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 **Підвищення ефективності роботи технічних станцій за рахунок удосконалення технології роботи з двогрупними поїздами**

Theme **Increasing the work efficiency of the technical stations by improving the two-group trains work technology**

Керівник дипломної роботи доц. _____ О. О. Мазуренко

Нормоконтролер доц. _____ Р. В. Вернигора

Студент групи УЗ1921 _____ Д. В. Власенко

Student Vlasenko Dmytro

Дніпро – 2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Факультет **УПП** 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 ОС магістр
(рівень вищої освіти)

студента групи УЗ1921 Власенка Дмитра Вячеславовича
(номер групи) (ПІБ)

1 Тема дипломного проекту (роботи) Підвищення ефективності роботи технічних станцій за рахунок удосконалення технології роботи з двогрупними поїздами

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

2 Термін подання студентом закінченого проекту (роботи) 14.12.2020 р.

3 Вихідні дані до дипломного проекту (роботи) Схема залізничного напрямку. Техніко-розпорядчі акти технічних станцій. Технологічні процеси роботи технічних станцій.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) аналіз проблеми оперативного керування вагонопотоками на залізничному напрямку; техніко-експлуатаційна характеристика технічних станцій залізничного напрямку та принципи організації вагонопотоків; методика визначення ефективності оперативного формування двогрупного поїзда; методика визначення раціонального варіанту технології обміну груп вагонів у двогрупних поїздах та удосконалення функціональної моделі роботи технічної станції; нормування тривалості операцій з обміну груп вагонів у двогрупних поїздах; визначення ефективності удосконалення технології обміну груп вагонів у двогрупних поїздах на залізничному напрямку забезпечення екологічності перевезення вантажів залізничним транспортом.

5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу) схема залізничного напрямку; варіанти технології роботи залізничного напрямку; план технічної станції В; критерій для оцінювання рішення щодо формування двогрупного поїзда; варіанти технологічних графіків обробки групових составів на станціях обміну груп; методика визначення раціональної технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді; удосконалення функціональної моделі роботи технічної станції; вплив окремих факторів на техніко-експлуатаційні показники роботи.

6 Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу дипломного проекту (роботи)	Термін виконання	Обсяг розділу, %
1. Аналіз проблеми оперативного керування вагонопотоками на залізничному напрямку	12.10.2020	15
2. Техніко-експлуатаційна характеристика технічних станцій залізничного напрямку та принципи організації вагонопотоків	12.10.2020	10
3. Методика визначення ефективності оперативного формування двогрупного поїзда	12.10.2020	15
4. Методика визначення раціонального варіанту технології обміну груп вагонів у двогрупних поїздах та удосконалення функціональної моделі роботи технічної станції	09.11.2020	20
5. Нормування тривалості операцій з обміну груп вагонів у двогрупних поїздах	09.11.2020	25
6. Визначення ефективності удосконалення технології обміну груп вагонів у двогрупних поїздах на залізничному напрямку	30.11.2020	10
7. Забезпечення екологічності перевезення вантажів залізничним транспортом	30.11.2020	5

Дата видачі завдання: «02» вересня 2020 р.

Керівник дипломного проекту (роботи) _____ Мазуренко О. О.
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____ Власенко Д. В.
(підпис) (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків та 5 додатків. Повний обсяг проекту – 126 сторінок; з них основний текст на 106 сторінках містить 24 ілюстрації, 15 таблиць та 52 літературних джерела.

Об’єктом розробки дипломної роботи є процес обслуговування поїздів.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи технічних станцій за рахунок удосконалення технології роботи з двогрупними поїздами.

В роботі розглянуто методику визначення ефективності оперативного формування двогрупних поїздів, можливі варіанти технології обміну груп вагонів у двогрупних поїздах на технічних станціях і досягнення інших науковців, пов’язаних з питанням просування двогрупних поїздів. Також виконано визначення норм часу, необхідних для виконання операцій, повних витрат по кожному із варіантів технології, впливу окремих факторів на техніко-експлуатаційні показники та витрати, пов’язані з обслуговуванням двогрупного поїзда на станції обміну груп вагонів, раціональної технології обміну груп вагонів у двогрупних поїздах на технічних станціях в оперативних умовах.

Галузь застосування – інфраструктура залізничного транспорту України.

Ключові слова: ДВОГРУПНИЙ ПОЇЗД, ОБМІН ГРУП ВАГОНІВ, ЯДРО, ПРИЧІПНА ГРУПА ВАГОНІВ, СТАНЦІЯ ОБМІНУ ГРУП, ВАГОНОПОТІК, РАЦІОНАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ.

ЗМІСТ

Стор.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ 6
ВСТУП 7
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ ВАГОНОПОТОКАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ НАПРЯМКУ 9
1.1 Розвиток теорії організації вагонопотоків 9
1.2 Оперативне керування вагонопотоками на залізничному напрямку 13
1.3 Постановка задачі дипломної роботи 23
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАПРЯМКУ ТА ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ 25
2.1 Техніко-експлуатаційна характеристика технічної станції А 25
2.2 Техніко-експлуатаційна характеристика технічної станції В 28
2.3 Принципи організації вагонопотоків на залізничному напрямку 29
3 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАТИВНОГО ФОРМУВАННЯ ДВОГРУПНОГО ПОЇЗДА 34
3.1 Критерій оцінювання оперативного рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда 34
3.2 Визначення економії вагоно-годин накопичення вагонів при формуванні двогрупних поїздів на головній станції 37
3.3 Визначення економії вагоно-годин накопичення вагонів при виконанні обміну груп вагонів у двогрупному поїзді 43
4 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ТЕХНОЛОГІЇ ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ У ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДАХ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ РОБОТИ ТЕХНІЧНОЇ СТАНЦІЇ 47

4.1 Методика визначення раціонального варіанту обміну груп вагонів у двогрупних поїздах 49
4.2 Удосконалення функціональної моделі роботи технічної станції 56
5 НОРМУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ОПЕРАЦІЙ З ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ У ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДАХ 66
5.1 Визначення норм часу на виконання операцій, що пов’язані з обробкою двогрупного поїзда за варіантом 1 технології обміну груп вагонів 66
5.2 Визначення норм часу на виконання операцій, пов’язаних з обробкою двогрупного поїзда за варіантом 2 технології обміну груп вагонів 74
6 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ У ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДАХ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ НАПРЯМКУ 78
6.1 Визначення повних витрат за варіантами технології 78
6.2 Визначення впливу технології обміну груп вагонів на техніко-експлуатаційні показники та витрати, пов’язані з обслуговуванням двогрупного поїзда на технічній станції 83
6.3 Визначення ефекту від застосування оперативного формування двогрупних поїздів та раціональної технології обміну груп вагонів на залізничному напрямку 90
7 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ 95
ВИСНОВКИ 99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 101
ДОДАТОК А. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ 107
ДОДАТОК Б. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТЕХНІЧНОЇ СТАНЦІЇ ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ ПРИ РІЗНИХ ЗНАЧЕННЯХ ВПЛИВАЮЧИХ ФАКТОРІВ 108
ДОДАТОК В. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАПРЯМКУ ПРИ РІЗНИХ ЗНАЧЕННЯХ ВПЛИВАЮЧИХ ФАКТОРІВ 110
ДОДАТОК Г. МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ 114
ДОДАТОК Д. ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ 126

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

УЗ	– Укрзалізниця
ПФП	– план формування поїздів
ГРП	– графік руху поїздів
СЦБ	– сигналізація, централізація, блокування
НАСК ВП УЗ	– національна автоматизована система керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці
ВГВ	– відчіпна група вагонів
ГАЦ	– гірочна автоматична централізація
ГВП	– генератор вхідного потоку
ДНЦ	– поїзний диспетчер
ДГП	– дорожний поїзний диспетчер
ЗСГ	– вагони, які заборонені до спуску з гірки без локомотива
МТП	– модель технологічного процесу
МОКТП	– модель оперативного керування технологічним процесом
ПГВ	– причіпна група вагонів
ПКО	– пункт комерційного огляду
ПТО	– пункт технічного огляду
СА	– скінчений автомат
СМО	– система масового обслуговування
ТП	– технологічний процес
УкрДАЗТ	– Українська державна академія залізничного транспорту
ФМС	– функціональна модель станції

ВСТУП

В експлуатації залізниць України однією з основних задач є раціональна організація вагонопотоків у поїзди. Сучасна технологія організації вагонопотоків у поїзди покликана забезпечити стабільне положення залізниць на ринку транспортних послуг. При цьому в першу чергу увага повинна приділятися гарантованому виконанню вимог власників вантажів до якості перевезень, скорочення обороту вагонів а також на скорочення витрат, пов'язаних з поїздоутворенням.

Основу організації вагонопотоків складає план формування поїздів (ПФП), який включає в себе плани організації наскрізних поїздів між опорними технічними станціями залізниці, місцевих поїздів в районах місцевої роботи та передаточних у вузлах. Нормативний ПФП розробляється щороку на підставі середньодобових розмірів вагонопотоків і діє впродовж всього року. Але для перевізного процесу характерно те, що потужність вагонопотоків та інтенсивність їх надходження на технічні станції мають суттєві коливання. У зв'язку з цим ПФП виконується в умовах відхилення фактичних вагонопотоків від планових. Нераціональна організація вагонопотоків є однією з основних причин невиконання термінів доставки вантажів, норм тривалості простою вагонів на станціях та обороту вагона.

В умовах зростання конкуренції в сфері перевезень вантажів, для досягнення більш раціонального і ефективного проведення перевізного процесу виникає необхідність у впровадженні нових технологічних і експлуатаційних заходів. Одним із таких заходів, особливо в умовах зменшення вагонопотоку, є формування групових поїздів з вагонів попутного призначення.

Оперативне коригування ПФП покликане усувати вплив нерівномірності на ефективність організації вагонопотоків та сприяє прискоренню обороту вагонів.

Існуюча структура управління перевезеннями, яка оснащена комплексом автоматизованих інформаційно-довідкових систем, дозволяє істотно розширити

горизонти та глибину оперативного управління вагонопотоками. Сучасний рівень достовірності вагонних моделей дозволяє точніше і детальніше оцінювати та прогнозувати варіанти поїздоутворення і оперативного управління вагонопотоками для станцій, вузлів, полігонів.

При просуванні групового поїзда на залізничному напрямку виникає питання, пов’язане з обміном груп вагонів на попутних технічних станціях. При цьому для виконання обміну груп вагонів необхідно забезпечити наявність готової групи вагонів в приймально-відправному парку. Досить часто на момент прибуття двогрупного поїзда на станцію, причіпна група не сформована або навіть не накопичена, що у свою чергу призводить до значних вагоно-годин простою ядра вагонів.

У таких випадках поїзний диспетчер, за погодження з черговим по станції та маневровим диспетчером, приймає оперативне рішення стосовно технології обробки цього составу (тобто даний поїзд розглядається як поїзд, що надійшов у розформування).

Прийняття рішення про застосування конкретної технології обміну груп вагонів повинно базуватися на мінімізації пов’язаних витрат. Це потребує точних розрахунків даних витрат з урахуванням основних впливаючих факторів для можливості порівняння варіантів технології та прийняття правильного рішення. На даний момент процедура порівняння варіантів технології в оперативних умовах відсутня і потребує розробки.

1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ ВАГОНОПОТОКАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ НАПРЯМКУ

В сучасних умовах діяльності залізничного транспорту, особливо в умовах великих коливань потужності вагонопотоку, гостро постає питання ефективності організації вагонопотоків у поїзди з метою уникнення затримок в термінах доставки вантажів та зниження собівартості перевізного процесу.

Невиконання нормативного терміну доставки спостерігається в середньому для 40-50% відправок в залежності від їх виду. Це обумовлено значним простоєм вагонів під накопиченням, який становить близько 70% від загального простою транзитних вагонів із переробкою на технічних станціях, що найчастіше складає порядку 15-21 години [1].

Згідно до Концепції та Програми реструктуризації залізничного транспорту України і Директиви ЄС 91/440 [2] з метою забезпечення ефективності функціонування Укрзалізниці (УЗ) в умовах транспортного ринку виникає необхідність удосконалення технології перевізного процесу. Нова технологія повинна бути заснована на задоволенні вимог користувачів щодо якості транспортного обслуговування поряд зі зниженням витрат на перевезення, а також передбачати адаптацію до умов ринкової економіки таких базових складових технології перевізного процесу як: організація вагонопотоків і поїздоутворення, план формування поїздів (ПФП), графік руху поїздів (ГРП), оперативне управління і регулювання організації тягового рухомого складу, технологія роботи станцій.

1.1 Розвиток теорії організації вагонопотоків

Навантажені вагонопотоки утворюють основну частину вагонопотоку, близько половини яких охоплюється відправницькою та ступінчатою маршрутизацією. Немаршрутизовані вагонопотоки, що перероблюються на технічних станціях, організовуються в наскрізні поїзди мережевого призначення (одногрупні, групові) і різні категорії поїздів внутрішньодорожнього плану формування.

Значна частина порожніх вагонопотоків організовується в регулювальні маршрути мережевого призначення, в першу чергу, на станціях вивантаження марш-

рутів з масовими вантажами. У поїзди внутрішньодорожнього ПФП разом з навантаженими вагонами можуть включатися одиночні порожні вагони або їх групи.

Вперше питання про використання чинника часу, як критерію при встановленні призначень поїздів в ПФП, було поставлено А.Н. Фроловим в 1910 році. У 1913 році ним було запропоновано в розрахунках спеціалізації поїздів оцінювати варіанти в грошовому еквіваленті, вважаючи оптимальним той варіант, який забезпечує найменші витрати по вагоно- та локомотиво-годинам маневрової роботи. Проте ці пропозиції не отримали на той час широкого застосування.

Починаючи з 1926 року, за пропозицією проф. І.І. Васильєва [3], економія вагоно-годин стає основним критерієм в розрахунках по встановленню призначень поїздів, що формуються на технічних станціях. Він же вважається автором першого методу розрахунку плану формування - методу аналітичних зіставлень, який послужив основою для створення і розвитку ряду різних методів розрахунку. Даний метод полягав в тому, що оптимальні або близькі до нього варіанти виявляються на підставі певних розрахунків послідовного наближення до кращого варіанту. Але це не гарантувало визначення оптимального варіанту, оскільки не розглядалися всі можливі комбінації маршрутних призначень.

Інший напрямок складають методи, засновані на порівнянні показників всіх можливих, або певним чином відібраних варіантів. Основним представником другого напряму є проф. А.П. Петров [4,5] - автор методу абсолютного розрахунку, що набув найбільшого поширення. У 1944 році цей метод було прийнято за основний, і протягом ряду років він використовувався для розрахунків плану формування. Методика абсолютного розрахунку дозволяла вибрати потрібну кількість варіантів плану формування для невеликих напрямків, використовуючи допоміжні таблиці. Область застосування цього методу була обмежена, оскільки розрахункові таблиці складалися тільки для прямолінійних напрямків з невеликим числом станцій (зазвичай до п'яти).

У 1959 році проф. А.П. Петров розробив алгоритм, за яким була складена програма для виконання послідовних розрахунків плану формування на ЕОМ. У якості початкового обирався варіант об'єднання всіх вагонопотоків з ді-

льничними поїздами. Економію вагоно-годин розраховували за допомогою двох матриць, встановлюючи, з якими попутними призначеннями міг слідувати вагонопотік, знаходили допустимі комбінації призначень, що не мали загальних шляхів. Метод послідовних розрахунків полягав у виборі з множини струменів вагонопотоків призначень, що виділялися, тільки тих, які не забезпечували економію вагоно-годин, і в розрахунок не приймалися. Потім, із струменів вагонопотоків виділяли мінімальну кількість призначень, щоб з тих, що залишилися ніякі два не могли утворити нового. Не дивлячись на ряд переваг, метод абсолютного розрахунку подальшого розвитку і розповсюдження не отримав через обмеженість сфери застосування - не більше шести - восьми станцій на полігоні.

Професор А.К. Угрюмов [6] ввів поняття достатньої умови, тобто одна з комбінацій об'єднання струменів усередині кожної групи повинна забезпечити економію вагоно-годин від прослідування попутних технічних станцій, розташованих далі пункту призначення більш дальніх поїздів, в розмірі, що перевищує витрати на накопичення. Викладена система розрахунків забезпечувала знаходження оптимального плану формування для окремих станцій. Для визначення плану формування в цілому на напрямку було запропоновано розраховувати варіанти по станціях призначення. Після чого обидва попередні варіанти "накладалися" один на одного, і у разі неспівпадання окремих призначень проводилося їх коригування, але чіткого опису послідовності накладання варіантів немає. Тому для великих напрямків її доводилося виконувати тільки підбором, що не гарантує оптимальність ПФП.

У 1967 році В.С. Ларіонов [7] запропонував розрахунок по методу аналітичних зіставлень виконувати графоаналітичним способом, поділяючи вагонопотоки на зони, межами яких є струмені, що задовольняють достатній умові, і на пояси струменями, що відповідали необхідній умові розрахунку. Наскрізні призначення виділялися по кожній зоні, при цьому комбінації поєднань струменів вагонопотоків, що виходять з різних станцій, які не відповідають необхідній умові їх об'єднань перемикалися на інші поєднання струменів. Використання цього методу ґрунтувалося на прийомах підбору, які не гарантують зна-

ходження оптимального варіанту плану формування поїздів для всього напрямку, тому він практично не застосовується для розрахунку плану формування.

