

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 раціонального плану маневрової роботи при формуванні по-
дач вагонів на вантажні фронти**

Theme **Determining a rational plan of shunting work while formating the supply of
wagons to the freight fronts**

Керівник дипломної роботи

доц. _____ І. Я. Сковрон

Нормоконтролер

доц. _____ В. В. Малашкін

Студент групи У31922

_____ С. В. Хміль

Student

Khmil Serhii

Дніпро – 2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Факультет Управління процесами перевезень Кафедра «Транспортні вузли»

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

Спеціалізація 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

_____ / М. І. Березовий /
(підпис)

2020 р. _____ «__»

ЗАВДАННЯ

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

отримав студент групи У31922
(номер групи)

Хміль Сергій Володимирович
(ПІБ)

1 Тема дипломної роботи: Визначення раціонального плану маневрової роботи
при формуванні подач вагонів на вантажні фронти

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

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

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

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

5 Перелік креслень:

1. План вузлової сортувальної станції Н

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

3. Добовий план-графік роботи вузлової сортувальної станції Н

6 Перелік слайдів:

титульний слайд; мета, об'єкт, предмет дослідження; діаграма вагонопотоків; діаграма
поїздопотоків; методи формування поїздів; залежність $T_{\phi}=f(G)$ для різних n ,
залежність $T_{\phi}=f(m)$ для різних n ; залежність витрат на 1 год. від n ; витрати на формуван-
ня 1 составу; розташування безгірочного сортувального пристрою у гірковій горловині;
розташування безгірочного сортувального пристрою у горловині формування; визначен-
ня раціонального варіанту розташування сортувального пристрою; кінцевий слайд

6 Розділи та консультанти:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу дипломної роботи	Термін виконання	Кількість слайдів / креслень	Обсяг розділу, %
1. Аналіз досвіду роботи станцій з виконання багатогрупного формування составів	строк 1	-	17
2. Техніко-експлуатаційна характеристика сортувальної станції Н	строк 1	0 / 1	14
3. Визначення розрахункових обсягів роботи вузлової сортувальної станції Н	строк 1	2 / 0	9
4. Нормування тривалості технологічних операцій та розрахунок колійного розвитку станції Н	строк 2	-	10
5. Аналіз параметрів сортувальної гірки	строк 2	0 / 1	10
6. Визначення раціональної технології формування подач вагонів	строк 2	5 / 0	13
7. Вибір варіанту конструкції допоміжного сортувального пристрою для формування багатогрупних составів	строк 3	3 / 0	9
8. Удосконалення технології роботи станції Н	строк 3	-	8
9. Складання добового плану-графіку роботи станції Н та визначення основних її показників	строк 3	0 / 1	10
Всього		10 / 3	100

Дата видачі завдання: « 12 » жовтня 2020 р.

Керівник дипломної роботи

_____ (підпис)

Сковрон І. Я.

_____ (ПБ)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Хміль С. В.

_____ (ПБ)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, 9 розділів, висновків та 5 додатків. Повний обсяг проекту – 146 сторінок; з них основний текст на 133 сторінках містить 19 ілюстрацій, 30 таблиць та 61 літературного джерела.

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

Метою даної роботи є удосконалення технології роботи сортувальної станції Н в умовах збільшення обсягів роботи.

В роботі визначені обсяги роботи сортувальної станції Н, виконано аналіз недоліків її конструкції та технології, перевірено відповідність колійного розвитку визначеним обсягам роботи, проаналізовані варіанти технології формування багатогрупних составів на станції і вибрана краща із них, розглянуто питання вибору раціонального варіанту розташування спеціалізованого безгірочного сортувального пристрою, перевірено працездатність станції за допомогою добового плану-графіку.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: УДОСКОНАЛЕННЯ, СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ, ТЕХНІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ РОБОТИ, МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ, ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ДОСВІДУ СТАНЦІЙ З ВИКОНАННЯ БАГАТОГРУПНОГО ФОРМУВАННЯ СОСТАВІВ	9
1.1 Постановка проблеми дослідження процесу формування багатогрупних составів на станціях	9
1.2 Хронологія удосконалення технічних засобів для формування багатогрупних составів	11
1.3 Вивчення питання удосконалення технології формування багатогрупних составів	19
1.4 Висновки до розділу 1	27
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ Н	29
2.1 Технічна характеристика станції	29
2.2 Експлуатаційна характеристика роботи станції	33
2.3 Висновки до розділу 2	34
3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ ВУЗЛОВОЇ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ Н	36
3.1 Визначення маси составу та кількості вагонів у складі поїзда	36
3.2 Визначення розрахункових вагоно- та поїздопотоків	41
3.3 Визначення потрібної пропускнуєї спроможності прилеглих до станції Н ділянок	44
4 НОРМУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА РОЗРАХУНОК КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТАНЦІЇ Н	46
4.1 Нормування тривалості операцій технологічного процесу роботи станції Н	46
4.2 Розрахунок потрібної кількості колій і парках станції	57

					0042.150209.ДР.2020.000						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення раціонального плану маневрової роботи при формуванні подач вагонів на вантажні fronti						
Розробив	Хміль								Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Сковрон								Н	4	146
									ДНУЗТ		
Н. контр.	Малашкін										

5 АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ	67
5.1 Технічна характеристика існуючої сортувальної гірки	67
5.2 Розрахунок висоти сортувальної гірки	67
5.3 Аналіз поздовжнього профілю сортувальної гірки	74
5.4 Розрахунок та побудова ліній енергетичних висот	76
5.5 Визначення розрахункової швидкості розпуску та потенційної переробної спроможності гірки	82
5.6 Перевірка потужності гальмівних засобів	88
6 ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ПОДАЧ ВАГОНІВ	89
6.1 Постановка задачі дослідження формування подач місцевих вагонів	89
6.2 Характеристика методів формування багатогрупних составів	90
6.3 Аналіз процесу формування багатогрупних составів	91
6.4 Визначення експлуатаційних витрат на маневрову роботу з формування багатогрупних составів	95
7 ВИБІР ВАРІАНТУ КОНСТРУКЦІЇ ДОПОМІЖНОГО СОРТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ.....	97
7.1 Характеристика варіантів розташування групувально-сортувального парку та допоміжної сортувальної гірки	97
7.2 Визначення раціонального варіанту спорудження допоміжного сортувального пристрою	99
8. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ СТАНЦІЇ Н	108
8.1 Технологія роботи з вагонами, що надходять в переробку	108
8.2 Технологія розформування і формування составів	110
8.3 Підготовка составів свого формування до відправлення	115
8.4 Технологія обробки транзитних поїздів	118
8.5 Технологія роботи з пасажирськими поїздами	119
8.6 Технологія роботи з місцевими вагонами	119

9 СКЛАДАННЯ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ РОБОТИ СТАНЦІЇ Н ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЇЇ ПОКАЗНИКІВ.....	120
9.1 Вихідні дані для побудови добового плану-графіка роботи сортувальної станції Н	120
9.2 Розрахунок показників функціонування сортувальної станції	121
ВИСНОВКИ	126
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	127
ДОДАТОК А. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	134
ДОДАТОК Б. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ	137
ДОДАТОК В. ДАНІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКА	140
ДОДАТОК Г. МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ПРЕЗЕНТАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ	143
ДОДАТОК Д. ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	146

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВЧД – вагонне депо

ДСП – черговий по станції

ДСПГ – черговий по гірці

ДСПП – черговий по парку

ДСЦ – маневровий диспетчер

ЕР-1, ЕР-2 – серії електросекцій для організації приміського руху

КМ – комбінаторний метод формування багатогрупних составів

МРН – метод рівномірного наростання

ПГП – паркова гальмівна позиція

ПКО – пункт комерційного огляду

ПТО – пункт технічного огляду

ПТЕ – правила технічної експлуатації

ПФП – план формування поїздів

РМ – розподільчий метод формування багатогрупних составів

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

СЦБ – сигналізація, централізація, блокування

ЧМЕ-3 – серія маневрового локомотиву

ЧС-4 – серії поїзного локомотиву для пасажирського руху

ВСТУП

В умовах реформування залізничного транспорту та можливої приватизації вагонного парку, структура вагонопотоків на мережі Укрзалізниці може суттєво змінитися. Поява великої кількості операторів та власників рухомого складу, вантажовідправників і вантажоодержувачів призведе до збільшення кількості можливих призначень надходження вагонів. В результаті можливе зростання розмірів руху і обсягу роботи станцій, а також збільшення зайнятості інфраструктури перевізника і власників колій незагального користування, зростання простою рухомого складу і затримки доставки вантажів.

Враховуючи досвід приватизації залізниць інших країн пострадянського простору, можна стверджувати, що збільшення парку вагонів на мережі залізниць і зміна порядку їх обертання призведе до зростання обсягів повторного сортування як на сортувальних або вантажних станціях, так і на коліях незагального користування. Ситуація зі збільшенням кількості призначень, які формуються сортувальними станціями, може погіршитись у зв'язку з концентрацією переробки вагонопотоків (в тому числі, місцевих), на цих станціях в процесі вдосконалення їх технічного оснащення та автоматизації виробничих процесів. Однак такого роду модернізація рідко приводила до якісної зміни колійного розвитку станцій, конструкції сортувальних пристроїв, адаптації їх до змінної структури вагонопотоків, які переробляються та технології роботи [1].

Таким чином, універсальне технічне оснащення залізничних станцій, як правило, в більшості випадків є мало пристосованим до виконання багатогрупної добірки вагонів. У зв'язку з цим проблема ефективного формування багатогрупних составів як на технічних так і на невеликих станціях не може вважатися повністю вирішеною, і саме тому вказане питання буде вирішуватись в даній дипломній роботі.

1. АНАЛІЗ ДОСВІДУ РОБОТИ СТАНЦІЙ З ВИКОНАННЯ БАГАТОГРУПНОГО ФОРМУВАННЯ СОСТАВІВ

1.1 Постановка проблеми дослідження процесу формування багатогрупних составів на станціях

Маневрова робота з формування багатогрупних составів є важливою основою перевізного процесу. Організація цієї маневрової роботи безпосередньо впливає на якісні показники взаємодії станцій та під'їзних колій, роботу залізничних вузлів, залізничних ділянок, а також портів (морських або річкових). Можливим напрямком удосконалення даної роботи є зменшення витрат часу та коштів на формування багатогрупних составів, а також подача сформованих місцевих вагонів на під'їзних колії.

Переробка місцевих вагонопотоків, на відміну від розформування і формування поїздів дальніх призначень, складається з багатьох етапів, тобто при перевищенні кількості груп над кількістю використаних колій потрібно виконувати повторне сортування вагонів. При цьому величина окремих призначень зазвичай недостатня для того, щоб виділяти під них окрему сортувальну колію.

Маневрова робота з добірки вагонів для необхідного розташування їх в кінцевому составі може відбуватись як на технічних станціях, так і безпосередньо на вантажних, припортових або районних станціях.

Концентрація роботи з попередньої добірки вагонів на великих станціях, що мають відповідне технічне оснащення, при формуванні збірних, дільничних та передавальних поїздів, по-перше, дозволяє вивільнити від вказаної роботи дрібні станції, що мають обмежене технічне оснащення та погано пристосовані для виконання даної роботи. При цьому, скорочуючи обсяги маневрової роботи, ми отримаємо можливість вивільнити маневрові технічні засоби на дрібних станціях, та пришвидшити рух вагонів на кінцевому етапі транспортування вантажів. По-друге, при обслуговуванні під'їзних колій добірка вагонів за під'їзними коліями, вантажних фронтах та іншими ознаками може розглядатися як додаткова послуга, яка відповідає принципам клієнтоорієнтованості та може служити додатко-

вим джерелом залучення коштів для станцій. Слід зазначити, що за відсутності на технічній станції спеціалізованого сортувального пристрою для багатогрупної добірки вагонів вказана робота буде виконуватись на основних сортувальних пристроях з використанням нераціональних технологій та технічного оснащення, тобто таких, що не є оптимальними для організації вказаної добірки.

В ряді випадків технічні станції з різних причин (відсутність належного технічного оснащення, або відсутність резервів переробної здатності сортувальних пристроїв, відсутності вільних локомотивів) не мають можливості виконувати добірку вагонів багатогрупних составів; така добірка в цих випадках виконується безпосередньо на погано оснащених дрібних (вантажних та припортових) станціях.

Зважаючи на те, що формування багатогрупного составу в умовах недостатньої кількості колій є вельми складною комбінаторною задачею, то для забезпечення задовільних показників процесу формування важливим є повне та раціональне використання існуючого колійного розвитку (як колій станції різної спеціалізації, так і виходи на під'їзні колії). Також при формуванні багатогрупних составів в даних умовах дуже важливим є використання максимально ефективної технології формування для будь-якого сортувального пристрою, що використовується (витяжна колія, гірка малої потужності).

Підводячи підсумок сказаного вище можна зробити висновок, що проблему пришвидшення процесу формування багатогрупних составів необхідно вирішувати системно: не лише за рахунок проектування нових спеціалізованих сортувальних пристроїв або групувальних парків з раціональними параметрами, але й за рахунок виконання маневрової роботи ефективними способами.

Подібними проблемами щодо оптимізації процесу формування багатогрупних составів та покращенням конструкції сортувальних пристроїв для багатогрупної добірки вагонів займалися такі вчені та фахівці, як П. Месарош, Ф. Флодр, В. І. Бобровський, Є. В. Бакумов, В. В. Григор'єв, В. М. Макаров, О.О. Гренкевич, Є.М. Тішкін, Н.І. Брехов, М.М. Шабалін та ряд інших.

1.2 Хронологія удосконалення технічних засобів для формування багатогрупних составів

Варіанти схем сучасних сортувальних станцій обумовлювалися їх використанням як основних місць переробки потужних вагонопотоків. Робота з місцевим вагонопотоком грала другорядну роль та суттєвого впливу на конструкцію і технічне оснащення сортувальних станцій на момент їх спорудження не мала. Варіанти спроектованих вченими того часу схем, які пов'язані з проектуванням місцевих парків [2, 3] не завжди виявлялися потрібними на практиці.

З урахуванням особливостей планової економіки, що забезпечують відносну стабільність вагоно- і поїздопотоків, станції могли стабільно працювати при значному завантаженні пристроїв та прилеглих ліній без потреби у створенні значного запасу колійного розвитку.

При переході до ринкової економіки нерівномірність прибуття вантажопотоків та вагонопотоків значно збільшилася, а можливість їх надійного прогнозування на далеку перспективу зменшилась [4, 5]. Зважаючи на це, постійно змінюються не лише потужності вагонопотоків, але й кількість призначень, які формуються сортувальними станціями – вказана кількість призначень є випадковою величиною. Призначення збірних та передавальних поїздів розглядаються укрупнено – за напрямками або станціям, з добіркою на невелику кількість груп.

Також кількість призначень плану формування сортувальної системи впливає на переробну спроможність сортувальної гірки, які відображають галузеві дослідження.

На фоні розвитку основних сортувальних станцій та потенційного збільшення їх переробної спроможності буде продовжуватись процес концентрації на даних станціях роботи з місцевими вагонопотоками. Разом з цим ряд інших станцій залізничних вузлів повинні бути звільнені від подібної сортувальної роботи [6]. В підсумку кількість призначень вагонів на сортувальних станціях помітно збільшилася, тому деколи для зниження навантаження на основні сортувальні пристрої зменшувалась деталізація добірки [7].

Варто відмітити, що в недостатній мірі було враховано те, що в ході концентрації на сортувальні станції був практично повністю відданий місцевий вагонопотік. Слід зазначити, що багато сортувальних станцій недостатньо пристосовані до роботи з таким вагонопотоком, так як основні сортувальні пристрої на сортувальних станціях зазвичай призначені для роботи з потужними транзитними призначеннями, за якої на кожне призначення потужністю до 200 ваг/добу, виділяється одна сортувальна колія, а інколи – одна колія на декілька призначень. Ситуація, коли кількість призначень, які потрібно формувати, виявляється більше числа сортувальних колій, призводить до збільшення повторного сортування вагонів, а це знижує наявну переробну спроможність станції щодо основної роботи - переробки транзитного вагонопотоку.

Таким чином, по-перше, технічне оснащення та можливості основних сортувальних гірок не використовуються достатньо ефективно, а, по-друге, ефективність роботи з місцевими вагонопотоками виявляється недостатньою для скорочення відповідних експлуатаційних витрат при роботі з такими вагонопотоками як на проміжних або вантажних, так і на припортових станціях, а також під'їзних коліях. Вказана проблема є актуальною не лише для іноземних країн, але й для країн пострадянського простору [8].

Вантажні станції, які обслуговують під'їзні колії, також часто не пристосовані до виконання багатогрупої добірки вагонів, не мають групувальних та спеціалізованих сортувальних колій. У зв'язку з цим, робота з формування багатогрупних поїздів є мінімальною, а максимальна кількість груп становить не більше 6, а частіше – 3–4 групи, що, як правило, не відповідає глибині добірки вагонів за вантажними пунктам і тим більше за вантажними фронтами і клієнтами.

На світових залізницях, наприклад, в США та країнах Європи, проблема недостатніх резервів колійного розвитку не є настільки актуальною [9]. Це пов'язано з тим, що в умовах нерівномірності підходу вантажо- і вагонопотоків при ринковій економіці залізничний транспорт, для забезпечення необхідної провізної здатності, спочатку був змушений передбачати досить істотні резерви колійного розвитку і потужності станційних пристроїв. Крім цього, криза залізниць США 60-70-х років

минулого сторіччя сприяв прискореному реформуванню системи залізничного транспорту, розвитку інфраструктури, механізації і автоматизації сортувального процесу [10]. Таким чином, концепція розвитку інфраструктури залізниць в капіталістичних країнах спочатку відрізнялася від радянської через об'єктивні причини. Інша форма організації економіки в Америці і країнах Західної Європи змушувала створювати значні резерви колійного розвитку [11], при яких проектуються окремі парки з великою кількістю сортувально-групувальних колій для місцевих вагонопотоків [12] і практично виключається ситуація перевищення кількості призначень над кількістю колій.

У процесі реконструкції багатьох зарубіжних станцій, крім укладання значної кількості колій у парках прийому (до 20 колій) і сортувальних парках (107 колій в обох сортувальних системах на станції Конвей, США), споруджуються вузькоспеціалізовані парки, призначені для повторного сортування, відстою порожніх вагонів і т.д. [12]. Послідовне розміщення з основним сортувальним парком місцевого сортувального парку є на станціях Інглвуд, Янг (США). Групувальні парки (10-14 колій), розміщені поруч з хвостовою частиною сортувального парку, є на станціях Сітіком, Джон Севье, Ернст Норріс.

В Канаді також присутні великі місцеві парки. Наприклад, в Торонто послідовно один одному розташовані основний і місцевий сортувальний парк з кількістю 67 і 50 колій відповідно. На сортувальній станції Тінслі (Англія) послідовно один одному розташовані крайні чотири колії основного парку і місцевий сортувальний парк (25 колій), при цьому добірка здійснюється на сортувальній гірці. У таких країнах як Франція, Німеччина та Швейцарія на сортувальних станціях також є групувальні парки для добірки вагонів, що включають в себе від 8 до 12 колій [12].

Таким чином, у зв'язку з відсутністю необхідності добірки багатогрупних складів в умовах нестачі сортувальних і сортувально-групувальних колій, методи вирішення даної проблеми в США і Західній Європі практично не розроблялися. При необхідності виконання такої роботи споруджувалися окремі спеціалізовані допоміжні сортувальні парки з великою кількістю колій. Є ряд робіт з даної тема-

тики вчених Європи та Азії [13, 14], і після 1991 р – в країнах ближнього зарубіжжя [15–17].

Також потрібно відзначити, що місцеві сортувальні парки є практично на всіх великих сортувальних станціях Європи і Північної Америки. Вони, як правило, розташовані послідовно або паралельно з основним сортувальним парком і мають значну колійний розвиток. Так, наприклад, на станції Вест-Колтон парк, який призначений для місцевої роботи, розташований паралельно основному сортувальному парку.

Що стосується можливості виконання багатогрупної добірки вагонів на існуючих технічних та вантажних станціях пострадянського простору, то вона є обмеженою у зв'язку з недостатніми резервами колійного розвитку, відсутністю спеціалізованих сортувальних пристроїв і добре налагодженої технології роботи. Чинними Державними будівельними нормами проектування станцій і вузлів на залізницях колії 1520 мм [18] та Правилами і нормами проектування сортувальних пристроїв [19] для багатогрупної добірки вагонів рекомендується застосування спеціалізованих сортувальних пристроїв гіркового типу. До складу сортувального пристрою, крім власне сортувальної гірки, також включається групувальний або сортувально-групувальний парк. У [19] наводяться вимоги до кількості і місткості колій групувального парку, проте рекомендації даються тільки для одного з декількох можливих варіантів технології – способу добірки вагонів шляхом послідовного виділення груп, який є досить продуктивним, проте вимагає значної кількості колій, що в умовах реальних станцій не завжди можливо.

В [20–22] зазначається, що проблема організації добірки вагонів на велику кількість груп (до 25-30) в умовах обмеженого колійного розвитку (при використанні 2–5 сортувально-групувальних колій) може бути вирішена за рахунок застосування способів інтенсивного сортування вагонів, таких як ступеневий, комбінаторний та інших, менш вимогливих до колійного розвитку. Кожному з цих способів відповідає певний рівень переробної спроможності та конструктивні параметри сортувального пристрою, зокрема, необхідна корисна довжина і кількість сортувально-групувальних колій, що вказує на потребу в удосконаленні методів розрахун-

ку конструктивних параметрів спеціалізованого сортувального пристрою для багатогрупної добірки вагонів (зокрема, групувального парку), і визначення його наявної переробної спроможності, з урахуванням інтенсивної технології добірки вагонів на обмеженій кількості колій. Це дозволить підвищити якість проектних рішень при будівництві нових і перебудові існуючих станцій зі спорудженням спеціалізованого сортувального пристрою для многогрупної добірки вагонів. Таким чином, в [20–22] автор займався удосконалення методів розрахунку конструктивних і технологічних параметрів сортувальних пристроїв, спеціалізованих для багатогрупної добірки вагонів на обмеженій кількості колій. Для досягнення зазначеної мети автор вирішує завдання створення математичної моделі роботи сортувального пристрою гіркового типу, обґрунтування необхідності врахування структури вагонопотоку, що переробляється при розрахунку величини технологічного гіркового інтервалу і необхідної місткості сортувально-групувальних колій, розроблення методики та рекомендацій щодо застосування різних варіантів технології багатогрупної підбірки вагонів і конструкції групувального парку.

На залізницях країн Бенілюксу, Португалії і Швейцарії з добовою переробкою на гірці до 2500 вагонів формування багатогрупних составів рекомендувалося виконувати на вільних кінцях колій сортувального парку в горловині, протилежній гірочній. Якщо ж добова переробка перевищує 2500 вагонів, було рекомендовано частину колій сортувального парку виділити у групувальний парк для формування лише багатогрупних составів. Даний парк повинен бути обладнаний допоміжною гіркою малої потужності, розташованою з боку хвостової горловини основного сортувального парку [23].

На ряді станцій французьких залізниць того часу для інтенсифікації маневрової роботи з формування багатогрупних составів також застосовувалися допоміжні сортувальні пристрої. Як вважають фахівці Франції, групувальні парки з довгими шляхами дозволяють забезпечити одночасне формування кількох складів за допомогою однієї лише сортування вагонів, виключаючи всі рейси з їх збирання, що вимагають великих витрат часу [23].

На противагу французьким, на станціях італійських залізниць групувальні парки, як правило, склалися з групи коротких тупикових колій; при цьому кількість останніх було більшим, ніж на станціях залізниць Франції [23].

Приблизно в цей же час допоміжні сортувальні пристрої широко стали застосовувати для формування багатогрупних составів на великих сортувальних станціях Великобританії, а також США і Канади. Як правило сортування вагонів з цих допоміжних сортувальних пристроїв виконувалася на колії невеликої довжини групувального парку. Кількість таких колій визначалася максимально можливою кількістю груп багатогрупного составу і ступенем деталізації призначень вагонів та могла досягати 10-ти, а в особливих випадках і понад 20-ти колій; довжина цих колій розраховувалася, виходячи з характеру роботи станції і кількості вагонів у групах, і могла бути рівною від 100 м до 300 м [23].

В [24] автор запропонував ряд схем сортувальних станцій для збільшення ефективності їх роботи з формування багатогрупних составів. Однією із таких схем, які вартують уваги можна вважати схему сортувальної станції з гіркою і допоміжною напівгіркою, застосування якої дозволить скоротити обсяг маневрової роботи з місцевими вагонами (рис. 1.1).

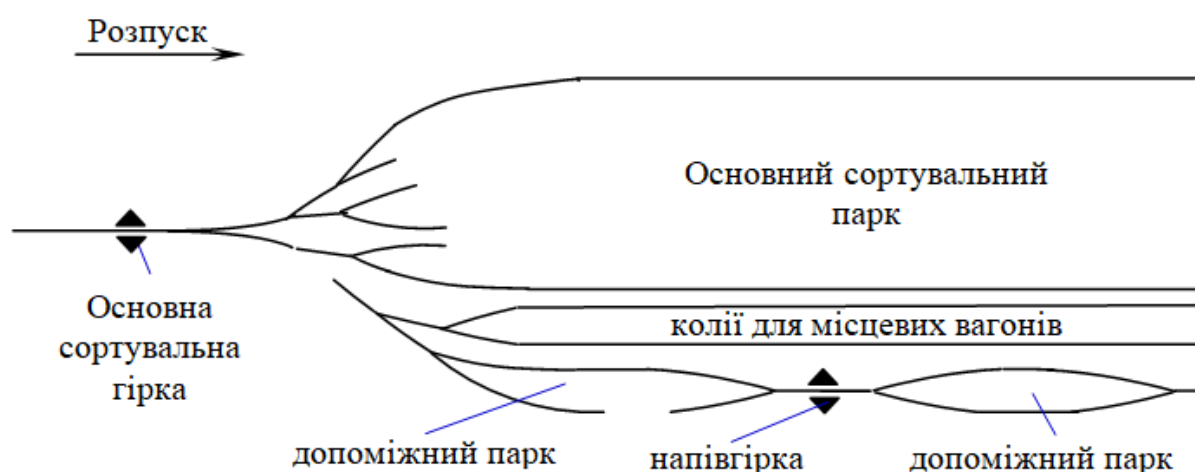


Рисунок 1.1. Схема сортувальної станції з гіркою і напівгіркою

Використання даної схеми передбачає попереднє накопичення місцевих вагонів на шляхах допоміжного парку, після чого вони сортуються з напівгірки на колії допоміжного сортувального парку. При необхідності вагони повторно пода-

ються на напівгірку до повного формування багатогрупного складу. При цьому практично не використовуються потужності основної сортувальної гірки та основного сортувального парку.

Незважаючи на високу ефективність застосування даної схеми у порівнянні з традиційними схемами, вона все ж не давала можливості повністю усунути маневрову роботу з багатогрупної добірки вагонів з процесу формування масового потоку складів.

Можливий варіант секціонування для формування багатогрупних складів за 1 етап запропоновано в [25]; в роботі була також обґрунтована його ефективність. Дане конструкційне рішення дозволяло формувати багатогрупні склади практично без необхідності виконання витягування чи збірки та повторного сортування вагонів (рис. 1.2).

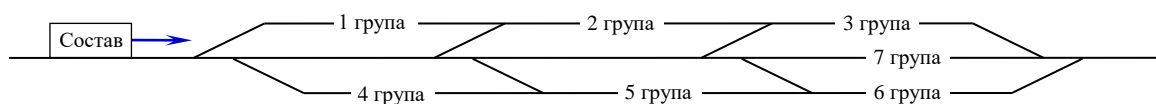


Рисунок 1.2. Варіант секціонування колій для багатогрупної добірки вагонів

Більш оснащена різновидність даного секціонування вказана в [24], де автор описував технічні засоби для формування багатогрупних складів, які широко використовувалися в Японії. Дана конструкція типу «ялинка» (див. рис. 1.3) розташовувалася послідовно з сортувальною гіркою і дозволяла пропускати вагони певних груп на виділену їм секцію. Для того щоб вагони не могли проїхати з однієї секції колій на іншу, на кінці кожної секції встановлювався пристрій для зупинки вагонів – стопер. При з'єднанні усіх вагонів та їх витягуванні даний пристрій переводився в неробочий стан.

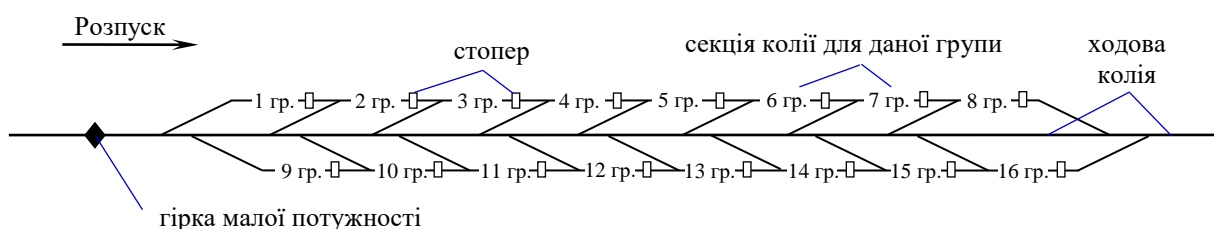


Рисунок 1.3. Схема колій типу «ялинка»

Оригінальний сортувальний пристрій для виконання двостороннього формування багатогрупних составів запропоновано в [26]; в роботі представлені схематичні план та профіль запропонованого авторами пристрою та основні принципи ефективної роботи з даним сортувальним пристроєм (рис. 1.4).

