования - отправления сортировочной станции: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.08 / МИИТ. - М., 1987. - 25 с.

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

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

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

33. Малашкін В. В. Підвищення ефективності функціонування залізничних станцій на основі реалізації раціональної черговості заходів по удосконаленню їх техніко-технологічних параметрів / Малашкін В. В. // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Дніпропетровськ, 2014. — Вип. 8. — С. 100—109. — doi: 10.15802/tstt2014/38097

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

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

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

37. Таль К.К. Об аналитической оценке пересечения маршрутов следования поездов в узлах // Вестник ВНИИЖТа. - 1970. - №1. - с. 49 - 51.

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

39. Развитие транспортных узлов. Том 2 / Под ред. Скалова К.Ю. М.: Транспорт, 1978. - 176 с.

40. Федотов Н.И. Исследование транспортных операций / Ч. 2. - Математическое моделирование транспортных систем. - Новосибирск: НИИЖТ, 1978. - 95 с.

41. Федотов Н.И. Шлюзовые развязки точек пересечения маршрутов // Оптимизация работы железнодорожных станций и узлов Урала и Сибири: Межвуз. сб. научн. тр. - Новосибирск: НИИЖТ, 1989. - с. 45 - 54.

42. Федотов Н.И. Шлюзовые станции // Оптимизация работы железнодорожных станций и узлов Урала и Сибири: Межвуз. сб. научн. тр. - Новосибирск: НИИЖТ, 1989. - с. 54 - 65.

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

44. Руководство по расчету станций методом моделирования на ЕС ЭВМ / М.: ЦНИИС, 1984. - 110 с.

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

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

47. Таль К.К. Руководство по определению на ЭЦВМ БЭСМ - 2М расходов по передвижению поездов в узлах. / ЦНИИС. - М., 1966 - 217 с.

48. Самкнулов А.И. Определение времени хода поездов на однопутных линиях. // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Гомель: БелИИЖТ, 1982. - с. 69 - 71.

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

50. Автоматизация процесса разработки и проектирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики: Отчет о НИР / ЛИИЖТ. - Л., 1988. - 42 с.

51. Бобровский В.И. Имитационная модель развязки линий в железнодорожном узле // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. пр. Вип. 38. - Харків: ХарДАЗТ, 1999. - с. 35 - 42.

52. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст]: – М.: Транспорт, 1981. – 287 с.

53. Залізничні станції та вузли: проектування дільничних станцій [Текст]: методичні вказівки для курсового та дипломного проектування / Дніпропетр. нац.

ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна; уклад.: В. І. Бобровський, В. В. Журавель, Г. Я. Мозолевич, Р. В. Вернигора. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2008. – 34 с.

54. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР [Текст]: – М.: Транспорт, 1992. – 105 с.

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

56. Болотный В. Я. Проектирование железнодорожных узлов: Учеб. пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1989.

57. Кулаев Ю. Ф. Економіка залізничного транспорту [Текст] / Навчальний посібник. – Ніжин: Видавництво "Аспект-Поліграф", 2006. – 232 с.

58. Технология работы участковых и сортировочных станций. Под ред. И. Г. Тихомирова. М.: Транспорт, 1986.

59. Проектирование железнодорожных станций и узлов. Справочное и методическое руководство. – М.: Транспорт, 1981.