Професором Л.П. Тулуповим [8] було запропоновано удосконалення методики І.І.Васильєва, за допомогою допоміжних таблиць з вказівкою можливих комбінацій відправлення, а також сумарної економії часу, та відповідних їм розмірів вагонопотоків. При відборі не проводилося порівняння вагоно-годин з короткими дотичними струменями, дальні призначення заздалегідь визнавалися більш вигідними у порівнянні з можливими наскрізними призначеннями в найближчих поясах.

В середині 50-х років проф. К.А. Бернгард [9] запропонував метод знаходження найбільш ефективного варіанту за допомогою суміщених аналітичних зіставлень, завдяки якому підрахунок показників конкурентоспроможних варіантів для окремих станцій дозволяв скоротити та уніфікувати частину обчислень.

В кінці 50-х років Е.С. Ізралімскі-Марут [10] запропонував складати план формування з виділенням ядра постійних поїздів загальномережевого розкладу на стійких вагонопотоках, що забезпечують відправлення зі станції не менше трьох поїздів на добу. При коливаннях потоку у бік збільшення, передбачені раніше групові поїзди замінювалися одногрупними маршрутами за призначенням основного ядра.

Професор В.М. Акулінічев [11-13] розробив методику, згідно якої вагонопотоки класифікувалися на ряд категорій, розглядаючи які послідовно відбиралися конкурентоспроможні варіанти плану формування. При виборі оптимального плану розглядалися декілька варіантів об'єднання паралельно і паралельно-послідовно розташованих струменів.

Професор С.В. Дувалян [14] для розрахунку плану формування одногрупних наскрізних поїздів запропонував методику, що дозволяла в автономному режимі визначати оптимальний план формування на полігоні мережі, що включає 170 станцій, засновану на послідовному поліпшенні плану.

Згідно з цією методикою процес розрахунку починається з множини обов'язкових призначень і закінчується після включення в план всіх призначень, що зменшують сумарні приведені витрати на накопичення і переробку транзитних вагонопотоків. До обов'язкових призначень відносять всі дільничні призначення і призначення, що задовольняють загальній достатній умові. Далі встановлюють додаткові призначення, що підлягають розгляду в нових варіантах плану формування. Їх обирають по максимальному зменшенню сумарних вагоно-годин на накопичення та переробку.

Надалі проф. С.В. Дувалян та інженер А.Є. Гарслян [15] доопрацювали цю методику: додатково, як обмеження, були додані змінні нормативи економії вагоно-годин від прослідування станції без переробки та враховані обмеження переробної здатності станцій. Ця методика була прийнята для розрахунку мережевого плану формування.

Під керівництвом проф. А.А. Аветікяна [16] були проведені розрахунки із застосуванням методу динамічного програмування для виявлення наявного потенціалу транзитності вагонопотоків. Він дозволив процес переміщення вагонопотоків розділити на "кроки", переходячи при розрахунках від "кроку" до "кроку" по станціям призначення, оптимізуючи кожного разу управління тільки на цьому конкретному кроці з урахуванням отриманого попереднього результату. Кожен "крок" при цьому мав початковий і кінцевий стан та давав результуючий виграш для наступних "кроків".

1.2 Оперативне керування вагонопотоками на залізничному напрямку

Основу організації вагонопотоків складає план формування поїздів, який визначає рівень завантаження технічних засобів транспорту, а також розподіл сортувальної і маневрової роботи між станціями і пунктами відправлення і призначення вантажних поїздів.

План формування вантажних поїздів повинен бути орієнтований на:

- зниження витрат залізниць, пов’язаних з підведенням порожніх вагонопотоків в пункти навантаження, переробкою і простоями вагонів на станціях, виконанням технічних і вантажних операцій, просуванням поїздів ділянками залізниць, утриманням технічної інфраструктури і штату;

- підвищення доходів, у т.ч. за рахунок ліквідації штрафних виплат за несвоєчасну доставку вантажів, за не подавання порожніх вагонів під навантаження.

Правильна організація вагонопотоків є однією із основних задач експлуатаційної роботи залізничного транспорту.

Оптимізація системи організації вагонопотоків передбачає:

- підвищення транзитності вагонопотоків на сортувальних станціях і зменшення кількості переробок вагонів на шляху прямування;

- прискорення доставки вантажів і просування порожніх вагонів в пункти навантаження;

- зростання продуктивності вагонів;

- ефективне використання поїзних локомотивів та локомотивних бригад;

- інтенсивне використання маневрових локомотивів, сортувальних пристроїв і колійного розвитку станцій;

- збільшення доходів і зниження собівартості перевезень.

На сьогоднішній час відома значна кількість методів пришвидшення процесу перевезення вантажів на залізничному транспорті. Серед них доцільно виділити формування багатогрупних, здвоєних, великовагових поїздів і маршрутних відправлень. Кожен із цих методів, при певних умовах, приводить до скорочення вагоно-годин простою під накопиченням.

По кількості груп вагонів поїзди поділяються на одногрупні, в составі яких прямують вагони на одну станцію призначення під вивантаження чи в розпилення, і групові, складені з підібраних в окремі групи вагонів призначенням на дві чи більше станції.

В якості вихідної інформації при складанні ПФП використовуються заплановані обсяги перевезень, норми маси і довжини составів поїздів, схема ді-

лянок обертання локомотивів і бригад, дані про технічне обладнання станцій і ділянок і їх переробна здатність, результати аналізу діючого ПФП. Для його розрахунку визначаються струмені (кореспонденції) вагонопотоків, які утворюються на розрахунковій станції з вагонів власного навантаження і з розформованих поїздів. Якщо поїзди формують із вагонів лише одного струменя чи декількох струменів, то це уже і є призначенням ПФП. Як правило, кількість призначень менша від числа струменів вагонопотоків. Можливі різні варіанти об'єднання струменів в призначення.

Кожному варіанту призначення буде відповідати визначений простій вагонів під накопиченням в пункті формування і під переробкою на попутних технічних станціях. Таким чином, ПФП встановлює категорії вантажних поїздів, призначення (станції формування і розформування) і вагони, які включаються в состав поїзда.

Норми для розрахунку ПФП забезпечують раціональне завантаження станцій і підвищення транзитності вагонопотоків. Вони встановлюються в залежності від типа, технічного забезпечення і схем колійного розвитку станцій, обсягів переробки вагонів на гірці і рівня їх завантаження, кількості маневрових локомотивів, ваги і довжини составів, технічного оснащення ліній, що примикають, виду тяги і системи використання локомотивів.

Одним із найбільш розповсюджених аналітичних методів розрахунку – метод суміщених аналітичних зіставлень (автор – проф. К.А. Бернгард). Згідно з цим методом план формування одногрупник поїздів розраховується наступним чином:

- перевіряють відповідність найбільш далеких від першої станції струменів вагонопотоків до загальної достатньої умови, струмені, які задовольняють цю умову виділяються в окреме призначення плану формування;

- складають вихідний графік призначень з указанням для кожного з них найбільшого розміру вагонопотоку, який можна включити в поїзд даного призначення і економію приведених вагоно-годин від виділення даного призначення;

- складають графік призначень, який дозволяю виявити наскрізні призначення, які при об'єднанні в них найбільшого вагонопотоку не забезпечує економію вагоно-годин, тобто не задовольняють необхідну умову; такі призначення не включаються в план формування і виключаються від подальшого розглядання;

- призначення з найбільшою економією вагоно-годин приймаються в якості вихідного;

- при декількох наскрізних призначеннях з економією вагоно-годин послідовно провіряється доцільність зміни вихідного призначення одним із більш дальніх призначень, які задовольняють достатню умову. Якщо таких далеких призначень декілька, до розрахунку приймаються найбільш дальні.

В цій послідовності розрахунки ведуть доти поки в графіку призначень залишаться тільки ті, які не задовольняють необхідні умови.

Для групових поїздів, які сформовані із підібраних в окремі групи вагонів (двох чи більше призначень) ефективність визначається економією вагонопотоків в порівнянні з іншими варіантами організації вагонопотоків в поїзди. При цьому на станції формування групового поїзда враховуються додаткові затрати вагоно-годин, які пов'язані з формуванням і обробкою груп вагонів цього поїзда.

На станції обміну (причеплення) груп вагонів враховуються додаткові витрати вагоно-годин і локомотиво-годин на формування групи причеплення, очікування прибуття поїздів і маневрової роботи по обробці групового поїзда.

Основними критеріями оцінки системи організації вагонопотоків є:

- забезпечення плану перевезень;

- прискорення обігу вагонів;

- підвищення транзитності вагонопотоків;

- інтенсифікація сортувальної роботи;

- зниження експлуатаційних витрат і собівартості перевезень;

- підвищення рівня продуктивності праці.

Прискорення просування вантажів можливо за рахунок удосконалення технології обробки поїздів поряд із розвитком технічного оснащення залізниць та широким впровадженням інформаційних технологій.

В умовах коливання потужності вагонопотоку постає питання зменшення часу знаходження вагонів на станції. Одним з методів зменшення вагонно-годин простою на станції є формування групових поїздів. Таке формування є раціональним, коли витрати на формування та переробку групових поїздів менші за витрати на формування та обробку одногрупних поїздів [17].

Слід врахувати, що витрати, пов'язані з переробкою групового поїзда збільшуються на станція призначення порівняно з одногрупними поїздами. Саме тому, для раціональності впровадження групових поїздів при розрахунках слід обмежитися окремими дільницями або розглядати формування окремо поєднаних напрямків [18].

На даний час при розрахунку вагонопотоків застосовується умова, за якою оптимальний план формування поїздів повинен забезпечувати мінімальні витрати приведених вагоно-годин на накопичення та переробку вагонів. Згідно методики [17] принцип розрахунку плану формування групових поїздів полягає в співставленні всіх можливих варіантів одногрупного та групового формування та виборі оптимального на підставі визначення витрат приведених вагоно-годин в кожному варіанті. При цьому не враховується вплив нерівномірності процесу накопичення, що впливає на величину параметра накопичення.

Формування групових поїздів із місцевих вагонів чи порожніх під навантаження, а також групове підбирання вагонів по окремим маневровим районам в составах призначенням на великі вантажні станції з недостатньо розвинутими сортувальними пристроями дозволить забезпечити гнучкість і маневреність організації перевезень, зменшити експлуатаційні витрати, підвищити якість перевізного процесу. Таким чином, питання визначення ефективності формування групових і одногрупних поїздів набирає актуальності.

Згідно з ПФП, кожна станція повинна формувати певні категорії поїздів в зазначеній кількості. Технологія розробки ПФП ґрунтується на запланованих

добових вагонопотоках і не враховує сезонні і добові коливання надходження вагонів. Це викликає необхідність його коригування в оперативному режимі.

На сьогоднішній час існує технологія коригування ПФП, але вона має централізований характер. Прийняття рішення, згідно з цією технологією, займає досить тривалий час, що може призвести до запізнення прийняття оперативного рішення і як наслідок, недоцільності його використання. Отже, існує проблема прийняття рішень, щодо коригування ПФП, яку необхідно вирішувати без залучення центральної ланки управління, а лише залишити за ними функцію контролю доцільності.

План формування поїздів являє собою план утворення составів на технічних і вантажних станціях з оптимальним розподілом сортувальної роботи між ними. Оптимальний план формування поїздів забезпечує ефективне використання вантажних вагонів і технічного оснащення станцій. Розрізняють мережевий, що розробляється для основних та районних сортувальних станцій, і внутрішні план формування поїздів, що складається для станцій дороги з урахуванням особливості їх роботи та розташування.

З метою встановлення оптимального шляху проходження вагонів і раціонального розподілу сортувальної роботи між станціями служить система організації вагонопотоків. При розробці плану формування поїздів прагнуть включити найбільше число вагонів у маршрути, щоб поїзди прямували від станції навантаження до станції вивантаження без переформування. Маршрутизація перевезень може здійснюватися безпосередньо зі станцій масового навантаження, звана відправницького маршрутизацією. Якщо завантажених відправником вагонів недостатньо для цілого складу, маршрути формують з вагонів, що завантажуються на декількох станціях одного або двох ділянок, або декількома відправниками на одній станції. Після виділення відправницьких і східчастих маршрутів з решти вагонопотоку формують поїзди інших категорій: наскрізні, що проходять без переробки не менш ніж через одну технічну (сортувальну або дільничну) станцію; дільничні, без переробки від однієї технічної станції до іншої; збірні, складаються з вагонів, які прямують на проміжні станції; передава-

льні - для доставки вагонів з однієї станції вузла на іншу; вивізні - для вивезення груп вагонів з окремих проміжних станцій ділянки залізниці. Окремо формують вантажні прискорені поїзди, в які включають вагони з живністю, швидкопсувними та іншими вантажами, які вимагають швидкої доставки. При розробці плану формування передбачається складання поїздів з порожніх вагонів по окремих родів рухомого складу, наприклад з критих вагонів, піввагонів, цистерн, платформ.

В цілому план формування поїздів повинен забезпечувати найменший час прямування вагону від станції навантаження до станції вивантаження, включаючи простої під накопиченням на технічних станціях. Причому, тривалість під накопиченням істотно залежить від потужності вагонопотоку даного призначення. Отже, для будь-якого залізничного напрямку, що включає кілька сортувальних станцій, може бути два крайні варіанти: формування кожною станцією або тільки дільничних поїздів, або тільки наскрізних.

Виконання плану формування поїздів враховують на станціях. Дані обліку повідомляють у відділення дороги і службу руху дороги. На працівників технічної контори покладена перевірка відповідності складів прибувають поїздів планом формування. Контроль виконання плану формування у відділеннях і управліннях доріг здійснюється за фактично виконаним вагонопотоком, напряму їх кружності, а також порушенню плану формування поїздів. Через нерівномірність руху поїздів розміри вагонопотоків відхиляються від розрахункових, прийнятих у плані формування, так як станції не завжди можуть їх переробити.

План формування поїздів установлює рід і призначення поїздів та груп вагонів, що формуються станціями.

На залізницях мережі формують групові поїзди наступних типів:

– дво- та тригрупні без постійної маси груп та прикріплення до певного розкладу;

– двогрупні з постійною масою груп, не прикріплені до визначеного розкладу;

– двогрупні з постійною масою груп, прикріплені до певного розкладу;

– дільнично-групові поїзди, які обертаються за визначеним розкладом та можуть бути багатогрупними – до 4-5 груп [19].

Основними вихідними матеріалами для розробки плану формування поїздів є:

– план перевезень вантажів у формі таблиці-шахматки міжзалізничних кореспонденцій вагонопотоків;

– норми маси та довжини поїздів, що встановлюються на період дії графіку руху та плану формування поїздів;

– схема дільниць обертання локомотивів та роботи локомотивних бригад;

– витрати палива (електроенергії) на пересування вантажних, порожніх вагонів та одиночних локомотивів, час ходу транзитних поїздів;

– дані щодо технічного розвитку станцій (сортувальні та приймально-відправні колії, взаємне розташування парків, пристрої СЦБ та зв'язку на станціях і на прилеглих ділянках, гірки, витяжні колії, серії маневрових та поїзних локомотивів, ємності навантажувально-вивантажувальних фронтів);

– рівень пропускної та переробної спроможності і завантаження сортувальних колій, показники роботи станцій (часу находження вагонів під різними операціями, фактична переробка, коефіцієнт транзитності, кутові потоки і т.ін.);

– технологічні процеси роботи станцій і під'їзних колій;

– аналіз діючого плану формування поїздів.

Метою аналізу є

– виявлення недоліків діючого плану;

– невідповідності окремих призначень сформованих поїздів розмірам вагонопотоків;

– диспропорції в завантаженні і використанні переробної спроможності станцій;

– причин допущених порушень плану формування та порядку направлення вагонопотоків і т.ін.;

– підготовка пропозицій до нового плану формування вантажних поїздів.

У необхідних випадках групові поїзди формують з вагонів призначенням на одну станцію з підбиранням за маневровими районами, сортувальними системами, клієнтами, за родом і станом рухомого складу або іншими ознаками.

Формування групових поїздів доцільне, якщо добові витрати вагоно-годин, пов'язаних з їх організацією, менші, ніж при формуванні одногрупних поїздів. До оптимального плану включають груповий поїзд, якщо формування групового поїзда дає економію, а його призначення відповідає технічному розвитку станцій [20, 21]. Групові поїзди дозволяють економити витрати на накопичення вагонів та раціонально розподіляти сортувальну роботу між станціями. Формування групових поїздів у сучасних умовах дозволяє ефективно використовувати існуючі потужності станцій [22, 23].

У роботах В.А. Покавкіна [24, 25] запропонована методика та наведені результати розрахунків з оперативного призначення групових поїздів замість одногрупних без відміни діючого ПФП, яка заснована на обліку міждобових коливань вагонопотоків. Результати досліджень показали, що такий підхід дозволяє суттєво скоротити простій вагонів під накопиченням. Однак таке коригування ПФП, яке враховує міждобові коливання вагонопотоків, є не достатньо оперативним, оскільки його неможливо застосувати для прийняття рішення в поточний момент часу при оперативній ситуації, що склалася. Крім того вона не враховує стан прилягаючих ділянок. Найважливішим чинником для застосування групових поїздів є чітка технологія роботи з ними.

У роботах О.Ю. Папахова [26] та В.К. Буянової [27] рекомендовано не рідше ніж один раз на квартал проводити коригування внутрішньодорожнього плану формування. Це дозволяє своєчасно вводити зміни призначень поїздів або їх структур адекватно розмірам вагонопотоків, що змінюються. Даний підхід до коригування ПФП важко назвати оперативним, оскільки при даному підході практично не враховується внутрішньодобове і міждобове коливання вагонопотоків.