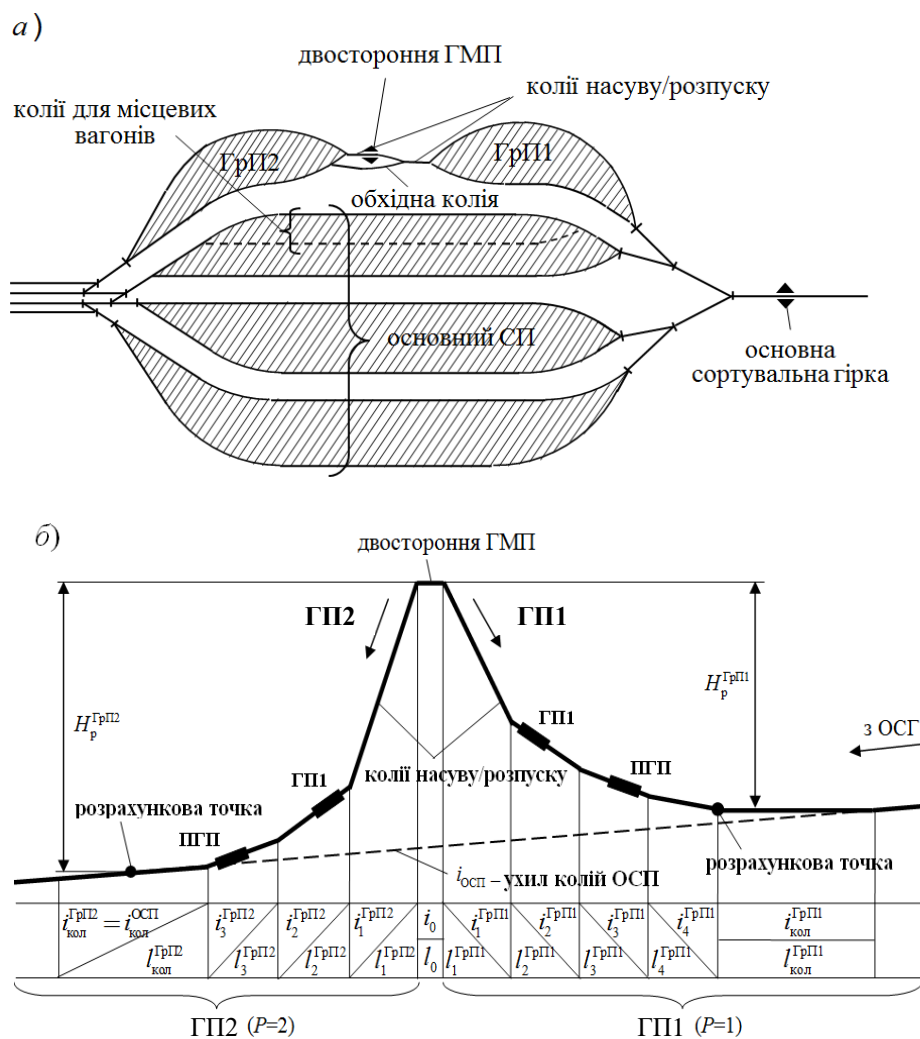


Рисунок 1.4 – Конструкція спеціалізованого сортувального пристрою:

а) план, б) профіль

Запропонований пристрій має двосторонню гірку малої потужності (ГМП) з двома коліями розпуску, яка розташовується між двома групувальними парками та дає змогу виконувати розпуск вагонів у два напрямки. При цьому забезпечується ізоляція маневрової роботи з багатогрупними складами від роботи основної сортувальної гірки (ОСГ).

Формування багатогрупного составу з використанням запропонованого пристрою передбачає накопичення достатньої кількості місцевих вагонів на відповідних коліях основного сортувального парку (ОСП), їх витягування на ОСГ з наступним сортуванням за складеним планом на колії ГП1. Далі здійснюється насув вагонів по черзі з кожної колії цього парку на допоміжну двосторонню сортувальну гірку для їх розформування на колії ГП2.

Якщо і після цього формування груп вагонів составу не закінчене, виконується насув вагонів з кожної колії ГП2 на допоміжну двосторонню сортувальну гірку у зворотному напрямку з розформуванням на колії ГП1. Вказані операції повторюються до закінчення формування составу.

1.3 Вивчення питання удосконалення технології формування багатогрупних составів

Відомо, що процес формування багатогрупних составів на існуючих станціях є досить трудомістким процесом з огляду на виділення обмеженої кількості колій для цих цілей, в той час як число призначень в багатогрупних складах може виявитися досить значним. Така невідповідність параметрів составів і технічного оснащення станцій призводить до необхідності виконання багаторазових повторних сортувань вагонів багатогрупного составу, що викликає істотне зростання тривалості зазначеного процесу.

Отже з метою інтенсифікації процесу формування багатогрупних составів, поряд з удосконаленням технічного оснащення станцій, на яких виконується добірка вагонів, також доцільним видається детальне вивчення технології формування багатогрупних составів з метою її оптимізації. Такий підхід дозволить скоротити витрати на маневрову роботу на 35-40%; при цьому він практично не вимагає істотних капітальних вкладень.

В [27] автор пропонує спосіб вибору оптимальної черговості операцій з розформування поїздів з місцевими вагонами на вантажних станціях який дозволить скоротити простої зазначених вагонів на цих станціях.

Даний метод свій розвиток отримав в роботі [28], в якій вказується про доцільність перенумерації дійсних номерів груп вихідного составу на умовні номери,

що дозволяє врахувати початкову впорядкованість складу та зменшити кількість груп, які вимагають упорядкування. Також в [28] наведено алгоритм отримання умовних номерів груп.

З метою перевірки ефективності комбінаторного методу співробітниками ВНІЗТу було виконано практичне впровадження розробленої технології на безгірничній сортувальній станції з паралельним розташуванням парків – станції Бескудникове. Примикання до даної станції декількох десятків під'їзних колій на яких розміщувалося близько 100 фронтів навантаження і вивантаження, а також недостатній колійний розвиток власне станції привели до необхідності формування такого значного обсягу місцевого вагонопотоку на 4-х коліях. У зв'язку з цим дана станція з великими труднощами виконувала об'ємні і якісні показники [29].

Рішення авторів про застосування комбінаторного методу на даній станції ґрунтувалося на характерних властивостях останнього. Саме цей метод дозволяв забезпечити:

- мінімальну кількість рейсів при формуванні складів на обмеженій кількості сортувальних колій (2-4 колії);
- ефективність застосування для складачів будь-якої кваліфікації;
- одночасне формування декількох складів;
- формування одного або декількох складів двома локомотивами з двох сторін одночасно;
- ефективність формування багатогрупних складів зі значною кількістю груп (5 груп і більше) на обмеженій кількості колій (не більше 4-х колій).

Як вказується в [29], застосування даного методу на станції Бескудникове дозволило скоротити простой місцевого вагона на 15-20%.

Успішне впровадження комбінаторного методу привернуло до даної проблеми багатьох вчених і фахівців-залізничників. В цьому ж році з'явилися публікації присвячені згаданій вище проблемі [30, 31], в яких авторами вказується значна складність формування багатогрупних складів навіть досвідченими керівниками маневрів зважаючи на наявність значного числа можливих схем формування та необхідності оперативного вибору оптимального рішення.

На відміну від попередніх робіт в [31] відзначається наявність на мережі до- рог досить великого числа станцій не з обмеженим (2-4 колії), а зі значним числом (5 колій і більше) колій або вільних їх кінців. Авторами, на базі зарубіжного досві- ду, розроблений спосіб формування багатогрупних составів на значному числі сор- тувальних колій (або їх кінців) з використанням макета єдиного сортувального ли- стка. Даний макет може бути підготовлений заздалегідь, а перед формуванням сос- таву необхідно виконати його коригування, після чого отримати готовий план ма- неврової роботи. Також, за вказаним макетом з'являлася можливість визначення орієнтовної довжини колій (або їх вільних кінців) використовуваних для форму- вання на кожному його етапі.

Метод формування, запропонований в [31] передбачає початкове відсію- вання груп вагонів з непарними номерами, в той час як групи з парними номерами упорядковано за певним принципом. На другому етапі групи з непарними номера- ми додаються до груп з меншими парними номерами, а потім відбувається розста- новка груп вагонів в певному порядку. За допомогою даного методу формування багатогрупного составу виконується за число етапів, що одиницю перевищує кіль- кість колій, використовуваних для формування. Авторами так само, як і в [29] вка- зується доцільність виконання одночасного формування багатогрупних составів.

Слід зазначити, що при використанні зазначеного в [31] методу для форму- вання багатогрупних составів з певною кількістю груп необхідно забезпечити ная- вність строго відповідної кількості колій, на відміну від [28-30], де можливе фор- мування составу з довільною кількістю груп на будь-якому колійному розвитку (2 колії і більше). З іншого боку, якщо використовувати для формування конкретну кількість колій, то число переміщених вагонів і число етапів формування зазначе- ними методами буде практично однаковим, що дає можливість припустити про по- рівняно однакові тривалості формування багатогрупних составів даними методами.

У цьому ж році з'являється робота [32], в якій наводиться технологія вико- нання формування багатогрупних составів (зі значним числом груп) з двох сторін одночасно двома локомотивами; в даній роботі наведені також відповідні схеми формування на обмеженій кількості колій. Як зазначається авторами, основною

проблемою при виконанні формування двома локомотивами одночасно є узгодженість виконуваних ними операцій з огляду на необхідність забезпечення безпеки маневрової роботи і зменшення невикористаних простотів локомотивів.

В [33] також розглядається проблема формування багатогрупних составів. В якості доцільного комплексного вирішення щодо прискорення процесу формування автором було запропоновано використання допоміжного сортувального пристрою в комплексі з ефективними методами формування составів. Автором відзначається недолік комбінаторного методу, наведеного в [28-29], що полягає в обмеженні колійного розвитку 4-ма коліями та відсутність планів добірки груп вагонів при більшій кількості колій. Автором було запропоновано використовувати два методи: комбінаторний метод повинен застосовуватися при обмеженій кількості колій, а метод послідовного виділення груп – при формуванні на кількості колій більше 4-х, що дозволить, на думку автора, досягти подальшого зменшення часу формування як це відбувається при збільшенні кількості колій з 2-х до 4-х.

У роботі [34] було відзначено, що інтенсифікація місцевої роботи є комплексним завданням, яке включає в себе ряд складових, серед яких: вдосконалення диспетчерського керівництва обробкою місцевих вагонів, впровадження комбінаторного методу формування багатогрупних составів, застосування малих сортувальних пристроїв, обчислювальної техніки, а також концентрація сортувальної роботи на опорних станціях. Автором підкреслювалося, що використання одного лише комбінаторного методу поза зв'язком з іншими складовими не приведе до суттєвого зменшення простою місцевих вагонів, проте в [28] основна увага присвячена використанню саме комбінаторного методу. Автором відзначалася висока ефективність врахування фактичного розташування груп вагонів у составі перед початком його формування з метою зменшення кількості повторних сортувань. Це стане можливим якщо виконати попередню заміну дійсних номерів груп умовними номерами шляхом об'єднання груп з послідовними номерами в одну групу. Автор критично висловлювався про обмеження колійного розвитку для формування багатогрупних составів на 4-х коліях незалежно від кількості груп в таких составах, оскі-

льки саме з цієї причини в деяких випадках тривалість формування багатогрупного складу після впровадження комбінаторного методу збільшилася.

Ефективність застосування комбінаторного методу була відзначена і білоруськими залізничниками в [35]. Так, на станції Центроліт був впроваджений комбінаторний метод сортування для прискорення добірки груп вагонів на вантажні fronti. Після цього маневровий диспетчер виконував тільки попередній аналіз багатогрупного складу, що вимагає формування, який полягав у присвоєнні номерів груп в порядку черговості подачі на вантажні fronti. Далі, в залежності від кількості груп та використовуваних колій, диспетчер вибирав відповідну схему сортування вагонів та визначав, на які колії вони будуть сортуватися при розформуванні передачі. Таким чином, комплекс організаційних заходів, проведений на цій станції, дозволив на наявних виробничих потужностях без додаткових капітальних вкладень отримати значний ефект у використанні рухомого складу і підвищенні продуктивності праці.

В [36] була запропонована методика оцінки схеми формування багатогрупних складів на сортувальній гірці. В якості критеріїв оптимальності автором пропонувалося використовувати мінімум маневрових переміщень і мінімум перероблених в їх процесі вагонів.

Обмеження схем формування багатогрупних складів комбінаторним методом з урахуванням максимальної кількості колій, що не перевищує 4-х викликало критичні висловлювання ряду вчених і практиків [31, 33, 34]. Це вимагало подальшого його вивчення з метою вдосконалення та універсалізації.

У роботі [37] професор В. І. Бобровський показав, що формування багатогрупного складу за допомогою комбінаторного методу на конкретній кількості колій за відповідну кількість етапів можливо різними способами, які були названі схемою формування. Як зазначалося автором, комбінаторний метод насправді складається з множини схем формування, величина якої визначається кількістю груп вагонів в конкретному складі та максимальною кількістю груп, яка може бути сформована на конкретній кількості колій без зростання числа етапів формування. Можливість отримання значного числа схем формування з'являється завдяки

послідовному пропуску кожного номера групи, що призводить до іншого порядку розподілу вагонів на колії, а, відповідно, і до іншого об'єму маневрової роботи. Вибір раціональної схеми формування з отриманої множини дозволяє скласти план маневрової роботи з найкращими значеннями обраного критерію.

Загальним недоліком розглянутих вище публікацій є використання для формування багатогрупних составів практично єдиного методу, переважно комбінаторного. У деяких публікаціях розглядаються й інші методи [31, 33], але при виконанні формування в певних умовах завжди використовується лише один з них. Таким чином, в даних роботах не було виконана порівняльна оцінка ефективності використання різних методів формування.

У зв'язку з цим професором В. І. Бобровський в [38] був запропонований розподільний метод формування багатогрупних составів, що базується на відмінному від комбінаторного принципі порозрядного сортування чисел. Для цих методів була виконана порівняльна оцінка ефективності при формуванні багатогрупного составу як на витяжній колії так і на гірці. При цьому, так само як і в [37], для нового методу розглянуто множину схем формування, пошук серед яких раціональної схеми дозволяє забезпечити оптимальне значення обраного критерію.

В [38] в якості критерію оптимальності використано тривалість формування багатогрупного составу. Дійсно, можна припустити, що зміна тривалості формування безпосередньо залежить від зміни обсягу маневрової роботи, на який впливають такі показники, як кількість переміщених або перероблених вагонів, кількість рейсів або етапів формування, а також ряд пробіжних показників. З іншого боку, зменшення тривалості формування багатогрупного составу з великою ступінню ймовірності викличе зменшення експлуатаційних витрат на цей процес. Також в роботі відзначено доцільність обліку початкової впорядкованості складу, що дозволяє зменшити загальну кількість груп в формованому складі, практично вдвічі.

В роботах [39, 40], присвячених даній проблемі, наводиться порівняльна ефективність способів формування багатогрупних составів. В якості критерію оптимальності методу прийняті експлуатаційні витрати на маневрову роботу, які, на

думку автора, найбільш повно охоплюють всі сторони процесу формування і є узагальненим показником.

Ґрунтуючись на отриманих результатах досліджень в [40] зроблений ряд висновків:

- найменші витрати на маневрову роботу забезпечуються при використанні ступеневого дублюючого способу сортування;
- при числі груп до 9-ти використання комбінаторного способу недоцільне, оскільки пов'язане зі значними витратами при виконанні маневрової роботи;
- при збільшенні числа груп до 9-ти та більше ефективність використання комбінаторного способу зростає, особливо при великій кількості задіяних сортувальних колій.

Як зауваження до публікацій [39, 40] слід відзначити недостатню цілісність запропонованої технології формування. Крім того, не зовсім зрозумілим є збільшення ефективності використання комбінаторного методу при зростанні числа колій, особливо з урахуванням того, що він був розроблений саме для виконання ефективного формування на обмеженій їх кількості.

Цілий ряд ефективних способів формування багатогрупних составів за кордоном в [13] наводить Месарош Пал. У своїй роботі він наводить опис як методів формування, які успішно застосовувалися на угорських залізницях (ступеневий та одночасний методи), так і низки дуже перспективних методів (пропорційний, ступінчастий основний, ступінчастий дублюючий і ступінчастий максимальний методи, і метод здвоювання груп).

Проведений французькими фахівцями аналіз роботи основних сортувальних станцій Франції показав, що значне скорочення маневрових пересувань, пов'язаних з перестановкою і з'єднанням окремих частин формованих составів, може бути досягнуто при одночасному формуванні декількох багатогрупних поїздів. За цим методом вагони, що включаються в багатогрупні состави, направляються на колію накопичення основного сортувального парку відповідно до попередньо складеної програми, яка передбачає забезпечення необхідної композиції всіх багатогрупних поїздів при мінімальній кількості маневрових рейсів [41].

У роботі групи співавторів під керівництвом Ф. Флодра [42] наведено ряд методів, за допомогою яких можна оптимізувати процес формування багатогрупних составів. Частина із зазначених методів призначена для використання при формуванні багатогрупного составу одним локомотивом. Серед них є методи, що забезпечують встановлену кількість етапів але вимагають для цього чітко визначеної кількості колій (основний і подвійний ступінчастий), або, методи, що дозволяють ефективно сформувати багатогрупний состав на мінімальній кількості колій, що вимагає багатократного повторного сортування (рівномірного наростання, здвоювання груп і простий ступінчастий методи), або ж, навпаки, методи, за допомогою яких можна з мінімальним повторним сортуванням сформувати состав за умов наявності достатньої кількості вільних колій або кінців колій (класичні ступінчасті методи - основний і вдосконалений).

Крім зазначених існують синхронні методи, призначені для формування декількох багатогрупних составів на велику кількість напрямків. Синхронне формування може бути одно- та двостороннім, а серед синхронних методів виділяють прості, основні і потенційні. Вибір методу залежить від кількості вагонів та їх груп, потужності колійного розвитку, довжини витяжних колій, типу локомотива, а також від енерговитрат.

Слід підкреслити, що в [42] наведено лише опис кожного методу, який містить словесний або схематичний алгоритм збірки та сортування вагонів при його використанні. У той же час, авторами не було вироблено рекомендацій щодо використання того чи іншого методу для формування конкретного составу, що забезпечує оптимальне значення обраного критерію.

В іноземних виданнях проблема покращення роботи за багатогрупними составами теж досить часто згадується науковцями з різних країн світу.

Так, в [43] авторами на прикладі даних сортувальної станції Халлсберг вирішується задача планування маневрової роботи. Зазначається, що при маршрутних перевезеннях усі вагони мають одне призначення, тому проблем з плануванням немає. В той же час при повагонному завантаженні у составі можуть знаходитись багато вагонів або груп вагонів на різні призначення, що потребує добірки вагонів.

Оскільки сортувальні станції є вузьким місцем у залізничних перевезеннях, то покращення їх роботи є надзвичайно важливою задачею.

В процесі планування маневрових операцій авторами вважається важливим врахування початкової впорядкованості, щоб мінімізувати переміщення маневрового складу. Автори пропонують власне вирішення проблеми за допомогою методу генерації стовпців. Вони запропонували математичну модель та орієнтований ациклічний граф для вирішення вказаної проблеми, виконали порівняння з іншими відомими підходами. Використовуючи новий підхід авторам вдалось знайти за прийнятний час оптимальні рішення усіх проблемних випадків. Даний підхід виявився набагато кращим ніж попередні спроби авторів вирішення даної проблеми за рахунок покращеного евристичного методу [44, 45].

В роботі [46] наведено опис декількох методів формування багатогрупних складів: основний, трикутний та геометричний методи. Крім того авторами наведено математичну модель роботи з багатогрупними складами, яка дає змогу визначати для того чи іншого складу найбільш ефективний спосіб формування.

Аналогічні дослідження виконували багато чисельні східноєвропейські вчені, про що свідчать цілий цикл робіт [47–50]. В даних роботах наводиться аналіз декількох методів формування багатогрупних складів, а також представляються ті чи інші авторські шляхи вирішення описаної проблеми.

1.4 Висновок до розділу 1

Зважаючи на все, наведене вище, можна зробити висновок, що питання удосконалення технології формування багатогрупних складів на поточний момент часу остаточно не вирішена та продовжує залишатись такою ж актуальною.

Слід зазначити, що для прискорення процесу формування багатогрупних складів як правило використовуються один або декілька методів формування, однак вибір кращого методу для конкретного складу як правило не відбувається. В світових наукових публікаціях є лише нечисленні публікації де в залежності від параметрів складу вказані рекомендації щодо вибору того чи іншого методу, однак не доказано, що рекомендований метод підходить для всіх таких складів.

З врахуванням сказаного вище в даній дипломній роботі буде запропоновано методику виконання формування багатогрупних составів, яка забезпечить мінімізацію витрат на даний процес ресурсів часу та фінансів.

2. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ Н

2.1 Технічна характеристика станції

Станція Н (рисунок 2.1) знаходиться на перетині двох електрифікованих магістралей Р-М та Л-Т.

За характером роботи дана станція відноситься до сортувальних станцій, за об'ємом роботи – до 1-го класу.

До станції Н прилягають перегони:

а) у непарному напрямку:

- Н-Р – двоколійний, обладнаний одностороннім автоблокуванням;
- Н-Л – двоколійний, обладнаний одностороннім автоблокуванням;

б) у парному напрямку:

- Н-М – одноколійний, обладнаний одностороннім автоблокуванням;
- Н-Т – двоколійний, обладнаний двостороннім автоблокуванням.

На прилягаючих до станції Н дільницях обертаються:

- у вантажному русі – електровози серії ВЛ-80;
- у пасажирському русі – електровози серії ЧС-4;
- у приміському русі – електросекції ЕР-1, ЕР-2.

На станції Н розташований пасажирський парк «А», у якому для обслуговування приміських поїздів передбачено 4 колії з двома низькими острівними платформами.

Сортувальна система станції Н складається із наступних послідовно розміщених парків:

- парк прийому «Б», який включає 6 колій для приймання поїздів, що надходять у переробку з Р, Л, М та Т. Стрілки і сигнали парку прибуття обладнані електричною централізацією, управління якими здійснюється з поста, який розташований у західній горловині парку прибуття;

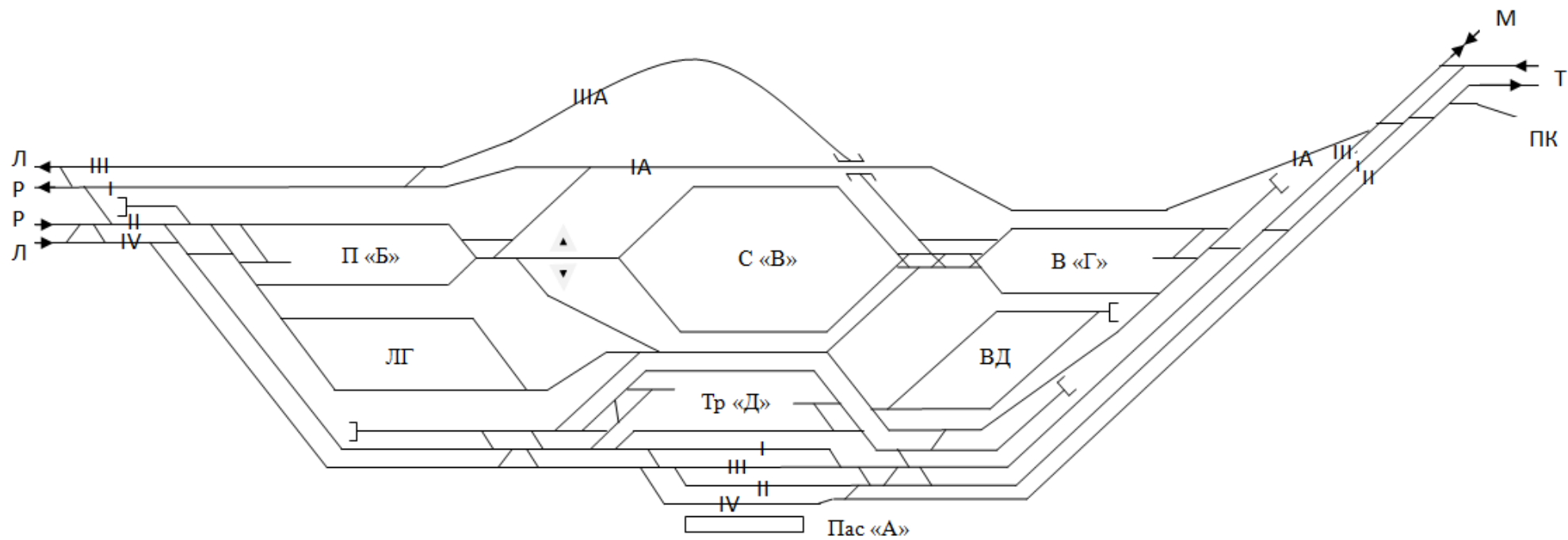


Рисунок 2.1 – Схема сортувальної станції Н

- сортувальний парк «В», що має 24 колії для сортування вагонів, їх накопичення та формування составів. Усі колії сортувального парку обладнані вагонними уповільнювачами типу РНЗ-2;

- парк відправлення «Г» має 6 колій для відправлення сформованих составів, згідно плану формування. Колії парку відправлення одночасно використовуються як витяжні для формування поїздів.

Крім сортувальної системи станція має паралельно розташований транзитний парк «Д» до складу якого входить 7 колій для приймання та відправлення вантажних поїздів з усіх напрямків.

Стрілки і сигнали пасажирського парку і парку відправлення обладнані маршрутно-релейною централізацією. Управління стрілками і сигналами здійснюється з поста МРЦ.

Для розформування-формування поїздів станція має механічну гірку з однією колією насуву і трьома гальмовими позиціями, обладнаними вагонними уповільнювачами типу КНП-5, РНЗ-2. Гірка обладнана електричною централізацією. Управління стрілками, сигналами та вагонними уповільнювачами здійснюється з гірочних паркових постів.

Для приготування маневрових маршрутів при формуванні і виставленні поїздів у парк відправлення у західній горловині парку відправлення є пост централізації МВ-1

Маневрова робота на станції здійснюється двома тепловозами серії ЧМЕ-3. Маневрові локомотиви обладнані локомотивною сигналізацією типу АЛСН.

Для обробки перевізних документів на станції є станційний технологічний центр по обробці поїзної інформації і перевізних документів (СТЦ), розташований у східній горловині парку прибуття.

Інформацію про всі операції з поїздами свого формування оператор СТЦ вводить в ПЕОМ для передачі в інформаційно-статистичний центр (ІСЦ).

Пересилка перевізних документів з СТЦ у парк відправлення, транзитний парк і зворотно здійснюється по пневмопошті великого діаметру. Для пересилки документів у приміщеннях СТЦ, ДСПП парку відправлення, ДПЦ МВ-1, технологічного центру транзитного парку, ДСПП «Захід» та ДСПП «Схід» пасажирського парку є приймально-відправні пункти.

Для передачі сортувального листка із СТЦ черговому по гірці, операторам виконавчих постів використовуються принтери.

Для забезпечення безпеки праці старших прийомоздавальників вантажу, працівників ПТО парку прибуття і відправлення та транзитного парку колії станції обладнані пристроями централізованого огороження составів.

Пакети з перевізними документами на состави, які прибувають, локомотивна бригада опускає у приймальний бункер встановлений у східній горловині парку прибуття.

У поїзній і маневровій роботі станції використовуються 3 види зв'язку:

– поїзний радіозв'язок типу ЖР на частоті 2130 КГц - для радіозв'язку чергових по станції із машиністами поїзних локомотивів;

– станційний маневровий зв'язок – працює по 3-м каналам зв'язку на наступних частотах:

1 канал- 153,000 мгц - пасажирський парк;

2 канал - 153,050 мгц - механізована гірка;

3 канал-153,100 мгц - сортувальний парк.

Станційний зв'язок призначений для радіозв'язку маневрового диспетчера, чергових по гірці з машиністами маневрових локомотивів, бригадою складачів, операторами СТЦ і сигналістами;

– гучномовний двосторонній парковий зв'язок між ДСП, ДСЦ, ДСПГ, сигналістами, операторами гірочних постів, регулювальниками швидкості руху вагонів, приймальниками поїздів, черговими постів централізації, операторами станційного технологічного центру, працівниками інших служб.

Для інформації пасажирів про час прибуття, колії прийому пасажирських і приміських поїздів на вокзалі станції є сповіщальний гучномовний зв'язок. Всі централізовані стрілочні переводи обладнані пневматичною обдувкою.

Черговий по станції поста МРЦ має прямий телефонний зв'язок з ДСЦ, черговим поста, ДСПГ, черговим по паркам "Схід", "Захід", парка відправлення, черговим по вокзалу, черговим МВ-1, оператором ПТО пасажирського парку, з сигналістом поста №2, черговим по локомотивному депо.

На території станції Н розташовані локомотивне депо (ТЧ-8), вагонне депо (ВЧД-13), тягова підстанція (ЕЧК-7), дистанція контактної мережі (ЕЧ-3), дистанція колія (ПЧ-10).

2.2 Експлуатаційна характеристика роботи станції

На станції Н виконується приймання, відправлення, пропуск пасажирських, приміських та вантажних поїздів, розформування та формування составів, зміну поїзних локомотивів, технічне обслуговування і комерційний огляд поїздів, екіпіровку електросекцій.

Згідно з планом формування, графіком руху поїздів, планом вантажної роботи сортувальна система виконує такі операції:

- розформування поїздів, що прибувають в переробку;
- формування наскрізних, дільничних та вивізних поїздів;
- пропуск та обробка транзитних поїздів в тому числі із зміною локомотивів та локомотивних бригад;
- технічне обслуговування і комерційний огляд составів;
- відчеплення вагонів від транзитних поїздів з технічними або комерційними несправностями, що потребують їх усунення;
- подачу вагонів до пунктів навантаження-вивантаження на під'їзні колії станції, під промивку на дезінфекційно-промивочний пункт (ДПП), на колії пунктів перевантаження і прибирання їх на станцію;
- перестановку составів і груп вагонів з парка в парк і з однієї сортувальної системи в іншу;

- пропуск пасажирських та приміських поїздів і обслуговування пасажирів;
- подавання на колії механізованого вагоноремонтного пункту (МВРП) вагонів, що потребують відчіпного ремонту та прибирання після ремонту.