Пристосування плану формування до змінних експлуатаційних умов роботи залізниці та напрямків мережі приводить до необхідності більш широко-

го застосування гнучких схем регулювання вагонопотоків, змінних режимів роботи станцій та ділянок.

Формування групових поїздів, оперативний перерозподіл роботи між станціями в межах напрямку та залізниці є основними засобами для забезпечення гнучкості організації перевезень.

З введенням в дію автоматизованих центрів управління перевезеннями на базі нових інформаційних можливостей системи НАСК ВП УЗ на залізницях України з'являється можливість здійснювати поточні коригування плану формування. Найбільш інтенсивна робота в цьому напрямку ведеться в УкрДАЗТі. Питаннями оперативної організації вагонопотоків, поточного коригування ПФП та оптимізації технології обслуговування поїздів в оперативних умовах займалися такі вчені даного закладу як М.І. Данько, Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько та ін.

В роботі проф. М.І. Данько [28] обґрунтовано актуальність робіт, спрямованих на удосконалення системи оперативного планування поїзної роботи залізниць. Розглянута одна з її основних задач: забезпечення порожніми вагонами та їх передача між станціями, сусідніми дирекціями, залізницями. В роботі [29] проф.. Т. В. Бутько розглянуто принцип планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин. В роботах [30-32] проф.. Т. В. Бутько та проф. Д.В. Ломотько запропоновано використання логістичних технологій, які дозволять зменшити експлуатаційні витрати та строк доставки вантажів до пункту призначення.

В роботах ряду інших авторів [33-36] розроблено заходи щодо раціональної організації вагонопотоків. В роботі [36] удосконалення технології коригування ПФП пропонується за рахунок погодженої організації групових поїздів оперативного призначення. Але, нажаль, в даних роботах відсутня методика оцінювання прийнятих рішень щодо коригування ПФП та результати впливу даних заходів на техніко-економічні показники роботи станцій та залізничних напрямків.

Прийняття рішення про формування двогрупного состава повинно базуватися на забезпеченні економії витрат у порівнянні з формуванням окремих

одногрупних составів даних призначень. На даний момент процедура оцінки такого рішення в оперативних умовах розроблена і представлена у роботі [37]. Дана процедура базуватися на визначенні локального критерію, який однозначно, у грошовому еквіваленті, показує наявність або відсутність ефекту від прийнятого рішення обробки групового составу.

1.3 Постановка задачі дипломної роботи

Одним із ключових питань технології роботи з груповими поїздами є обробка составу на станції обміну груп вагонів. На даній станції від составу двогрупного поїзда відчіпляють групу вагонів призначенням на цю станцію і причіплюють групу з попутнім призначенням. При цьому, згідно з [38], причіпна група вагонів повинна бути сформована і виставлена для причеплення в приймально-відправний парк ще до моменту прибуття составу.

Оперативні рішення по формуванню причіпної групи вагонів (ПГВ) повинні прийматися маневровим диспетчером з урахуванням значної кількості факторів, що безпосередньо впливають на процес накопичення. Такими факторами є інтенсивність підходу поїздів, стан колій сортувального парку, зайнятість маневрових локомотивів, необхідність в зміні поїзного локомотива і інші. Вирішальними в даному питанні є наявність вагонів на коліях сортувального парку і інтенсивність їх прибуття. В таких випадках коли ПГВ не накопичена на коліях сортувального парку, двогрупний состав розформовується через гірку задля економії вагоно-годин простою ядра составу.

Аналіз статистичних даних роботи однієї з великих сортувальних станцій Укрзалізниці дозволив зробити деякі висновки про технологію обробки групових поїздів:

- згідно з існуючою технологією обробляється 47,3% поїздів, а решта 52,7% - розпускаються через гірку і накопичуються в сортувальному парку, порушуючи технологію;

- при обміні групами вагонів, причіпна група вагонів не повністю сформована (або навіть не розпочато її формування) в 31,7% випадків.

Статистичні дані показують, що внаслідок нерівномірності надходження вагонів певного призначення, причіпна група досить часто не лише не готова до причеплення, а і не накопичена на коліях сортувального парку. В таких випадках при дотриманні технології обробки групових поїздів можуть виникнути значні простої ядра составу.

На практиці в таких випадках, порушуючи технологію обробки групових поїздів, двогрупний поїзд розглядається як поїзд, що надійшов у розформування. При цьому ядро составу відправляється в сортувальний парк на колії відповідного призначення. Таке вирішення проблеми, пов'язаної з простоями ядра в приймально-відправному парку, при певних умовах, приносить економічний ефект.

В оперативних умовах, досить часто, дане рішення приймається на основі практичного досвіду, без необхідного обґрунтування. Звідси постає питання вирішення даної проблеми, для кожної окремої станції, оскільки техніко-експлуатаційні характеристики кожної станції різні і залежать від багатьох факторів, в тому числі і самої схеми станцій.

Оперативне вирішення питання про застосування того чи іншого варіанту технології обміну груп вагонів потребує значних витрат часу на аналіз всіх впливаючих факторів. Крім цього необхідно виконати досить великий обсяг розрахунків по визначенню витрат за кожним з варіантів технології. Для підвищення оперативності доцільно було б на кожній технічній станції мати певні зони раціонального застосування варіантів технології обміну груп вагонів.

Оперативне застосування раціональної технології обробки составів двогрупних поїздів на попутних технічних станціях може підвищити ефективність їх роботи за рахунок суттєвого зменшення простоїв вагонів і составів, а також зменшити витрати на їх обробку.

В дипломній роботі буде розглянуто питання підвищення ефективності роботи технічних станцій шляхом удосконалення технології обміну груп вагонів у двогрупних поїздах. Передбачається визначити умови застосування в оперативних умовах раціонального варіанту технології виконання обміну груп вагонів на попутній технічній станції.

2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАПРЯМКУ ТА ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ

У дипломній роботі розглядається залізничний напрямок, схема якого наведена на рисунку 2.1, до якого входять технічні станції А, В, С. Перегони між даними технічними станціями є двоколійними і обладнані автоблокуванням. Перегони електрифіковано, у вантажному русі використовуються поїзні локомотиви типу ВЛ8, ВЛ10.

2.1 Техніко-експлуатаційна характеристика технічної станції А

Станція А, відповідно до [39], є односторонньою сортувальною станцією, основною роботою якої є сортування вагонів по призначеннях, проходження і формування з цих вагонів поїздів; огляд і підготовка поїздів і вагонів у технічному і комерційному відношенні; виконання операцій з пропуску поїздів без переробки; ремонт і екіпірування локомотивів; ремонт і технічне обслуговування вагонів.

Станція А складається з трьох парків: приймально-відправний парк П, сортувально-відправний парк СВ та приймально-відправний парк В, які розташовані послідовно.

Приймально-відправний парк П складається з 12 колій, серед яких 3 головні (призначені для прийому і відправлення парних і непарних пасажирських поїздів і пропуску вантажних поїздів), 9 приймально-відправних (призначені для прийому парних і непарних вантажних поїздів у розформування та прийому транзитних поїздів з підходів К та В).

Сортувально-відправний парк СВ, що складається з 24 колій, призначений для накопичення составів відповідно до плану формування та відправлення поїздів свого формування на підходи м та Х.

Приймально-відправний парк В складається з 8 колій, які приначені для прийому транзитних поїздів з підходів М та Х, а також відправлення поїздів свого формування на підходи К та В.

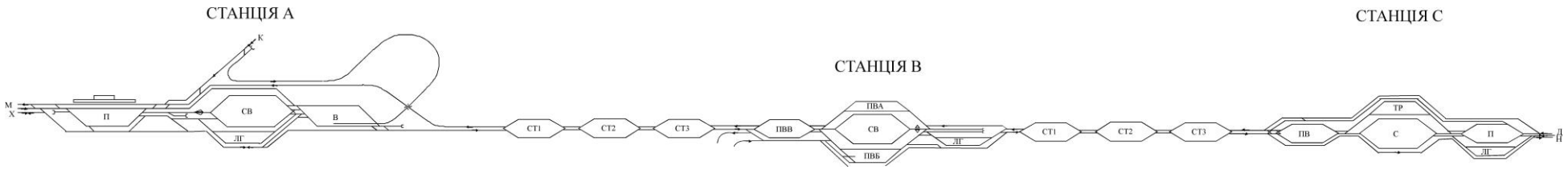


Рисунок 2.1 – Схема залізничного напрямку

На станції А для сортування вагонів є механізована сортувальна гірка (середньої потужності), яка розташована між приймально-відправним парком П та сортувально-відправним парком СВ. Гірка має одну колію насуву, сортувальні колії згруповані в три пучки по 8 колій в кожному. Для гальмування відчепів, що скочуються з гірки, існує 3 гальмові позиції з вагонними уповільнювачами.

У приймально-відправному парку П виконується робота по прийманню та обслуговуванню поїздів, що надходять у розформування з усіх прилягаючих підходів. Крім цього, виконується робота по прийому і відправленню парних і непарних пасажирських поїздів з зупинкою. Також у парку виконується робота по прийманню та обслуговуванню транзитних поїздів зі зміною та без зміни локомотива, які надходять з підходів К та В.

У сортувально-відправному парку СВ відбувається накопичення составів згідно плану формування, операції по закінченню формування составів свого формування. Також у даному парку відбуваються операції по підготовці до відправлення та відправлення поїздів свого формування на підходи М та Х.

У приймально-відправному парку В виконується робота по прийому, обслуговуванню та відправленню транзитних поїздів зі зміною та без зміни локомотива, які надходять з підходів М та Х. Також в даний парк переставляються поїзди свого формування на підходи К та В, де з ними виконуються відповідні операції щодо їх підготовки та відправлення на дані підходи.

Маневрова робота станції полягає в наступному:

- розформування поїздів через сортувальну гірку;
- формування составів, перестановка сформованих составів на колії відправлення;
- відчеплення технічно несправних вагонів та перестановка їх на відповідні колії для виконання ремонту.

Для забезпечення виконання маневрової та сортувальної роботи на станції використовується 2 маневрових локомотива серії ЧМЕ-3, оснащених маневровим зв’язком.

2.2 Техніко-експлуатаційна характеристика технічної станції В

Станція В, відповідно до [40], є сортувальною станцією, основною роботою якої є сортування вагонів по призначеннях, проходження і формування з цих вагонів поїздів; огляд і підготовка поїздів і вагонів у технічному і комерційному відношенні; виконання операцій з пропуску поїздів без переробки; ремонт і екіпірування локомотивів; ремонт і технічне обслуговування вагонів.

Станція В складається з чотирьох парків, з яких паралельно розташовані приймально-відправний парк А, сортувально-відправний парк СВ, приймально–відправний парк Б, а послідовно до них розташований парк відправлення В.

Приймально–відправний парк А складається з 7 приймально – відправних колій спеціалізованих для прийому транзитних поїздів з переробкою і без переробки та 1 головної колії.

Приймально–відправний парк Б складається з 8 приймально–відправних колій і однієї головної колії. Приймально–відправні колії спеціалізовані для прийому транзитних поїздів з переробкою і без переробки.

Сортувально-відправний парк СВ має 28 колій з яких: 26 колій призначені для накопичення составів за планом формування, 1 колія для ремонту і 1 колія для затриманих вагонів.

Парк відправлення В має 7 колій, які призначені для виставки, відправлення поїздів свого формування і пропуску транзитних поїздів непарного напрямку, що проходять по головних коліях І і ІІІ.

Механізована сортувальна гірка розташована з непарної сторони сортувально–відправного парку обладнана гірковою автоматичною централізацією (ГАЦ), має 2 витяжні колії та 2 колії насуву. Гальмування відчепів, що спускаються з гірки, виконується вагонними уповільнювачами на трьох гальмових позиціях.

У приймально–відправному парку А виконується обслуговування транзитних поїздів та поїздів що надходять у розформування з непарного напрямку.

У приймально–відправному парку Б виконується обслуговування тран-

зитних поїздів та поїздів що надходять у розформування з парного напрямку.

У сортувально-відправному парку виконується розформування поїздів через механізовану сортувальну гірку, формування поїздів відповідно до ПФП, обробка і виставка поїздів свого формування непарного напрямку на колії парку відправлення за допомогою двох витяжних колій, відправлення поїздів свого формування у парному напрямку.

У парку відправлення виконується обслуговування і відправлення поїздів свого формування в непарному напрямку.

Маневрова робота станції полягає в наступному:

- розформування поїздів через сортувальну гірку;
- формування составів, перестановка сформованих составів на колії відправлення;
- відчеплення технічно несправних вагонів та перестановка їх на відповідні колії для виконання ремонту.

Для забезпечення виконання маневрової та сортувальної роботи на станції використовується 4 маневрових локомотива серії ЧМЕ-3, оснащених маневровим зв’язком.

2.3 Принципи організації вагонопотоків на залізничному напрямку

На головній станції А, яка знаходиться на залізничному напрямку А–В–С та має певні вагонопотоки (див. рис.А.1 додатоку А), можливо два варіанти їх організації у поїзди (рисунок 2.2):

– варіант 1 – передбачає формування окремих одногрупних поїздів призначенням В та С;

– варіант 2 – передбачає формування двогрупних поїздів, до складу яких входять вагони попутних призначень В та С.

При організації вагонопотоків за варіантом 1 на станції А формуються окремі одногрупні состави на кожне з попутних призначень В та С. Після накопичення вагонів у сортувальному парку виконуються операції по закінченню формування ($T_{зф}^{од}$). Далі, за допомогою маневрового локомотива, сформований состав переставляється в парк відправлення ($t_{пер}$). В парку відправлення з составом свого формування виконується ряд технологічних операцій відповідно до

технологічного процесу роботи станції по обслуговуванню поїздів відповідної категорії.

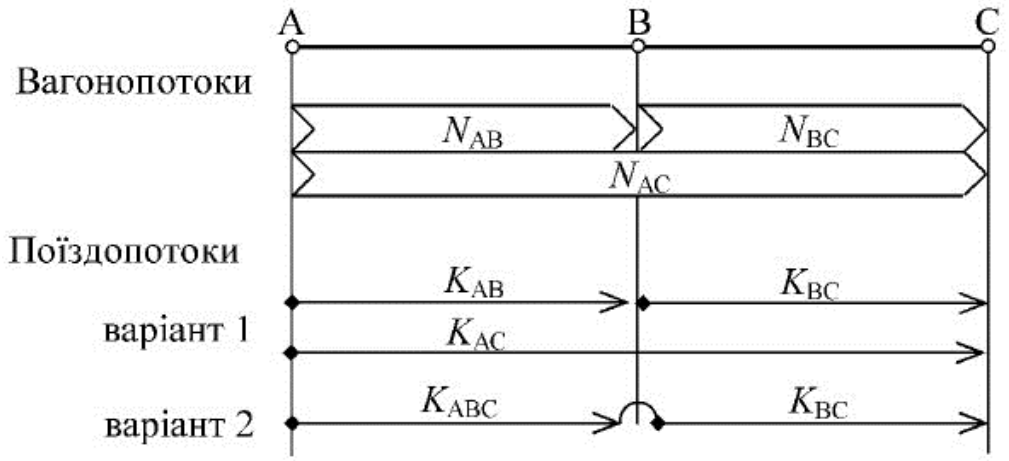


Рисунок 2.2 – Організація вагонопотоків на залізничному напрямку в оперативних умовах.

На станцію В, перед прибуттям поїзда, надходить інформація про його категорію, від чого залежить технологія роботи по його обслуговуванню.

Состав, призначенням на станцію В, приймається в приймально-відправний парк. Після його прибуття виконуються всі технологічні операції, які передбачені для составів що надходять у розформування, і состав розформовується.

Состав, призначенням на станцію С, приймається в приймально-відправний парк. В даному парку виконуються всі технологічні операції, які передбачені для обслуговування составів транзитних поїздів зі зміною або без зміни локомотива. Після виконання необхідних операцій состав відправляється на станцію С, де він надходить у розформування. Схематично технологія роботи залізничного напрямку при організації вагонопотоків за варіантом 1 наведена на рисунку 2.3.

При організації вагонопотоків за варіантом 2 на станції А з вагонів попутних призначень В та С формується двогрупний состав. Після накопичення вагонів у сортувальному парку виконуються операції по закінченню формування ($T_{зф}^{дв}$). Далі, за допомогою маневрового локомотива, сформований состав пе-

реставляється в парк відправлення. В парку відправлення з составом свого формування виконується ряд технологічних операцій відповідно до технологічного процесу роботи станції.

Відповідно до [41] у двогрупному поїзді, що прибуває на станцію, розрізняють ядро та відчіпну групу вагонів (ВГВ). Для розглянутого у роботі залізничного напрямку (див. рис. 2.1) ядром двогрупного поїзда є вагони призначення С, а відчіпною групою – вагони призначення В.

У процесі слідування двогрупного поїзда на станції В виникає необхідність обміну груп вагонів. Типова технологія виконання обміну груп вагонів наведена в [38] і передбачає наявність заздалегідь підготовленої причіпної групи вагонів (ПГВ) на колії приймально-відправного парку станції.

При отриманні інформації про надходження двогрупного поїзда на станції В у сортувальному парку готується ПГВ. Після закінчення формування ($T_{\text{зф}}^{\text{ПГВ}}$) ПГВ переставляється в приймально-відправний парк. Прийом двогрупного поїзда відбувається на вільну колію приймально-відправного парку. Після закріплення ВГВ ядро поїзда, за допомогою поїзного або маневрового локомотива (залежить від того, чи потребує даний поїзд зміни локомотива), переставляється на колію, де знаходиться ПГВ. Виконується з’єднання груп вагонів та подальша обробка состава поїзда відповідно до технології роботи станції. Після виконання необхідних операцій поїзд відправляється на станцію С, де він надходить у розформування. Схематично технологія роботи залізничного напрямку при організації вагонопотоків за варіантом 2 наведена на рисунку 2.4.