Транзитний вагонопотік, який проходить через станцію з переробкою, приймається з усіх напрямків у парк прибуття «Б».

Після виконання технологічних операцій вагони через гірку надходять у сортувальний парк. По мірі накопичення вони формуються у состави, переставляються у парк відправлення і відправляються за призначенням плану формування. Згідно плану формування на станції Н формуються:

- на напрям Р – наскрізні поїзди призначенням на станцію Р1, Р2, Р3 та Р4, а також дільничні поїзди призначенням на Р та збірні поїзди на Н-Р;
- на напрям Л – наскрізні поїзди призначенням на станцію Л1, Л2, Л3, Л4, Л5 і дільничні поїзди на Л та збірні поїзди призначенням на Н-Л;
- на напрям М – наскрізні поїзди призначенням на станцію М1, М2, дільничні поїзди на М та збірні поїзди призначенням на Н-М;
- на напрям Т – наскрізні поїзди призначенням на станцію Н1, Н2, Н3 та Н4, а також дільничні поїзди призначенням на Т та збірні поїзди на Н-Т.

Транзитний вагонопотік, який проходить через станцію без переробки приймається з усіх напрямків у транзитний парк.

Дільниці, що примикають до станції Н, обслуговуються електровозами серії ВЛ-80.

2.3. Висновки до розділу 2

В даний час залізничний транспорт функціонує в умовах конкуренції з іншими видами транспорту, тому проблема підвищення якості наданих послуг по перевезенню вантажів і пасажирів є дуже важливою.

Сортувальна станція Н розташована в районі населеного пункту і є вузловою. Це пункт зародження і погашення вагонопотоків. Від якості її роботи в значній мірі залежить функціонування залізничного вузла і підприємств міста. Ефективність ро-

боти сортувальної станції, у свою чергу, визначається рівнем її технічного оснащення і технологією роботи.

Заплановане в дипломній роботі збільшення кількості подач місцевих вагонів у зв'язку зі збільшенням виробничих потужностей прилеглих до станції підприємств вимагає впровадження доцільні технологічні та конструктивні рішення з метою пришвидшення формування вказаних поїздів. Це забезпечить зменшення тривалості даного процесу, та, в підсумку, дозволить зменшити витрати станції Н на маневрову роботу.

В рамках дослідження технічних засобів формування багатогрупних составів планується визначити раціональний сортувальний пристрій, а вибір доцільного методу формування забезпечить скорочення тривалості цього процесу.

3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ ВУЗЛОВОЇ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ Н

3.1 Визначення маси составу та кількості вагонів у складі поїзда

Для визначення розрахункових обсягів роботи станції Н в поїздах необхідно визначити кількість вагонів у складі поїзда, яка розраховується за наступною формулою:

$$m_{\text{сост}} = \frac{Q_{\text{бр}}}{q_{\text{бр}}}, \quad (3.1)$$

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

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

Маса поїзда визначається з умови повного використання потужності та тягових якостей локомотиву, а також кінетичної енергії поїзду у відповідності з нормами, що приведені в діючих ПТР [51].

Розрахунок маси составу виконують виходячи з наступних умов безупинного руху:

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

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

Припустивши, що запасу кінетичної енергії поїзда буде недостатньо для подолання такого підйому, визначаємо максимально можливу масу составу за наступною формулою:

$$Q_{\text{бр}} = \frac{F_{\text{кр}} - P(\omega_0' + i_p)}{\omega_0'' + i_p}, \quad (3.2)$$

де $F_{\text{кр}}$ - розрахункова сила тяги локомотива, $тс$;

P - розрахункова маса локомотива, t ;

ω_0' - основний питомий опір прямуванню локомотива, $кгс/тс$;

i_p - керівний ухил в тисячних;

ω_0'' - основний питомий опір прямуванню вантажних вагонів, $кгс/тс$.

Значення розрахункової сили тяги локомотива й основних питомих опорів прямуванню визначають для розрахункової швидкості локомотива, установленної чинними ПТР [51].

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

$$\omega_0' = 1,9 + 0,01V + 0,0003 V^2, \quad (3.3)$$

де V - розрахункова швидкість локомотива, $км/год$.

Основний питомий опір прямуванню вантажних чотиривісних вагонів на роликових підшипниках визначається за формулою:

$$\omega_0'' = 0,7 + \frac{(3 + 0,1V + 0,0025V^2)}{q_0}, \quad (3.4)$$

де q_0 - навантаження на вісь вагона, $т/вісь$, що визначається з виразу:

$$q_0 = \frac{q_{бр}}{n_{осей}}, \quad (3.5)$$

де $n_{осей}$ - кількість осей вагона;

$q_{бр}$ - маса вагону брутто, $т$, що визначається за формулою:

$$q_{бр} = q_n + q_t, \quad (3.6)$$

де q_n - маса вагону нетто (маса вантажу у вагоні), t ;

q_t – тара вагону, t .

Згідно Додатку А.1 приймаємо $q_n = 58 t$, $q_t = 22 t$,

Таким чином

$$q_{бр} = 58 + 22 = 80 t.$$

Приймаємо згідно Додатку А.1 $n_{осей}=4$,

Отже, навантаження на вісь становить:

$$q_0 = \frac{80}{4} = 20 t / вісь.$$

Керуючись ПТР [51] та Додатком А, п. А.1 для обчислення маси поїзда по кожній ділянці зводимо всі дані в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. – Дані для обчислення маси поїзду на ділянках

Ділянка	Вид тяги	Серія локомотиву	Дані локомотиву		
			$F, tс$	P, t	$V, км/год$
Всі	Електротяга, змінного струму.	ВЛ-80	49000	184	44,2

$$\omega_0' = 1,9 + 0,01 \cdot 44,2 + 0,0003 \cdot 44,2^2 = 2,93 \text{ кгс} / \text{тс};$$

$$\omega_0'' = 0,7 + \frac{(3 + 0,1 \cdot 44,2 + 0,0025 \cdot 44,2^2)}{20} = 1,32 \text{ кгс} / \text{тс}.$$

По кожній ділянці, що прилягає до станції Н, розраховується маса поїзда, з використанням формули 3.2:

Ділянка Н – Р (згідно Додатку А, п. А.1, розрахунковий ухил 5,8‰):

$$Q_{бр} = \frac{49000 - 184 \cdot (2,93 + 5,8)}{1,32 + 5,8} = 6656 t.$$

Ділянка Н – Л (згідно Додатку А, п. А.1, розрахунковий ухил 6,5‰):

$$Q_{бр} = \frac{49000 - 184 \cdot (2,93 + 6,5)}{1,32 + 6,5} = 6044 t.$$

Ділянка Н – М (згідно Додатку А, п. А.1, розрахунковий ухил 7,6‰):

$$Q_{\text{бр}} = \frac{49000 - 184 \cdot (2,93 + 7,6)}{1,32 + 7,6} = 5400 \text{ т.}$$

Ділянка Н – Т (згідно Додатку А, п. А.1, розрахунковий ухил 9‰):

$$Q_{\text{бр}} = \frac{49000 - 184 \cdot (2,93 + 9)}{1,32 + 9} = 4535 \text{ т.}$$

Оскільки на станції Н не передбачено операцій по зменшенню маси составів транзитних поїздів, то для них на всіх напрямках приймаємо $Q_{\text{бр}}=4500 \text{ т.}$

Таблиця 3.2 – Визначення маси поїзда на прилеглих до станції Н ділянках

Ділянка	ω'_o , кгс/тс	ω''_o , кгс/тс	Обчислена маса поїзда, т	Прийнята маса поїзда, т	
				Транзитні	Свого формування, в розбірку
Н-Р	2,93	1,32	6656	4500	6650
Н-Л	2,93	1,32	6044	4500	6000
Н-М	2,93	1,32	5276	4500	5250
Н-Т	2,93	1,32	4535	4500	4500

Визначимо кількість вагонів у складі поїзду:

– для транзитних з усіх напрямків:

$$m_{\text{сост}} = \frac{4500}{80} = 56,25; \text{ приймаємо } 56 \text{ вагонів};$$

– для ділянки Н-Р:

$$m_{\text{сост}} = \frac{6650}{80} = 83,13; \text{ приймаємо } 83 \text{ вагони};$$

– для ділянки Н-Л:

$$m_{\text{сост}} = \frac{6000}{80} = 75 \text{ вагонів};$$

– для ділянки Н-М:

$$m_{\text{сост}} = \frac{5250}{80} = 65,63; \text{ приймаємо } 65 \text{ вагонів};$$

– для ділянки Н-Т:

$$m_{\text{сост}} = \frac{4500}{80} = 56,25; \text{ приймаємо } 56 \text{ вагонів.}$$

Виконаємо перевірку кількості вагонів у складі поїзда на можливість розміщення на коліях станції.

Корисна довжина приймально-відправних колій визначається за формулою 3.7:

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

де $l_{\text{ваг}}$ - довжина вагона по осях автозчепів, м;

$l_{\text{лок}}$ - довжина локомотива, м;

a - допуск на неточність установки поїзда, м.

Звідси знайдемо кількість вагонів:

$$m_{\text{сост}} = (L_{\text{кор}} - l_{\text{лок}} - a) / l_{\text{ваг}}, \quad (3.8)$$

Згідно Додатку А.1 $l_{\text{ваг}} = 14$ м, згідно [1] приймаємо $l_{\text{лок}} = 33$ м та $a = 10$ м.

Тоді

$$m_{\text{сост}} = (850 - 33 - 10) / 14 = 57,64 \text{ ваг.}$$

Приймаємо 57 вагонів.

Отже, для поїздів свого формування та в переробку на усіх ділянках приймаємо $m_{\text{сост}} = 57$ вагонів.

3.2 Визначення розрахункових вагоно- та поїздопотоків

Розрахункові розміри вагонопотоків станції Н, що взяті з Додатку А приведені в таблиці 3.3:

Таблиця 3.3 – Загальні вагонопотоки сортувальної станції Н

На \ Из	Т	Л	Р	М	Н	Разом
Т	-	1180	364	475	47	2066
Л	1015	-	219	320	23	1577
Р	403	197	-	71	19	690
М	502	295	64	-	29	890
Н	43	28	16	31	-	118
Разом	1963	1700	663	897	118	5341

Прийнято, що транзитний вагонопотік сортувальної станції Н складає $\alpha=60\%$ від загального транзитного вагонопотоку $n_j^{\text{заг}}$ (дивись Додатку А.2). Таким чином, його значення можна визначити за виразом

$$n_j^{\text{тбп}} = \alpha \cdot n_j^{\text{заг}},$$

Результат розрахунків наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Транзитні без переробки вагонопотоки станції Н

На- \ Из	Т	Л	Р	М	Разом
Т	-	728	224	280	1232
Л	616	-	112	168	896
Р	224	112	-	56	392
М	280	168	56	-	504
Разом	1120	1008	392	504	3024

Розміри вагонопотоку, що переробляється на сортувальній станції Н розраховано та приведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Розміри вагонопотоку, що переробляється на станції Н

На \ Из	Т	Л	Р	М	Н	Разом
Т	-	452	140	195	47	834
Л	399	-	107	152	23	681
Р	179	85	-	15	19	298
М	222	127	8	-	29	386
Н	43	28	16	31	-	118
Разом	843	692	271	393	118	2317

Поїздопотоки, що проходять через станцію Н, визначаються як відношення кількості вагонів до складу поїзда:

$$N_j = \frac{n_j}{m}, \quad (3.9)$$

де n_j – кількість вагонів на j -й напрямку;

m – кількість вагонів у складі вантажного поїзду.

Наприклад, транзитний вагонопотік без переробки з Т на Л (табл. 2.4) становить 728 вагонів.

Тоді транзитний поїздопотік буде рівним:

$$N_{Н-Л} = \frac{728}{56} = 13 \text{ поїздів}$$

Результати цього та інших розрахунків поїздопотоків зводяться в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Загальні розміри вантажних поїздопотоків станції Н

Із \ На	Т	Л	Р	М	Разом	Станція Н		Всього
						в розф.	в т.ч. збірні	
Т	-	13	4	5	22	15	1	39
Л	11	-	2	3	16	12	1	28
Р	4	2	-	1	7	6	2	13
М	5	3	1	-	9	7	1	16
Разом	20	18	7	9	54	-	-	-
Н	свого формування	16	13	5	7	-	40	-
	в т.ч. збірні	1	1	2	1	-	-	5
Всього	36	31	12	16	-	-	-	94 95

Розміри пасажирських поїздопотоків згідно Додатку А, табл. А.2 приведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Розміри пасажирських поїздопотоків станції Н

Із \ На	Т	Л	Р	М	Разом
Т	-	4/3 ¹⁾	2/2	2/2	8/7
Л	4/3	-	1/1	-	5/4
Р	2/2	1/1	-	0/1	3/4
М	2/2	-	0/1	-	2/3
Разом	8/7	5/4	3/4	2/3	18/18

Примітка: ¹⁾ чисельник – швидкі та дальні; знаменник – приміські.

За даними таблиць 3.5 та 3.6 будуються діаграми вагоно- та поїздопотоків станції Н, що приведені на листі 2.

3.3. Визначення потрібної пропускної спроможності прилеглих до станції

Н ділянок

Потрібна пропускна спроможність прилеглих до станції Н ліній визначається за наступною формулою:

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

де α - коефіцієнт резерву пропускної спроможності;

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

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

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

Приймаємо згідно [52] $\alpha = 1,20$; $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,5$; $\varepsilon_{\text{зб}} = 2,0$.

Отже, за даними таблиці 2.6, потрібна пропускна спроможність прилеглих ліній складе:

$$N_{\text{Р-К}} = 1,20 \cdot (13 + 7 \cdot 1,5 + 2 \cdot (2 - 1)) = 30,6 \text{ пар поїздів};$$

Приймаємо 31 *пар поїздів*;

$$N_{\text{Л-К}} = 1,20 \cdot (31 + 9 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2 - 1)) = 54,6 \text{ пар поїздів};$$

Приймаємо 55 *пар поїздів*;

$$N_{\text{К-М}} = 1,20 \cdot (16 + 5 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2 - 1)) = 29,4 \text{ пар поїздів};$$

Приймаємо 30 *пар поїздів*;

$$N_{\text{К-Н}} = 1,20 \cdot (39 + 15 \cdot 1,5 + 1 \cdot (2 - 1)) = 75 \text{ пар поїздів}.$$

Згідно розрахованій потрібній пропускній спроможності прилеглих до станції Н ліній, вибираємо кількість головних колій і технічні засоби регулювання інтервалів між поїздами для цих ліній (таблиця 3.8).

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

Лінія	Потрібна пропускна спроможність N , пар поїздів	Необхідна кількість головних колій	Існуюча кількість головних колій	Пристрої СЦБ
Н-Р	31	1	2	одностороннє автоблокування
Н-Л	55	2	2	одностороннє автоблокування
Н-Т	75	2	2	одностороннє автоблокування
Н-М	30	1	2	одностороннє автоблокування

Оскільки кількість головних колій на лініях примикання відповідає або більша за фактичну то реконструкція головних колій не потрібна.

4 НОРМУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА РОЗРАХУНОК КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТАНЦІЇ Н

4.1 Нормування тривалості операцій технологічного процесу роботи станції Н

Для забезпечення нормальної роботи сортувальної станції Н необхідно вірно оцінити тривалості основних операцій технологічного процесу станції. Для проведення розрахунків, пов'язаних з нормуванням основних операцій, скористаємось [53].

Крім того, результати технічного нормування тривалості технологічних операцій використовуються для перевірки необхідної кількості колій у парках сортувальної станції Н.

4.1.1 Технічне нормування тривалості основних операцій в парку прийому сортувальної станції Н

На сортувальну станцію Н в парк прийому «Б» прибувають поїзди в розформовування з підходів Р, Л, М та Т, де з ними виконуються наступні операції:

- прийом поїзда на відповідну колію;
- обробка складу бригадою ПТО;
- розформовування складів на гірці.

Час заняття маршруту при прийомі поїзда в парк станції згідно [3] визначається за наступною формулою:

$$t_{3M} = t_M + \frac{0,06 \cdot l'_{\text{бл}}}{V} + \frac{0,06(l''_{\text{бл}} + L_{\text{вх}})}{V_{\text{вх}}}, \quad (4.1)$$

де t_M – час на приготування маршруту, хв;

$l'_{\text{бл}}, l''_{\text{бл}}$ – довжина першої та другої блок-ділянки, м;

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

$V_{\text{вх}}$ – середня швидкість входу поїзда на станцію, км/год;

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

$$L_{\text{вх}} = l_{\text{с}} + l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (4.2)$$

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

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

$l_{\text{п}}$ – довжина поїзда, м.

$$l_{\text{п}} = m_{\text{сост}} l_{\text{ваг}} + l_{\text{лок}}; \quad (4.3)$$

Довжина поїзда складе:

$$l_{\text{п}} = 57 \cdot 14 + 33 = 841 \text{ м.}$$

Згідно [53] приймаємо $l_{\text{с}} = 300 \text{ м}$; з плану станції приймаємо $l_{\text{гор}} = 350 \text{ м}$.

Тоді

$$L_{\text{вх}} = 300 + 350 + 841 = 1491 \text{ м.}$$

Приймаємо згідно [53] $t_{\text{м}} = 0,15 \text{ хв}$, $l'_{\text{віт}} = 1300 \text{ м}$ та $l''_{\text{віт}} = 1100 \text{ м}$, $V = 70 \text{ км/год}$,

$V_{\text{вх}} = 40 \text{ км/год}$.

Таким чином отримаємо наступне значення часу заняття маршруту:

$$t_{\text{зм}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1300}{70} + \frac{0,06 \cdot (1100 + 1491)}{40} = 5,1 \text{ хв.}$$

Час, пов'язаний із закріпленням рухомого складу на коліях парку прийому визначається за формулою:

$$t_{\text{зак}} = 0,08 \cdot n + 0,01 \cdot l_{\text{прох}}, \quad (4.4)$$

де n – середня кількість гальмівних башмаків, що укладається під состав,

$l_{\text{прох}}$ – середня відстань, яку проходить сигналіст при закріпленні составу.

Згідно Додатку А приймаємо $n = 10$ башмаків; $l_{\text{прох}} = 120 \text{ м}$.

Отже,

$$t_{\text{зак}} = 0,08 \cdot 10 + 0,01 \cdot 120 = 2,0 \text{ хв.}$$

Час, що необхідний на технічний огляд складу вантажного поїзда бригадою ПТО, визначається за формулою:

$$t_{\text{ПТО}} = \frac{\tau \cdot m_c}{K_{\text{гр}}} + a, \quad (4.5)$$

де τ – середня тривалість технічного огляду одного вагону з урахуванням незначного безвідчипного ремонту;

m_c – число вагонів в складі поїзду;

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

a – час підготовчо-заклучних операцій.

Згідно [54] приймаємо $\tau = 0,9$ хв, згідно [3] $a = 2,4$ хв.

Отже, час, що необхідний на технічний огляд складу вантажного поїзда бригадою ПТО складе

$$t_{\text{ПТО}} = \frac{0,9 \cdot 57}{3} + 2,4 = 19,5 \text{ хв.}$$

4.1.2 Технічне нормування тривалості операцій по розформуванню складів на сортувальній гірці

Технологічний час на розформування поїздів на сортувальній гірці складається з наступних операцій:

- заїзд гіркового локомотива в парк прибуття під склад t_3 ;
- насув складу на гірку $t_{\text{нас}}$;
- розпуску складу на сортувальній гірці t_p ;
- осаджування складів у сортувальному парку $t_{\text{ос}}$.

Схема розташування парків станції Н в районі гіркової горловини сортувального парку приведена на рисунку 4.1.

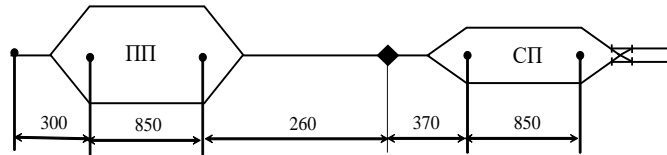


Рисунок 4.1. Схема взаємного розташування парків «Б» та «В»

Час на заїзд визначається як сума тривалості напіврейсів заїзду.

Розрахунок тривалості маневрових напіврейсів визначається за наступною формулою, згідно з [53]:

$$t_{\text{нр}} = \frac{1}{60} \left(\frac{(\alpha_{\text{пр}} + \beta_{\text{пр}} m) v}{2} + 3,6 \frac{L_{\text{нр}}}{v} \right), \quad (4.6)$$

де $\alpha_{\text{пр}}$ — коефіцієнт, що враховує час, необхідний для зміни швидкості локомотиву на 1 км/год під час розгону та гальмування, с/км/год;

$\beta_{\text{пр}}$ — коефіцієнт, що враховує додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона у маневровому складі на 1 км/год під час розгону та гальмування, с/км/год;

$L_{\text{нр}}$ — довжина напіврейсу, м;

v — швидкість руху під час маневрів, км/год.

Довжина першого напіврейсу маневрового локомотива з горба гірки за горловину парку прийому «Б» (див. рис. 4.1.) складає:

$$L_1 = 260 + 850 + 300 = 1410 \text{ м.}$$

Приймаємо $\alpha_{\text{пр}} = 2,44 \text{ с/км/год}$, $\beta_{\text{пр}} = 0,10 \text{ с/км/год}$ згідно [53].

Тривалість заїзду локомотива складе:

$$t_{\text{нр}} = \frac{1}{60} \left(\frac{(2,44 + 0,10 \cdot 0) \cdot 15}{2} + 3,6 \frac{1410}{15} \right) = 5,95 \text{ хв};$$

Довжина другого напіврейсу з хвоста парку «Б» під склад $L_2 = 300 \text{ м}$.

Таким чином, тривалість заїзду локомотива під состав становить:

$$t_{\text{нр}} = \frac{1}{60} \left(\frac{(2,44 + 0,10 \cdot 0) \cdot 15}{2} + 3,6 \frac{300}{15} \right) = 1,5 \text{ хв};$$

Загальний час на заїзд локомотиву під состав складе:

$$t_{\text{нр}} = 5,95 + 1,5 = 7,45; \text{ приймаємо } t_{\text{нр}} = 7,5 \text{ хв.}$$

Тривалість насуву составу на вершину гірки визначається за формулою:

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,068 \frac{l_{\text{нас}} - 60}{10}, \quad (4.7)$$

де $l_{\text{нас}}$ – відстань насуву (див. рис. 4.1).

Тривалість насуву складе

$$t_{\text{нас}} = 1,417 + 0,068 \frac{260 - 60}{10} = 2,8 \text{ хв.}$$

Час на розпуск составу на гірці визначається за формулою:

$$t_{\text{р}} = \frac{l_{\text{ваг}} \cdot m_{\text{с}}}{V \cdot 60}, \quad (4.8)$$

де $l_{\text{ваг}}$ – середня довжина вагону, м;

$m_{\text{с}}$ – число вагонів в составі поїзда;

$V_{\text{р}}$ – середня швидкість розпуску;

Для гірки середньої потужності швидкість складає $V_{\text{р}} = 1,40 \text{ м/с}$.

$$t_{\text{р}} = \frac{14 \cdot 57}{1,40 \cdot 60} = 9,5 \text{ хв.}$$

Час на осаджування вагонів на коліях сортувального парку визначається за наступною емпіричною формулою:

$$t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot m_{\text{с}}, \quad (4.9)$$

Таким чином

$$t_{oc} = 0,06 \cdot 57 = 3,4 \text{ хв}$$

Графік організації роботи гірки при одному маневровому локомотиві наведено на рис. 4.2 (осаджування виконується після розпуску трьох составів).

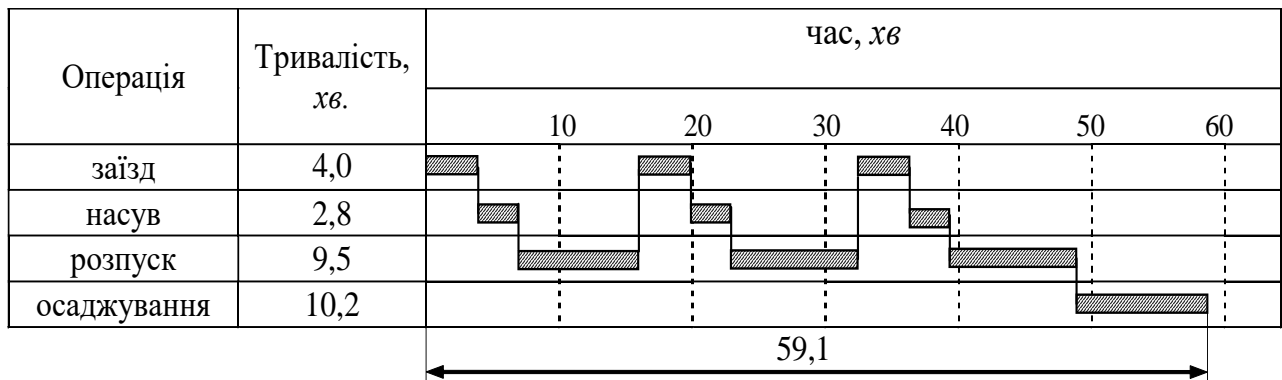


Рисунок 4.2. Технологічний графік роботи сортувальної гірки

Як видно з графіка, технологічний цикл роботи гірки $T_{\text{ц}}$, тобто час між закінченням одного осаджування до закінчення наступного, дорівнює 59,1 хв. (див. рис. 3.2), а гірочний інтервал складає:

$$t_r = \frac{T_{\text{ц}}}{n_{\text{ц}}}, \quad (4.10)$$

де $n_{\text{ц}}$ – кількість составів, розформованих за один цикл.

Отже, гірочний інтервал буде рівним

$$t_r = \frac{59,1}{3} = 19,7 \text{ хв.}$$

4.1.3 Технічне нормування основних операцій в сортувальному парку

В сортувальному парку «В», окрім процесу накопичення вагонів на відповідні напрямки, виконується закінчення формування збірних і групових поїздів. Згідно табл. 3.6, станція Н формує 5 збірних поїздів та 41 одногрупний поїзд.

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

Тривалість закінчення формування збірного поїзда можна визначити за наступною формулою:

$$T_{\text{зф}}^{\text{зб}} = t_{\text{з}} + t_{\text{вит}} + t_{\text{р}} + T_{\text{зб}}, \quad (4.11)$$

де $t_{\text{з}}$ – час на заїзд маневрового локомотива і причіпку його до состава збірного поїзда, хв.;

$t_{\text{вит}}$ – час витягування составу на колію парку прийому, хв.;

$t_{\text{р}}$ – час розпуску составу збірного поїзду через гірку, хв.;

$T_{\text{зб}}$ – час збирання груп вагонів з відповідних колій, хв

При заїзді локомотив прослідує відстань від вихідної горловини парку прийому за граничний стовпчик сортувальної колії (див. рис. 4.1).

$$L_1 = 260 + 370 = 630 \text{ м.}$$

Тривалість заїзду локомотива складе:

$$t_{\text{нр}} = \frac{1}{60} \left(\frac{(2,44 + 0,10 \cdot 0) \cdot 15}{2} + 3,6 \frac{630}{15} \right) = 2,8 \text{ хв.};$$

Час на причіпку прийнято 1 хв, згідно [53]. Таким чином,

$$t_{\text{з}} = 2,8 + 1,0 = 3,8 \text{ хв.}$$

Час на витягування составу на колію парку прийому знаходиться за формулою (4.5). При середньому составі збірного поїзда $m_{\text{зб}} = 30$ ваг (згідно Додатку А.3), довжина напіврейсу витягування складає:

$$l_{\text{виг}} = 630 + 30 \cdot 14 = 1050 \text{ м,}$$

Таким чином,

$$t_{\text{виг}} = \frac{1}{60} \left(\frac{(2,44 + 0,10 \cdot 30) \cdot 15}{2} + 3,6 \frac{1050}{15} \right) = 4,9 \text{ хв.}$$

Час розпуску составу збірною поїзда визначається за формулою (4.8) і становить:

$$t_p = \frac{14 \cdot 30}{1,40 \cdot 60} = 5,0 \text{ хв.}$$

Час збирання груп вагонів з колій визначається за формулою:

$$T_{\text{зб}} = 1,8 \cdot p + 0,3 \cdot m_{\text{зб}}, \quad (4.12)$$

де p – кількість колій, з яких збираються вагони.

В даному випадку їх можна прийняти рівною середній кількості призначень вагонів в збірному поїзді, яка, згідно Додатку А, рівна 5 колій.

$$T_{\text{зб}} = 1,8 \cdot 5 + 0,3 \cdot 30 = 18,0 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{зф}}^{\text{зб}} = 3,8 + 4,9 + 5,0 + 18,0 = 31,7 \text{ хв.}$$

Нормативний час на закінчення формування одноступінних поїздів визначається за формулою:

$$T_{\text{зф}}^{\text{од}} = T_{\text{ПТЕ}} + T_{\text{підт}}, \quad (4.13)$$

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

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

$$T_{\text{ПТЕ}} = B + E \cdot m, \quad (4.14)$$

де B, E – нормативні коефіцієнти, що визначаються по [54, табл. 6].

При $n_0 = 0,5$, як зазначено в Додатку А, (середня кількість операцій по розчепленню вагонів на один состав) коефіцієнти $B = 1,6$ та $E = 0,1$.

Час на підтягування вагонів визначається наступним чином:

$$T_{\text{підт}} = 0,08 \cdot m, \quad (4.15)$$

Визначимо час необхідний на розстановку вагонів у составі поїзда відповідно до вимог ПТЕ:

$$T_{\text{ПТЕ}} = 1,6 + 0,1 \cdot 57 = 4,6 \text{ хв.}$$

Тоді

$$T_{\text{підт}} = 0,08 \cdot 57 = 2,4 \text{ хв.}$$

Отже, нормативний час на закінчення формування одногрупного поїзда буде мати наступне значення:

$$T_{\text{зф}}^{\text{од}} = 4,6 + 2,4 = 7,0 \text{ хв.}$$

4.1.4 Технічне нормування тривалості технологічних операцій в парку відправлення «Г»

В парку відправлення «Г» даної сортувальної станції Н виконуються наступні операції з поїздами:

- перестановка составів свого формування з сортувального парку на колії парку відправлення;
- обробка составів поїздів бригадами ПТО;
- причіпка локомотивів до поїздів свого формування;
- випробування автогальм;
- відправлення поїздів.

Час на перестановку состава з сортувального парку визначається в залежності від довжини напіврейсу перестановки за формулою (4.6). Довжина напіврейсу перестановки визначається по рисунку 4.3.

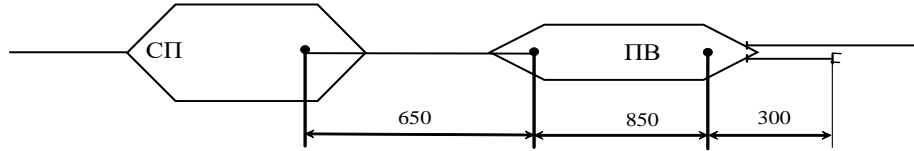


Рисунок 4.3 Схема взаємного розташування сортувального і відправного парків станції

При перестановці состава свого формування із сортувального парку у відправний парк потрібно подолати наступну відстань:

$$l_{\text{св.ф.}} = 650 + 850 = 1500 \text{ м,}$$

Час на перестановку состава свого формування із сортувального парку у відправний парк складає:

$$t_{\text{св.ф.}} = \frac{1}{60} \left(\frac{(2,44 + 0,10 \cdot 57) \cdot 15}{2} + 3,6 \frac{1500}{15} \right) = 7,0 \text{ хв.}$$

Час на зняття закріплення составів $t_{\text{зак}}$ розраховується за формулою (4.4) та складає 2,0 хв.

Тривалість обробки состава бригадою ПТО визначається за формулою:

$$t_{\text{обр}} = \frac{\tau \cdot m_{\text{с}}}{K_{\text{гр}}} + \alpha \cdot t_{\text{рем}} + a, \quad (3.3)$$

де α – частка составів, що вимагають трудомісткого безвідчіпного ремонту;

$t_{\text{рем}}$ – середня тривалість безвідчіпного ремонту вагонів, що припадає на один состав, хв.

Згідно [54] приймаємо $\alpha = 0,2$, $t_{\text{рем}} = 20,0$ хв.

Отже,

$$t_{\text{обр}} = \frac{0,9 \cdot 57}{3} + 0,2 \cdot 20 + 2,4 = 22,3 \text{ хв.}$$

Час на причіпку локомотива згідно [53] приймаємо 2 хв.

Тривалість випробування автогальм визначається за формулою:

$$t_{\text{гал}} = 3,0 + 0,14 \cdot m, \quad (4.4)$$

Таким чином

$$t_{\text{гал}} = 3,0 + 0,14 \cdot 57 = 10,9 \text{ хв.}$$

Час заняття колії при відправленні поїзда визначається за формулою:

$$t_{\text{зан}} = t_{\text{п}} + \frac{0,06 \cdot L_{\text{вих}}}{V_{\text{вих}}}, \quad (4.18)$$

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

$V_{\text{вих}}$ – середня швидкість виходу поїзда зі станції з урахуванням розгону, км/год.

$$L_{\text{вих}} = l_{\text{гор}} + l_{\text{п}}, \quad (3.19)$$

де $l_{\text{гор}}$ – довжина горловини парку.

Згідно плану станції приймаємо $l_{\text{гор}} = 300 \text{ м}$,

Отже,

$$L_{\text{гор}} = 300 + 841 = 1141 \text{ м.}$$

Згідно [52] приймаємо $V_{\text{вих}} = 35 \text{ км/год}$,

Тоді

$$t_{\text{зан}} = 0,15 + \frac{0,06 \cdot 1141}{35} = 2,2 \text{ хв.}$$

4.2 Розрахунок потрібної кількості колій в парках станції

Колійний розвиток парків сортувальної системи повинен відповідати розрахунковим обсягам роботи станції і забезпечувати найменші простоя поїздів, пов'язані з відсутністю вільних колій для приймання чи перестановки составів. Існуючий колійний розвиток включає: в парку прийому «Б» – 6 колій, в сортувальному парку «В» – 24 колії, у відправному парку «Г» – 6 колій, в транзитному парку «Д» – 7 колій, у пасажирському парку «Е» – 4 колії.

4.2.1 Розрахунок необхідної кількості колій в парку прийому

В парк «Б» прибувають поїзди в розформування з напрямків Л, Р, М і Т. Колійний розвиток парку включає шість колій для приймання поїздів. Кількість колій, що необхідна в парку прийому згідно [4] визначається за формулою:

$$m_{\text{шт}} = 0,01 \cdot N_p + n_{\text{оч}}^c + n_{\text{оч}}^p + f \cdot \sqrt{(n_{\text{оч}}^c)^2 + (n_{\text{оч}}^p + \Delta)^2}, \quad (4.20)$$

де N_p – число поїздів, що прибуває в розформування;

$n_{\text{оч}}^c$ – середнє число составів, що знаходяться в парку в очікуванні і в процесі технічного огляду;

$n_{\text{оч}}^p$ – середнє число составів, що знаходяться в парку прийому в очікуванні розформування;

f – кількість середніх квадратичних відхилень кількості составів, що одночасно знаходяться в парку, від середнього значення цього числа составів, приймаємо $f = 2$;

Δ – параметр, що залежить від коефіцієнтів варіації інтервалів між моментами надходження составів в систему $v_{\text{вх}}$, коефіцієнта варіації тривалості обслуговування $v_{\text{об}}$ і завантаження системи ψ .

Середнє число составів, що знаходяться в парку в очікуванні і в процесі технічного огляду визначається по формулі:

$$n_{\text{оч}}^c = n_{\text{оч}}^{\text{то}} + \Psi_{\text{бр}}, \quad (4.21)$$

де $n_{\text{оч}}^{\text{то}}$ – середнє число составів, що знаходяться в очікуванні технічного огляду;

$\Psi_{\text{бр}}$ – завантаження бригади ПТО, що визначається за формулою:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{t_{\text{пто}} \cdot N_p}{1440}. \quad (4.22)$$

Враховуючи те, що час обробки состава бригадою ПТО був визначений раніше (див. п. 4.1) і складає 19,5 хв, а із табл. 2.6 $N_p = 40$ поїздів маємо:

$$\Psi_{\text{бр}} = \frac{19,5 \cdot 40}{1440} = 0,54$$

Середнє число составів, що знаходяться в очікуванні технічного огляду, визначається за формулою:

$$n_{\text{оч}}^{\text{то}} = \frac{\Psi_{\text{бр}} \cdot (1 + v_{\text{то}}^2) + v_{\text{вх}}^2 - 1}{2 \cdot (\Psi_{\text{бр}}^{-1} - 1)} + \varepsilon, \quad (4.23)$$

де $v_{\text{то}}$ – коефіцієнт варіації тривалості технічного огляду составів бригадою ПТО;

$v_{\text{вх}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами прибуття поїздів в парк прийому «Б»;

ε – коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта варіації інтервалів між моментами прибуття поїздів в парк прийому «Б».

Приймаємо згідно [52] $v_{\text{то}} = 0,25$, $v_{\text{вх}} = 0,8$, при $v_{\text{вх}} = 0,8$ $\varepsilon = 0,06$.

$$n_{\text{оч}}^{\text{то}} = \frac{0,54 \cdot (1 + 0,25^2) + 0,8^2 - 1}{2 \cdot (0,49^{-1} - 1)} + 0,06 = 0,22 \text{ поїздів},$$

Отже

$$n_{\text{оч}}^c = 0,22 + 0,54 = 0,76 \text{ поїздів}.$$

Середнє число составів, що знаходяться в парку прийому в очікуванні розформування визначається за формулою:

$$n_{\text{оч}}^p = \frac{\Psi_r \cdot (1 + v_r^2) + v_{\text{вх.г}}^2 - 1}{2 \cdot (\Psi_r^{-1} - 1)} + \varepsilon, \quad (4.24)$$

де Ψ_r – коефіцієнт завантаження сортувальної гірки;

v_r – коефіцієнт варіації гірочного інтервалу;

$v_{\text{вх.г}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами надходження составів на сортувальну гірку.

Коефіцієнт завантаження сортувальної гірки визначається за формулою:

$$\Psi_r = \frac{N_p \cdot t_r}{1440}, \quad (4.25)$$

де t_r – гірочний інтервал.

Згідно п. 4.1.2 $t_r = 19,7$ хв.

Тоді

$$\Psi_r = \frac{40 \cdot 19,7}{1440} = 0,55$$

Коефіцієнт варіації інтервалів між моментами надходження составів на сортувальну гірку визначається за наступною формулою:

$$v_{\text{вх.г}} = v_{\text{вх}} - 0,5 \cdot (v_{\text{вх}} - v_{\text{то}}) \cdot \Psi_{\text{бр}}^{2 \cdot v_{\text{вх}}}, \quad (4.26)$$

$$v_{\text{вх.г}} = 0,8 - 0,5 \cdot (0,8 - 0,25) \cdot 0,54^{2 \cdot 0,8} = 0,66.$$

Значення ε залежить від $v_{\text{вх.г}}$, тому приймаємо, що $\varepsilon = 0,09$ згідно [54], а , згідно [52] приймаємо $v_r = 0,4$.

Тоді розрахуємо $n_{оч}^p$ за формулою (4.24):

$$n_{оч}^p = \frac{0,50 \cdot (1 + 0,4^2) + 0,66^2 - 1}{2 \cdot (0,55^{-1} - 1)} + 0,09 = 0,065 \text{ поїздів.}$$

Згідно з [54] приймаємо $\Delta=0,27$.

Тоді кількість колій в парку прийому складатиме:

$$m_{пш} = 0,01 \cdot 40 + 0,76 + 0,065 + 2 \cdot \sqrt{0,71^2 + (0,065 + 0,27)^2} = 2,80 \text{ колій.}$$

В парку прийому мінімальна кількість колій при 40 поїздах в розформування становить 3 колії. З урахуванням однієї ходової колії для гірчного локомотива в парку прийому потрібно мати 4 колії. Оскільки розрахована кількість колій менша за існуючу, робимо висновок, що колійний розвиток парку прийому «Б» задовольняє даним розмірам руху.

4.2.2 Розрахунок необхідної кількості колій в сортувальному парку

В сортувальному парку виконується накопичення вагонів по призначенням плану формування. Колійний розвиток парку включає 24 колії. Число сортувальних колій визначається в залежності від числа призначень за планом формування поїздів, добового числа вагонів кожного призначення та технології роботи по формуванню поїздів. На кожне призначення плану формування виділяється окрема сортувальна колія. Для призначень з добовим вагонопотоком більше 200 вагонів виділяють дві колії.

Результати розрахунку кількості колій у сортувальному парку приведено у вигляді таблиці 4.1.

Таким чином, для нормальної роботи в сортувальному парку потрібна всього 21 колія.

4.2.3 Розрахунок та перевірка необхідної кількості колій в парку відправлення «Г» та транзитному парку «Д»

В транзитний парку, колійний розвиток якого включає 7 колій, прибувають транзитні вантажні поїзди зі всіх напрямків, а в парку відправлення «Г» є 6 колій, на які виставляються поїзди свого формування з сортувального парку «В».

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку кількості колій

Призначення		Добовий вагонопотік	Кількість колій
Л	Л1	92	1
	Л2	114	1
	Л3	175	1
	Л4	138	1
	Л5	115	1
	Л _{зб}	30	1
Р	Р1	54	1
	Р2	36	1
	Р3	48	1
	Р4	57	1
	Р _{зб}	60	1
Т	Н1	231	2
	Н2	192	1
	Н3	198	1
	Н4	149	1
	Н _{зб}	30	1
М	М1	146	1
	М2	186	1
	М _{зб}	30	1
Н		118	1
Всього		2317	21

Необхідне число колій у парку відправлення визначається за формулою 4.28, а число колій у транзитному парку – за формулою 4.29:

$$m_{\text{пв}} = 0,015 \cdot N_{\text{сф}} + n_{\text{с}}^{\text{обп}} + n_{\text{оч}}^{\text{л}} + \sum_{i=1}^d n_{\text{оч}}^{\text{від}} + 1,5 \sqrt{(n_{\text{с}}^{\text{обп}})^2 + (n_{\text{оч}}^{\text{л}} + 0,5)^2 + \sum_{i=1}^d (n_{\text{оч}}^{\text{від}} + 0,5)_i^2}, \quad (4.28)$$

$$m_{\text{тр}} = 0,015 \cdot N_{\text{тр}} + n_{\text{с}}^{\text{обп}} + n_{\text{оч}}^{\text{л}} + \sum_{i=1}^d n_{\text{оч}}^{\text{від}} + 1,5 \sqrt{(n_{\text{с}}^{\text{обп}})^2 + (n_{\text{оч}}^{\text{л}} + 0,5)^2 + \sum_{i=1}^d (n_{\text{оч}}^{\text{від}} + 0,5)_i^2}, \quad (4.29)$$

де $N_{\text{тр}}$ – число транзитних поїздів;

d – число напрямків відправлення поїздів, для транзитного та відправного парків $d = 4$;

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

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

$n_c^{\text{обр}}$ – середнє число составів в очікуванні обробки, що визначається за наступною формулою:

$$n_c^{\text{обр}} = \left(\frac{\psi_{\text{бр}}^3 (v_{\text{вх}}^2 + v_{\text{обр}}^2)}{1 - \psi_{\text{бр}}^2} - \psi_{\text{бр}} (1 - v_{\text{вх}}^2) + 0,06 \right) + S \cdot \psi_{\text{бр}}, \quad (4.30)$$

де $\psi_{\text{бр}}$ – коефіцієнт завантаження бригади ПТО;

$v_{\text{вх}}$ – коефіцієнт варіації вхідного потоку;

$v_{\text{обр}}$ – коефіцієнт варіації тривалості обробки состава;

S – кількість бригад ПТО у парках – у кожному парку працює по одній бригаді ПТО, а у кожній бригаді по три групи;

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО визначається за формулою:

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{t_{\text{обр}} \cdot N}{1440 \cdot S}. \quad (4.31)$$

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО, що працює в парку відправлення:

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{22,3 \cdot 41}{1440 \cdot 1} = 0,63.$$

Згідно таблиці 4.6 $N_{\text{п}} = 54$ поїзда.

Коефіцієнт завантаження бригади ПТО, що працюють в транзитному парку становить:

$$\psi_{\text{бр}} = \frac{22,3 \cdot 54}{1440 \cdot 1} = 0,83.$$

Згідно [54] приймаємо $v_{\text{вх}} = 0,9$ та $v_{\text{обр}} = 0,3$.

Середнє число составів в очікуванні обробки в парку відправлення:

$$n_c^{\text{обр}} = \left(\frac{0,63^3 (0,9^2 + 0,3^2)}{1 - 0,63^2} - 0,63 \cdot (1 - 0,9^2) + 0,06 \right) + 1 \cdot 0,63 = 0,95 \text{ поїздів.}$$

Середнє число составів в очікуванні обробки в транзитному парку:

$$n_c^{\text{обр}} = \left(\frac{0,83^3(0,9^2 + 0,3^2)}{1 - 0,83^2} - 0,83 \cdot (1 - 0,9^2) + 0,06 \right) + 1 \cdot 0,83 = 1,41 \text{ поїзда.}$$

Середнє число составів, що знаходяться в очікуванні причіпки локомотива визначається за формулою:

$$n_{\text{оч}}^{\text{л}} = (1,16 \cdot v_{\text{гот}} + 0,81 \cdot v_{\text{л}}^2 - 0,35 + \varepsilon) + (2,58 \cdot v_{\text{гот}}^2 + 3,23 \cdot v_{\text{л}}^2 + 0,75)(\psi_{\text{л}} - 0,7), \quad (4.32)$$

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

$\psi_{\text{л}}$ – коефіцієнт завантаження локомотивів;

$v_{\text{л}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами готовності локомотивів для подачі їх до составів поїздів.

Приймаємо згідно [54] $v_{\text{гот}} = 0,6$, $\psi_{\text{л}} = 0,75$ та $v_{\text{л}} = 0,6$.

$$n_{\text{оч}}^{\text{л}} = (1,16 \cdot 0,6 + 0,81 \cdot 0,6^2 - 0,35 + 0,06) + (2,58 \cdot 0,6^2 + 3,23 \cdot 0,6^2 + 0,75)(0,75 - 0,7) = 0,84 \text{ поїзда}$$

Середнє число поїздів в очікуванні відправлення визначається за наступною формулою:

$$n_{\text{оч}}^{\text{від}} = \frac{\psi_{\text{діл}} \cdot (1 + v_{\text{від}}^2) + (v'_{\text{гот}})^2 - 1}{2 \cdot (\psi_{\text{діл}}^{-1} - 1)} + 0,1, \quad (4.33)$$

де $\psi_{\text{діл}}$ – коефіцієнт завантаження ділянки;

$v_{\text{від}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між розкладами відправлення поїздів по графіку;

$v'_{\text{гот}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів між моментами фактичної причіпки локомотивів до поїздів, що відправляються.

$$v'_{\text{гот}} = v_{\text{гот}} - 0,5 \cdot (v_{\text{гот}} - v_{\text{лок}}) \cdot \psi_{\text{лок}}^{2 \cdot v_{\text{гот}}}. \quad (4.34)$$

Для всіх напрямків маємо:

$$v'_{\text{гот}} = 0,6 - 0,5 \cdot (0,6 - 0,6) \cdot 0,75^{2 \cdot 0,6} = 0,6.$$

Коефіцієнт завантаження ділянки визначається за формулою:

$$\Psi_{\text{діл}} = \frac{(N_{\text{тр}} + N_{\text{сф}} + N_{\text{пас}})}{N}, \quad (4.35)$$

де N – наявна пропускна спроможність ділянки.

Для ділянки Н-Р маємо:

Згідно розділу 2 $N=31$ пара поїздів;

Тоді завантаження ділянки буде мати значення:

$$\Psi_{\text{діл}} = \frac{(7 + 5 + 7)}{31} = 0,61. \quad (4.36)$$

Згідно [54] приймаємо $v_{\text{від}} = 0,7$.

Отже

$$n_{\text{оч}}^{\text{від}} = \frac{0,61 \cdot (1 + 0,7^2) + 0,6^2 - 1}{2 \cdot (0,61^{-1} - 1)} + 0,1 = 0,19 \text{ поїздів}$$

Подальші розрахунки приведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок середнього числа поїздів в очікуванні відправлення

Ділянка	$N, \text{ пар поїздів}$	$\Psi_{\text{діл}}$	$n_{\text{оч}}^{\text{від}}, \text{ поїздів}$	$n_{\text{оч}}^{\text{від}} + 0,5$	$(n_{\text{оч}}^{\text{від}} + 0,5)^2$
Н – Р	31	0,61	0,19	0,69	0,47
Н – Л	55	0,72	0,18	0,68	0,47
Н – М	30	0,71	0,18	0,68	0,47
Н – Т	75	0,69	0,18	0,68	0,47
Разом			0,74		1,88

Необхідне число колій у парку відправлення складе:

$$m_b = 0,015 \cdot 41 + 0,95 + 0,84 + 0,74 + 1,5 \sqrt{(0,95)^2 + (0,84 + 0,5)^2} + 1,88 = 5,85 \text{ колій}$$

Число колій у транзитному парку складе:

$$m_{тр} = 0,015 \cdot 54 + 1,41 + 0,84 + 0,74 + 1,5 \sqrt{(1,41)^2 + (0,84 + 0,5)^2} + 1,88 = 6,96 \text{ колій}$$

Таким чином, у відправному парку потрібно 6 колій, а в транзитному парку потрібно мати 7 колій, що відповідає наявній їх кількості.

Проведений розрахунок говорить про те, що існуючий колійний розвиток повністю задовольняє розрахунковий обсяг роботи.

4.2.4 Розрахунок необхідної кількості маневрових витяжних колій

Кількість маневрових витяжних колій, що знаходяться в хвості сортувального парку залежить від часу їх зайняття за добу і знаходиться за формулою:

$$m_{\text{вит}} = \frac{t_{\text{зан}}}{1440}, \quad (4.37)$$

де $t_{\text{зан}}$ – час заняття маневрової витяжної колії, хв.

Маневрові витяжні колії потрібні для перестановки, а також для закінчення формування составів, що накопичилися у сортувальному парку. Відповідно до п. 4.2, закінчення формування збірних поїздів виконується за допомогою сортувальної гірки, тому ця операція не буде впливати на кількість маневрових витяжних колій. Збірні поїзди лише займають витяжну колію під час їх перестановки у приймально-відправні парки. Тому час заняття маневрової витяжної колії можна визначити за формулою:

$$t_{\text{зан}} = (T_{\text{зф}}^{\text{од}} + t_{\text{пер}}) \cdot N_{\text{од}} + t_{\text{пер}} \cdot N_{\text{зб}}, \quad (4.38)$$

де $N_{\text{зб}}$ – число збірних поїздів;

$N_{\text{од}}$ – число односторонніх поїздів;

Згідно таблиці 3.6 $N_{\text{зб}} = 5$ поїздів,

Тоді

$$N_{\text{од}} = N_{\text{сф}} - N_{\text{зб}} = 41 - 5 = 36 \text{ поїздів};$$

$t_{\text{пер}}$ – час, потрібний на перестановку составу в приймально-відправний парк.

Згідно п. 4.1.4. приймаємо $t_{\text{пер}} = 7,0 \text{ хв}$.

Таким чином

$$t_{\text{зан}} = (7,0 + 7,0) \cdot 36 + 7,0 \cdot 5 = 539 \text{ хв},$$

Тоді

$$m_{\text{вит}} = \frac{539}{1440} = 0,37 \text{ колій}.$$

Отже, потрібна одна колія, в той час як на станції є дві витяжні колії.

Зробивши розрахунки усіх необхідних параметрів, можна зробити висновок, що існуючий колійний розвиток співпадає або краще розрахункового значення і, таким чином, задовольняє розрахунковому об'єму роботи.

5 АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

5.1 Технічна характеристика існуючої сортувальної гірки

Тип або потужність сортувальної гірки визначається по добовому вагонопотоку, що має бути перероблений на ній та кількості колій в сортувальному парку. В даному випадку вагонопотік сягає 2317 ваг/добу, а в сортувальному парку є 24 колії, тому приймається гірка середньої потужності (ГСП), згідно [5, табл. 2.1], що відповідає характеристикам існуючої гірки станції Н.

Основними характеристиками гірочної горловини є одна колія насуву, одна колія розпуску та одна обхідна колія. Сортувальний парк включає три пучка по вісім колій, стрілочні переводи Р50 марки хрестовини 1/6 та обладнаний трьома гальмівними позиціями:

- ГП1 (головна) – 2хКНП-5;
- ГП2 (пучкова) – 2хКНП-5;
- ПГП (паркова) – 2хРНЗ-2М.

План гірочної горловини приведений на листі 3.

Відстань до граничного стовпчика від центру стрілочного перевodu для колій 37 та 38 становить $S_{гс} = 30$ м.

5.2 Розрахунок висоти сортувальної гірки

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

За розрахунковий бігун приймаємо критий 4-вісний вагон легкої вагової категорії масою 25 т з роликівими підшипниками.

За розрахункову важку колію приймаємо ту колію, на якій по маршруту скоювання сумарна питома робота всіх сил опору руху має найбільше значення. Такою колією є 38 за наступними міркуваннями:

1) найбільша довжина маршруту від умовної вершини гірки до останнього стрілочного перевалу;

2) найбільша кількість стрілочних перевалів та сума кутів повороту.

Для розрахунку висоти гірки визначаються всі нормативи для ГСП:

– розрахунковий бігун (РБ) – критий 4-вісний вагон;

– міра відхилення розрахункового значення $\sum h_w$ від її середньої величини, приймаємо згідно [6] $k_p = 1,75$;

– середня величина основного питомого опору вагонів легкої вагової категорії, приймаємо [6] $w_0 = 1,75$ Н/кН;

– додатковий опір від снігу та інею при температурі $t_p = -20^{\circ}\text{C}$ складає згідно [6] $w_{\text{сн}} = 0,3$ Н/кН;

– розрахункова швидкість розпуску для гірок середньої потужності, приймаємо з [6] $V_0 = 1,4$ м/с;

– середні швидкості руху вагонів на розрахункових ділянках гірки середньої потужності, приймаємо по [6] та зводимо у таблицю 5.1:

Таблиця 5.1 – Середні швидкості руху вагонів на розрахункових ділянках.

№ ділянок	Межі ділянок	V_i , м/с
1	ВГ- Початок ГП1	4,0
2	Початок ГП1- Початок ГП2	5,0
3	Початок ГП2- Початок ППП	4,0
4	Початок ППП-РТ	2,0

Висотою гірки (H_r) називається профільна різниця рівнів вершини гірки (ВГ) і розрахункової точки (РТ).

Висота гірки повинна забезпечувати скочування вагонів від ВГ до РТ, тобто повинна відповідати умові:

$$H_z \geq \sum_{ВГ}^{РТ} h_w, \quad (5.1)$$

де $\sum_{ВГ}^{РТ} h_w$ – сумарна питома робота усіх сил опору руху при скочуванні вагона

від вершини гірки до розрахункової точки.

Враховуючи випадковий характер h_w , розрахункову висоту гірки згідно [6] можна визначити за формулою:

$$H_p = k_p (\bar{h}_{очн} + \bar{h}_{ск} + \bar{h}_{св}) + h_{сн} - h_0, \quad (5.2)$$

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

$h_{очн}$, $h_{ск}$, $h_{св}$ – середні величини (математичні очікування) питомої роботи відповідних сил опору руху: основного, стрілочних переводів і кривих ділянок, сировища і вітру, Дж/кДж;

$h_{сн}$ – питома робота опору руху від снігу та інею, Дж/кДж;

h_0 – енергетична висота, що відповідає швидкості розпуску, Дж/кДж;

Визначимо складові елементи даної формули.

Розрахунок $h_{очн}$ виконаємо за формулою:

$$h_{очн} = w_o L_p 10^{-3}, \quad (5.3)$$

де L_p – розрахункова довжина маршруту від ВГ до РТ, м;

w_o – середня величина основного питомого опору руху вагона, Н/кН.

$$h_{очн} = 1,75 \cdot 382,26 \cdot 10^{-3} = 0,669 \text{ Дж/кДж.}$$

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

$$\bar{h}_{ск} = \sum_{i=1}^k h_{ски}, \quad (5.4)$$

де k – кількість розрахункових ділянок.

Згідно плану горловини $k = 4$.

Розрахунок $h_{ck i}$ виконується за допомогою формули:

$$h_{ck i} = (0,56n + 0,23 \sum \varphi) \cdot V^2 \cdot 10^{-3}, \quad (5.5)$$

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

V – середня швидкість вагона на маршруті чи ділянці скочування, м/с; приймаємо згідно з табл. 5.1.

Визначимо параметри ділянок розрахункової колії 38 для 2 ділянки від ГП1 до ГП2:

$$L_2 = S_{ГП2} - S_{ГП1} = 85,14 \text{ м};$$

$$n_2 = 1;$$

$$\sum \varphi_2 = 9^{\circ}00'00'' + 4^{\circ}43'52,5'' = 13,73^{\circ}.$$

Виконаємо розрахунок h_{ck} для кожної ділянки за формулою 5.5. Вихідні дані і результати розрахунків зведемо в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків h_{ck} .

Ділянки	$L, \text{ м}$	$\sum \varphi, \text{ градуси}$		$n, \text{ шт}$	$\bar{V}_i, \text{ м/с}$	$h_{cki}, \text{ Дж/кДж}$	
		колія 38	колія 37			колія 38	колія 37
1	40,5	0		0	4,0	0	
2	85,14	13,73		1	5,0	0,093	
3	196,77	48,7	40,22	4	4,0	0,215	0,184
4	59,85	0		0	2,0	0	
Σ	382,26					0,308	0,277

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

$$h_{cv} = \sum_{s=1}^R h_{cvi} = \sum_{i=1}^K w_{cvi} L_i 10^{-3}, \quad (5.6)$$

де L_i – довжина i -ї ділянки, м;

$w_{cb i}$ – середня величина питомого опору руху середовища і вітру на i -й ділянці гірки, H/kH .

Для розрахунку $w_{cb i}$ використовуємо спрощений метод: як $w_{cb i}$ приймаємо опір середовища і вітру при середніх величинах швидкості вітру V_B та кута між напрямком вітру і напрямком скочування вагонів.

Роза вітрів побудована на основі даних Додатку А.3 (табл. А.3) та приведена на рисунку 5.1.