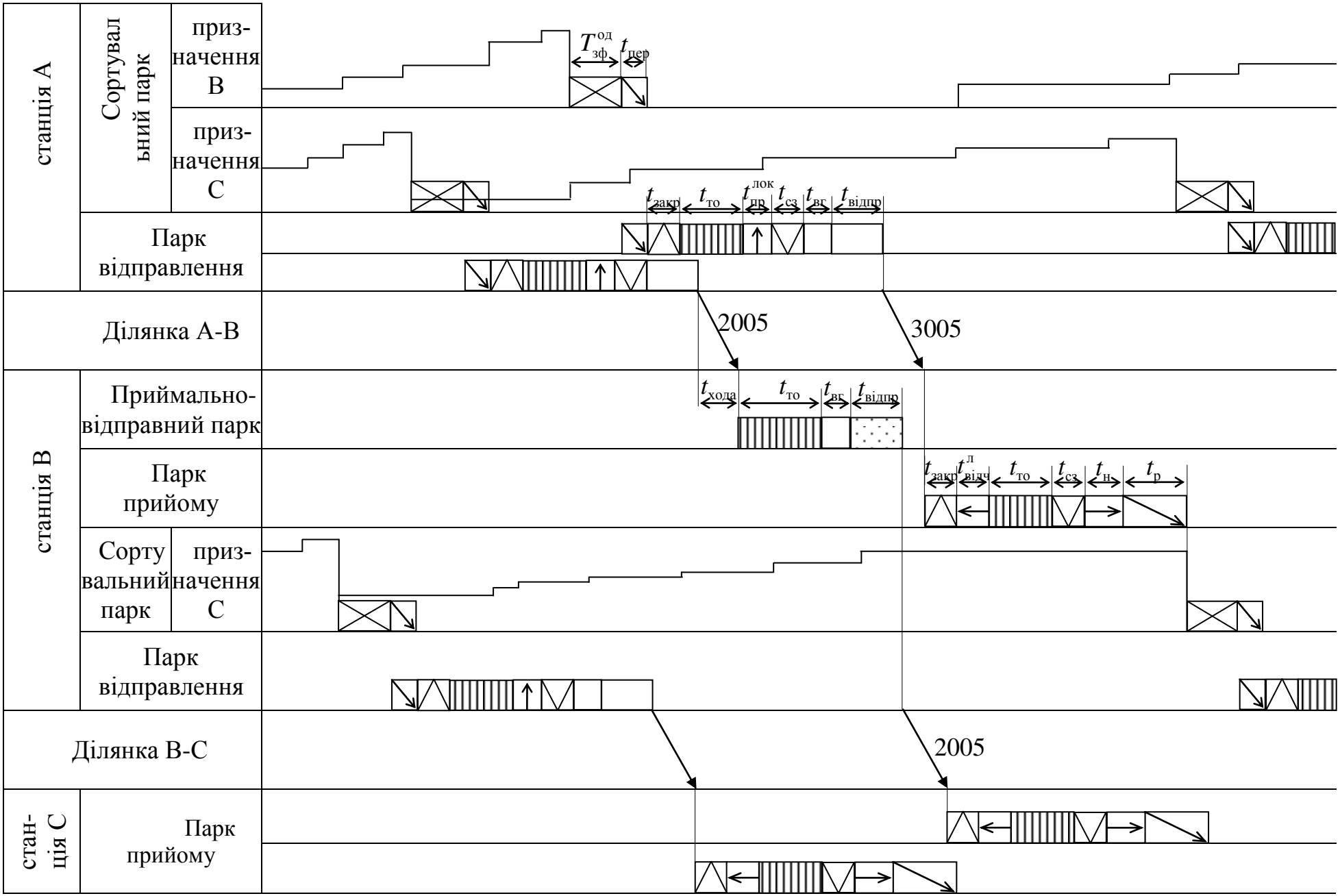


Рисунок 2.3. Технологія роботи залізничного напрямку при організації вагонопотоків за варіантом 1

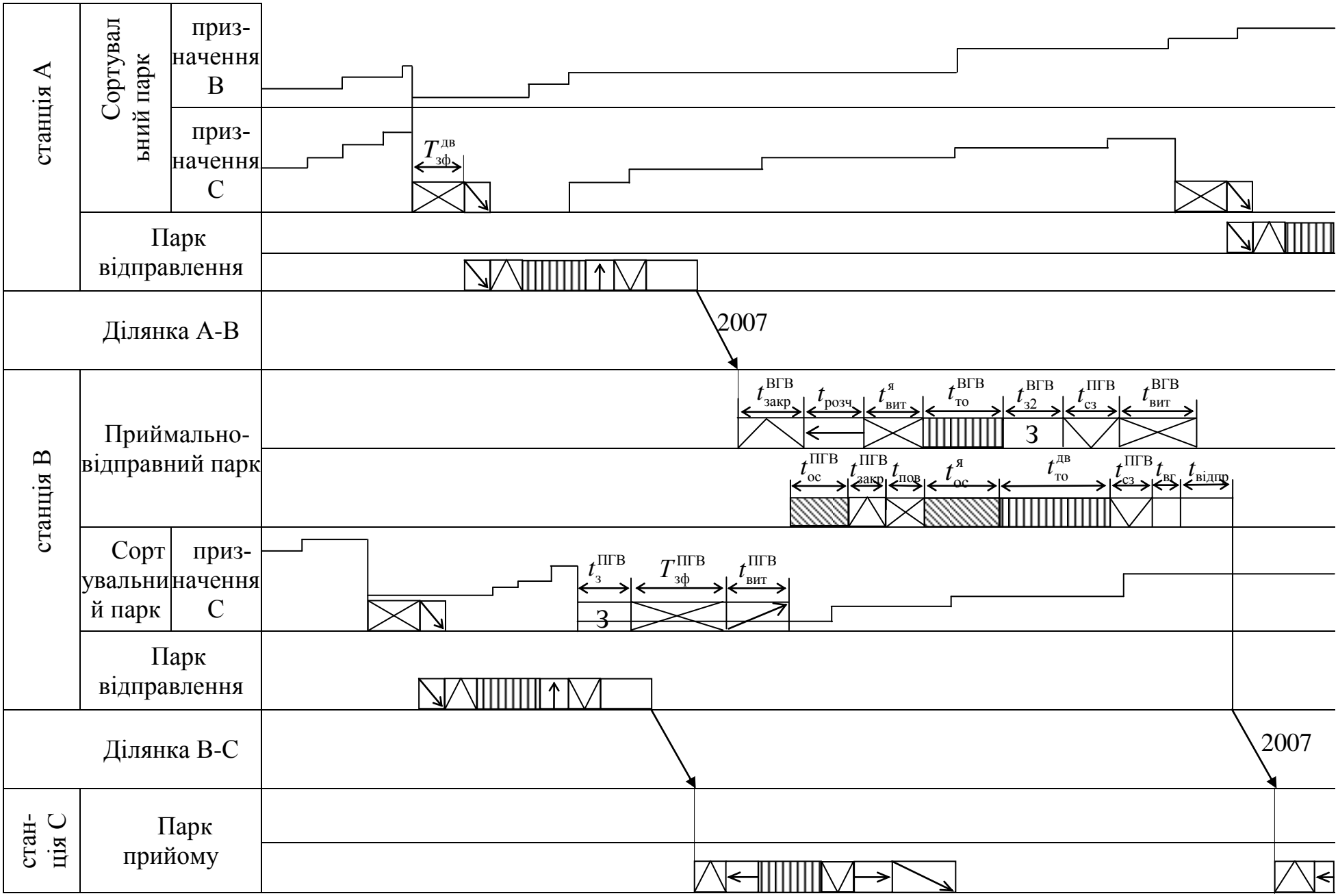


Рисунок 2.4. Технологія роботи залізничного напрямку при організації вагонопотоків за варіантом 2

3 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАТИВНОГО ФОРМУВАННЯ ДВОГРУПНОГО ПОЇЗДА

Процесом оперативного формування составів на певному залізничному напрямку безпосередньо займається поїзний диспетчер (ДНЦ), з попереднім узгодженням з дорожнім поїзним диспетчером (ДГП).

Однією з основних задач поїзного диспетчера є ефективна організація вагонопотоків в состави, що в свою чергу повинно пришвидшувати їх просування по дільниці. Одним із можливих варіантів пришвидшення просування вагонопотоку є формування групових поїздів на базі попутних одногрупних призначень в межах існуючого плану формування поїздів (див. розділ 1). На рішення даної задачі впливає значна кількість змінних факторів, тобто необхідно володіти оперативною ситуацією на залізничному напрямку в цілому так і на основних технічних станціях.

На сьогоднішній час оперативне рішення щодо формування двогрупного поїзда приймається поїзним диспетчером на основі практичного досвіду роботи. В свою чергу дане рішення повинне базуватися на певному критерії, який повинен чітко визначати доцільність оперативного керування організацією вагонопотоків. На сьогоднішній час даний критерій розроблявся і потребує узагальнення та впровадження безпосередньо на підприємствах залізничного транспорту.

3.1 Критерій оцінювання оперативного рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда

Кожна методика повинна базуватися на локальному критерії, який однозначно повинен показувати наявність або відсутність ефекту від прийнятого рішення.

В останні роки значна кількість науковців вказують на те щоб оцінювати доцільність прийняття будь-якого рішення в грошовому еквіваленті. Так в роботі [42] рекомендується оцінювати варіанти плану формування спочатку за

експлуатаційними показниками, а потім обирати найбільш економічний варіант за сумарними витратами на організацію та просування вагонопотоків.

Аналогічний критерій був запропонований в роботі [43]. Тобто рішення щодо формування двогрупного поїзда вважається ефективним, якщо витрати на його формування є меншими ніж на формування двох одногрупних поїздів окремих попутних призначень. Тобто

$$\Omega = E_{\text{од}} - E_{\text{дв}} > 0 \qquad (3.1)$$

$$\text{за умови } m_{\text{я}} + m_{\text{ПГВ}} = m,$$

де $E_{\text{од}}$ – відповідно витрати, пов'язані із включенням вагонів ядра та ПГВ до складу окремих одногрупних поїздів на головній станції;

$E_{\text{дв}}$ – витрати, пов'язані з формуванням двогрупного поїзда на головній станції та виконанням обміну груп на попутній технічній станції;

$m_{\text{я}}$ – кількість вагонів в ядрі составу;

$m_{\text{ПГВ}}$ – кількість вагонів причіпної групи;

m – кількість вагонів в складі поїзда.

Двогрупний поїзд складається з ядра та причіпної групи. Ядро составу – це вагони, які прослідують транзитом станцію обміну груп. ПГВ складається з вагонів, які накопичені на станції обміну і причіпляється до составу двогрупного поїзда.

Повні витрати по формуванню та просуванню окремої категорії поїзда на залізничному напрямку включають в себе витрати на головній станції та станції обміну груп вагонів. Визначення повних витрат є складною задачею, вирішення якої потребує точного знання тривалості знаходження поїзда на кожній з технічних станцій ще на стадії прийняття оперативного рішення, що є неможливим через стохастичність системи.

Для зменшення обсягів розрахунків по визначенню витрат, пов'язаних із включенням вагонів ядра та ПГВ до складу кожної з категорій поїздів, раціональним є врахування лише відмінностей для складових формули (3.1), тобто

$$\Omega = e_{\text{вг}} \sum W_{\text{ек}} - e_{\text{мл}} \sum \Delta Mt_{\text{ман}} - e_{\text{пл}} \sum \Delta Mt_{\text{пл}}, \qquad (3.2)$$

де $\sum W_{\text{ек}}$ – сумарна економія вагоно-годин простою на головній станції та станції обміну груп. При цьому $\sum W_{\text{ек}} = \sum W_{\text{од}} - \sum W_{\text{дв}}$;

$\sum \Delta Mt_{\text{ман}}$ – сумарні додаткові витрати роботи маневрових локомотивів на головній станції та станції обміну груп, пов'язані з обслуговуванням двогрупного поїзда;

$\sum \Delta Mt_{\text{пл}}$ – сумарний додатковий простій поїзного локомотива на головній станції та станції обміну груп, пов'язаний з обслуговуванням двогрупного поїзда;

$e_{\text{вг}}$ – вартість однієї вагоно-години простою вагона на станції;

$e_{\text{мл}}$ – вартість однієї локомотиво-години роботи маневрового локомотива;

$e_{\text{пл}}$ – вартість однієї локомотиво-години простою поїзного локомотива на станції;

Величина $\Delta Mt_{\text{ман}}$ для окремої технічної станції залежить від багатьох факторів

$$\Delta Mt_{\text{ман}} = f(m_{\text{я}}, m_{\text{ПГВ}}, m, R, T_{\text{тех}}), \qquad (3.3)$$

де $T_{\text{тех}}$ – множина техніко-технологічних параметрів станції;

R – кількість накопичених вагонів певного призначення на коліях сортувального парку.

Множина $T_{\text{тех}}$ залежить від конструкції колійного розвитку станції, технічного оснащення та тривалості виконання окремих операцій з поїздами певної категорії.

Величина $\Delta Mt_{\text{пл}}$ для окремої технічної станції також залежить від багатьох факторів

$$\Delta Mt_{\text{пл}} = f(R,\ T_{\text{тех}}). \tag{3.4}$$

Значення величин $\Delta Mt_{\text{ман}}$ і $\Delta Mt_{\text{пл}}$ для окремого двогрупного поїзда та конкретної технічної станції визначається на основі технологічного процесу роботи станції та з використанням норм часу на виконання кожної операції, або за допомогою імітаційного моделювання.

3.2 Визначення економії вагоно-годин накопичення вагонів при формуванні двогрупних поїздів на головній станції

Оцінити ефективність прийнятого рішення про формування окремого двогрупного поїзда можливо на основі розрахунку економії вагоно-годин простою $W_{\text{ек}}$.

Згідно з [41] сумарні вагоно-години накопичення на головній станції А, при формуванні тільки одногрупних поїздів на два окремих призначення, можливо визначити за допомогою формули

$$W = 2cm, \tag{3.5}$$

де c – параметр накопичення составу.

При формуванні двогрупного поїзда з вагонів двох попутних призначень сумарні вагоно-години накопичення, відповідно до [41], становлять $W = cm$.

Таким чином, при формуванні двогрупних поїздів вагоно-години накопичення зменшуються у двічі. Це скорочення слід розглядати як середню величину, в умовах рівномірного надходження вагонів, та формуванні тільки двогрупних

поїздів. Між тим, у дійсності, надходження вагонів на окремі призначення має суттєву нерівномірність і вважається випадковим. У зв'язку з цим економія вагоно-годин внаслідок формування окремого двогрупного поїзда може коливатися і приймати різні величини у залежності від ситуації у поточний момент часу та характеру надходження вагонів. Звідси постає задача визначення економії вагоно-годин при формуванні окремого двогрупного поїзда в конкретних оперативних умовах.

Для вирішення поставленої задачі розглянемо процес накопичення на головній станції А вагонів одного призначення (рисунок 3.1) у випадку рівномірного надходження вагонів з інтенсивністю λ вагонів/годину.

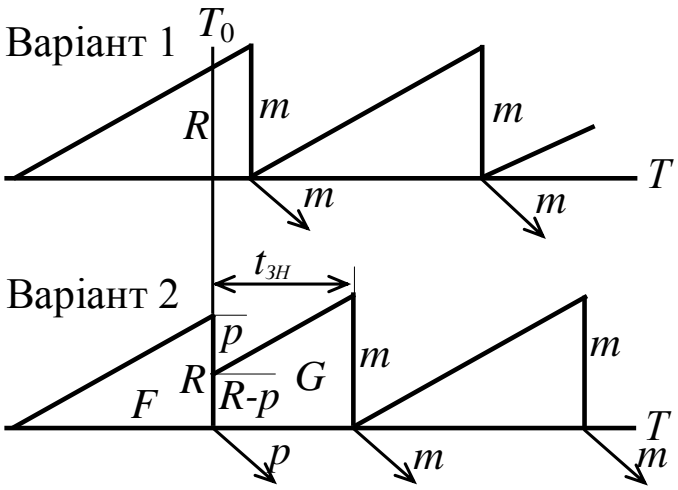


Рисунок 3.1 - Варіанти процесу накопичення на головній станції А вагонів одного призначення

При формуванні тільки одногрупних поїздів (варіант 1) середня тривалість простою під накопиченням одного вагона становить

$$t_{\text{н}} = \frac{m}{2\lambda}, \tag{3.6}$$

де λ - інтенсивність вагонопотоку.

Вагоно-години накопичення потоку з N вагонів складають

$$W_1 = \frac{Nm}{2\lambda}. \tag{3.7}$$

Стан сортувальної колії, на якій накопичуються вагони окремого призначення, в деякий поточний момент T_0 можна характеризувати кількістю вагонів R та витратою вагоно-годин їх накопичення F, яка складає

$$F = \frac{R^2}{2\lambda}. \tag{3.8}$$

При формуванні двогрупного поїзда (варіант 2), до складу якого включається p вагонів даного призначення (за умови $p \le R$), залишається $(R - p)$ вагонів, які входять до складу наступного одногрупного поїзда. Тривалість завершення накопичення цього поїзда у середньому дорівнює

$$t_{\text{зн}} = \frac{m - (R - p)}{\lambda}, \tag{3.9}$$

де p – кількість вагонів, які причіпляються до составу двогрупного поїзда.