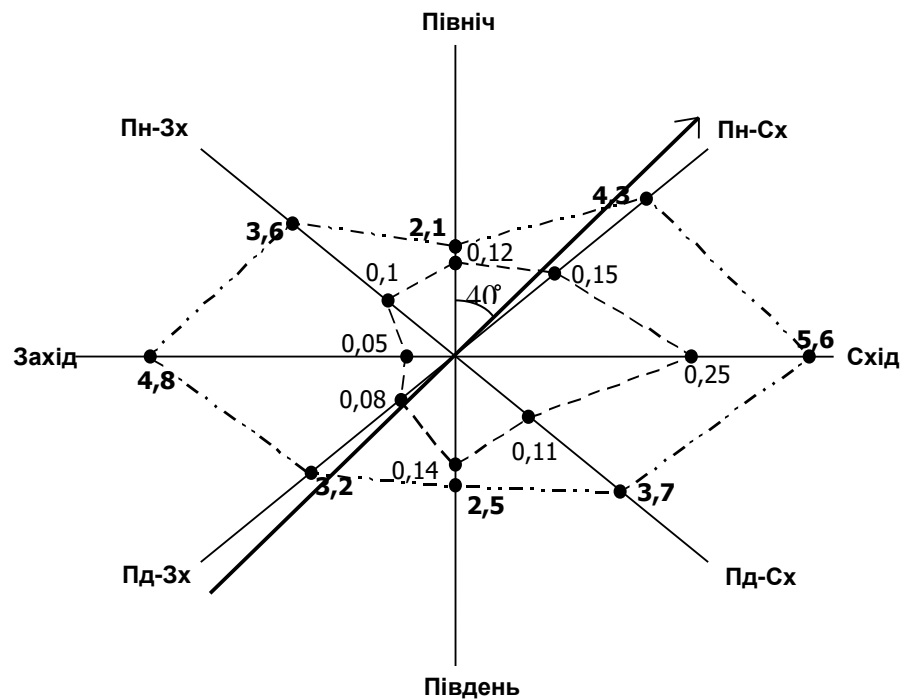


Рисунок 5.1 – Роза вітрів

При цьому V_B визначають як середньозважену величину швидкості вітру серед зустрічних румбів:

$$V_B = \frac{\sum V_{Bj} P_j}{\sum P_j}, \quad (5.7)$$

Середньозважена величина швидкості вітру серед зустрічних румбів:

$$V_B = \frac{3,6 \cdot 0,1 + 2,1 \cdot 0,12 + 4,3 \cdot 0,15 + 5,6 \cdot 0,25}{0,1 + 0,12 + 0,15 + 0,25} = 4,29 \text{ м/с.}$$

Для розрахунку w_{cb} і приймаємо $V_B = 4,29$ м/с, $\beta = 0$:

$$\pm w_{cb} = K_{bc} C_x V_p^2, \quad (5.8)$$

де C_x – коефіцієнт повітряного опору вагона;

V_p – результуюча (відносна) швидкість вагона та вітру, м/с, яка визначається за наступною формулою:

$$V_p = V + V_B, \quad (5.9)$$

де V – швидкість вагона, приймаємо з таблиці 5.1;

V_B – швидкість вітру, м/с;

K_{bc} – приведений коефіцієнт параметрів відчепу та середовища, розраховуємо за формулою:

$$K_{bc} = \frac{17,8 \cdot S}{(273 + t) \cdot Q}, \quad (5.10)$$

де S – площа поперечного перерізу вагона, м²;

t – температура повітря навколишнього середовища, °С;

Q – маса вагона, т.

Приймаємо згідно [6] $S = 9,7$ м² та $Q = 25$ т, згідно Додатку А.3 $t = -20$ °С.

Тоді приведений коефіцієнт параметрів відчепу буде дорівнювати:

$$K_{bc} = \frac{17,8 \cdot 9,7}{(273 - 20) \cdot 25} = 0,027.$$

Питома робота опору визначається за формулою:

$$h_{cb} = w_{cb} L \cdot 10^{-3}, \quad (5.11)$$

Згідно [6] приймаємо $C_x = 1,12$.

Таким чином визначимо опір руху від середовища і вітру для кожної ділянки важкої колії №38 за таблицею 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати розрахунку $h_{св}$

Ділянки	$L, м$	$V_i, м/с$	$V_p, м/с$	$w_{св},$ $Н/кН$	$h_{св},$
					$Дж/кДж$
1	40,5	4,0	8,29	2,08	0,084
2	85,14	5,0	9,29	2,61	0,222
3	196,77	4,0	8,29	2,08	0,409
4	59,85	2,0	6,29	1,19	0,071
Σ	382,26				0,786

Розрахунок $h_{сн}$ виконується за наступною формулою:

$$h_{сн} = w_{сн} L 10^{-3}, \quad (5.12)$$

де $w_{сн}$ – опір від снігу та інею, $Н/кН$;

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

$$L = L_3 + L_4 - l_{ГП2} = 196,77 + 59,85 - 25,95 = 230,67 \text{ м.}$$

Згідно [6] приймаємо $w_{сн} = 0,3 \text{ Н/кН}$.

Тоді

$$h_{сн} = 0,3 \cdot 230,67 \cdot 10^{-3} = 0,069 \text{ Дж/кДж.}$$

Раздел 1.01 Розрахунок h_0 виконується за формулою:

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g'}, \quad (5.13)$$

де V_0 – швидкість розпуску, $м/с$;

g' – приведені прискорення вільного падіння, що враховує енергетичний вплив ваги колісних пар, що обертаються, $м/с^2$, що визначається за формулою:

$$g' = \frac{g}{1 + \frac{0.42n}{Q}}, \quad (5.14)$$

де g – прискорення вільного падіння;

n – кількість колісних пар вагона.

Згідно [6] $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, $n = 4$.

Таким чином

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

Приймаємо згідно [6] $V_0 = 1,4 \text{ м/с}$.

Тоді

$$h_0 = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,19} = 0,107 \text{ Дж / кДж}.$$

Розрахункова висота гірки буде дорівнювати:

$$H_p = 1,75 \cdot (0,669 + 0,308 + 0,786) + 0,069 - 0,107 = 3,05 \text{ м}$$

Реальна висота гірки становить 3,209, що повинно повністю забезпечити докочування розрахункового бігуна від ВГ до РТ.

5.3 Аналіз поздовжнього профілю сортувальної гірки

Згідно Додатку А.3 приймаємо наступні елементи профілю (таблиця 5.5):

Таблиця 5.5. – Зведена інформація про елементи профілю

Точки перелому профілю	$L, \text{ м}$	$i, \%$	$\Delta h, \text{ м}$	$H_i, \text{ м}$	$Y_i, \text{ мм}$
РТ	47,0	0,6	0,028	0	0
Д	75,39	1,0	0,075	0,028	1,4
ГС	105,28	1,5	0,158	0,103	5,15
Г	31,83	7,0	0,223	0,261	13,05
В	53,31	7,0	0,373	0,484	24,2
Б	39,33	23,11	0,909	0,857	42,85
А	30,00	48,11	1,443	1,766	88,3
УВГ				3,209	160,45

Усі елементи поздовжнього профілю відповідають нормативам крутизни згідно [6]. Окрім цього, поздовжній профіль гірки повинен забезпечувати швидкість входу вагонів на першу гальмову позицію не вище допустимої, яка встановлена для вагонних уповільнювачів відповідного типу. Максимальна профільна висота швид-

кісної ділянки, яка відповідає цій умові, визначається для дуже хорошого бігуна (X) і сприятливих умов скочування (плюсова температура повітря, попутній вітер, максимальна швидкість розпуску), і розраховується за наступною формулою:

$$h_{1.\max} = \frac{V_{\text{вх}}^2 - V_{\text{о.мак}}^2}{2g'_x} + h_{\text{w1}}^x, \quad (5.15)$$

де $V_{\text{вх}}$ – допустима швидкість входу вагонів на уповільнювачі першої гальмової позиції, м/с ;

$V_{\text{о.мак}}$ – найбільша швидкість розпуску, м/с ;

g'_x – приведенне прискорення вільного падіння для бігуна X з урахуванням інерції маси елементів, що обертаються, м/с^2 ;

h_{w1}^x – сумарна питома робота усіх сил опору руху для бігуна X у межах головної ділянки, Дж/кДж .

Величина h_{w1}^x розраховується за наступною формулою:

$$h_{\text{w1}}^x = (w_0^x L_1 + (0,56n_1 + 0,23\Sigma\phi_1)V_1^2) \cdot 10^{-3}, \quad (5.16)$$

де $w_0^{\text{ДХ}}$ – основний питомий опір руху для бігуна X.

Згідно [6] $w_0^{\text{ДХ}} = 0,8 \text{ Н/кН}$.

Отже,

$$h_{\text{w1}}^x = (0,8 \cdot 40,5 + 0 \cdot 4^2) \cdot 10^{-3} = 0,032 \text{ Дж / кДж}.$$

Приймаємо згідно [6] $V_{\text{вх}} = 7 \text{ м/с}$, $V_{\text{о.мак}} = 2,5 \text{ м/с}$ та $g'_{\text{ДХ}} = 9,58 \text{ м/с}^2$.

Тоді

$$h_{1.\max} = \frac{7^2 - 2,5^2}{2 \cdot 9,58} + 0,032 = 2,263 \text{ Дж / кДж}.$$

Для забезпечення допустимих швидкостей входу вагонів в ГПІ профільна висота головної частини гірки повинна відповідати умові:

Знайдемо величину h_1 :

$$h_1 = \sum_{\text{ГПІ}}^{ВГ} il \cdot 10^{-3} \leq h_{1\max} \quad (5.17)$$

Знайдемо величину h_1 :

$$h_1 = (30 \cdot 48,11 + 10,5 \cdot 23,11) \cdot 10^{-3} = 1,686$$

Отже

$$h_1 \leq h_{1\max}$$

5.4 Розрахунок та побудова ліній енергетичних висот

5.4.1 Розрахунок кривих витрат енергетичних висот при скочуванні бігуна ДП на важку колію та бігуна Х на суміжну з важкою колію.

Конструкція та технічне оснащення сортувальної гірки повинно забезпечувати безперервне та безпечне розформування составів при виконанні всіх технічних та технологічних вимог зі швидкістю розпуску не менше 1,4 м/с для комбінації вагонів ДП-Х-ДП. Для оцінки якості конструкції гірки береться розрахунковий місяць з несприятливими умовами роботи. За розрахункові бігуни ДП та Х приймаються 4-вісні ПВ на роликівих підшипниках, параметри яких наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Параметри бігунів.

Бігуни	Рід	n_{oc}	Q , тс	w_0	l_B	b_K	g'	S	K_{BC}
ДП	ПВ	4	25	4,5	13,92	10,5	9,11	8,5	0,0272
Х	ПВ	4	70	0,8	13,92	10,5	9,58	8,5	0,0085

Криві витрат енергетичних висот розраховуються та будуються виходячи з умови, що бігун ДП йде на важку колію, а бігун ДХ прямує на колію, суміжну з важкою.

Основну силу опору розрахуємо за формулою 5.3 для бігуна ДХ. Сила опору від стрілок та кривих розрахована раніше. Силу опору від середовища та вітру розрахуємо за формулою 5.6 для ПВ. При розрахунку приймемо, що кут між напрямком вітру і напрямком скочування $\beta = 30^\circ$, так як при цьому w_{CB} має максимальне значення, яке в свою чергу розраховується за формулою 5.8, в якій K_{BC} розраховуємо за формулою 5.9 для ПВ; C_x – коефіцієнт повітряного опору ПВ, S – площа поперечного перерізу ПВ.

Приймаємо згідно [6] для кута $\alpha = \beta/2 = 30/2 = 15^\circ$, $C_x = 1,75$ та $S = 8,5 \text{ м}^2$.

$$K_{BC} = \frac{17,8 \cdot 9,7}{(273 - 20) \cdot 25} = 0,0272.$$

$$K_{BC} = \frac{17,8 \cdot 8,5}{(273 - 20) \cdot 70} = 0,0085.$$

Розрахунки втрат енергетичних висот бігуна ДП та бігуна Х приведені в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Розрахунок кривих втрат енергетичної висоти для ДП і Х

Ділянка	Парам. ділянок		Параметри розрахункових бігунів								Y, мм	
	L, м	V, м/с	V _B , м/с	w ₀ , Н/кН	V _P , м/с	w _{CB} , Н/кН	Втрати енергетичної висоти, Дж/кДж					
							h _{очн}	h _{ск}	h _{CB}	h _w		H _w
Дуже поганий ($K_{BC} = 0,0272$, $C_x = 1,75$)												
1	40,5	4,0	4,29	4,5	8,29	3,27	0,182	0	0,132	0,314	0,314	15,70
2	85,14	5,0	4,29	4,5	9,29	4,11	0,383	0,093	0,350	0,826	1,140	57,00
3	196,77	4,0	4,29	4,5	8,29	3,27	0,885	0,215	0,643	1,743	2,883	144,15
4	59,85	2,0	4,29	4,5	6,29	1,88	0,269	0	0,112	0,381	3,264	163,20
Хороший ($K_{BC} = 0,0085$, $C_x = 1,755$)												
1	40,5	4,0	4,29	0,8	8,29	1,02	0,020	0	0,041	0,061	0,061	3,05
2	85,14	5,0	4,29	0,8	9,29	1,28	0,043	0,093	0,109	0,245	0,306	15,30
3	196,77	4,0	4,29	0,8	8,29	1,02	0,098	0,184	0,201	0,483	0,789	39,45
4	59,85	2,0	4,29	0,8	6,29	0,59	0,030	0	0,035	0,065	0,854	44,70

Кінетична енергія ДП бігуна на вершині гірки становить:

$$h_0 = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,11} = 0,108 \text{ Дж / кДж.}$$

Кінетична енергія X бігуна становить:

$$h_0 = \frac{1,4^2}{2 \cdot 9,58} = 0,102 \text{ Дж} / \text{кгДж}.$$

5.4.2 Побудова графіків втрат енергетичних висот при скочуванні бігунів

За результатами розрахунків виконується графічне зображення кривих енергетичних висот. Для цього на аркуші креслення з зображенням поздовжнього профілю гірки (лист 3) вище рівня ВГ відкладається енергетична висота h_0 , яка відповідає швидкості розпуску V_{0min} .

Через отриману точку на ВГ проводиться горизонтальна лінія до РТ. Від лінії в кінці кожної розрахункової ділянки плану відкладається вниз величина H_{wi} (табл. 5.7), якій відповідає ордината Y_i . Отримані точки з'єднуються прямолінійними відрізками, починаючи з точки на ВГ. Одержана ламана лінія являє собою криву енергетичних висот відповідного розрахункового бігуна ($h_{дп} = f(S)$, $h_{дх} = f(S)$) при їх вільному (без гальмування) скочуванні. В довільній точці маршруту відстань між лінією ВГ – РТ і кривою h_w являє собою сумарну питому роботу усіх сил опору руху (втрату енергетичної висоти H_w) на шляху S від ВГ. Відстань між кривою h_w і поздовжнім профілем гірки являє собою питому кінетичну енергію (вільну енергетичну висоту h_v) відчепу, яка пов'язана з його швидкістю залежністю.

Для побудови кривої енергетичних втрат з гальмуванням потрібно виділити зони гальмування на гальмових позиціях, межі яких (координата входу і виходу) визначаються відносно центра ваги (ЦВ) відчепу і відображаються на кресленні.

Відчепи в РТ повинні мати швидкість не вище допустимої для співудару вагонів $V_c = 1,39 \text{ м/с}$, якій відповідає енергетична висота $h_c = V_c^2 / 2g'$. Ця висота відкладається вгору від рівня РТ. Якщо для окремого бігуна в РТ має місце $h_w > h_c$, потрібно побудувати енергетичну криву з гальмуванням. Для цього проводиться лінія, паралельна кривій h_w , до кінця зони гальмування ППП (точка G_3).

Відстань між точками входу і виходу на ГП (у випадку $h_v > h_c$) являє собою енергетичну висоту, яку потрібно погасити на гальмових позиціях $h_{ГП}$. Режимми гальмування, тобто розподіл $h_{ГП}$ між гальмовими позиціями, суттєво впливають на умови розмежування відчепів на розділювальних елементах (стрілках, уповільнювачах, граничних стовпчиках). Найкращі умови розмежування відчепів утворюються, коли всі відчепи мають однакову тривалість скочування. У цьому випадку інтервали між відчепами у будь-якій точці дорівнюють інтервалу відриву на вершині гірки.

Для цього посередині ділянок між гальмовими позиціями ГП1 і ГП2, а також між ГП2 і ПГП на кривій $h_{ДП}$ поганого бігуна приймаються точки. Через ці точки проводяться лінії, паралельні кривій $h_{ДХ}$ на відповідних відрізках.

Величина $h_{ГП}$ повинна відповідати наявній потужності окремої гальмової позиції (h_H), тобто повинна витримуватися умова:

$$h_{ГП} \leq h_H. \quad (5.15)$$

Для перевірки цієї умови на кожній гальмовій позиції від точки на виході відкладається вгору енергетична висота h_H , яка відповідає сумарній потужності вагоуповільнювачів гальмової позиції і визначається з [6] згідно з їх типами. Якщо умова (5.15) виконується на кожній гальмовій позиції, отримана крива енергетичних висот є остаточною.

Якщо умова (5.15) не дотримується, потрібно коректувати режими гальмування. Для цього з точки, яка відповідає h_H , проводиться лінія, паралельна $h_{ДХ}$, до кінця зони гальмування попередньої гальмової позиції, яка є кінцевим результатом побудови.

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

Швидкість відчепа в довільній точці маршруту скочування визначається:

$$V_i = \sqrt{2g h_{vi}} , \quad (5.16)$$

Вільна енергетична висота h_v визначається за формулою:

$$h_v = Y_h \cdot 20 \cdot 10^{-3} , \quad (5.17)$$

Тоді

$$V_i = \sqrt{0.04g' \cdot y_{hi}} , \quad (5.18)$$

Час скочування на ділянці ΔS між i -ю та $i+1$ -ю точкою визначається:

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

Час скочування від УВГ до $i + 1$ точки обчислюється за формулою:

$$T_{i+1} = T_i + t_{i,i+1} , \quad (5.20)$$

Розрахунок точок входу на розмежувальний елемент і точок виходу з нього виконано у вигляді таблиці 5.8, а розрахунок часу слідування по кожному елементу сортувальної гірки – у вигляді таблиці 5.9.

Таблиця 5.8 – Визначення координат контрольних точок точок.

Найменування елементів	СП, м	І _{ГП} , І _{ІД} , м	SE, м	SG, м
ІД ГП 1	40,00	13,48	34,75	58,73
ІД СП202	72,21	11,38	66,96	88,84
ІД ГП2	125,14	13,48	119,89	143,87
ІД СП210	157,35	11,38	152,10	173,98
ІД СП244	205,58	11,38	200,33	222,21
ІД СП248	229,37	11,38	224,12	246,00
ГП 1	40,50	25,95	35,25	71,70
ГП 2	125,64	25,95	120,39	156,84
ППП	322,41	9,85	317,16	337,51
ГС	259,75	0	252,79	266,71

Інтервал між відривами суміжних відчепів на ВГ розраховується за формулою:

$$I_0 = \frac{l_{B1} + l_{B2}}{2V_0}, \quad (5.21)$$

Отже

$$I_0 = \frac{13,92 + 13,92}{2 \cdot 1,4} = 9,94 \text{ с.}$$

Таблиця 5.9 – Розрахунок часу слідування по ділянкам сортувальної гірки

№	Найменування точок	S, м	ΔS, м	Параметри бігуна ДП				Параметри бігуна X				Δt, с
				Yh, мм	V, м/с	t, с	T, с	Yh, мм	V, м/с	t, с	T, с	
1	Вершина гірки	0,00	-	5,4	1,40	-	0,00	5,1	1,40	-	0,00	0,00
2		10,00	10,00	25,6	3,05	4,49	4,49	28,8	3,32	4,24	4,24	0,25
3		20,00	10,00	45,7	4,08	2,80	7,29	52,0	4,46	2,57	6,80	0,49
4		30,00	10,00	65,9	4,90	2,23	9,52	75,3	5,37	2,03	8,84	0,68
5	Вхід ІД ГП1	34,75	4,75	69,6	5,04	0,96	10,48	80,4	5,55	0,87	9,71	0,77
6	Вхід ГП1	35,25	0,50	70,0	5,05	0,10	10,58	81,0	5,57	0,09	9,80	0,78
7		40,00	4,75	73,6	5,18	0,93	11,50	81,6	5,59	0,85	10,65	0,86
8		50,00	10,00	80,4	5,41	1,89	13,39	83,0	5,64	1,78	12,43	0,96
9	Вихід ІД ГП1	58,73	8,73	86,3	5,61	1,58	14,98	84,3	5,68	1,54	13,97	1,01
10		60,00	1,27	87,1	5,63	0,23	15,20	84,5	5,69	0,22	14,19	1,01
11	Вхід ІД СП202	66,96	6,96	91,8	5,78	1,22	16,42	85,5	5,72	1,22	15,41	1,01
12		70,00	3,04	93,2	5,83	0,52	16,95	85,3	5,72	0,53	15,95	1,00
13	Вихід ГП1	71,70	1,70	93,0	5,82	0,29	17,24	84,2	5,68	0,30	16,24	0,99
14	Вихід ІД СП202	88,84	17,14	90,7	5,75	2,96	20,20	87,8	5,80	2,99	19,23	0,97
15		90,00	1,16	90,5	5,74	0,20	20,40	88,0	5,81	0,20	19,43	0,97
16		110,00	20,00	87,8	5,66	3,51	23,91	92,1	5,94	3,40	22,83	1,08
17	Вхід ІД ГП2	119,89	9,89	86,5	5,61	1,75	25,67	91,2	5,91	1,67	24,50	1,16
18	Вхід ГП2	120,39	0,50	86,4	5,61	0,09	25,75	91,1	5,91	0,08	24,59	1,17

Продовження таблиці 5.9

№	Найменування точок	S, м	ΔS, м	Параметри бігуна ДП				Параметри бігуна Х				Δt, с
				Yh, мм	V, м/с	t, с	T, с	Yh, мм	V, м/с	t, с	T, с	
19		130,00	9,61	84,9	5,56	1,72	27,48	86,5	5,76	1,65	26,24	1,24
20	Вихід ІД ГП2	143,78	13,78	83,0	5,50	2,49	29,97	75,2	5,37	2,48	28,71	1,25
21		150,00	6,22	82,1	5,47	1,13	31,10	70,2	5,19	1,18	29,89	1,21
22	Вхід ІД СП210	152,10	2,10	81,8	5,46	0,38	31,48	68,4	5,12	0,41	30,30	1,19
23	Вихід ГП2	156,84	4,74	80,1	5,40	0,87	32,36	64,2	4,96	0,94	31,24	1,12
24		170,00	13,16	76,0	5,26	2,47	34,83	63,7	4,94	2,66	33,90	0,93
25	Вихід ІД СП210	173,98	3,98	74,6	5,21	0,76	35,59	63,6	4,94	0,81	34,70	0,88
26		190,00	16,02	68,2	4,99	3,14	38,73	63,1	4,92	3,25	37,95	0,77
27	Вхід ІД СП244	200,33	10,33	65,3	4,88	2,09	40,82	62,7	4,90	2,10	40,06	0,76
28		210,00	9,67	61,9	4,75	2,01	42,83	62,4	4,89	1,98	42,03	0,80
29	Вихід ІД СП244	222,21	12,21	57,6	4,58	2,62	45,45	62,0	4,87	2,50	44,53	0,91
30	Вхід ІД СП248	224,12	1,91	56,9	4,55	0,42	45,87	61,9	4,87	0,39	44,93	0,94
31		230,00	5,88	54,8	4,47	1,30	47,17	61,7	4,86	1,21	46,14	1,03
32	Вихід ІД СП248	246,00	16,00	49,2	4,23	3,68	50,85	61,2	4,84	3,30	49,43	1,41
33		250,00	4,00	47,7	4,17	0,95	51,80	61,1	4,84	0,83	50,26	1,54
34	Вхід ГС	252,79	2,79	46,5	4,12	0,67	52,47	61,0	4,83	0,58	50,84	1,64
35	Вихід ГС	266,71	13,92	41,5	3,89	3,48	55,95	60,3	4,81	2,89	53,72	2,23
36		270,00	3,29	40,3	3,83	0,85	56,80	60,0	4,79	0,69	54,41	2,39
37		290,00	20,00	32,4	3,44	5,50	62,30	58,6	4,74	4,20	58,60	3,70
38		310,00	20,00	24,5	2,99	6,23	68,53	57,1	4,68	4,25	62,85	5,68
39	Вхід ПП	317,16	7,16	21,4	2,79	2,48	71,01	56,6	4,66	1,53	64,39	6,62
40		330,00	12,84	17,6	2,53	4,82	75,83	25,4	3,12	3,30	67,69	8,14
41	Вихід ПП	337,50	7,50	15,5	2,38	3,06	78,89	7,7	1,72	3,10	70,79	8,10
42		350,00	12,50	11,9	2,08	5,61	84,49	7,0	1,64	7,45	78,24	6,25
43		370,00	20,00	6,2	1,50	11,16	95,65	5,8	1,49	12,79	91,02	4,63
44		382,26	12,26	2,7	0,99	9,83	105,48	5,1	1,40	8,49	99,51	5,97

5.5 Визначення розрахункової швидкості розпуску та потенційної переробної спроможності гірки

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

$$\text{- ГП1 } V_{\text{вх}}^{\text{max}} = 7 \text{ м/с}, V_{\text{вх}}^{\text{ДП}} = 5,049 \text{ м/с}, V_{\text{вх}}^{\text{X}} = 5,57 \text{ м/с};$$

$$\text{- ГП2 } V_{\text{вх}}^{\text{max}} = 7 \text{ м/с}, V_{\text{вх}}^{\text{ДП}} = 5,61 \text{ м/с}, V_{\text{вх}}^{\text{X}} = 5,91 \text{ м/с}.$$

Проаналізувавши дані таблиці 9, можна стверджувати, що швидкість входу обох бігунів на дві ГП не перевищує максимально допустиму.

При гальмуванні бігуна Х приймалась до уваги вимога щоб його швидкість в розрахунковій точці не перевищувала 1,40 м/с. Перевіривши фактичні швидкості,

можемо констатувати, що швидкість входу на РТ обох бігунів не перевищує максимально допустиму.

5.5.1 Аналіз умов розділення відчепів

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

Розділення відчепів відбувається при умові:

$$I_0 + T_{\text{вх}2} > T_{\text{вих}1}, \quad (5.22)$$

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

$$\delta t = I_0 + T_{\text{вх}2} - T_{\text{вих}1}, \quad (5.23)$$

$$\delta t \geq \delta t_{\text{min}}, \quad \delta t_{\text{min}} = t_{\text{ин}}$$

де $t_{\text{ин}}$ – інерційність (запізнення) системи контролю стану ізольованої ділянки на його вивільнення:

– для уповільнювача:

$$\delta t_{\text{min}} = t_{\text{ин}} + t_{\text{пз}}, \quad (5.24)$$

де $t_{\text{пз}}$ – тривалість переведення уповільнювача з одного положення в інше.

Для сполучення бігунів ДП - Х $t_{\text{пу}} = \tau_{\text{г}}$; для Х - ДП $t_{\text{пу}} = \tau_{\text{р}}$;

де $\tau_{\text{г}}$, $\tau_{\text{р}}$ – час на гальмування та розгальмування уповільнювача; для сповільнювача КНП-5 він становить $\tau_{\text{г}} = 0,8$ с та $\tau_{\text{р}} = 1,2$ с;

– для граничного стовпчика:

$$\delta t_{\text{min}} = 0, \quad (5.25)$$

Мінімальний інтервал на розділювальних елементах становить:

- для ГП в сполученні ДП - X $\delta t_{\min} = 0,8$ с;
- для ГП в сполученні ДХ - П $\delta t_{\min} = 1,2$ с;
- для ГС $\delta t_{\min} = 0$ с;
- для СП $\delta t_{\min} = 1$ с.

Розрахунок виконаємо у таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Визначення інтервалів на розділових елементах.

Найменування елементів	SE, м	SG, м	Сполучення ДП - X				Сполучення X - ДП			
			TE ₂ , с	TE ₁ , с	δt , с	δt_{\min} , с	TE ₂ , с	TG ₁ , с	δt , с	δt_{\min} , с
ІД ГП1	40	58,73	9,71	14,97	4,68	0,8	10,47	13,98	6,43	1,2
ІД СП202	72,21	88,84	15,42	20,19	5,17	1,0	16,42	19,24	7,12	1,0
ІД ГП2	125,14	143,87	24,51	29,96	4,49	0,8	25,66	28,72	6,88	1,2
ІД СП210	157,35	173,98	30,31	35,58	4,67	1,0	31,48	34,71	6,71	1,0
ІД СП244	205,58	222,21	40,06	45,44	4,56	1,0	40,82	44,54	6,22	1,0
ІД СП248	229,37	246	44,93	50,84	4,03	1,0	45,86	49,44	6,36	1,0
ГС	259,75	266,71	50,84	55,94	4,84	0,0	52,47	53,73	8,68	0,0

Як слідує з приведених мінімальних інтервалів таблиці 5.10 розділення виконується на всіх розділювальних елементах.

5.5.2 Визначення розрахункової швидкості розпуску

При наявності резервів інтервалів між відчепами на розділювальних елементах виникає можливість підвищення швидкості їх розпуску, а відповідно і можливість підвищення переробної спроможності гірки. Максимально можлива швидкість розпуску за умовою розділення відчепів на окремому розділювальному елементі визначається з використанням формули:

$$I_{0\min} = I_o - (\delta t - \delta t_{\min}), \quad (5.26)$$

Враховуючи, що

$$I_{o.\min} = \frac{l_{B1} + l_{B2}}{2V_{op}}, \quad (5.27)$$

З (5.26) отримаємо

$$V_{op} = \frac{l_{B1} + l_{B2}}{2(I_o - \delta t + \delta t_{min})}. \quad (5.28)$$

Для сполучення ДП1-Х2 $I_o = 9,94 \text{ с}; \delta t = 4,68 \text{ с},$

$$V_{op} = \frac{13,92 + 13,92}{2(9,94 - 4,68 + 0,8)} = 2,30 \text{ м/с};$$

– сполучення ДХ1-ДП2 $I_o = 9,94 \text{ с}; \delta t = 6,43 \text{ с},$

$$V_{op} = \frac{13,92 + 13,92}{2(9,94 - 6,43 + 1,2)} = 2,96 \text{ м/с}.$$

Максимально можлива швидкість розпуску за умовою розділення відчепів на окремо взятому елементі дорівнюватиме:

$$V_{0max} = \frac{l_{ваг}}{\Delta t_{1-2}^{ex} + t_{зан1} + \delta t_{min}}, \quad (5.29)$$

Розрахунки максимально можливої швидкості розпуску за умовою розділення відчепів виконаємо у вигляді таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Визначення максимально можливої швидкості розпуску для окремих розділювальних елементів

№ п/п	Найменування елементів	Сполучення П1 - Х2			Сполучення Х1 - П2			V _{op} , м/с
		δt, с	δt _{min} , с	V _{op} , м/с	δt, с	δt _{min} , с	V _{op} , м/с	
1	ІД ГП1	4,68	0,8	2,30	6,43	1,2	2,96	2,30
2	ІД СП202	5,17	1,0	2,41	7,12	1,0	3,64	2,41
3	ІД ГП2	4,49	0,8	2,23	6,88	1,2	3,27	2,23
4	ІД СП210	4,67	1,0	2,22	6,71	1,0	3,29	2,22
5	ІД СП244	4,56	1,0	2,18	6,22	1,0	2,95	2,18
6	ІД СП248	4,03	1,0	2,01	6,36	1,0	3,04	2,01
7	ГС	4,84	0,0	2,73	8,68	0,0	11,05	2,73

Найменшу величину розрахункової швидкості розпуску $V_{op} = 2,01 \text{ м/с}$ має ІД СП12. Таким чином, на даній гірці можливо виконувати розпуск составів з постійною швидкістю не менше $V_{пост} = 2,12 \text{ м/с}$.