Вагоно-години накопичення становлять

$$G = \frac{(m + R - p)(m - R + p)}{2\lambda}. \tag{3.10}$$

Решта потоку у кількості $(N - p - m)$ вагонів відправляється в одногрупних поїздах і має наступну кількість вагоно-годин накопичення

$$W_{\text{р}} = \frac{(N - p - m) \cdot m}{2\lambda}. \tag{3.11}$$

Таким чином, при формуванні двогрупного поїзда і включенні до його складу p вагонів окремого призначення, загальний простій вагонів під накопиченням складає

$$W_2 = F + G + W_{\text{р}} = \frac{R^2 + (m + R - p)(m - R + p) + (N - p - m)m}{2\lambda}. \qquad (3.12)$$

Економія вагоно-годин накопичення одного призначення внаслідок формування одного двогрупного поїзда (у подальшому економія простою) становить

$$W_{\text{ек}} = W_1 - W_2. \qquad (3.13)$$

Після підстановки в формулу (3.13) складових (3.9) та (3.12) і алгебраїчних перетворень отримаємо

$$W_{\text{ек}} = \frac{p(m - 2R + p)}{2\lambda}. \qquad (3.14)$$

Величина $z = (m - 2R + p)$ в формулі (3.14) являє собою деяку розрахункову кількість вагонів, а тривалість їх накопичення визначається відношенням

$$t_{\text{z}} = \frac{z}{\lambda}, \qquad (3.15)$$

тоді економія простою вагонів може бути розрахована

$$W_{\text{ек}} = \frac{pt_{\text{z}}}{2}. \qquad (3.16)$$

Зміст величини z полягає у наступному. Якщо до складу двогрупного поїзда включаються усі наявні вагони призначення, тобто $p = R$, то величина $z = (m - R)$ становить завершальну групу – кількість вагонів, яка потрібна для завершення накопичення одногрупного поїзда (рисунок 3.2).

При цьому t_z являє собою тривалість періоду для накопичення цієї групи.

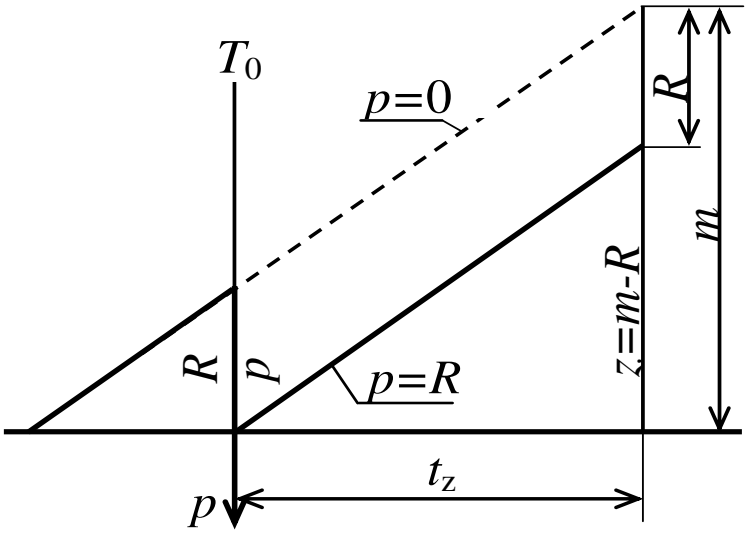


Рисунок 3.2 - Фізичний зміст величини z для випадку $p = R$

У випадку, коли $p < R$, маємо $z = (m - R) - (R - p)$, тобто завершальну групу, зменшену на величину залишку вагонів $(R – p)$, а t_z є тривалістю її накопичення (рисунок 3.3).

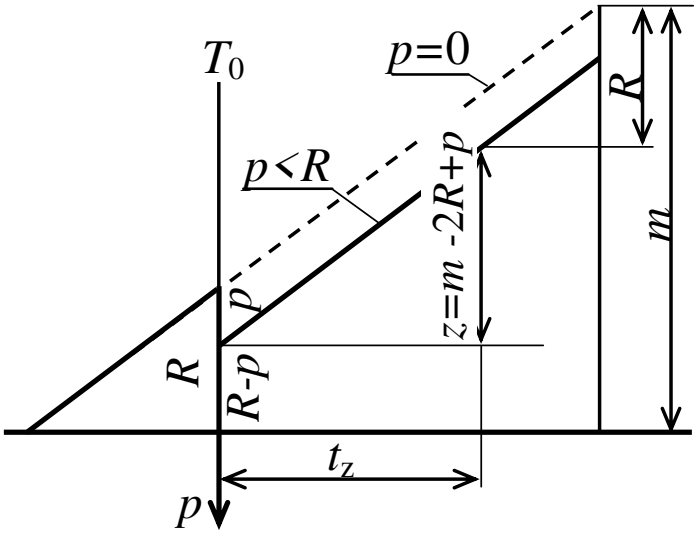


Рисунок 3.3 – Фізичний зміст величини z для випадку $p < R$

Розглянемо приклад розрахунку $W_{ек}$ для призначення 1 за вихідними даними, наведеними в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для прикладу розрахунку $W_{ек}$

Призначення	Інтенсивність λ, ваг/год	Стан колій *R*, ваг	Кількість вагонів у складі поїзда *m*, ваг
1	8	40	50
2	5	40	50

Якщо до складу двогрупного поїзда включити усі вагони призначення 1 (*p*=40), тоді розрахункова кількість вагонів дорівнює $z = 50 - 2 \cdot 40 + 40 = 10$ вагонів, а тривалість їх накопичення становить $t_z = \frac{10}{8} = 1,25$ год.

Економія простою для цього призначення згідно з (3.16) складає

$$W_{ек} = \frac{40 \cdot 1,25}{2} = 25 \text{ вагоно-год.}$$

З метою аналізу аналогічним чином виконані розрахунки $W_{ек}$ для інших величин *p* та *R* (за умови $p < R$), результати яких наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Визначення величини $W_{ек}$

R	$W_{ек}=f(p, R)$						
	p						
	5	0	0	5	0	0	0
10	1	5	-	-	-	-	-
20	5	12	7	-	-	-	-
25	2	6	5	9	-	-	-
30	-2	0	2	3	7	-	-
40	8	-12	12	8	0	5	-
50	14	25	37	39	37	25	0

Отримані результати показують, що формування двогрупних поїздів не завжди приводить до зменшення простою вагонів під накопиченням. Найбільша економія простою вагонів може бути отримана, коли до складу двогрупного

поїзда включаються усі наявні вагони призначення, тобто при $p=R$, а максимальна економія досягається при $p = R = \frac{m}{2}$.

Зменшення p відносно R, тобто зростання залишку вагонів у кількості ($R - p$), зменшує економію простою, а у випадках, коли $z < 0$ може приводити до зростання простою порівняно з одногрупними поїздами (див. рисунок 3.4).

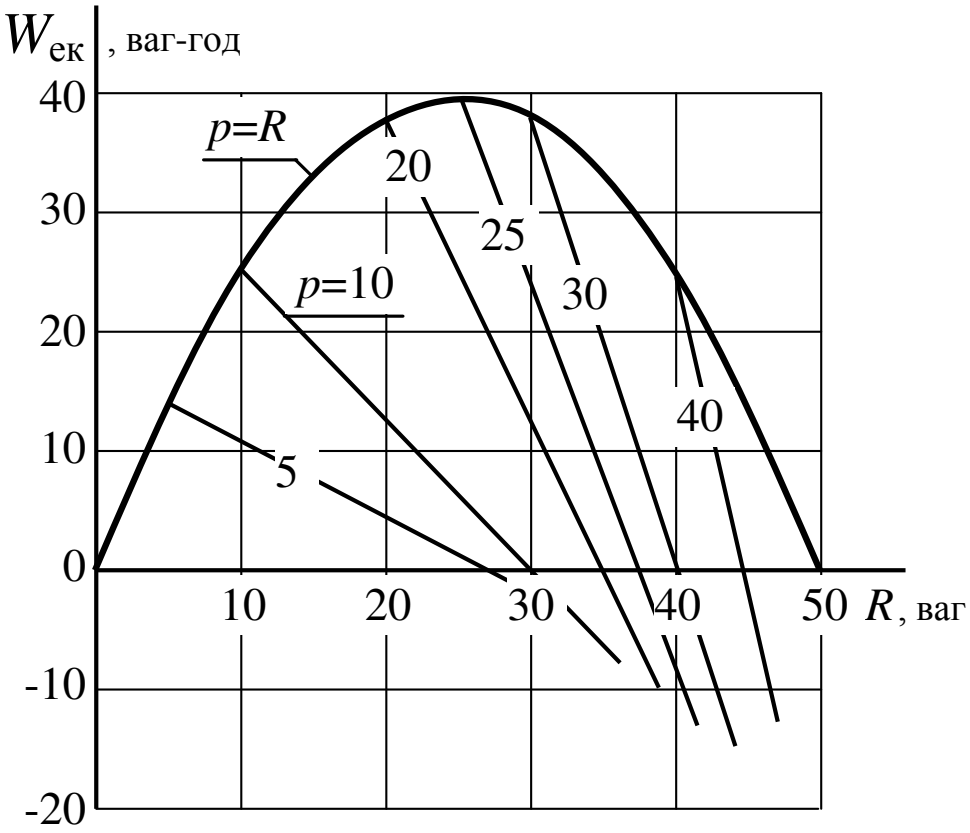


Рисунок 3.4 – Залежність економії простою вагонів під накопиченням від впливаючих факторів для окремого призначення

Таким чином, формування двогрупного поїзда може давати економію простою тільки за певних умов, що вимагає відповідних розрахунків в конкретних оперативних умовах.

3.3 Визначення економії вагоно-годин накопичення вагонів при виконанні обміну груп вагонів у двогрупному поїзді

Розглянемо технологію, яка передбачає роботу з двогрупним поїздом, як з поїздом, що прибув у розформування. Після розпуску состава на призначення

С надходить ядро двогрупного поїзда у кількості $m_я$ вагонів. Надходження додаткових вагонів переводить призначення С в один з можливих станів:

– стан 1 – кількість вагонів менша ніж склад поїзда, тобто $R + m_я < m$. Процес накопичення повинен продовжуватися (див. рисунок 3.5);

– стан 2 – кількість вагонів дорівнює або більша ніж склад поїзда, тобто $R + m_я \geq m$. Це дозволяє формувати черговий состав.

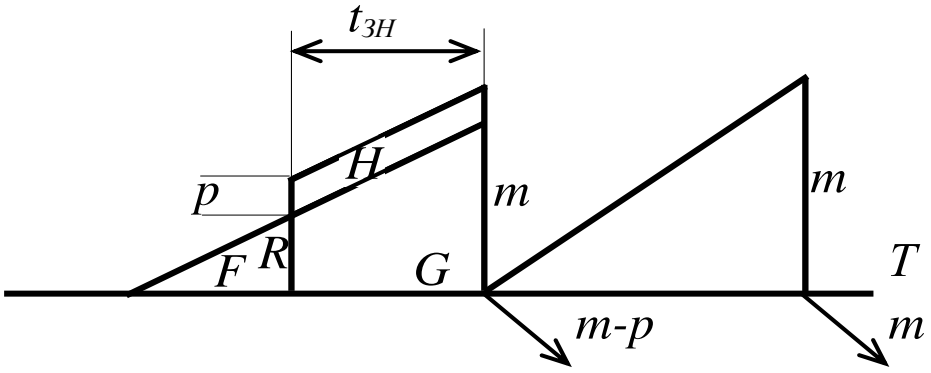


Рисунок 3.5 – Процес накопичення на станції В вагонів призначення С за умови $R + m_я < m$

У випадку коли $R + m_я < m$ тривалість завершення накопичення даного поїзда у середньому дорівнює

$$t_{ЗН} = \frac{m - p - R}{\lambda}, \tag{3.17}$$

а вагоно-години простою під накопиченням вагонів ядра становлять

$$H = \frac{p(m - p - R)}{\lambda}. \tag{3.18}$$

Вагони, які надходять за період $t_{зн}$, будуть мати наступні вагоно-години простою під накопиченням

$$G = \frac{(m - p + R)(m - p - R)}{2\lambda}. \tag{3.19}$$

Решта потоку у кількості (N – (m – p)) вагонів відправляється в наступних одногрупних поїздах і забезпечує наступну кількість вагоно-годин накопичення

$$W_{\text{Р}} = \frac{(N-(m-p))m}{2\lambda}. \tag{3.20}$$

Таким чином, загальний простій вагонів призначення С під накопиченням, без урахування простою вагонів ядра двогрупного поїзда, складає

$$W_2 = F + G + W_{\text{Р}} = \frac{p^2 - m \cdot p + N \cdot m}{2\lambda}. \tag{3.21}$$

Отже, економія простою для призначення С, після підстановки в формулу (3.13) складових (3.7) та (3.21) і алгебраїчних перетворень, визначається

$$W_{\text{ек}} = \frac{p(m-p)}{2\lambda}. \tag{3.22}$$

Величина $z = (m-p)$ в (3.22) являє собою деяку розрахункову кількість вагонів. Тривалість накопичення z вагонів та економія простою $W_{\text{ек}}$, яку вони забезпечують, можуть бути визначені за формулами (3.15) та (3.16).

Загальна економія простою для призначення С в цілому зменшується за рахунок додаткового простою вагонів ядра двогрупного поїзда і може бути визначена як

$$W_{\text{ек}}^{\text{заг}} = W_{\text{ек}} - H. \tag{3.23}$$

Підставивши в (3.23) відповідні складові (3.18) та (3.22) і алгебраїчних перетворень отримаємо

$$W_{\text{ек}}^{\text{заг}} = \frac{p(p + 2R - m)}{2\lambda}. \qquad (3.24)$$

Для вибору раціональної технології обслуговування двогрупного поїзда на станції обміну груп необхідно враховувати загальний простій вагонів ядра, тобто від моменту прибуття до моменту відправлення зі станції.

Для визначення величини $W_{\text{ек}}$ для станції обміну груп вагонів застосовується:

– формула (3.16) – у випадку прийому двогрупного поїзда в приймально-відправний парк та у випадку прийому двогрупного поїзда в парк прийому і виконанні умови $R + m_{\text{я}} \geq m$ для сортувальної колії призначення С;

– формула (3.24) – у випадку прийому двогрупного поїзда в парк прийому та при виконанні умови $R + m_{\text{я}} < m$ для сортувальної колії призначення С.

Для визначення сумарної економії вагоно-годин простою вагонів на головній станції та станції обміну груп виконано теоретичні дослідження та отримано розрахункові формули (при рівномірному надходженні вагонів на окремі призначення).

При вирішенні питання про формування двогрупного поїзда на головній станції виникає необхідність визначення його складу, тобто кількості вагонів в кожній з груп. Для цього потрібно визначати сумарну ефективність від економії вагоно-годин накопичення вагонів на кожному з призначень. Результати досліджень показали, що при наявності у двох призначень достатньої кількості вагонів для формування двогрупного поїзда ($R_1 + R_2 \geq m$), максимальна сумарна економія простою під накопиченням може бути отримана за умови, коли до складу двогрупного поїзда включається повністю одна з груп, а кількість вагонів іншого призначення визначається з умови $p_1 + p_2 = m$. При цьому потрібно розглядати два випадки:

– $p_1 = R_1,\ p_2 = m - p_1$;

– $p_2 = R_2,\ p_1 = m - p_2$.

Ефективним слід вважати випадок з більшим значенням економії простою $W_{\text{ек}}$.

4 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ТЕХНОЛОГІЇ ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ У ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДАХ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ РОБОТИ ТЕХНІЧНОЇ СТАНЦІЇ

Відповідно до [41] у двогрупному поїзді, що прибуває на станцію, розрізняють ядро та відчіпну групу вагонів (ВГВ). Для розглянутого у роботі залізничного напрямку (див. рис. 2.1) ядром двогрупного поїзда є вагони призначення С, а відчіпною групою – вагони призначення В.

У процесі слідування двогрупного поїзда на станції В виникає необхідність обміну груп вагонів. Типова технологія виконання обміну груп вагонів наведена в [38] і передбачає наявність заздалегідь підготовленої ПГВ на колії приймально-відправного парку станції.

Але на практиці досить часто забезпечити необхідну кількість вагонів ПГВ в приймально-відправному парку до прибуття поїзда неможливо, що призводить до збільшення простою транзитних вагонів. Для зменшення простою вагонів на станції В, при відсутності ПГВ, двогрупний поїзд приймають в парк прийому і розформовують.

Обмін груп вагонів у двогрупному поїзді можливо виконати за двома варіантами:

- варіант 1 – двогрупний поїзд розглядається як поїзд, який надійшов у розформування, і приймається в парк прийому або в приймально-відправний парк (в залежності від схеми станції);

- варіант 2 – двогрупний поїзд розглядається як транзитний поїзд і приймається в приймально-відправний парк, де з ним виконуються операції з обміну груп вагонів.

На рисунку 4.1 наведено відповідні дерева варіантів технологічних схем обслуговування поїздів різних категорій на станціях.

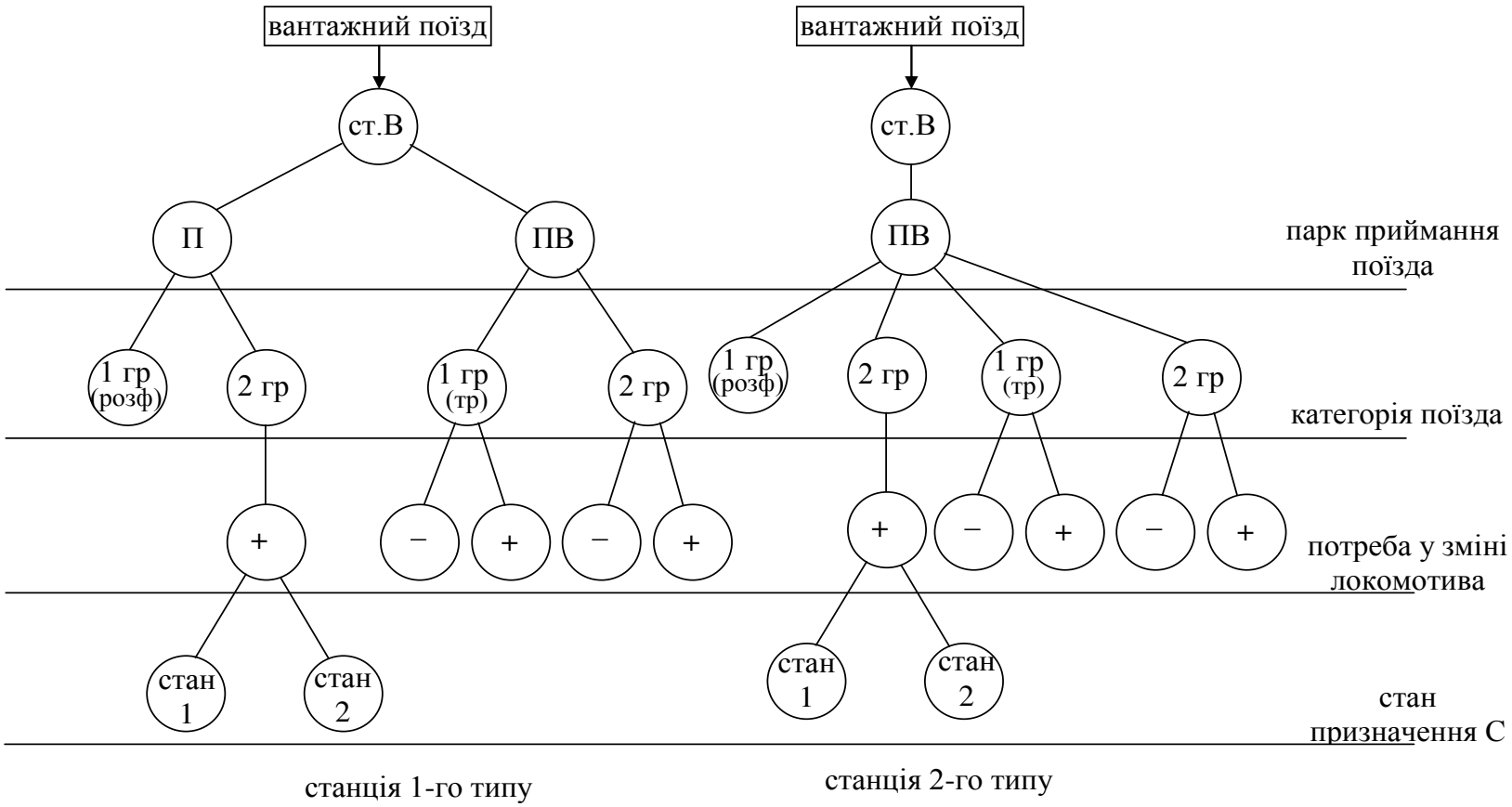


Рисунок 4.1 – Дерева варіантів технологічних схем обслуговування вантажних поїздів різних категорій на станціях обміну груп вагонів

4.1 Методика визначення раціонального варіанту обміну груп вагонів у двогрупних поїздах

Визначення раціонального варіанту обміну груп вагонів повинно виконуватися оперативно для кожного двогрупного поїзда з урахуванням ситуації, що склалася на технічній станції та на основі прогнозу надходження вагонів. При цьому необхідно визначити повні витрати по кожному з можливих варіантів та, порівнявши їх, обрати варіант з найменшими витратами.

Повні витрати по формуванню та просуванню окремої категорії поїзда на залізничному напрямку включають в себе витрати на головній станції та станції обміну груп вагонів. Для визначення витрат, пов'язаних із виконанням обміну груп вагонів у двогрупному поїзді пропонується використання формули

$$E = e_{\text{вг}} \sum Nt + e_{\text{мл}} \sum Mt_{\text{ман}} + e_{\text{пл}} \sum Mt_{\text{пл}} , \tag{4.1}$$

де $\sum Nt$ – вагоно-години простою вагонів двогрупного поїзда на станції обміну груп;

$\sum Mt_{\text{ман}}$ – сумарні локомотиво-години роботи маневрового локомотива, при виконанні обміну груп обміну груп вагонів у двогрупному поїзді;

$\sum Mt_{\text{пл}}$ – тривалість простою поїзного локомотива з двогрупним поїздом.

Для двогрупного поїзда при виконанні обміну груп вагонів з застосуванням приймально-відправного парку сумарні вагоно-години простою можуть бути визначені як

$$\sum Nt = Nt_{\text{я}} + Nt_{\text{ВГВ}} + Nt_{\text{ПГВ}} - W_{\text{ек}} , \tag{4.2}$$

де $Nt_{\text{я}}$ – вагоно-години простою вагонів ядра двогрупного поїзда на станції;

$Nt_{\text{ВГВ}}$ – вагоно-години простою ВГВ двогрупного поїзда на станції;

$Nt_{\text{ПГВ}}$ – вагоно-години простою ПГВ двогрупного поїзда на станції;

$W_{\text{ек}}$ – економія простою вагонів під накопиченням.

Вагоно-години простою вагонів ядра двогрупного поїзда залежать від кількості вагонів ядра, наявності на станції вагонів ПГВ у достатній кількості та окремих техніко-технологічних параметрів станції, тобто

$$Nt_{\text{я}} = f(m_{\text{я}},\ t_{\text{нак}}^{\text{ПГВ}},\ \text{Т}_{\text{тех}}^{\text{я}}), \tag{4.3}$$

де $\text{Т}_{\text{тех}}^{\text{я}}$ – множина техніко-технологічних параметрів станції, яка залежить від обраної технології обміну груп вагонів. Вона визначає порядок та тривалість виконання операцій з вагонами ядра поїзда;

$t_{\text{нак}}^{\text{ПГВ}}$ – тривалість накопичення вагонів до $m_{\text{ПГВ}}$, у випадку коли $R < m_{\text{ПГВ}}$.

Множина $\text{Т}_{\text{тех}}^{\text{я}}$ залежить від конструкції колійного розвитку станції, технічного оснащення та тривалості виконання окремих операцій з поїздами відповідної категорії.

Тривалість накопичення ПГВ залежить від кількості вагонів на колії та потужності вагонопотоку відповідного призначення, тобто

$$t_{\text{нак}}^{\text{ПГВ}} = f(R, N). \tag{4.4}$$

Вагоно-години простою ВГВ на станції залежать від кількості вагонів у ВГВ та окремих техніко-технологічних параметрів станції, тобто

$$Nt_{\text{ВГВ}} = f(m_{\text{ВГВ}},\ \text{Т}_{\text{тех}}^{\text{ВГВ}}), \tag{4.5}$$

де $\text{Т}_{\text{тех}}^{\text{ВГВ}}$ – множина техніко-технологічних параметрів станції, яка залежить від обраної технології обміну груп вагонів. Вона визначає порядок та тривалість виконання операцій з ВГВ поїзда.

Вагоно-години простою ПГВ на станції залежать від необхідної кількості вагонів у ПГВ та окремих техніко-технологічних параметрів станції, тобто

$$Nt_{\text{ПГВ}} = f(m_{\text{ПГВ}},\ \text{Т}_{\text{тех}}^{\text{ПГВ}}), \tag{4.6}$$

де $\text{Т}_{\text{тех}}^{\text{ПГВ}}$ – множина техніко-технологічних параметрів станції, яка залежить від обраної технології обміну груп вагонів. Вона визначає порядок та тривалість виконання операцій з ПГВ поїзда.

Економія простою вагонів під накопиченням залежить від обраної технології та стану сортувальної колії, на якій накопичуються вагони ПГВ. В залежності від цього для визначення величини $W_{ек}$ застосовуються формули (3.16) або (3.24).

Технологічні схеми роботи з обміну груп вагонів у двогрупному поїзді відповідно до варіанту технології наведені на рисунку 4.2 та рисунку 4.3.

Список позначень, що застосовані в технологічній схемі роботи з обміну груп вагонів у двогрупному поїзді за варіантом 1 (див. рис. 4.2), наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Список позначень, які застосовано в технологічній схемі обміну груп вагонів у двогрупному поїзді за варіантом 1

Назва операції	Група вагонів	Місце виконання	Позначення
закріплення состава	ядро,ВГВ, ПГВ	приймально-відправний парк, парк відправлення	$t_{\text{закр}}$
технічний огляд вагонів			$t_{\text{то}}$
відчеплення поїзного локомотива	ядро, ВГВ	приймально-відправний парк	$t_{\text{відч}}^{\text{л}}$
заїзд маневрового локомотива під состав			$t_{\text{з}}$
витягування составу на витяжну колію		витяжна колія	$t_{\text{гірочне}}$
насув на гірку			
розпуск		сортувальна гірка	
осаджування		сортувальний парк	$t_{\text{ос}}$
закінчення формування состава	ядро, ПГВ		$t_{\text{зф}}^{\text{од}}$
перестановка в парк відправлення		парк відправлення	$t_{\text{пер}}$
випробування автогальм		парк відправлення	$t_{\text{вг}}$
відправлення состава			$t_{\text{відпр}}$

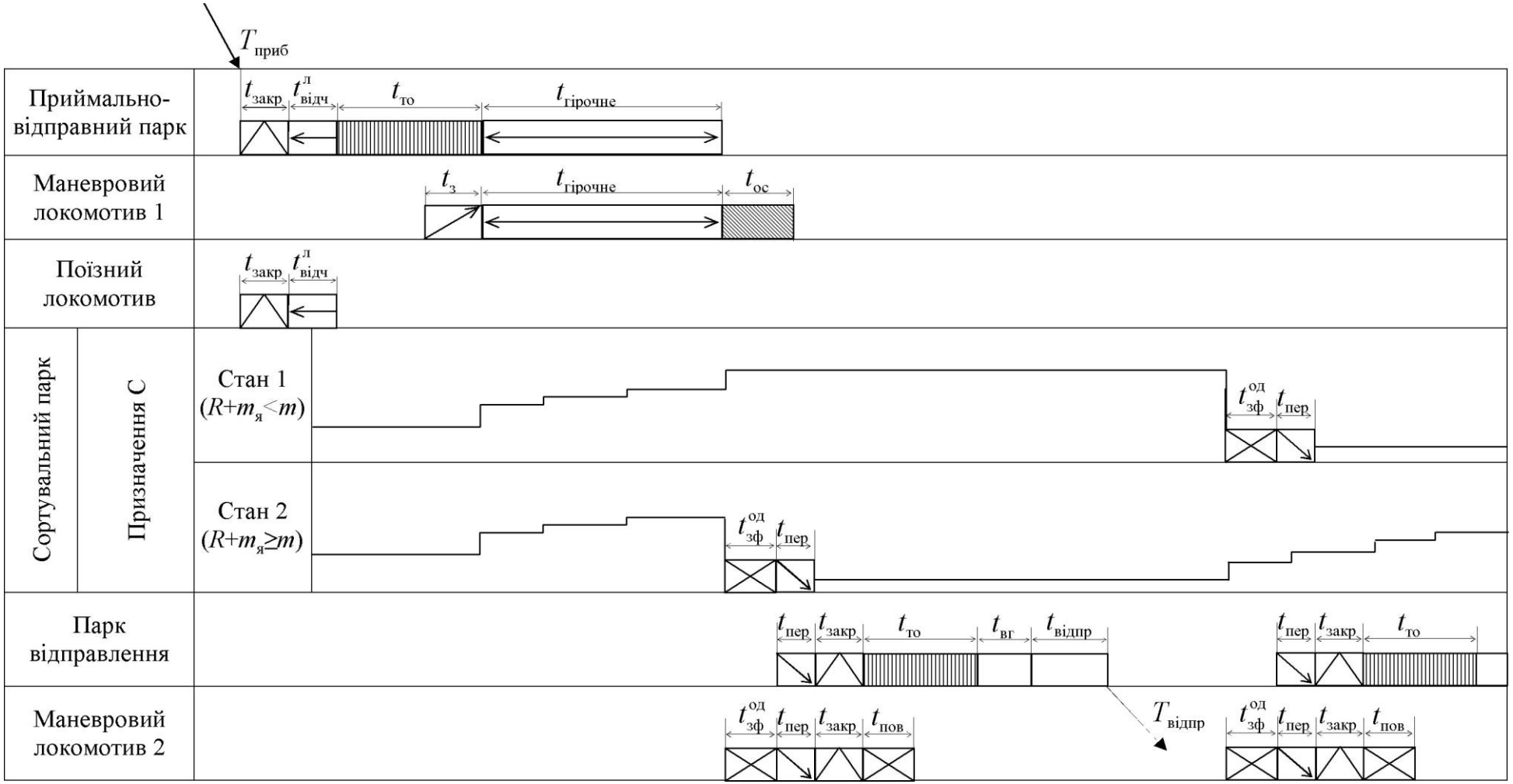


Рисунок 4.2 – Технологічна схема роботи з обміну груп вагонів у двогрупному поїзді за варіантом 1

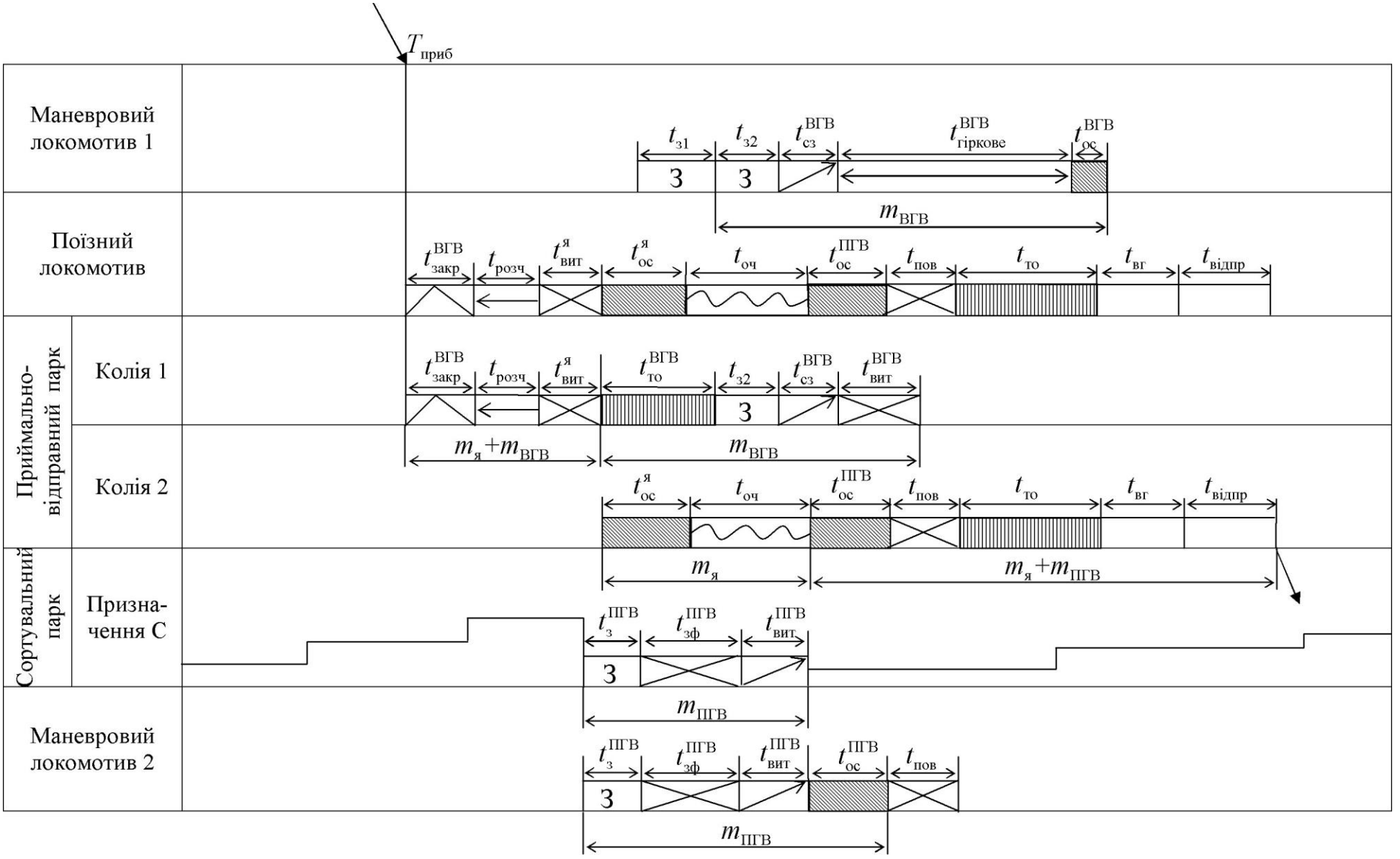


Рисунок 4.3 – Технологічна схема роботи з обміну груп вагонів у двогрупному поїзді за варіантом 2