Середньозважене значення максимальної швидкості розпуску визначається за наступною формулою:

$$V_{0\max} = \sum_{i=1}^n V_{0\max i} \cdot P_i, \quad (5.30)$$

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 із значень, визначених для сполучень ДП - Х та Х - ДП;

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

$$P_i = P_{\text{стр}} \cdot K, \quad (5.31)$$

де n – кількість стрілочних позицій;

K – кількість стрілок у стрілочній позиції;

$P_{\text{стр}}$ – ймовірність розділення відчепів на окремому стрілочному переводі, що розраховується за формулою:

$$P_{\text{стр}} = \frac{2m_{\text{л}}m_{\text{п}}}{m_{\text{сп}}(m_{\text{сп}} - 1)}, \quad (5.32)$$

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

$m_{\text{сп}}$ – кількість колій накопичення сортувального парку.

В стрілочну позицію входять всі стрілочні переводи, що знаходяться приблизно на однаковій відстані від вершини гірки. Розташування стрілочних позицій та їх кількість вказані на немасштабному плані гірочної горловини .

Всі необхідні розрахунки виконаємо у вигляді таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Визначення максимально можливої швидкості розпуску на сортувальній гірці.

№ позицій	K_c	$m_{л}$	$m_{п}$	P_i	$V_{op}, \text{ м/с}$			$V_{opi}, \text{ м/с}$	$P_i \cdot V_{opi}, \text{ м/с}$
					стр	гп	гс		
1	1	16	8	0,46377	2,41	2,30		2,30	1,0667
2	1	8	8	0,23188	2,32	2,30		2,30	0,5333
3	3	4	4	0,17391	2,23	2,22		2,22	0,3861
4	5	2	2	0,07246	2,21	2,22		2,21	0,1601
5	10	1	1	0,05072	2,18	2,22		2,18	0,1106
	1	2	2						
6	2	1	1	0,00725	2,01	2,22	2,73	2,01	0,0146
Всього	23			1,00000					2,2714

Таким чином $V_{0max} = 2,2714 \approx 2,27 \text{ м/с}$.

5.5.3 Визначення потенційної переробної спроможності гірки та коефіцієнту її завантаження

Потенційна переробна спроможність гірки визначається за формулою:

$$N_{п} = \frac{\alpha_{вр} \cdot (1440 - T_{пост})}{t_{г}} \cdot m_{с}, \quad (5.33)$$

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

$T_{пост}$ – час заняття гірки за добу постійними технологічними перервами для технічного обслуговування та ремонту гірочних пристроїв, зміни локомотивних бригад і т. ін., *хв*;

$m_{с}$ – кількість вагонів у складі поїзда;

$t_{г}$ – гірочний технологічний інтервал.

Згідно [6] приймаємо $\alpha_{вр} = 0,97$, $T_{пост} = 60 \text{ хв}$.

Отже,

$$N_{п} = \frac{0,97 \cdot (1440 - 60)}{19,7} \cdot 57 = 3873 \text{ ваг.}$$

Зважаючи на те, що розрахунковий обсяг переробки вагонів, згідно таблиці 2.5 підрозділу 2.2, становить $N_p = 2317$ ваг, при роботі одного локомотиву потенційна переробна спроможність сортувальної гірки перевищує розрахунковий обсяг переробки.

У цьому випадку коефіцієнт завантаження гірки становить

$$\psi_r = \frac{N_p}{N_{\pi}} = \frac{2317}{3873} = 0,60$$

Таким чином, при роботі на гірці одного локомотива забезпечується переробка розрахункового вагонопотоку з допустимим рівнем завантаження гірки.

5.6 Перевірка потужності гальмівних засобів

Потужність гальмівних засобів сортувальної гірки на кожній гальмівній позиції повинна забезпечувати реалізацію розрахункової швидкості розпуску та безпека сортування вагонів [5]. Перевірка виконана в графічному виді, а всі необхідні дані для побудови графіків втрат енергетичних висот при гальмуванні бігуна вагою 100 т приведені в таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 Розрахунок кривої втрат енергетичної висоти для бігуна 100 т

№ ділянок	$L, м$	$W_{\pi}, H/кН$	Втрати енергетичної висоти, Дж/кДж				$\gamma, мм$
			$h_{осн}$	$h_{ск}$	h_w	H_w	
1	40,5	0,5	0,024	0,03	0,054	0,054	2,7
2	85,14	0,5	0,043	0,093	0,136	0,189	9,5
3	31,2	0,5	0,016	0	0,016	0,205	10,2

Перевірка потужності гальмових засобів показала, що є можливість загальмувати бігун вагою 100 т на спускній частині гірки.

6 ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ПОДАЧ ВАГОНІВ

6.1 Постановка задачі дослідження формування подач місцевих вагонів

Зосередження роботи з формування різних категорій поїздів в більшості випадків приводить до потреби формування багатогрупних поїздів (наприклад, подач на вантажні fronti, збірних поїздів, подач вагонів на припортову станцію) за умови недостатньої кількості колій. При цьому виникає нагальна проблема зменшення тривалості процесу формування.

Для вирішення даної проблеми необхідно знаходити відповідні способи її вирішення. Оскільки, при виборі різних методів тривалість формування багатогрупного поїзда може коливатися в значному інтервалі, пошук мінімального значення дозволить зменшити витрати часу на цей процес [57, 58].

Таким чином в даному розділі вирішуватиметься задача пошуку методу або групи методів формування, які забезпечують мінімальну його тривалість.

Для початку визначимо деякі поняття.

Групою прийнято називати вагони состава, які мають одне призначення. *Методом формування* називається сукупність правил збірки і сортування груп вагонів по коліях у процесі формування, що можна вважати не чим іншим як планом маневрової роботи по формуванню багатогрупного состава.

Поставимо у відповідність групі вагонів на одне призначення плану формування порядковий номер g_i , де $i = 1, 2, \dots, k$.

Вважається, що перед початком формування на одній із сортувальних колій знаходиться багатогрупний состав з вагонами, розташованими в порядку їх поступлення на колію накопичення. В результаті формування вагони однієї групи повинні знаходитись один біля одного (причому їх порядок в середині групи не має значення), а групи в составі повинні знаходитись в заданому порядку (наприклад, по зростанню чи спаданню їх порядкового номеру).

Для зменшення об'єму маневрової роботи доцільно виконати заміну дійсних номерів груп вагонів g_i на логічні номери груп (ЛНГ) γ_i [58]. При цьому приблизно в два рази скорочується початкова кількість груп в составах, що суттєво вплине на

тривалість формування. Будемо вважати, що для формування составів використовуються сортувальний пристрій (гірка, витяжна колія) і певна кількість сортувальних колій m , яка не менша двох ($2 \leq m$) і не перевищує кількості логічних номерів груп θ ($m \leq \theta$) [58]. Формування составу здійснюється за N етапів, кількість яких залежить від методу формування, кількості використовуваних сортувальних колій m і кількості груп у неупорядкованому составі θ . Кожен етап формування, незалежно від використовуваного методу, включає дві операції: збірку вагонів із $m_{зб}$ колій і їх сортування на m_{cj} колій.

Оскільки перед початком формування вагони состава знаходяться на одній із сортувальних колій, так що на першому етапі $m_{зб1} = 1$. На останньому етапі вагони знову повинні бути зібрані на одній колії ($m_{cN} = 1$). На інших етапах використовувана кількість колій залежить від методу формування і від їх наявної кількості M [58].

6.2 Характеристика методів формування багатогрупних составів

При дослідженні використовувались три, суттєво відмінних один від одного, методів формування багатогрупових поїздів.

Комбінаторний метод (КОМ), запропонований у ВНІЗТі використовує представлення ЛНГ γ_i з допомогою чисел Фібоначчі Φ_m порядку m . При використанні даного методу необхідно виконати заміну дійсних номерів колій на логічні номери колій. Даний метод характеризується наявністю лише сортування та відсутністю збірки вагонів і дозволяє виконати формування багатогрупних составів за порівняно менше етапів ніж інші розглянуті методи.

При розподільчому методі (РОМ) ЛНГ γ_i представляються числом $\gamma_{i(m)}$ в системі обчислення при основі m . При даному методі на всіх етапах формування виконується як сортування так і збірка вагонів, при чому, збираються практично всі вагони зі всіх колій, де вони опинились після сортування.

Для виконання формування составів за допомогою методу рівномірного наростання [57, 58] необхідно ЛНГ γ_i представити у вигляді коду, що являє собою номер етапу та логічний номер колії, на яку здійснюється сортування на даному етапі.

Зважаючи на згадані характеристики методів формування багатогрупних составів, необхідно зазначити, що кожен із методів має як сильні так і слабкі сторони, які не можливо об'єктивно оцінити для вибору кращого з них, не провівши експерименти, і

не оцінивши методи за певним критерієм. Таким критерієм в даному разі може бути тривалість процесу формування T_{ϕ} , експлуатаційні витрати E_{ϕ} .

6.3 Аналіз процесу формування багатогрупних составів

Формування поїздів взагалі, а багатогрупних зокрема, є одним із найбільш трудоемних елементів технологічного процесу переробки вагонів на станціях. У зв'язку із цим необхідно дослідити не лише процес формування з метою наступної його оптимізації, покликаної скоротити об'єми маневрової роботи, а також конструкцію технічних засобів формування.

Беручи до уваги сказане раніше, виконаємо дослідження процесу формування за допомогою відповідної імітаційної моделі. При цьому, для вирішення поставленої задачі, модель імітує всі елементи процесу формування составів на витяжних коліях, і дає його часову оцінку.

Дослідимо процес формування багатогрупних составів трьома методами составів з кількістю вагонів від 15 до 30 та кількістю груп від 3 до 7.

Умовно вважаємо, що для формування можна використати до 7 колій сортувального парку.

Отримавши результати, вибираємо з них ті, що мають мінімальну тривалість формування состава при раціональній кількості колій.

При визначенні залежності тривалості формування від параметрів состава виконаємо формування 1000 составів і визначимо середню тривалість формування одного состава. Результати моделювання процесу формування багатогрупних составів з кількістю груп від 3 до 7 різних составів при використанні розглянутих методів наведені в таблицях Б.1–Б.3.

Тривалість формування составів T_{ϕ} даними методами в залежності від кількості вагонів в составі n та кількості колій для формування m при кількості груп в составі $G = 7$ наведена в таблицях Б.4–Б.6.

Графічне зображення залежності тривалості формування составів T_{ϕ} від параметрів составів та колійного розвитку при використанні комбінаторного методу побудовано за даними таблиць Б.1 та Б.4 Додатку Б; наведено у вигляді сімейства графіків $T_{\phi} = f(G)$ та $T_{\phi} = f(m)$ на рисунках 6.1–6.2.

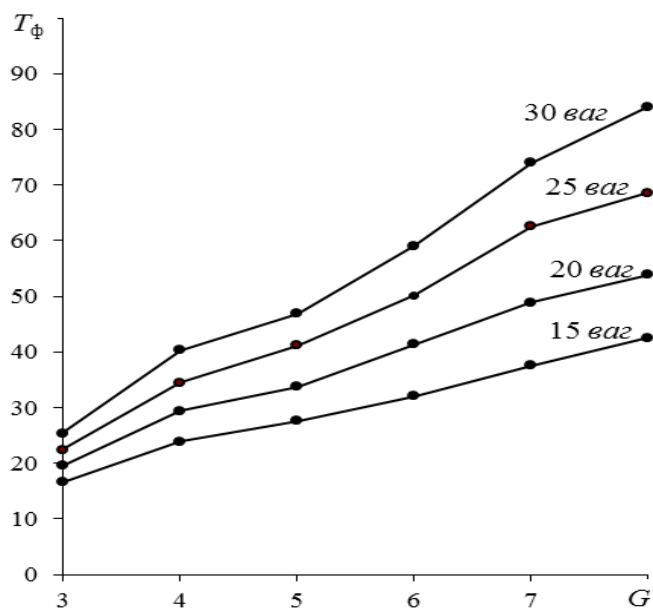


Рисунок 6.1 – Залежність $T_\phi = f(G)$ для комбінаторного методу при різній кількості вагонів n в складі

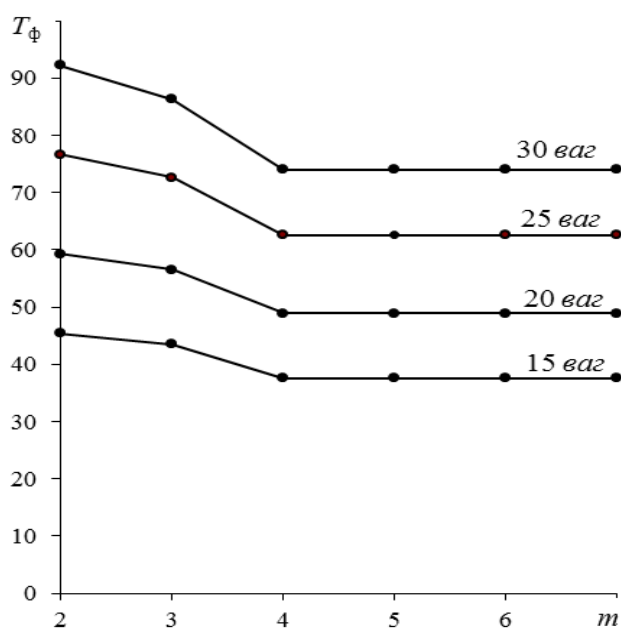


Рисунок 6.2 – Залежність $T_\phi = f(m)$ для комбінаторного методу при різній кількості груп G в складі

Графічне зображення залежності тривалості формування складів T_ϕ від параметрів складів та колійного розвитку при використанні розподільчого методу побудовано за даними таблиць Б.2 та Б.5 Додатку Б; наведено у вигляді сімейства графіків $T_\phi = f(G)$ та $T_\phi = f(m)$ на рисунках 6.3–6.4.

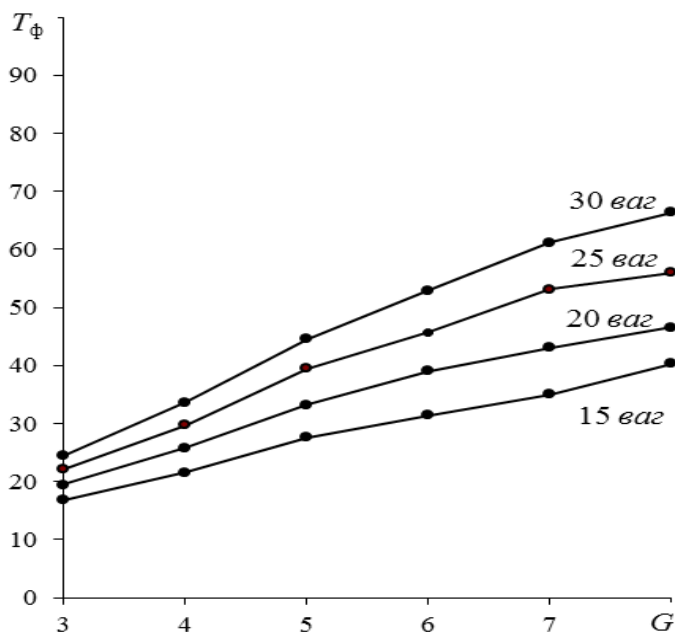


Рисунок 6.3 – Залежність $T_{\phi} = f(G)$ для розподільчого методу при різній кількості вагонів n в складі

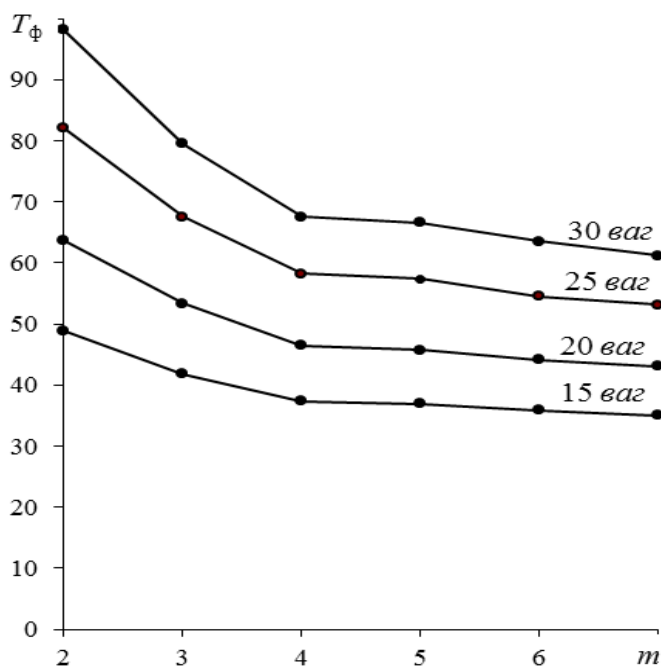


Рисунок 6.4 – Залежність $T_{\phi} = f(m)$ для розподільчого методу при різній кількості груп G в складі

Графічне зображення залежності тривалості формування складів T_{ϕ} від параметрів складів та колійного розвитку при використанні методу рівномірного наростання подано у вигляді сімейства графіків $T_{\phi} = f(G)$ та $T_{\phi} = f(m)$ на рисунках 6.5–6.6. Для побудови використовувались дані таблиць Б.3 та Б.6 Додатку Б.

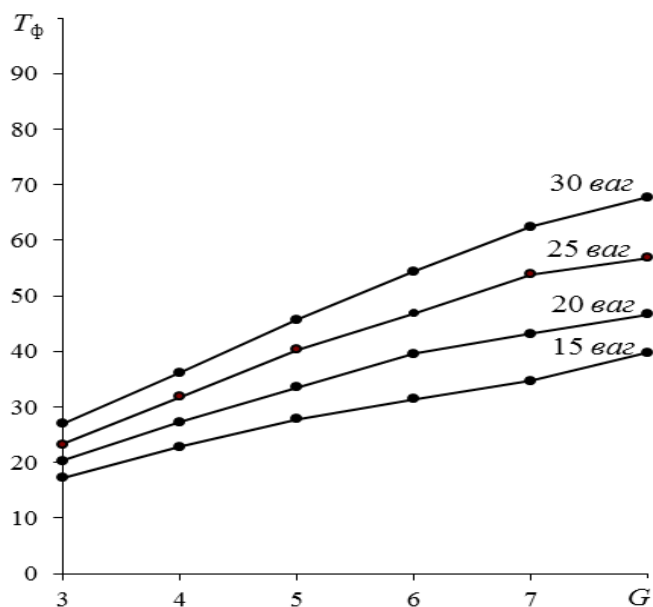


Рисунок 6.5 – Залежність $T_\phi = f(G)$ для методу рівномірного наростання при різній кількості вагонів n в составі

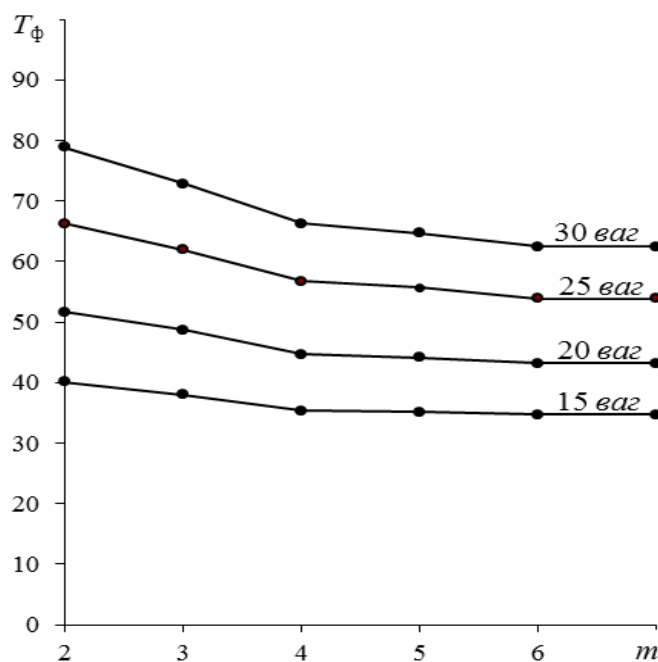


Рисунок 6.6 – Залежність $T_\phi = f(m)$ для методу рівномірного наростання при різній кількості груп G в составі

Аналіз результатів моделювання процесу формування багатогрупних составів при різних значеннях кількості вагонів, груп та колій для формування дозволяє констатувати, що всі методи дають забезпечують порівняно однакові результати. Так, в одних умовах, при деякому сполученні раніше вказаних параметрів, кращим методом може бути один із методів, а в других умовах – інший.

Виходячи із вищесказаного, на основі проведених порівнянь немає можливості однозначно вирішити питання про раціональність одного з трьох методів. Для конкретного складу з використанням конкретного технічного оснащення потрібно визначати тривалість формування T_{ϕ} різними методами і вибрати метод, при використанні якого дана тривалість буде мінімальною.

Економічні розрахунки вибору кращого методу формування виконано з використанням даних табл. А.4 Додатку А. Графічно залежність витрат від складу поїзда приведено на графіку, що на рисунку 6.7.

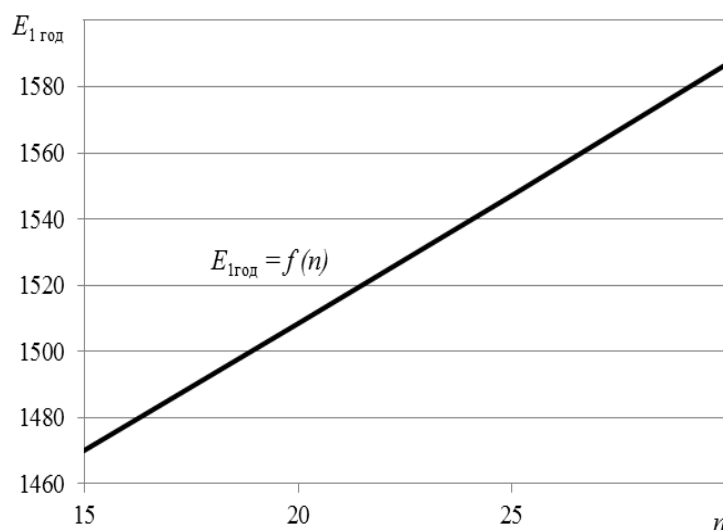


Рисунок 6.7 – Залежність витрат від кількості вагонів $E_{1 \text{ год}} = f(n)$

6.4 Визначення експлуатаційних витрат на маневрову роботу з формування багатогрупних складів

Визначимо залежність витрат на маневрову роботу по формуванню подач за формулою [59]

$$E_{\text{сост}} = \frac{T_{\phi i}^{\text{сост}}}{60} \cdot E_{1 \text{ год}}, \quad (6.1)$$

де $T_{\phi i}^{\text{сост}}$ – тривалість формування складу i -м методом, хв;

$E_{1 \text{ год}}$ – витрати на 1 годину маневрової роботи, грн.

Розрахунки виконуються з використанням даних розділу 6. Результати розрахунків приведемо в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Тривалість формування та витрати

n , ваг	КМ		РМ		МРН	
	T_{ϕ}	E	T_{ϕ}	E	T_{ϕ}	E
15	37,56	920,339	37,39	916,173	35,36	866,432
20	48,88	1228,876	46,45	1167,78	44,65	1122,53
25	62,58	1613,782	58,2	1500,83	56,7	1462,15
30	74,03	1957,625	67,6	1787,59	66,25	1751,89

Графічно залежність витрат від тривалості формування поїзда приведено на графіку, що на рисунку 6.8.

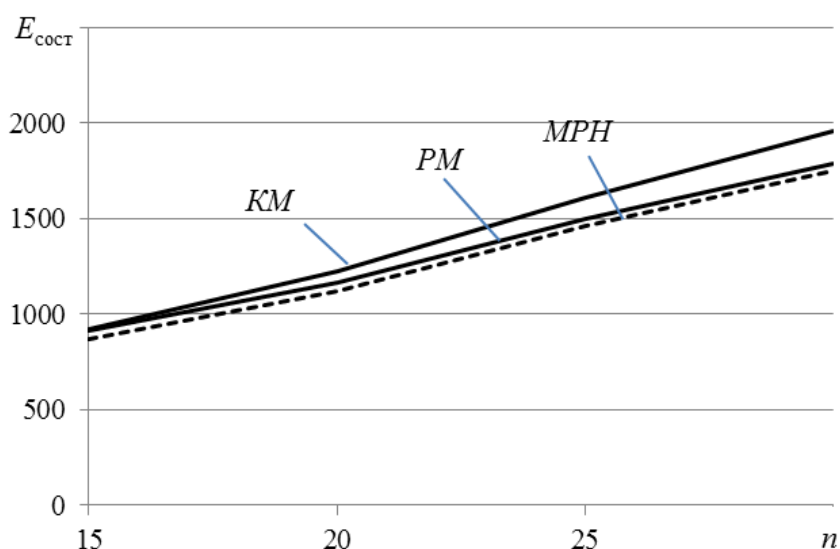


Рисунок 6.8 – Залежність витрат на формування состава від кількості вагонів $E_{\text{сост}} = f(n)$

Як помітно з рис. 6.8, залежність витрат на формування состава від кількості вагонів $E = f(n)$ є нелінійною.

Оскільки витрати при формуванні методом рівномірного наростання є найменші, то приймаємо саме цей метод для формування подач місцевих вагонів (з будь-якою кількістю) на сортувальній станції Н.

7 ВИБІР ВАРІАНТУ КОНСТРУКЦІЇ ДОПОМІЖНОГО СОРТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ

Залізничні станції є одним із головних елементів транспортної інфраструктури і відіграють значну роль у забезпеченні держави та населення в перевезеннях. Основною метою удосконалення станцій є приведення їх конструкції і технології у відповідність з обсягами роботи.

На даний час, як зазначалось в розділі 2, обсяг переробки вагонів відносно невеликий, однак заплановане значне збільшення розмірів вагонопотоків у перспективі може призвести до неспроможності сортувального комплексу їх переробляти без затримок.

Зменшити завантаженість сортувального комплексу можна шляхом відокремлення роботи з переробки місцевих вагонів від основного вагонопотоку [21, 22, 24, 28–30]. Таким чином у даному розділі необхідно дослідити найбільш ефективні варіанти спорудження допоміжних сортувальних пристроїв для формування багатогрупного состава, та вибрати варіант, який вимагатиме на вказане спорудження менше модифікованих приведених витрат.

7.1 Характеристика варіантів розташування групувально-сортувального парку та допоміжної сортувальної гірки

В результаті аналізу наведених в розділі 3 рекомендацій щодо спорудження допоміжних сортувальних пристроїв для формування багатогрупних составів, зважаючи на існуючий колійний розвиток сортувальної станції Н, було прийнято рішення про спорудження допоміжної сортувальної гірки за одним із 2-х варіантів: у гірочній горловині основного сортувального парку (дивись рисунок 7.1) та в його хвостовій горловині (дивись рисунок 7.2). При цьому групувально-сортувальний парк для двох варіантів окремо не споруджується, а виділяється з крайніх колій основного сортувального парку.

За першим варіантом (рис. 7.1) витяжна колія примикає до існуючої обхідної колії сортувального парку, що забезпечує вихід на всі колії групувально-сортувального

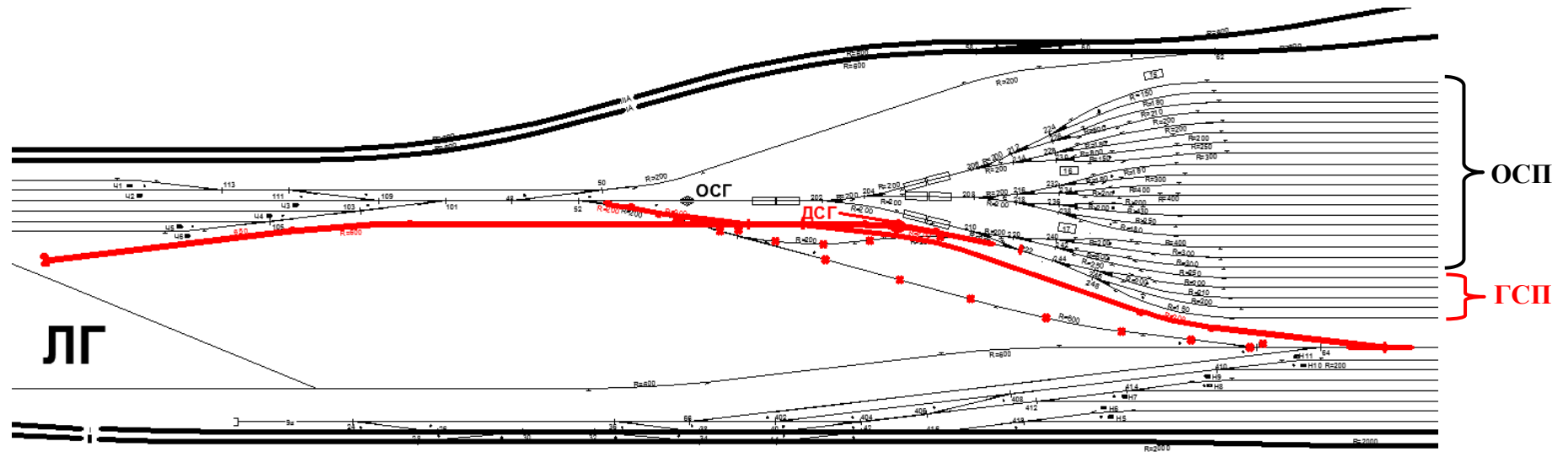


Рисунок 7.1 – Розташування допоміжної сортувальної гірки та групувально-сортувального парку в гірочній горловині ОСП

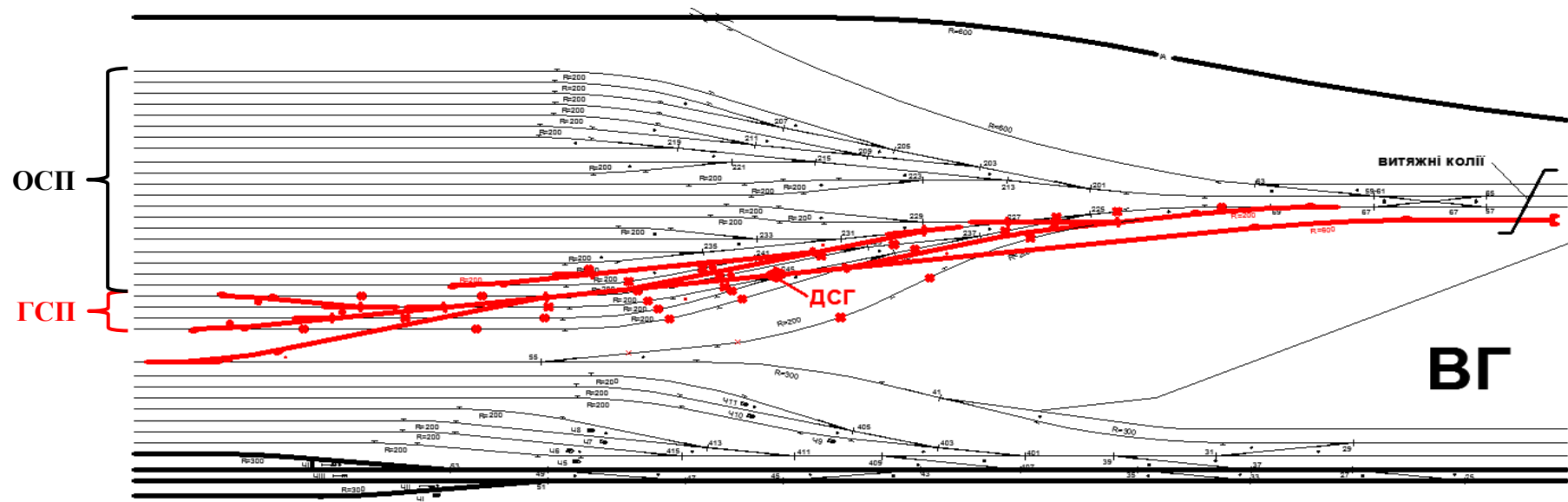


Рисунок 7.2 – Розташування допоміжної сортувальної гірки та групувально-сортувального парку в горловині формування ОСП

парку, який виділяється з частини колій крайнього пучка основного сортувального парку; при виконанні такої реконструкції ОСП необхідно змістити ходову колію, що з'єднує парк прийому з локомотивним господарством. В такому разі виникає ворожість маршруту з подачею локомотивів від поїздів, що прибули в розформування та сліднують у локомотивне господарство.

За другим варіантом (рис. 7.2) необхідно об'єднати виділені під групувальний парк крайні колії існуючого сортувального парку окремою горловиною з виходом на витяжну колію, розташовану паралельно до витяжних колій основного сортувального парку. При цьому також необхідно змістити ходову колію, що також викликає ворожість маршрутів руху локомотивів під состави поїздів свого формування та транзитних по ходовій колії з процесом формування таких составів.

Аналіз планів варіантів реконструкції сортувального парку станції Н дозволяє встановити обсяг робіт по демонтажу стрілочних переводів та існуючих колій, а також обсяг їх спорудження за варіантами.

Визначені дані зводяться у таблицю 7.1.

Таблиця 7.1 – Обсяги робіт за варіантами спорудження ДСГ та ГСП

№ вар	Характеристика варіанту	Демонтаж		Спорудження			
		СП	Колії	СП	Колії	ГМП	Тупикова призма
1	Розміщення ДСГ та ГСП в гірочній горловині ОСП	2	0,533	4	0,988	1	1
2	Розміщення ДСГ та ГСП в горловині формування ОСП	8	1,401	12	1,126	1	1

З використанням кількісних показників, що наведені у таблиці 7.1, далі визначимо модифіковані приведені витрати за варіантами.

7.2 Визначення раціонального варіанту спорудження допоміжного сортувального пристрою

Розрахуємо модифіковані приведені витрати за варіантами спорудження допоміжного сортувального пристрою в основному сортувальному парку з вико-

ристанням рекомендацій [67], і за мінімальним значенням цих витрат визначимо раціональний варіант.

7.2.1 Методика 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 [67]:

$$МПВ = \sum_{t=1}^T \frac{E \cdot (1 - H_{\text{нп}}) - A \cdot H_{\text{нп}} + K}{(1 - E_{\text{н}})^t}, \quad (7.1)$$

В даному випадку

$$МПВ = K + E \cdot (1 - H_{\text{нп}}) - A \cdot H_{\text{нп}} \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1 - E_{\text{н}})^t}, \quad (7.2)$$

де K – капітальні вкладення;

E – поточні витрати без амортизаційних відрахувань;

$H_{\text{нп}}$ – норма податку на прибуток (ставка);

$E_{\text{н}}$ – дисконтна ставка;

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

$$A = K \cdot a, \quad (7.3)$$

де a – середня ставка амортизаційних відрахувань.

Проведемо деякі перетворення:

$$\sum_{t=1}^T \frac{1}{(1 - E_{\text{н}})^t} = \frac{(1 + E_{\text{н}}) \cdot [1 - (1 + E_{\text{н}})^{-T}]}{1 - (1 + E_{\text{н}})^{-1}} = \frac{1 - (1 + E_{\text{н}})^{-T}}{E_{\text{н}}} \quad (7.4)$$

де T – тривалість життєвого циклу проекту, років.

В результаті, маємо

$$МПВ = K + E \cdot (1 - H_{\text{нп}}) - A \cdot H_{\text{нп}} \frac{1 - (1 + E_{\text{н}})^{-T}}{E_{\text{н}}} \quad (7.5)$$

Вартості одиниць виміру робіт, які пов'язані зі спорудженням технічного оснащення для формування багатогрупних составів згідно таблиці А.2 Додатку А наведено у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Вартості робіт, які пов'язані зі спорудженням технічного оснащення для формування багатогрупних составів

№ п/п	Витрати	Одиниця виміру	Вартість одиниці виміру, тис. грн.
1	Витрати на демонтування стрілочних переводів	1 комплект	50
2	Витрати, пов'язані із демонтуванням верхньої будови колії	1 км колій	800
3	Витрати на укладку стрілочних переводів	1 комплект	250
4	Витрати, пов'язані зі спорудженням колій	1 км колій	2000
5	Витрати на спорудження ДСГ (з ГМП)	1 об'єкт	6500
6	Витрати на спорудження тупикової призми	1 об'єкт	50

7.2.2 Визначення капітальних витрат

Визначимо капітальні витрати на демонтаж та спорудження необхідних колій, стрілочних переводів, ДСГ та тупикових призм для двох варіантів, що розглядаються за формулою

$$K = K_{\text{дем.сп}} + K_{\text{дем.кол}} + K_{\text{сп}} + K_{\text{кол}} + K_{\text{дсг}} + K_{\text{тп}}, \quad (7.6)$$

де $K_{\text{дем.сп}}$, – капітальні вкладення на розбирання стрілочних переводів;

$K_{\text{дем.кол}}$ – капітальні вкладення на розбирання колії;

$K_{\text{сп}}$ – капітальні вкладення на спорудження стрілочного переводу;

$K_{\text{кол}}$ – капітальні вкладення на спорудження 1 км колії;

$K_{\text{дсг}}$ – капітальні вкладення на спорудження допоміжної сортувальної гірки;

$K_{\text{тп}}$ – капітальні вкладення на спорудження тупикової призми.

Капітальні вкладення на демонтаж стрілочних переводів визначаються за формулою:

$$K_{\text{дем.сп}} = n_{\text{дем.сп}} \cdot C_{\text{дем.сп}}, \quad (7.7)$$

де $n_{\text{дем.сп}}$ – кількість стрілочних переводів, які необхідно демонтувати;

$C_{\text{дем.сп}}$ – вартість демонтажу одного стрілочного переводу, тис. грн.

З використанням даних таблиць 7.1 та 7.2, отримаємо

$$K_{\text{дем.сп}}^I = 2 \cdot 50 = 100 \text{ тис. грн.},$$

$$K_{\text{дем.сп}}^{II} = 8 \cdot 50 = 400 \text{ тис. грн.}.$$

Капітальні вкладення на демонтаж колій визначаються за формулою:

$$K_{\text{дем.кол}} = L_{\text{дем.кол}} \cdot C_{\text{дем.кол}}, \quad (7.8)$$

де $L_{\text{дем.кол}}$ – загальна довжина ділянок колій, які необхідно демонтувати, км;

$C_{\text{дем.кол}}$ – капітальні вкладення на демонтаж 1 км колії, тис. грн.

Підставивши необхідне, матимемо

$$K_{\text{дем.кол}}^I = 0,533 \cdot 800 = 426,4 \text{ тис. грн.},$$

$$K_{\text{дем.кол}}^{II} = 1,401 \cdot 800 = 1120,8 \text{ тис. грн.}.$$

Капітальні вкладення на укладання стрілочних переводів визначаються як

$$K_{\text{сп}} = n_{\text{сп}} \cdot C_{\text{сп}}, \quad (7.9)$$

де $n_{\text{сп}}$ – кількість стрілочних переводів, які потрібно укласти;

$C_{\text{сп}}$ – сумарна вартість 1 комплекту стрілочного переводу разом з вартістю робіт по його укладанню на станції, *тис. грн.*

З використанням відомих даних, виконаємо розрахунки:

$$K_{\text{сп}}^I = 4 \cdot 250 = 1000 \text{ тис. грн.},$$

$$K_{\text{сп}}^{II} = 12 \cdot 250 = 3000 \text{ тис. грн.}$$

Капітальні вкладення на спорудження колій визначаються за формулою:

$$K_{\text{кол}} = L_{\text{кол}} \cdot C_{\text{кол}}, \quad (7.10)$$

де $L_{\text{кол}}$ – загальна довжина ділянок колій, які необхідно укласти, *км*;

$C_{\text{кол}}$ – сумарні капітальні вкладення на придбання та укладання 1 км колії на станції, *тис. грн.*

З врахуванням вартості укладання 1 км колії, отримаємо:

$$K_{\text{кол}}^I = 0,988 \cdot 2000 = 1976 \text{ тис. грн.},$$

$$K_{\text{кол}}^{II} = 1,126 \cdot 2000 = 2252 \text{ тис. грн.}$$

Капітальні вкладення на спорудження допоміжної сортувальної гірки $K_{\text{дсг}}$ в даній дипломній роботі не визначаються, а приймаються однаковими для двох варіантів та рівними $K_{\text{дсг}} = 6500 \text{ тис. грн.}$ Аналогічно, вартість спорудження тупикової призми $K_{\text{тп}}$ для обох варіантів приймається рівною $K_{\text{тп}} = 50 \text{ тис. грн.}$

Таким чином, загальні капітальні витрати на спорудження допоміжної сортувальної гірки та групувально-сортувального парку становитимуть:

$$K^I = 100 + 426,4 + 1000 + 1976 + 6500 + 50 = 10052,4 \text{ тис. грн.},$$

$$K^{II} = 400 + 1120,8 + 3000 + 2252 + 6500 + 50 = 13322,8 \text{ тис. грн.}$$

Визначені капітальні витрати на спорудження ДСГ та ГСП за варіантами зведемо у таблицю (див. таблицю 7.3).

Таблиця 7.3 – Капітальні вкладення на роботи, які пов'язані зі спорудженням технічного оснащення для формування багатогрупних составів

№ п/п	Витрати	Одиниця виміру	Вартість одиниці виміру, тис. грн.	Капітальні вкладення за варіантами	
				Варіант 1	Варіант 2
1	Витрати на демонтування стрілочних переводів	1 комплект	50	100	400
2	Витрати, пов'язані із демонтуванням верхньої будови колії	1 км колій	1400	426,4	1120,8
3	Витрати на укладку стрілочних переводів	1 комплект	250	1000	3000
4	Витрати, пов'язані зі спорудженням колій	1 км колій	2800	1976	2252
5	Витрати на спорудження ДСГ з ГМП	1 об'єкт	6500	6500	6500
6	Витрати на спорудження тупикової призми	1 об'єкт	50	50	50
Всього				10052,4	13322,8

7.2.3 Визначення експлуатаційних витрат пов'язаних з утриманням побудованих за варіантами технічних засобів

Визначимо експлуатаційні витрати на утримання стрілочних переводів, колій, ДСГ та тупикової призми для двох варіантів, що розглядаються, за формулою

$$E = E_{\text{сп}} + E_{\text{кол}} + E_{\text{дсг}} + E_{\text{тп}}, \quad (7.11)$$

де $E_{\text{сп}}$ – річні експлуатаційні витрати на утримання стрілочного переводу;

$E_{\text{кол}}$ – річні експлуатаційні витрати на утримання 1 км колії;

$E_{\text{дсг}}$ – річні експлуатаційні витрати на утримання допоміжної сортувальної гірки малої потужності;

$E_{\text{тп}}$ – річні експлуатаційні витрати на утримання тупикової призми.

Для визначення економічних показників згідно таблиці А.5 Додатку А були

прийняті наступні питомі експлуатаційні витрати на утримання одиниці того чи іншого вимірника (таблиця 7.4).

Таблиця 7.4 – Питомі експлуатаційні витрати на одиницю вимірника

Витрати	Вимірник	Витрати на утримання за місяць, тис. грн
Витрати на утримання колії	1 км	58
Витрати на утримання стрілочних переводів	1 комплект	11
Витрати на утримання ДСГ	1 об'єкт	36
Витрати на утримання тупикової призми	1 об'єкт	5

Річні експлуатаційні витрати на утримання стрілочних переводів визначаються наступним чином:

$$E_{\text{сп}} = 0,05 \cdot 12 \cdot n \cdot C_{\text{сп,утр}}, \quad (7.12)$$

де $C_{\text{сп,утр}}$ – місячна норма утримання одного стрілочного переводу, тис. грн..

Підставивши необхідне, отримаємо

$$E_{\text{сп}}^I = 0,05 \cdot 12 \cdot 4 \cdot 11 = 26,4 \text{ тис. грн.},$$

$$E_{\text{сп}}^{II} = 0,05 \cdot 12 \cdot 12 \cdot 11 = 79,2 \text{ тис. грн.}.$$

Річні експлуатаційні витрати на утримання колій визначаються за наступною формулою:

$$E_{\text{кол}} = 12 \cdot L_{\text{кол}} \cdot C_{\text{кол,утр}}, \quad (7.13)$$

де $C_{\text{кол,утр}}$ – місячна норма утримання 1 км колій, тис. грн.

В результаті розрахунків, отримаємо

$$E_{\text{кол}}^I = 12 \cdot 0,988 \cdot 58 = 687,6 \text{ тис. грн.},$$

$$E_{\text{кол}}^{II} = 12 \cdot 1,126 \cdot 58 = 783,7 \text{ тис. грн.}.$$

Річні експлуатаційні витрати на утримання ДСГ визначаються за наступною формулою:

$$E_{\text{дсг}} = 12 \cdot C_{\text{дсг.утр}}, \quad (7.14)$$

де $C_{\text{дсг.утр}}$ – місячна норма утримання ДСГ, *тис. грн.*

Отже, для двох варіантів отримаємо наступне

$$E_{\text{дсг}}^I = 12 \cdot 36 = 432 \text{ тис. грн.},$$

$$E_{\text{дсг}}^{II} = 12 \cdot 36 = 432 \text{ тис. грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати на утримання тупикової призми визначаються за наступною формулою:

$$E_{\text{тп}} = 12 \cdot C_{\text{тп.утр}}, \quad (7.15)$$

де $C_{\text{тп.утр}}$ – місячна норма утримання тупикової призми, *тис. грн.*

Таким чином, матимемо

$$E_{\text{тп}}^I = 12 \cdot 5 = 60 \text{ тис. грн.},$$

$$E_{\text{тп}}^{II} = 12 \cdot 5 = 60 \text{ тис. грн.}$$

Результати розрахунків експлуатаційних витрат наведено в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Визначення сумарних річних експлуатаційних витрат пов'язаних з утриманням об'єктів, що були споруджені за варіантами

№ п/п	Витрати	Одиниця виміру	Норма на утримання на місяць, <i>тис. грн.</i>	Капітальні вкладення за варіантами	
				Варіант 1	Варіант 2
1	Витрати на утримання стрілочних переводів	1 комплект	11	26,4	79,2
2	Витрати на утримання колій	1 км колій	58	687,6	783,7
3	Витрати утримання ДСГ	1 об'єкт	36	432	432
4	Витрати на утримання тупикової призми	1 об'єкт	5	60	60
Всього				1206	1354,9

Таким чином, сумарні експлуатаційні витрати пов'язані з утриманням усієї побудованої інфраструктури склали:

$$E^I = 26,4 + 687,6 + 432 + 60 = 1206 \text{ тис. грн.}$$

$$E^{II} = 79,2 + 783,7 + 432 + 60 = 1354,9 \text{ тис. грн.}$$

7.2.4 Вибір обґрунтованого варіанту спорудження ДСГ та ГСП

Модифіковані витрати за варіантами визначимо з використанням даних Додатку А, звідки приймемо наступні необхідні значення:

- середня ставка амортизаційних відрахувань $a = 10\% = 0,1$;
- дисконтна ставка $E_n = 0,1$;
- норма податку на прибуток $H_{\text{нп}} = 25\% = 0,25$;
- тривалість життєвого циклу проекту $T = 25 \text{ років.}$

З врахуванням цього, амортизаційні відрахування складуть

$$A_I = 10052,4 \cdot 0,1 = 1005,24 \text{ тис. грн.},$$

$$A_{II} = 13322,8 \cdot 0,1 = 1332,28 \text{ тис. грн.},$$

Модифіковані приведені витрати при цьому становитимуть

$$МПВ_I = 10052,4 + 1206 \cdot (1 - 0,25) - 1005,24 \cdot 0,25 \cdot \frac{1 - (1 + 0,1)^{-25}}{0,1} = 13238,051 \text{ тис. грн.}$$

$$МПВ_{II} = 13322,8 + 1354,9 \cdot (1 - 0,25) - 1332,28 \cdot 0,25 \cdot \frac{1 - (1 + 0,1)^{-25}}{0,1} = 15038,422 \text{ тис. грн.}$$

Як видно з приведених розрахунків, менших витрат вимагає варіант розміщення витяжної колії в гірочній горловині парку.

Підсумовуючи, можна відзначити, що в результаті аналізу варіантів можливого спорудження допоміжного сортувального пристрою був зроблений висновок, що мінімальні витрати на спорудження ДСГ будуть при його реалізації за першим варіантом, тобто в гірочній горловині основного сортувального парку, а ГСП доцільно виділяти з частини колій крайнього пучка цього парку; напрямок сортування вагонів при цьому буде відповідати напрямку їх сортування з основної сортувальної гірки.

8. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ СТАНЦІЙ Н

8.1 Технологія роботи з вагонами, що надходять в переробку

При виході поїзда із сусідньої станції (Л, Р, М або Т) черговий по станції Н сповіщає працівників СТЦ, пунктів технічного обслуговування (ПТО) і комерційного огляду вагонів (ПКО), сигналіста стрілочного поста про номер поїзда, колію і час його прибуття для підготовки до зустрічі поїзда, що прибуває, працівниками, які беруть участь у його обробці. При одночасному прийманні кількох поїздів черговий по станції (ДСП) повідомляє працівників ПТО і ПКО про черговість обробки поїздів. ДСП дає вказівки про закріплення состава гальмовими башмаками на колії прибуття. Обробка состава у парку прибуття складається з таких операцій як закріплення состава гальмовими башмаками, відчепки поїзного локомотиву та відпускання автогальм, технічного обслуговування состава, комерційного огляду вагонів, контрольної перевірки состава та перевірки наявності перевізних документів.

Закріплення состава, що прибув гальмовими башмаками виконує сигналіст стрілочного поста за нормами.

Після зупинки поїзда, його закріплення і відчеплення локомотива працівники ПТО огороджують состав і починають технічне обслуговування.

Технічне обслуговування состава в парку прибуття виконується однією бригадою працівників ПТО, яка складається з 2-х груп по 2 оглядача у групі.

Оглядачі поїздів ділять состав на 2 частини і одночасно з обох сторін виконують огляд і технічне обслуговування составу.

Про всі несправності, що підлягають усуненню при безвідчипному ремонті, працівники ПТО наносять на вагони крейдянні позначки на кузовах напіввагонів, бортах платформ, котлах цистерн. Вагони, що підлягають відчипному ремонту, розмічають з вказанням місця виконання ремонту.

У процесі підготовки составів до розформування одночасно з технічним обслуговуванням працівники ПТО здійснюють відпускання автогальм, роз'єднання рукавів, ремонт автозчепних приладів.

Паралельно з технічним оглядом приймальники поїздів оглядають вагони в комерційному відношенні для виявлення і усунення комерційних несправностей, що загрожують безпеці руху і збереженню вагонів і вантажів.

Одночасно встановлюється наявність пломб на вагонах з подальшою перевіркою відповідності відомостей про пломби з даними, які указані в ТНЛ та перевізних документах. При супроводженні вантажу стрільцем воєнізованої охорони останній приймає участь в огляді состава.

На вагони з несправностями, усунення яких потребує подачі вагонів на спеціальні колії, а також з комерційними несправностями, які можуть бути усунені на коліях відправлення за час стоянки поїзда, наноситься відповідна крейдова розмітка.

Після закінчення технічного обслуговування і комерційного огляду состава і зняття огороження оператор ПТО повідомляє в СТЦ номери вагонів, які потребують відчепного ремонту, з подальшим заповненням на ці вагони повідомлень форми ВУ-23, а приймальник поїздів - номери вагонів, які потребують подачі на спеціальні колії, з подальшим складанням на них акта загальної форми ГУ-23.

Про закінчення обслуговування состава і зняття огороження оператор ПТО і приймальники поїздів повідомляють чергового по станції.

Технологічний графік обслуговування поїздів, що прибувають у розформування приведено на рисунку 8.1 з використанням даних розділу 3 та рекомендацій [60].

Найменування операції	До прибуття	Час, хв						Виконавець
		0	5	10	15	20	25	
		30						
Одержання від поїзного диспетчера повідомлення про номер і час прибуття поїзда								Черговий по станції
Оповіщення відповідних працівників про номер поїзда і номер колії прийому								Черговий по станції
Прийом поїзда на колію ПП								–
Закріплення поїзда								Сигналіст
Відпуск автогальм і відчеплення поїзного локомотива								Локомотивна бригада
Технічне обслуговування поїзда бригадою ПТО та комерційний огляд поїзда								Бригада ПТО, приймальники поїздів
Заїзд маневрового локомотива під состав								Машиніст ман. локомотива
Зняття закріплення поїзда								Сигналіст
Загальна тривалість обробки поїзда на колії ПП		2						

Рисунок 8.1 – Графік обробки поїздів, що прибувають у розформування

8.2 Технологія розформування і формування составів

В процесі розформування составів на підставі даних обліку накопичення вагонів на коліях сортувального парку і даних натурних листів составів, що прибули, про кількість, розташування і вагу вагонів за призначеннями плану формування, характеристик вантажів, що перевозяться, під керівництвом маневрового диспетчера здійснюється формування составів нових призначень.

Перед розпуском состава, черговий по гірці, ознайомившись з сортувальним листом, переконується в можливості розміщення вагонів состава, що розформовується, в межах сортувальних колій, повідомляє план розпуску состава оператору СТЦ, операторам виконавчих постів, регулювальнику швидкості руху вагонів.

При цьому уточнюються такі дані, як колії слідування відчепів, порядок пропуску через гірку вагонів, які потребують особливих заходів обережності та швидкість розформування состава.

При наявності на станції кількох составів, призначених для розформування, та після детального аналізу на підставі даних обліку накопичення вагонів на сортувальних коліях і даних натурних листів составів, що прибули, перевагу мають состави в яких знаходяться вагони належності країнам СНД і Балтії.

Після узгодження плану розформування состава, приготування маршруту насуву на гірку, черговий по гірці переконується у відсутності під вагонами гальмових башмаків, сторонніх предметів і по парковому сповіщальному зв'язку повідомляє про початок розпуску состава і дає вказівку машиністу маневрового локомотива про насув состава на гірку.

Черговий по гірці керуючись сортувальним листком інформує регулювальників швидкості руху вагонів про число відчепів та вагонів, і порядок їх надходження на сортувальні колії, попереджає про відчепи, які потребують при гальмуванні особливої обережності.

Найменший час зайнятості гірки, що приходить на один состав, який розформовується, досягається за рахунок прискорення процесу розпуску, максимального скорочення міжопераційних перерв, підтягування накопичених вагонів.

У процесі розформування состава складач поїздів виконує розчеплення вагонів згідно сортувальному листку. Місця розчеплення великих відчепів перевіряються по зазначених у сортувальному листку номерах останніх вагонів. Для забезпечення охорони праці розчеплення вагонів виконується спеціальними розчеплювальними важелями.

Під час розпуску состава черговий по гірці слідкує за правильністю розчеплення і прямування відчепів і, у разі потреби, по парковому сповіщувальному зв'язку інформує операторів виконавчих постів і

регулювальників швидкості руху вагонів про зміну напрямку відчепів, а також про відчепи, які потребують при гальмуванні особливої обережності.

Для найбільш повного використання місткості колій та забезпечення співударяння відчепів з вагонами, які стоять на коліях, із швидкістю не вище допустимою, ДСПГ проводить інтервальне гальмування відчепів, а оператори гальмових позицій прицільне гальмування відчепів.

У необхідних випадках (при прямуванні відчепів на вільну колію) прицільне гальмування відчепів на початку сортувальних колій повинне поєднуватися з гальмуванням їх у глибині парку.

Розформування составів на гірці може виконуватись із застосуванням перемінних швидкостей. Перемінна швидкість розпуску задається черговим по гірці, який в залежності від величини відчепів, умов їх проходження в стрілочній зоні, чергування відчепів по пучках, ступені заповнення колій сортувального парку дає по радіозв'язку указання машиністу гірчного локомотиву про зміни швидкості насуву состава, а в необхідних випадках змінює показання гіркового світлофора.

При розформуванні составів, в яких є вагони, які не підлягають розпуску з гірки застосовуються наступні варіанти розпуску:

– при розформуванні составу розпуск ведеться до підходу указаних вагонів до вершини гірки, а потім ці вагони "знімаються" локомотивом сортувального парку і відставляються на колії їх накопичення;

– при знаходженні указаних вагонів у хвостовій частині составу, розпуск ведеться до підходу їх до вершини гірки, а потім вони із залишившоюся частиною составу осаджуються гірковим локомотивом на колію сортувального парку. Решта составу витягується на гірку для закінчення розформування.

Після закінчення розпуску, черговий по гірці, у разі необхідності, дає розпорядження машиністу гіркового локомотива про проведення осаджування вагонів на коліях сортувального парку або про прямування у парк прибуття для насуву чергового составу на гірку.

При підході гіркового локомотива в парк прибуття до состава, який підлягає розформуванню, машиніст, переконавшись у відсутності огороження, причіплює локомотив і після забирання гальмових башмаків за розпорядженням чергового по станції, та при відкритому гірковому сигналі насуває состав.

Про осаджування вагонів черговий по гірці попереджає складача поїздів сортувального парку по сповіщальному парковому зв'язку. Складач поїздів, який осаджує вагони, повинен знаходитись попереду осаджуємо групи вагонів. При наявності під вагонами гальмових башмаків вилучення їх здійснює регулювальник швидкості руху вагонів.

Про закінчення осаджування вагонів складач поїздів доповідає черговому по гірці по радіозв'язку.

Підтягування вагонів локомотивом, який працює на витяжних коліях, виконується складачем поїздів за розпорядженням маневрового диспетчера з обов'язковим повідомленням чергового по гірці і операторів виконавчих постів.

Розформування составів виконується двома локомотивами.

По закінченню розформування составу ДСПГ доповідає накопичувачу про всі зміни слідування відцепів по коліям сортувального парку для корегування накопичення вагонів.

Операції по закінченню формування составів виконуються локомотивом, який працює на витяжних коліях, за вказівкою маневрового диспетчера. Формування составів виконується методом підбірки необхідного прикриття, усунення незбігу центрів осей автозцепів і виставки составів у парк відправлення.

При формуванні кожного составу ДСЦ дає вказівку оператору СТЦ на підрахування ваги і умовної довжини составу даного призначення.

При формуванні состава обов'язково враховується наявність вагонів країн СНД і Прибалтики на станції Н за призначенням плану формування.

Отримавши завдання на формування составу, оператор СТЦ по радіозв'язку сповіщає складачу поїздів сортувального парку такі дані, як призначення составу, що формується, порядок з'єднання составів, кількість умовних вагонів у составі та номер хвостового вагону.

Маневрова робота на витяжних коліях виконується методом осаджування, а при необхідності виконується поодинокими або серійними поштовхами. Для дотримання встановлених швидкостей руху при виконанні маневрів поштовхами з витяжних колій притягується регулювальник швидкості руху вагонів.

Підготовка маршрутів в процесі маневрів виконується складачем сортувального парку черговим поста централізації. Для оперативного керівництва робітники, які приймають участь у процесі формування, використовують переносні радіостанції, засоби сповіщального паркового зв'язку.

Отримавши завдання на формування поїзда, складач поїздів намічає план виконання маневрової роботи і доводить його до відома виконавців.

Перед початком формування виконується з'єднання вагонів у сортувальному парку і підтягування їх до граничного стовпчика. До перестановки складу складач поїздів особисто перевіряє зчеплення і збіг повздовжніх вісей автозчепів, вилучає гальмові башмаки і переконується у відсутності перешкод для руху. При перестановці сформованих складів у парк відправлення вагони, які не включені у склад поїзда, підтягуються до граничного стовпчика і закріплюються гальмовими башмаками.