Список позначень, що застосовані в технологічній схемі роботи з обміну груп вагонів у двогрупному поїзді за варіантом 2 (див. рис. 4.3), наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Список позначень, які застосовано в технологічній схемі обміну груп вагонів у двогрупному поїзді за варіантом 2

Назва операції	Група вагонів	Місце виконання	Позначення
закріплення ВГВ	ВГВ	приймально-відправний парк	$t_{\text{закр}}^{\text{ВГВ}}$
розчеплення груп вагонів	ядро, ВГВ		$t_{\text{розч}}$
витягування вагонів з колії приймально-відправного парку на витяжну колію	ядро		$t_{\text{вит}}^{\text{я}}$
осаджування вагонів з витяжної колії на колію приймально-відправного парку			$t_{\text{ос}}^{\text{я}}$
технічний огляд ВГВ	ВГВ		$t_{\text{то}}^{\text{ВГВ}}$
заїзд маневрового локомотива на витяжну колію	–	витяжна колія	$t_{\text{з1}}$
заїзд маневрового локомотива з витяжної колії в приймально-відправний парк	–		$t_{\text{з2}}$
зняття закріплення з ВГВ	ВГВ	приймально-відправний	$t_{\text{сз}}^{\text{ВГВ}}$
витягування ВГВ на витяжну колію		витяжна колія	$t_{\text{гіркове}}^{\text{ВГВ}}$
насув ВГВ на гірку			
розпуск ВГВ		сортувальна гірка	
осаджування ВГВ		сортувальний парк	$t_{\text{ос}}^{\text{ВГВ}}$
заїзд маневрового локомотива за ПГВ	–		$t_{\text{з}}^{\text{ПГВ}}$
закінчення формування ПГВ	ПГВ		$t_{\text{з}}^{\text{ПГВ}}$
витягування ПГВ на витяжну колію		витяжна колія	$t_{\text{вит}}^{\text{ПГВ}}$
осаджування ПГВ на колію приймально-відправного парку		приймально-відправний парк	$t_{\text{ос}}^{\text{ПГВ}}$
повернення маневрового локомотива в сортувальний парк	–	витяжна колія	$t_{\text{пов}}$
технічний огляд вагонів	ядро, ПГВ	приймально-відправний парк	$t_{\text{то}}$
випробування гальм			$t_{\text{вг}}$
відправлення составу			$t_{\text{відпр}}$

Сумарні локомотиво-години роботи маневрового локомотива, при виконанні обміну груп вагонів у двогрупному поїзді, можуть бути визначені за формулою

$$\sum Mt_{\text{ман}} = Mt_{\text{я}} + Mt_{\text{ВГВ}} + Mt_{\text{ПГВ}}, \tag{4.7}$$

де $Mt_{\text{я}}$ – локомотиво-години роботи маневрового локомотива з вагонами ядра двогрупного поїзда;

$Mt_{\text{ВГВ}}$ – локомотиво-години роботи маневрового локомотива з ВГВ двогрупного поїзда;

$Mt_{\text{ПГВ}}$ – локомотиво-години роботи маневрового локомотива з ПГВ двогрупного поїзда.

Локомотиво-години роботи маневрового локомотива з вагонами кожної групи двогрупного поїзда залежать від кількості вагонів та окремих техніко-технологічних параметрів станції, тобто

$$Mt_{\text{я}} = f(m_{\text{я}},\ \text{Т}^{\text{я}}_{\text{тех}}),\ Mt_{\text{ВГВ}} = f(m_{\text{ВГВ}}, \text{Т}^{\text{ВГВ}}_{\text{тех}}),\ Mt_{\text{ПГВ}} = f(m_{\text{ПГВ}}, \text{Т}^{\text{ПГВ}}_{\text{тех}}). \tag{4.8}$$

Тривалість простою поїзного локомотива з двогрупним поїздом залежить від технології обміну груп вагонів, необхідності зміни локомотива та тривалості знаходження двогрупного поїзда на станції, тобто

$$Mt_{\text{пл}} = f(T_{\text{тех}}). \tag{4.9}$$

Затрати вагоно-годин простою вагонів, локомотиво-годин маневрової роботи та тривалість простою поїзного локомотива для кожного з варіантів технології обміну груп вагонів потребує визначення норм часу на виконання кожної операції.

4.2 Удосконалення функціональної моделі роботи технічної станції

Виконання досліджень по ефективності застосування оперативного формування двогрупних поїздів на реальних об’єктах залізничного транспорту неможливе, так як це порушить їх нормальне функціонування. Тому для виконання необхідних досліджень було використано імітаційну модель роботи залізничного напрямку, принцип функціонування якої детально описано в роботі [44], а її структура наведена на рисунку А.2 додатку А. Для можливості дослідження та визначення раціональної технології обміну груп вагонів необхідно удосконалити модель роботи технічної станції.

Враховуючи складну ієрархічну структуру залізничних станцій, при розробці їх функціональних моделей виділяють наступні рівні деталізації. На метарівні станція розглядається як система масового обслуговування (СМО), що виконує обслуговування вхідного потоку заявок. На макрорівні виконується моделювання технологічного процесу (ТП) обслуговування потоку заявок. На мікрорівні виконується моделювання обслуговування окремих заявок [45].

На мікрорівні об’єктом дослідження є процес накопичення вагонів та формування поїздопотоків на технічних станціях напрямку. Модель технології формування поїздів дозволяє використовувати різні варіанти організації вагонопотоків у поїзди. На макрорівні об’єктом дослідження виступає процес просування поїздопотоків по залізничному напрямку, що являє собою СМО, окремими фазами якої є станції та дільниці.

До складу удосконаленої функціональної моделі станції (ФМС) входить генератор вхідного потоку заявок (ГВП), який моделює надходження заявок на технічні станції напрямку (моменти надходження та параметри заявок), модель технологічного процесу обслуговування об’єктів (МТП) та модель оперативного керування технологічним процесом станції (МОКТП).

Синхронізація моделей виконується в дискретні моменті системного часу T_c. Структура удосконаленої ФМС та схема взаємодії її моделей наведена на рисунку 4.4.

В МТП технічна станція розглядається як багатофазна, багатоканальна, керована СМО. В наведеній СМО вхідний потік створюють об'єкти, що вимагають обслуговування на станції.

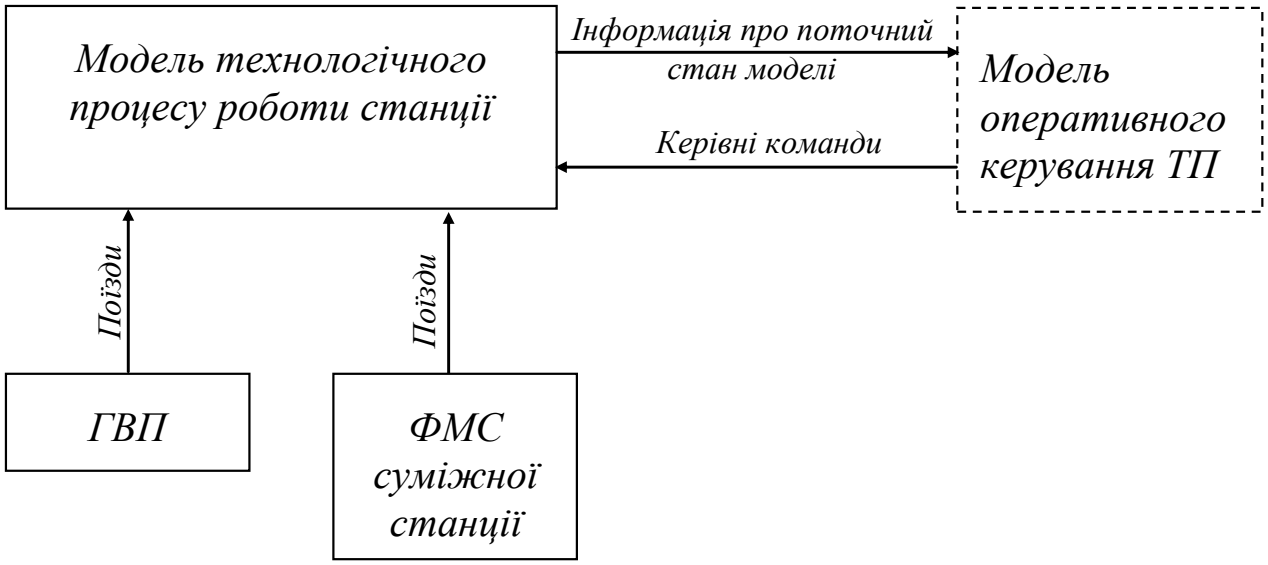


Рисунок 4.4 – Структура удосконаленої функціональної моделі технічної станції

Фазами обслуговування є окремі технологічні операції, які виконуються в певній послідовності відповідно до ТП. Тривалості цих операцій моделюються як випадкові величини, параметри яких залежать від характеристик об'єкту. Обслуговуючими пристроями є виконавці технологічних операцій.

Окрема технічна станція залізничного напрямку представляється в моделі за допомогою структури

$$S_i = \{I_s, \mathbf{T}_{\text{тех}}, \mathbf{T}_{\text{техн}}\},\ i=1, 2,\ldots..,\ n, \qquad (4.10)$$

де I_s – ідентифікатор (назва) станції;

$\mathbf{T}_{\text{тех}}$ – множина параметрів, які характеризують технологію роботи станції з різними категоріями поїздів;

$\mathbf{T}_{\text{техн}}$ – множина параметрів, які характеризують технічне оснащення станції.

4.2.1 Вхідний потік заявок.

ТП обробки об’єктів O_k на станції являє собою комплекс технологічних операцій q_i, кожна з яких повинна бути виконана у певному порядку перед тим, як об’єкт залишить систему. В якості об’єктів, що обробляються в ФМС розгля-

даються поїзди, локомотиви, маневрові состави та состави, що накопичуються на сортувальних коліях. Кожен об'єкт представляється в моделі за допомогою структури

$$O_k=\{ I_s, T_{\text{пр}}, \mathbf{P}, \mathbf{B}\}, k=1, 2,\ldots., n_{\text{о}} \quad (4.11)$$

де I_S – ідентифікатор станції надходження поїзда;

$T_{\text{пр}}$ – момент прибуття поїзда на станцію;

P – вектор параметрів поїзда (категорія, кількість вагонів і т.д.);

B – список параметрів процесу обслуговування поїзда на станції;

$n_{\text{О}}$ – загальна кількість об'єктів.

Одночасно з моментом появи поїзда $T_{\text{вх}j}$ моделюються його параметри **P**

$$\mathbf{P}=\{I_{\text{о}}, T_{\text{пр}}, a_{\text{о}}, m, L, m_{\text{ВГВ}}, m_{\text{я}}\}, \quad (4.12)$$

де $I_{\text{о}}$ – ідентифікатор об'єкту;

$a_{\text{о}}$ – тип об'єкта (категорія поїзда);

L – порядок обслуговування поїзда локомотивами (наявність зміни локомотива);

$m_{\text{ВГВ}}$ – кількість вагонів у відчіпній групі (для двогрупних поїздів);

$m_{\text{я}}$ – кількість вагонів у ядрі поїзда (для двогрупних поїздів).

З кожним об'єктом на станції виконуються певні операції, що передбачені технологічним процесом (закріплення, технічний та комерційний огляд составів, випробування автогальм, відчеплення поїзного локомотива та ін.). Для цього, при моделюванні кожного об'єкту, визначається список параметрів процесу обслуговування даного об'єкта на станції **B**

$$\mathbf{B} = \{s_{\text{о}}, \mathbf{U}_{\text{вик}}, \mathbf{Q}, \mathbf{O}_{\text{оп}}\}, \quad (4.13)$$

де $s_{\text{о}}$ – поточний стан об’єкту, який визначає фазу технологічного процесу його обслуговування;

$\mathbf{U}_{\text{вик}}$ – список виконавців, які після закінчення виконання деяких операцій з об’єктом очікують початку виконання інших операцій з цим же об’єктом;

Q – список технологічних операцій, що виконуються з об’єктом в поточний момент часу;

$\mathbf{O}_{\text{оп}}$ – множина підпорядкованих об’єктів.

В моделі ТП передбачена можливість моделювання складних об’єктів, які можуть складатися з декількох частин, кожна з яких має свою власну технологію обслуговування (наприклад поїзд, що складається з локомотива та состава). У цьому випадку підпорядковані об’єкти заносяться у список $\mathbf{O}_{\text{оп}}$ складного об’єкта.

4.2.2 Формалізація технологічного процесу обслуговування об’єктів.

Фазами обслуговування є окремі операції, які виконуються у відповідності до ТП у встановленій послідовності. Обслуговуючими каналами СМО є виконавці різної спеціалізації (працівники та пристрої, що приймають участь у роботі станції – сигналіст, бригади ПТО та ПКО, маневрові локомотиви та ін.).

В функціональній моделі станції кожна технологічна операція представляється структурою

$$q_i = \{I_w, N_{\text{о}}, \mathbf{U}_q, \mathbf{F}_q, t_q, z_q, s_q\},\ i = 1, 2 \ldots, n_q \qquad (4.14)$$

де I_w – ідентифікатор шаблону технологічної операції;

$N_{\text{о}}$ – об’єкт з яким виконується операція;

$\mathbf{U}_q$ – список виконавців операції;

$\mathbf{F}_q$ – список умов закінчення технологічної операції;

t_q – тривалість виконання технологічної операції;

z_q – момент закінчення виконання технологічної операції;

s_q – стан виконання технологічної операції;

n_q – загальна кількість операцій, які виконуються з об'єктом.

Параметр s являє собою змінну, що характеризує поточний стан операції q_l для об'єкта O_j. При цьому s=0, якщо операція q_l може бути почата з об'єктом O_j і очікує звільнення виконавця відповідної спеціалізації і s=1, якщо операція q_l виконується, s=2, якщо виконана умова тривалості та операція знаходиться в стані виконання умов її закінчення.

В процесі моделювання роботи станції список **Q** змінюється по закінченню виконання якої-небудь операції з об'єктом. Список виконавців $\mathbf{U}_q$ коригується по мірі їх заняття та звільнення при виконанні операцій з даним об'єктом.

Тривалість виконання кожної операції розглядається як випадкова величина з заданим законом розподілу. Параметри, необхідні для моделювання випадкової величини t при кожній реалізації обробки состава, встановлюються в результаті статистичної обробки даних натурних досліджень.

Кожний виконавець, який працює на станції в МТП представляється структурою

$$E_k = \{I_e, \boldsymbol{N}_e, \gamma, g_e\}, k = 1, 2,..., n_e, \qquad (4.15)$$

де I_e – ідентифікатор виконавця;

$\boldsymbol{N}_e$ – назва виконавця;

g_e – покажчик активності виконавця;

n_e – загальна кількість виконавців, які приймають участь в ТП станції.

Виконавець E_k вважається зайнятим, якщо в поточний момент часу він виконує деяку технологічну операцію (знаходиться у списку $\mathbf{U}_q$) або знаходяться в очікуванні виконання наступних операцій з цим же об'єктом (список **U**). Для врахування вільних виконавців в МТП введено динамічний список $\mathbf{U}_r$ = $\{I_{e1}, I_{e1},..., I_{em}\}$, (тут m – загальна кількість вільних виконавців), який містить в якості елементів ідентифікатори виконавців, що не зайняті виконанням якої-

небудь операції в поточний момент системного часу T_c. Список $\mathbf{U}_r$ змінюється в процесі моделювання роботи станції при зайнятті чи звільненні виконавців. На початку моделювання всі виконавці вважаються вільними ($m=n_e$).

Момент виходу поїзда зі станції $T_{вих(i-1)}$ визначається за результатами обслуговування заявки в ФМС станції i-1. Величина t_{xj} встановлюється відповідно до графіку руху поїздів між даними станціями.

4.2.3 Порядок та моделювання процесу обслуговування заявок в системі.

Для моделювання технологічного процесу обслуговування об'єктів кожної окремої категорії (пасажирські поїзди, вантажні поїзди у розформування і т.д.) в моделі використовується скінчений автомат (СА), який забезпечує виконання з кожним об’єктом всього комплексу технологічних операцій у відповідності з їх взаємною обумовленістю [45]

$$A = \{X, Z, S, F_z, F_s\}, \tag{4.16}$$

де X, Z – відповідно, вхідний та вихідний алфавіт;

S – множина станів автомата;

F_z, F_s – функції виходів і переходів.

Елементами вхідного та вихідного алфавітів кожного СА є зовнішні (від МОКТП та моделі керування залізничним напрямком) та внутрішні (від структурних підсистем МТП) команди.

Вхідний алфавіт X автомата включає три підмножини вхідних сигналів: $X=\{X_1, X_2, X_3\}$; тут X_1, – зовнішні команди, які надходять від моделі системи управління для ініціалізації певних технологічних операцій з об’єктом; X_2 – внутрішні сигнали, що надходять від об’єкта після закінчення кожної технологічної операції; X_3 – внутрішні сигнали, що надходять від об’єкта при виникненні експлуатаційних подій.

Кожному символу z_l вихідного алфавіту Z ставиться у відповідності функція Ψ_l, яка повинна бути виконана ФМС в момент надходження в СА вхідно-

го сигналу x_l. Функції Ψ_l включає набори команд двох типів $\Psi_l=\{K_{l1}, K_{l2}\}$; тут K_{l1} – список команд ініціалізації окремих технологічних операцій з об'єктом; K_{l2} – список команд і повідомлень, які повинні бути передані структурним моделям ФМС.