Перестановка складу у парк відправлення здійснюється маневровим локомотивом без супроводження складача.

Під час перестановки складу в парк відправлення складач поїздів знайомить членів маневрової бригади з подальшим планом роботи, який отримує від ДСЦ.

При перестановці складу в парк відправлення ДПЦ виконує натурну перевірку номерів вагонів. Дані натурної перевірки вводяться в ПЕОМ для звірки з накопичувальною відомістю, підбірки перевізних документів і отримання із ПЕОМ натурального листа на сформований склад.

При постановці в поїзд цистерн із нафтопродуктами, яким необхідна охорона, місце для проїзду наряду ВОХР (перехідна площадка, критий вагон) повинно знаходитись не далі 5-ти вагонів від супроводжуваних цистерн зі сторони

локомотива для запобігання отруєння небезпечними випаровуваннями під час руху поїзда.

При формуванні поїзда вагони з номенклатурними вантажами ставляться в поїзд однією групою з включенням в неї вагона з перехідною площадкою або критого вагону для проїзду охорони. Група вагонів, яка підлягає охороні може ставитися в головну частину поїзда не далі 5-ти вагонів від локомотива, у цьому випадку дозволяється проїзд стрілка ВОХРу у кабіні локомотива поїзда.

8.3 Підготовка составів свого формування до відправлення

Перед відправленням поїзда свого формування приймальники поїздів перевіряють правильність і міцність кріплення вантажів на відкритому рухомому складі, працівники ПТО, правильність формування поїзда і зчеплення вагонів у составі, переконуються в тому, що збереження вантажів повністю забезпечено. У парку відправлення з составами свого формування виконуються операції:

- закріплення составів гальмовими башмаками;
- технічне обслуговування і поточний безвідчепний ремонт вагонів;
- комерційний огляд вагонів і усунення несправностей;
- здача документів локомотивній бригаді;
- причеплення поїзного локомотива і випробування автогальм.

Про майбутню перестановку состава в парк відправлення черговий поста централізації ДПЦ сповіщає працівників ПТО, ПКО з вказанням колії, на яку переставляється состав. Після перестановки состава в парк відправлення ДПЦ по парковому сповіщувальному зв'язку або по телефону пред'являє оператору ПТО состав до технічного обслуговування з вказанням номера колії, кількості вагонів в составі, номерів головного і хвостового вагонів і часу відправлення поїзда.

Закріплення виставленого состава гальмовими башмаками виконується приймальником поїздів парку відправлення згідно ТРА станції.

Працівники ПТО після огороження составу, виконують технічне обслуговування і ремонт вагонів.

Технічне обслуговування составів в парку відправлення виконується бригадою працівників ПТО, яка складається з старшого оглядача, оглядачів-ремонтників, слюсарів по ремонту рухомого складу. оператора ПТО.

Технічне обслуговування і ремонт виконуються одночасно двома групами працівників ПТО з голови та хвоста составу.

При виявленні несправностей працівники ПТО наносять на вагонах крейдові позначки, а слюсарі, які йдуть слідом, виконують необхідний ремонт. Працівники ПТО здійснюють огляд, необхідний ремонт гальмових пристроїв вагонів.

Після закінчення ремонту вагонів працівники ПТО виконують приймання виконаних робіт, витирають на вагонах усі крейдові надписи, що раніше були нанесені при огляді состава.

Старший працівник ПТО переконавшись у відсутності людей під вагонами, про завершення робіт по технічному обслуговуванню состава повідомляє оператора ПТО, який знімає огороження, чергового по парку відправлення про технічну готовність состава з подальшим записом про це в книзі форми ВУ-14.

Після причеплення поїзного локомотива оглядачі-ремонтники виконують випробування автогальм.

Одночасно з технічним обслуговуванням і ремонтом вагонів приймальники поїздів здійснюють комерційний огляд состава та усунення виявлених несправностей, що загрожують збереженню вантажу і безпеці руху поїздів.

Комерційний огляд виконується з двох боків состава. Про виявлені комерційні несправності, які неможливо усунути в парку відправлення, приймальники поїздів доповідають ДСЦ та ДСПО (при необхідності робітникам ВОХРу та міліції), складають акт загальної форми ГУ-23 Про готовність поїзда у комерційному відношенні приймальники поїздів доповідають черговому по парку відправлення ДСПО з подальшим записом у книзі форми ГУ-98 (книга реєстрації комерційних несправностей).

У випадку, коли готовий до відправлення поїзд знаходиться у парку відправлення більш 1 години черговий по парку відправлення пред'являє поїзд до повторного комерційного огляду.

До моменту закінчення технічного обслуговування і комерційного огляду состава оператор СТЦ парку відправлення по пневмопошті пересилає пакет з перевізними документами ДСПО, парку відправлення, який вручає його машиністу поїзного локомотива. Про готовність поїзда до відправлення ДСПО інформує ДСЦ і ДСП поста МРЦ.

Після відправлення поїзда оператор при ДСЦ передає поїзному диспетчеру Дирекції номер та індекс поїзда, вагу і кількість вагонів у поїзді, наявність в составі поїзда вагонів з небезпечними вантажами класу 1- ВМ, негабаритними вантажами та інші дані, які передбачені діючими на залізницях інструкціями по інформації.

Технологічний графік обслуговування составів свого формування в парку відправлення приведено на рисунку 8.2.

Найменування операції	До прибуття	Час, хв									Виконавець	
		0	5	10	15	20	25	30	35	40		
Перестановка поїзда		█									–	
Закріплення поїзда		█										Сигналіст
Відчеплення маневрового локомотива		█										Локомотивна бригада
Обробка поїзда бригадою ПТО та ПКО			█ 23								Бригада ПТО Приймальники поїздів	
Причеплення поїзного локомотива							█				Локомотивна бригада	
Зняття закріплення								█ 2			Сигналіст	
Проба автогальм									█ 11		Автоматники	
Всього			█ 42									

Рисунок 8.2 – Графік обробки поїздів свого формування

8.4 Технологія обробки транзитних поїздів

При виході поїзда із сусідньої станції черговий по станції сповіщає працівників СТЦ, пунктів технічного обслуговування (ПТО) і комерційного огляду вагонів (ПКО), сигналіста стрілочного поста про номер поїзда, колію і час його прибуття для підготовки до зустрічі поїзда, що прибуває, працівниками, які беруть участь у його обробці. При одночасному прийманні кількох поїздів черговий по станції (ДСП) повідомляє працівників ПТО і ПКО про черговість обробки поїздів. ДСП дає вказівки про закріплення состава гальмовими башмаками на колії прибуття. Обробка состава у транзитному парку включає наступні операції: закріплення состава гальмовими башмаками; передача документів на поїзд черговому по парку; відчіпка поїзного локомотиву, відпускання автогальм (можлива тільки зміна локомотивних бригад); технічне обслуговування составу; комерційний огляд вагонів; контрольна перевірка состава; причіпка локомотива; передача документів поїзній бригаді; проба автогальм.

Закріплення состава, що прибув гальмовими башмаками виконує черговий по парку за встановленими нормами.

Після зупинки поїзда поїзна бригада передає документи на поїзд черговому по парку. Після закріплення состава і відчеплення локомотива працівники ПТО огорожують состав і починають технічне обслуговування.

Технічне обслуговування состава в транзитному парку виконується однією бригадою працівників ПТО, яка складається з 2-х груп по 2 оглядача у групі. Оглядачі поїздів ділять состав на 2 частини і одночасно з обох сторін виконують огляд і технічне обслуговування составу.

Про всі несправності, що підлягають усуненню при безвідчіпному ремонту, працівники ПТО наносять на вагони крейдяні позначки на кузовах напіввагонів, бортах платформ, котлах цистерн. Вагони, що підлягають відчіпному ремонту, розмічають з вказанням місця виконання ремонту.

Паралельно з технічним оглядом приймальники поїздів оглядають вагони в комерційному відношенні для виявлення і усунення комерційних несправностей, що загрожують безпеці руху і збереженню вагонів і вантажів.

Одночасно встановлюється наявність пломб на вагонах з подальшою перевіркою відповідності відомостей про пломби з даними, які указані в ТНЛ та перевізних документах. При супроводженні вантажу стрільцем воєнізованої охорони останній приймає участь в огляді состава.

Після закінчення технічного обслуговування і комерційного огляду состава і зняття огороження оператор ПТО повідомляє про це ДСП, що дає команду на причіпку локомотива. Після причіпки локомотива черговий по парку передає документи на поїзд поїзній бригаді і прибирає гальмівні башмаки з-під составу. Виконується перевірка автогальм, ДСП готує маршрут відправлення і поїзд відправляється.

8.5 Технологія роботи з пасажирськими поїздами

Сортувальна станція Н обслуговує пасажирський рух.

Дальні пасажирські поїзди та приміські пасажирські поїзди з підходів Л та Р обслуговуються на II та IV головних коліях пасажирського парку, а з підходів М та Т – на I та III. Після виконання усіх операцій з висадки-посадки пасажирів поїзди відправляються на необхідні напрямки.

8.6 Технологія роботи з місцевими вагонами

Сортувальна станція Н виконує обслуговування місць загального та незагального користування, що примикають до неї.

З метою прискорення роботи з формування подач в попередніх розділах було визначено, що найбільш ефективним методом для виконання такої роботи є метод рівномірного наростання. З використанням відповідного програмного забезпечення побудованого на базі даного методу можна забезпечити для оперативного персоналу кваліфіковану допомогу в рамках системи прийняття управлінських рішень, яка забезпечить суттєве скорочення тривалості маневрової роботи, пов'язаної з вказаною проблемою.

Формування багатогрупних составів вказаним методом рекомендується здійснювати у горловині формування станції Н.

9 СКЛАДАННЯ ДОБОВОГО ПЛАНУ-ГРАФІКУ РОБОТИ СТАНЦІЙ 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-розпорядницького акта і технологічного процесу станції. Добовий план-графік роботи станції визначає взаємозв'язок у часі і просторі і порядок виконання основних технологічних операцій.

Добовий план-графік складають з метою узгодження роботи всіх підрозділів станції між собою, чи ліквідації зведення до виправданого в техніко-економічному відношенні мінімуму всіх міжопераційних інтервалів, виявлення найбільш завантажених і потребуючих посилення елементів. За допомогою плану-графіка можна визначити ступінь нерівномірності в роботі і її вплив на використання основних технічних засобів і експлуатаційні показники станцій. При складанні добового плану-графіка перевіряють умови взаємодії основних процесів на станції і намічають заходи для їх виконання, перевіряють окремі нормативи технологічного процесу.

9.1 Вихідні дані для побудови добового плану-графіка роботи сортувальної станції Н

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

При побудові добового плану-графіка будемо враховувати, що подача-збирання вагонів здійснюється три рази на добу господарським локомотивом, який працює з 8⁰⁰ до 20⁰⁰. Всі інші маневрові пересування виконуються станційними маневровими локомотивами, що працюють цілодобово.

Результати моделювання моментів прибуття поїздів та розподіл вагонів за призначеннями ПФП приведені в Додатку В.

Для відображення різних технологічних операцій на добовому плану-графіку далі приводяться їх нормативи (див. розділ 3):

- час на причепку локомотива становить 2 хв;
- тривалість повної проби гальм приймаємо рівною 11 хв;
- час на скорочену пробу гальм приймаємо рівним 5 хв;
- тривалість заїзду складає 7 хв, насуву – 3 хв, розпуску – 10 хв, а осаджування – 11 хв;
- час на закінчення формування одногрупних поїздів в хвості сортувального парку складає 7 хв, на закінчення формування збірних поїздів – 31,7 хв;
- час на перестановку составів свого формування із сортувального парку у відправний становить 7 хв.

9.2 Розрахунок показників функціонування сортувальної станції

За даними виконаного добового плану-графіка роботи сортувальної станції N визначаються наступні показники:

Простій транзитного вагона без переробки:

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

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

$n_{\text{тр}}$ – кількість транзитних вагонів без переробки, що проходять станцію N за добу.

Згідно розділу 3, таблиці 3.4 $n_{\text{тр}} = 3024$ ваг.

Вагоно-години простою транзитних поїздів визначаються з плану-графіка та складають 1016,96 ваг-год.

Таким чином, простій транзитного вагона без переробки становить:

$$\sum t_{\text{тр}}^{\text{бп}} = \frac{1016,96}{3024} = 0,34 \text{ год},$$

Простій транзитного вагона з переробкою визначається за формулою:

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = t_{\text{пш}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{по}}, \quad (9.2)$$

де $t_{\text{пш}}$ – середня тривалість простою вагону до розформовування; становить з урахуванням даних із плану-графіка

$$t_{\text{пш}} = \frac{1547,47}{2317} = 0,67 \text{ год}.$$

$t_{\text{нак}}$ – середня тривалість простою вагону під накопиченням з урахуванням розформовування; становить з урахуванням даних із плану-графіка

$$t_{\text{нак}} = \frac{22660,2}{2317} = 9,78 \text{ год};$$

$t_{\text{по}}$ – середня тривалість простою вагону після пред'явлення до обробки; становить з урахуванням даних із плану-графіка

$$t_{\text{по}} = \frac{2138,58}{2199} = 0,97 \text{ год}.$$

Отже, даний простій становить

$$t_{\text{тр}}^{\text{зп}} = 0,67 + 9,78 + 0,97 = 11,42 \text{ год}.$$

Середньозважений простій транзитного вагону визначається за наступною формулою:

$$t_{\text{тр}} = \frac{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{бп}} + \sum n_{\text{тр}}^{\text{зп}} \cdot t_{\text{тр}}^{\text{зп}}}{\sum n_{\text{тр}}^{\text{бп}} + \sum n_{\text{тр}}^{\text{зп}}}. \quad (9.3)$$

Тобто

$$t_{\text{тр}} = \frac{1016,96 + 1547,47 + 41211,2 + 2138,58}{3024 + 2317 + 2317 + 2199} = 5,18 \text{ год}$$

Добовий вагонообіг станції визначається за формулою:

$$B = \Pi + Y, \quad (9.4)$$

де Π – кількість прибувчих на станцію вагонів за добу;

Y – кількість вагонів, що вибули зі станції, за добу;

$$B = 5341 + 5341 = 10682 \text{ ваг.}$$

Робочий парк станції визначається за формулою:

$$n_{\text{р}} = \frac{n_{\text{тр}} t_{\text{тр}} + n_{\text{м}} t_{\text{м}}}{24}, \quad (9.5)$$

де $n_{\text{м}}$ – кількість місцевих вагонів;

$t_{\text{м}}$ – середня тривалість роботи з місцевим вагоном, год.

Згідно таблиці 2.5 $n_{\text{м}} = 118$ ваг, згідно Додатку В, $t_{\text{м}} = 9,2$ год.

$$n_{\text{р}} = \frac{5223 \cdot 5,18 + 118 \cdot 9,20}{24} = 1173 \text{ ваг.}$$

Коефіцієнт завантаження кожного маневрового локомотива визначається за формулою:

$$K_{\text{лок}} = \frac{\sum t_{\text{ман}}}{1440 - T_{\text{пер}}}, \quad (9.6)$$

де $\sum t_{\text{ман}}$ – час роботи маневрового локомотива; визначається із добового плану-графіку: для першого гірочного локомотива $\sum t_{\text{ман}} = 588 \text{ хв}$, для другого гірочного локомотива $\sum t_{\text{ман}} = 424 \text{ хв}$, для першого маневрового локомотиву, зайнятого формуванням $\sum t_{\text{ман}} = 369 \text{ хв}$, для другого локомотива $\sum t_{\text{ман}} = 262 \text{ хв}$;

$T_{\text{пер}}$ – загальна тривалість перерв у роботі локомотива.

Згідно [53] приймаємо $T_{\text{пер}} = 90 \text{ хв}$.

Отже, коефіцієнт завантаження першого гірочного локомотива складає

$$K_{\text{лок}} = \frac{588}{1440 - 90} = 0,44.$$

Коефіцієнт завантаження другого гірочного локомотива

$$K_{\text{лок}} = \frac{424}{1440 - 90} = 0,31.$$

Коефіцієнт завантаження першого локомотиву, зайнятого формуванням

$$K_{\text{лок}} = \frac{369}{1440 - 90} = 0,27.$$

Коефіцієнт завантаження другого локомотиву, зайнятого формуванням

$$K_{\text{лок}} = \frac{262}{1440 - 90} = 0,19.$$

Загальний час очікування обслуговування вантажним поїздом згідно плану-графіка становить $\sum t_{\text{оч}} = 1082 \text{ хв}$.

Тоді середній час очікування обслуговування становить:

$$\bar{t}_{\text{оч}} = \frac{1082}{54} = 20,03 \text{ хв}.$$

Тривалість знаходження вантажного поїзда на станції визначається за наступною формулою:

$$\bar{t}_{\text{знах}} = \bar{t}_{\text{оч}} + \bar{t}_{\text{обс}} \quad (9.7)$$

де $\bar{t}_{\text{обс}}$ – середній час обслуговування вантажних поїздів в транзитному парку, *хв.*

Приймаємо згідно плану-графіка $\bar{t}_{\text{обс}} = 30,2$ *хв.*

Таким чином, тривалість знаходження вантажного поїзда в транзитному парку станції Н становить:

$$\bar{t}_{\text{знах}} = 20,03 + 30,2 = 50,23 \text{ хв.}$$

ВИСНОВКИ

В процесі розробки даного дипломної роботи були розглянуті питання удосконалення роботи сортувальної станції Н.

На базі розрахункових обсягів роботи була проведена перевірка відповідності їм технічного оснащення станції Н. На основі розрахунку кількості колій зроблений висновок про відсутність необхідності збільшення числа колій в парках станції, таким чином в парках прийому та відправлення залишиться 6 колій, в сортувальному парку 24 колії, в транзитному 7 колій, а в пасажирському 4 колії.

В розділі деталі роботи було визначено оптимальну технології формування багатогрупних составів та рекомендовано технічне оснащення для виконання формування.

Можливість нормальної роботи станції було перевірено шляхом побудови добового плану-графіка організації роботи. З його допомогою були визначені основні показники функціонування станції Н: простій транзитного вагона без переробки склав 0,34 год, а вагона з переробкою 11,42 год; завантаження локомотивів склало від 0,19 до 0,44, що свідчить про наявність резервів на станції в плані обслуговування різноманітних заявок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бородин, А. Ф. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учетом увеличения доли частных вагонов / А. Ф. Бородин, Е. А. Сотников // Железнодорожный транспорт. - 2011. – № 3. - С. 8–19.
2. Грунтов, П. С. Теоретические основы технологии и развития сортировочных станций как основных элементов транспортных систем : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08 / Грунтов Петр Степанович. - М., 1977. – 39 с.
3. Правдин, Н. В. Проектирование железнодорожных станций и узлов / Н. В. Правдин, Т. С. Банек. - Минск : Вышэйшая школа, 1975. – 512 с.
4. Рыбин, П.К. К вопросу целесообразности корректировки прогноза объемов вагонопотоков, поступающих в адрес морского порта, в условиях неустойчивой экономической ситуации / П. К. Рыбин, А. А. Кузменков // Вестник РГУПС. -2011. - № 1. – С. 130–136.
5. Здорова, А. Ч. Обзор методов прогнозирования объемов грузовых перевозок / А. Ч. Здорова // Проектирование развития региональной сети железных дорог. - 2017. - № 5. – С. 126–133.
6. Елисеев, С. Ю. Взаимодействие железнодорожных станций с грузовыми терминалами на местах необщего пользования / С. Ю. Елисеев, С. Г. Волкова // Мир транспорта. - 2016. - № 4 (65). – С. 188–200.
7. Долженко, А. М. Исторические аспекты и современные проблемы модернизации ж/д горок: монография / А. М. Долженко, Е. Г. Бутрина, Н. В. Пушкаренко. - Saarbrücken : LAP LAMBERT, 2014. – 94 с.
8. Аустнязова, Б. И. Методика расчета показателей, характеризующих варианты организации переработки местных вагонопотоков в железнодорожном узле / Б. И. Аустнязова // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им М. Тынышпаева. - 2010. - № 5 (66). - С. 54-59.
9. Boysen, N. The basic train makeup problem in shunting yards / Nils Boysen, Simon Emde, Malte Fliender // M. OR Spectrum. - 2016. - № 38. - P. 207-233.
10. Мачерет, Д. А. Долгосрочная оптимизация эксплуатационных затрат: анализ опыта железных дорог США / Д. А. Мачерет, Н. А. Валеев // Вестник нау-

чно-исследовательского института железнодорожного транспорта. - 2017. - Т. 76, № 2. - С. 94-100.

11. Kumar, S. Handbook of transportation engineering / Sudhir Kumar. - McGraw-Hill Handbooks, 2004. - 937 с.

12. Развитие и реконструкция станций и узлов / К. Ю. Скалов, И. Е. Савченко, Е. А. Ветухов, Г. А. Литвиновский, Е. И. Нечаева. - М. : Транспорт, 1972. - 286 с.

13. Месарош, П. Способы многогруппной сортировки вагонов на вытяжках / Пал Месарош // Железнодорожный транспорт. - 1963. - № 11. - С. 85-88.

14. Технология работы станции формирования поездов / Ф. Флодр и др. - М. : Транспорт, 1989. - 134 с.

15. Ivic, M. Effects of the application of conventional methods in the process of forming the pick-up trains / M. Ivic, M. Markovic, A. Markovic // Yugoslav Journal of Operation Research. - 2007. - № 17. - P. 245-256.

16. Ivic, M. Conditions for simultaneous formation of multigroup freight trains / M. Ivic, I. Belosevic, M. Kosijer // Gradjevinar. - 2012. - № 64. - P. 553-563.

17. Сивицкий, Д. А. Комплекс предварительной сортировки вагонов для повышения эффективности параллельного роспуска на основной сортировочной станции / Д. А. Сивицкий // Прогрессивные технологии и процессы : сб. науч. ст. междунар. молодежной науч.-практ. конф. : в 2 т. - Курск, 2014. - Т. 2. - С. 182-187.

18. ДБН В.2.3–19:2018 Споруди транспорту. Залізниці колії 1520 мм. Норми проектування. К.: Мін. регіон. розв., 2018.

19. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР/ ВСН 207 – 89 МПС СССР/. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.

20. Сивицкий, Д. А. Вероятностный метод определения необходимой вместимости группировочных путей с учетом структуры вагонопотока и эксплуатационной надежности / Д. А. Сивицкий, С. В. Карасев // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. - 2017. - № 2 (41). - С. 5-13.

21. Сивицкий Д. А. Определение полезной длины группировочных путей на основе имитационного моделирования и теории надежности / Д. А. Сивицкий // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. - 2017. - Т.1. - С. 97-101.

22. Сивицкий, Д. А. Комплекс предварительной сортировки вагонов для повышения эффективности параллельного роспуска на основной сортировочной станции / Д. А. Сивицкий // Прогрессивные технологии и процессы : сб. науч. ст. междунар. молодежной науч.-практ. конф. : в 2 т. - Курск, 2014. - Т. 2. - С. 182-187.

23. Длугач Б. А. Опыт проектирования и строительства сортировочных станций и узлов за рубежом. М., 1966. 27 с.

24. Ray C. Полугорка с противоуклоном для повторной сортировки – новое эффективное средство формирования многогруппных поездов. Ж. д. мира. 1976. № 12. с. 64-68.

25. Аксёнов В. И., Норматов М. Н. Эффективность секционирования путей сортировочных парков станции для переработки местного вагонопотока // Совершенствование методов организации движения поездов, грузовой работы и проектирования станций. Ташкент, 1974. с. 44-51.

26. Бобровский, В. И. Двустороннее сортировочное устройство для интенсификации процесса формирования многогруппных составов / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2013. - № 2 (23). - С. 7-12.

27. Николашин В. М. Выбор оптимальной очередности операций при расформированию поездов на грузовых станциях // Резервы повышения уровня комплексной механизации и автоматизации процессов на грузовых станциях. М., 1981. – с. 44-54.

28. Макаров В. М. Ускоренное формирование многогруппных поездов на ограниченном числе сортировочных путей – Организация движения и пассажирские перевозки. – ЦНИИТЭИ МПС. – 1986. – Экспресс – информ. № 1. – с. 1 – 26.

29. Тишкин Е.М., Макаров В.М., Климанов В.С. Интенсификация местной работы // Ж.- д. трансп. 1986. № 3. – с. 54-58.

30. Грибков В. Н., Приписцова С. В. Интенсивная технология местной работы на станции Бескудниково. - Организация движения и пассажирские перевозки. - ЦНИИТЭИ МПС. - 1986. – Экспресс-информ. № 1. - с. 26-37.

31. Казовский И. Г., Соловьева Н. П., Приписцова С. В. Формирование многогруппных поездов // Железнодорожный транспорт. - 1986. - №6. - с. 70 - 72.

32. Дерюгин И. В., Макаров В. М. По методу многогруппной сортировки // Железнодорожный транспорт. – 1987. - № 2. – с. 26 – 27.

33. Григорьев В. В. Интенсификация сортировочной работы с местными вагонопотоками при использовании вспомогательных сортировочных устройств: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1987. 24 с.

34. Олейник О. А. Интенсивная технология местной работы // Железнодорожный транспорт. – 1988. - № 12. – с. 15 – 17.

35. Курзов Н. Р. Применение комбинаторного метода сортировки вагонов на грузовой станции // Тез. докл. XVI научно-техн. конф. кафедр БелИИЖТа и ДорНТО Бел. ж. д. – Гомель, 1989. – с. 24-25.

36. Гусев Ю.Н. Определение оптимальных схем формирования МНГ составов на сортировочной горке // Интенсификация перевозок грузов на железнодорожном транспорте. М., 1989. С. 71-77.

37. Бобровский В. И. Автоматизация составления сортировочного листа при использовании комбинаторного метода сортировки вагонов // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Межвуз. сб. науч. трудов/ ДИИТ. – Днепропетровск, 1990. – Вып. 277/17. – с. 60-69.

38. Бобровский В. И. Оптимизация формирования многогруппных составов // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. 2000. – № 6. – с. 10 – 14.

39. Гренкевич О. О. Выбор эффективного способа сортировки местных вагонов по критерию эксплуатационных расходов // Материалы регион. научн.-

практ. конф. «ВУЗы Сибири и Дальнего Востока – Транссибу». Новосибирск: СГУПС, 2002. С. 69-75.

40. Гренкевич О. О. Сравнительная эффективность способов формирования многогруппных составов по критерию эксплуатационных расходов по маневровой работе. Сиб. гос. ун-т путей сообщ.. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2002. – с. 179-184.

41. Архангельский Е. В. Одновременное формирование многогруппных поездов на сортировочных станциях // Железнодорожный транспорт. – 1979. – № 7. - с.72–75.

42. Флодр Ф. Технология работы станций формирования поездов / Ф. Флодр, В. Майжиш, К. Волески. - М.: Транспорт. 1989. – 134 с.

43. Bohlin, M., Dahms, F., Flier, H., Gestrelus, S. (2010). Optimal Freight Train Classification using Column Generation. 12th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems (ATMOS'12). pp. 10–22.

44. Bohlin, M., Flier, H., Maue, J., and Mihalák, M.. Hump Yard Track Allocation with Temporary Car Storage. In The 4th International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis (RailRome), 2011. <http://soda.swedish-ict.se/5089/>.

45. Bohlin, M., Flier, H., Maue, J., and Mihalák, M.. Track Allocation in Freight-Train Classification with Mixed Tracks. In 11th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems, volume 20 of OpenAccess Series in Informatics (OASICs), pages 38–51, Dagstuhl, Germany, 2011. Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum für Informatik.

46. Jakob, R., Marton, P., Maue, J., Nunkesser, M. (2011): Multistage methods for freight train classification. Networks.

47. Miloš I., Marković M., Marković A., (2007). Effects of the application of conventional methods in the process of forming the pick-up trains, Yugoslav Journal of Operations Research 17 (2007), Number 2, 245-256 DOI: 10.2298/YUJOR0702245I

48. Belošević, I., (2014). Optimization of sorting sidings for simultaneous formation of multigroup trains in marshalling yards, doctoral dissertation, University of Belgrade, Faculty of transport and traffic engineering, in Serbian.

49. Ivić M., Belošević I., Milinković S, Kosijer M., Pavlović N., (2013). Track properties for formation of pick-up trains, GRAĐEVINAR 65 (2013) 2, 123-134.

50. Ivić, M., Marković, A., Milinković, S., Belošević, I., Marković, M., Vesković, S., Pavlović, N., Kosijer, M., (2010). Simulation model for estimating effects of forming pick-up trains by simultaneous method, Proceedings of 7th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation, Prague.

51. Правила тягових розрахунків для поїзної роботи,— М., Транспорт, 1985.

52. Бобровський В. І., Вернигора Р. В., Журавель В. В., Мозолевич Г. Я. Визначення кількості колій в парках дільничної станції / Мет. вказ. для курс. та дипл. проект — Дніпропетровськ, Вид-во ДНУЗТ, 2009, с. 38.

53. Сотников И.Б. Эксплуатация железных дорог в примерах и задачах, — М., Транспорт, 1990.

54. Козлов А.М., Гусева К.Г. Проектирование железнодорожных станций и узлов: Справочное и методическое руководство— М.: Транспорт, 1980.

55. “Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР” (ВСН 207-89), М., Транспорт, 1992.

56. М.П. Божко М.П. Розрахунок і проектування сортувальної гірки [Текст]: методичні вказівки до курсового та дипломного проектування. Частина 1, 2. / М.П. Божко, Ю. О. Муха. – Д.: ДНУЗТ, 2001, 2009.

57. Флодр Ф. Технология работы станций формирования поездов / Ф. Флодр, В. Майжиш, К. Волески. - М.: Транспорт. 1989. – 134 с.

58. Бобровский, В. И. Совершенствование технологии формирования многогруппных составов [текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Вип. 19 — Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — 2007. —с. 88—93.

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

60. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу сортувальної станції – ЦД0081. 2011 – 108 с.

61. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]: затв.: наказ Мінтрансу та зв'язку України 10.12.03. № 962 / Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 2003.