Кожний стан автомата $s_o \in S$ відповідає певному стану ТП обслуговування об'єкта, який характеризується ступенем завершеності усіх технологічних операцій. Обслуговування окремого об'єкта на станції моделюється послідовністю переходів СА з одного стану в інший, по мірі виконання передбачених технологічним процесом операцій. На початку моделювання обслуговування об'єкта відповідний СА знаходиться в початковому стані s_0 (автомат являється ініціальним). Після виконання всіх операцій, що передбачені ТП, автомат переходить в кінцевий стан $s_к$, після чого відповідний об'єкт виключається із системи обслуговування.

Функції виходів F_z і переходів F_s автомата A виконують перетворення вхідної послідовності сигналів $\mathbf{x}_j=\{x_1, x_2,\ldots x_к\}$ у відповідну вихідну послідовність $\mathbf{z}_j=\{z_1, z_2,\ldots z_к\}$. Для формалізації різних варіантів технології обслуговування деякого об'єкта використовуються різні вхідні послідовності $\mathbf{x}_j$, $j = 1\ldots r$, кожна із яких переводить СА із стану s_0 в стан $s_к$. Порядок переходу автомата з одного стану в інший описано в [45].

Для моделювання процесів обслуговування заявок різного типу v було використано відповідні автомати A_v [45]. При цьому за допомогою одного автомата A_v виконується моделювання обслуговування всіх заявок v-го типу, які знаходяться в ФМС в поточний момент часу. Поточний стан автомата s для j-го об'єкта зберігається в моделі об'єкта O_k.

В якості основного порядку обслуговування об'єктів прийнято порядок FIFO (першим надійшов – першим обслуговується).

Для розрахунку показників роботи станції в моделі технологічного процесу передбачено ведення списку елементів **F** [45]. Кожен елемент цього списку $f\in\mathbf{F}$ описується структурою

$$f_i = \{I_o, r_f, t_f, h_f\}, \quad (4.17)$$

де r_f – тип показника;

t_f – час запису елемента f в список **F**;

h_f – числовий параметр.

4.2.4 Модель оперативного керування технологічним процесом.

Рішення про застосування адаптивної технології обробки двогрупних поїздів приймає маневровий або станційний диспетчер технічної станції. До складу його задач входить забезпечення найбільш раціональної технології обробки двогрупного поїзда на своїй станції з урахуванням оперативної ситуації та конструктивних особливостей станції. Для вирішення цієї задачі маневровий диспетчер завчасно, враховуючи інформацію щодо двогрупного поїзда, аналізує можливі варіанти його обробки та обирає найбільш раціональний.

Інформація, яка необхідна для аналізу варіантів обробки двогрупного поїзда, може бути поділена на зовнішню та внутрішню. До зовнішньої інформації відносяться відомості щодо моменту надходження поїзда на станцію та його складу, яка може бути отримана від поїзного диспетчера або з НАСК ВП УЗ. Внутрішня інформація формується безпосередньо на самій станції. Для забезпечення найбільш якісного планування роботи сортувальної станції необхідна наявність наступної оперативної інформації:

- моменти прибуття поїздів, що надходять із попередньої станції;
- кількість вагонів в кожній з груп двогрупного поїзда та їх розташування у складі поїзда;
- наявність вільних колій в парках станції;
- характеристики відповідної ПГВ (кількість вагонів, місце розташування).

Наявність перерахованої інформації надасть можливість завчасно підготуватися до обробки двогрупного поїзда з урахуванням найбільш раціонального використання резервів станції, необхідних для його обробки.

Для можливості застосування адаптивної технології обслуговування двогрупних поїздів в ФМС було введено модель оперативного керування технологічним процесом. Функціонування МОКТП описується процедурою, яка наведена на рисунку 4.5.

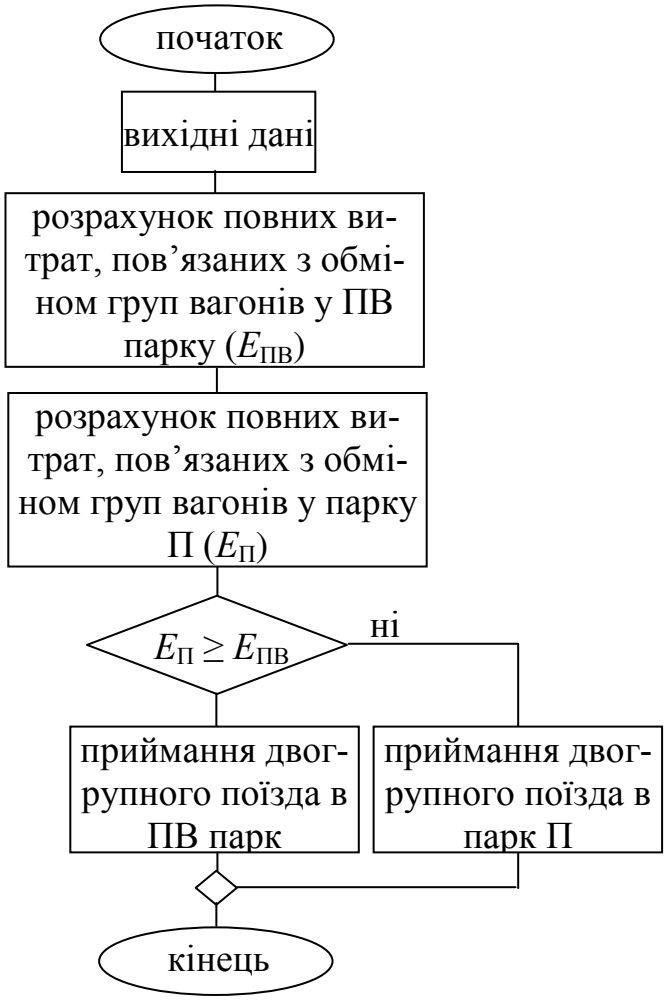


Рисунок 4.5 – Процедура визначення раціональної технології обміну груп вагонів

Ініціалізація розробленої процедури відбувається за умови, що в кожному з парків є вільні колії та відповідні виконавці технологічних операцій. Якщо ж в якомусь з парків станції (приймально-відправному або парку прийому) немає вільних колій для прийому двогрупного поїзда, то дана процедура не ініціюється. При цьому двогрупний поїзд приймається у парк з вільними коліями, де з ним виконуються відповідні технологічні операції.

Вихідні дані для даної процедури поділяються на декілька частин:

– параметри прибувшого на станцію поїзда (описуються структурою (4.11));

– параметри технічної станції (описуються структурою (4.10));
– оперативний стан станції (вільність колій, виконавців, кількість вагонів попутного призначення на коліях сортувального парку і т.д).

Множина параметрів $\mathbf{T}_{\mathbf{тех}}$, що входить до складу структури (4.10) та характеризує технологію роботи технічної станції з різними категоріями поїздів містить, серед інших, варіанти технології обміну груп вагонів для двогрупного поїзда. Кожен з варіантів технології описується структурою

$$T^{\text{дв}}_{\text{тех}\,i} = \{\mathbf{T}^{\mathbf{я}}_{\mathbf{тех}},\ \mathbf{T}^{\mathbf{ВГВ}}_{\mathbf{тех}},\ \mathbf{T}^{\mathbf{ПГВ}}_{\mathbf{тех}}\}, \tag{4.18}$$

де $\mathbf{T}^{\ddot{\mathbf{y}}}_{\grave{\mathbf{o}}\mathring{\mathbf{a}}\tilde{\mathbf{o}}}$ – множина параметрів, які описують технологію роботи з вагонами ядра двогрупного поїзда;

$\mathbf{T}^{\hat{\mathbf{A}}\tilde{\mathbf{A}}\hat{\mathbf{A}}}_{\grave{\mathbf{o}}\mathring{\mathbf{a}}\tilde{\mathbf{o}}}$ – множина параметрів, які описують технологію роботи з вагонами відчіпної групи двогрупного поїзда;

$\mathbf{T}^{\ddot{\mathbf{I}}\ \tilde{\mathbf{A}}\hat{\mathbf{A}}}_{\grave{\mathbf{o}}\mathring{\mathbf{a}}\tilde{\mathbf{o}}}$ – множина параметрів, які описують технологію роботи з вагонами причіпної групи двогрупного поїзда;

i – варіант технології обслуговування двогрупного поїзда (i=1 – з використанням приймально-відправного парку, i=2 – з використанням парку прийому).

Оперативний стан станції, тобто вільність необхідних виконавців (список $\mathbf{U}_q$), міститься в списку $\mathbf{U}_{\mathbf{вик}}$.

Дана процедура застосовується на попутній технічній станції для оперативного визначення раціональної технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді.

5 НОРМУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ОПЕРАЦІЙ З ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ У ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДАХ

Для визначення норм часу необхідних для виконання операцій пов'язаних з обміном груп вагонів на технічних станціях необхідно задатися рядом вихідних даних. Приймаємо кількість вагонів у складі двогрупного поїзда m=60 *ваг* (згідно додатку А), при цьому, для прикладу, приймаємо $m_{я}$=30 *ваг*, $m_{ВГВ}$=30 *ваг*; середньодобова потужність вагонопотоку призначення С (з якого виконується поповнення двогрупного поїзда) N= 150 *ваг/добу*; кількість вагонів у поїзді свого формування m=60 *ваг*; кількість вагонів на колії призначення С попутної технічної станції В становить $R_{ВС}$=25 *ваг*.

5.1 Визначення норм часу на виконання операцій, що пов'язані з обробкою двогрупного поїзда за варіантом 1 технології обміну груп вагонів

Усі операції, які виконуються на станції обміну груп вагонів і пов'язані з технологією обробки двогрупного поїзда можна умовно розділити на два типи:

- операції пов'язані з роботою маневрового локомотива;
- операції, що не пов'язані з роботою маневрового локомотива.

Для подальших досліджень нормування тривалості виконання даних операцій будемо виконувати для схеми станції 2-го типу (тривалість виконання операцій залежить від техніко-технологічних особливостей станції). Тривалість операцій, які не пов'язані з виконанням маневрових операцій, можуть бути визначені відповідно до [46]. Тривалість операцій, які пов'язані з виконанням маневрових операцій, визначається відповідно до [47], де викладено також і методику їх застосування.

5.1.1 Розрахунок тривалості технологічних операцій, які не пов'язані з роботою маневрового локомотива

До операцій даного виду умовно можна віднести закріплення составу, відчеплення поїзного локомотива, закінчення формування состава, випробування гальм і відправлення состава.

Тривалість зняття і укладання гальмівних башмаків (закріплення составу) визначається за формулою

$$t_{\text{закр}} = (0{,}12 + 0{,}01 l_{\text{прох}}) n_{\text{б}}, \tag{5.1}$$

де $l_{\text{прох}}$ - відстань для проходу працівника, що закріплює состав, приймаємо $l_{\text{прох}}$=25 *м*;

$n_{\text{б}}$ - кількість башмаків, які вкладаються під состав, приймається згідно з [40], $n_{\text{б}}$=6 *башмаків*.

Отже, тривалість зняття і укладання гальмівних башмаків становить

$$t_{\text{закр}} = (0{,}12 + 0{,}01 \cdot 25) \cdot 6 = 2{,}22 \text{ } хв.$$

Відчеплення поїзного локомотива, з подальшим його слідуванням в локомотивне господарство, виконується після закріплення составу і тривалість даної операції приймаємо рівною 2 *хв*.

Тривалість закінчення формування одногрупного состава у разі накопичення вагонів на одній колії визначається за формулою

$$t_{\text{зф}} = t_{\text{пте}} + t_{\text{підт}}, \tag{5.2}$$

де $t_{\text{пте}}$ - технологічний час на виконання операцій, пов'язаних з розставленням вагонів відповідно до вимог [48]

$$t_{\text{пте}} = B + Em, \tag{5.3}$$

де B, E - нормативні коефіцієнти, значення яких залежать від кількості операцій ρ_0 (середнього числа розчеплень вагонів, що підлягають формуванню, у місцях розбіжності поздовжніх осей автозчепу і постановки вагонів прикриття). Значення ρ_0 приймаємо 0,75. Значення коефіцієнтів B і E при-

ведені в таблиці 5.1 [46];

m – середня кількість вагонів, які включаються у состав, що формується, відповідно до встановленої маси або довжини состава;

$t_{\text{підт}}$ - технологічний час на підтягування вагонів з боку витяжних колій для ліквідації вікон на коліях сортувального парку

$$t_{\text{підт}} = 0,08m. \tag{5.4}$$

Коефіцієнт 0,08 виражає витрати локомотиво - хвилин на підтягування одного вагона, що включається в сформований состав.

Визначимо тривалість закінчення формування:

$$t_{\text{підт}} = 0,08 \cdot 60 = 4,8 \ хв;$$

$$t_{\text{пте}} = 2,40 + 0,15 \cdot 60 = 11,4 \ хв.(\rho_0=0,75,\ B=2,40,\ E=0,15);$$

$$t_{\text{зф}} = 11,4 + 4,8 = 16,2 \ хв.$$

Тривалість випробування гальм ($t_{\text{вг}}$) приймаємо згідно з [40] і вона становить 10 *хв*.

Тривалість відправлення состава з колії парку ($t_{\text{відпр}}$) складається з тривалості приготування маршруту, отримання машиністом дозволу на відправлення і прослідування составом парку. Для даних розрахунків приймаємо $t_{\text{відпр}}=8$ *хв*.

Технічний огляд вагонів по прибуттю ($t_{\text{то}}^{\text{пр}}$) визначається за формулою

$$t_{\text{то}}^{\text{пр}} = \frac{0,016m}{K_{гр}} \cdot 60, \tag{5.5}$$

де $K_{гр}$ - кількість груп працівників в бригаді пункту технічного огляду (ПТО). Для розрахунків приймаємо $K_{гр}=3$.

Тривалість технічного огляду вагонів по прибуттю становить:

$$t_{\text{то}}^{\text{пр}} = \frac{0,016 \cdot 60}{3} \cdot 60 = 19,2 \, хв.$$

Технічний огляд вагонів при відправленні ($t_{\text{то}}^{\text{в}}$) визначається за формулою

$$t_{\text{то}}^{\text{в}} = \left(1 - \alpha_{\text{р}}\right) \frac{0,016m}{K_{гр}} + \alpha_{\text{р}} \cdot \left(t_{\text{рем}} + \frac{0,016m}{2K_{гр}} \right), \qquad (5.6)$$

де $\alpha_{\text{р}}$ - доля вагонів, що потребують ремонту. Приймаю $\alpha_{\text{р}}$=0,2;

$t_{\text{рем}}$ - середній час безвідчіпного ремонту одного вагона, $t_{\text{рем}}$=15 *хв*.

Отже тривалість технічного огляду вагонів при відправленні становить:

$$t_{\text{то}}^{\text{в}} = \left(1 - 0,2\right) \frac{0,016 \cdot 60}{3} \cdot 60 + 0,2 \cdot \left(15 + \frac{0,016 \cdot 60}{2 \cdot 3} \cdot 60 \right) = 20,28 \, хв.$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Норми часу на виконання технологічних операцій, які не пов'язані з роботою маневрового локомотива за варіантом 1 технології обміну груп вагонів

Назва операції	Вихідні дані	Тривалість, *хв*
Закріплення состава ($t_{\text{закр}}$)	$l_{\text{прох}}$=25 м, $n_{\text{б}}$=6	2,22
Відчеплення поїзного локомотива ($t_{\text{відч}}^{\text{л}}$)		2
Технічний огляд вагонів ($t_{\text{то}}$)	по прибуттю состава: $K_{гр}$=3	19,2
	при відправленні: $K_{гр}$=3, $t_{\text{рем}}$=15 *хв*, $\alpha_{\text{р}}$=0,2	20,28
Закінчення формування состава ($t_{\text{зф}}^{\text{од}}$)	*B*=2,4, *E*=0,15, при ρ_0=0,75	16,2
Випробування гальм ($t_{\text{вг}}$)		10
Відправлення состава ($t_{\text{відпр}}$)		8

5.1.2 Розрахунок тривалості технологічних операцій, які пов'язані з роботою маневрового локомотива

До операцій даного виду умовно можна віднести заїзд маневрового локомотива під состав, витягування состава на витяжку, насув на гірку, розформування состава, осаджування вагонів у сортувальному парку, перестановка в парк відправлення, повернення маневрового локомотива.

Тривалість окремого напіврейсу, виконаного під час переставлення вагонів і составів визначається за формулою

$$t_{\text{п/р}} = \left(\alpha_{\text{рт}} + \beta_{\text{рт}} \cdot m\right) \cdot \frac{V}{2 \cdot 60} + 3{,}6 \cdot \frac{l_{\text{п/р}}}{V \cdot 60}, \qquad (5.7)$$

де $\alpha_{\text{рт}}$ - коефіцієнт, що враховує час, необхідний для зміни швидкості руху локомотива на 1 *км/год* під час розгону, і час, необхідний для зміни швидкості руху локомотива на 1 *км/год* під час гальмування, $\alpha_{\text{рт}}$=2,44 *сек/км/год*;

$\beta_{\text{рт}}$ - коефіцієнт, що враховує додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона в маневровому составі на 1 *км/год* під час розгону і додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона в маневровому составі на 1 *км/год* під час гальмування, $\beta_{\text{рт}}$=0,1 *сек/км/год*;

V - допустима швидкість руху під час маневрів; приймаю V=15 *км/год*.

$l_{\text{п/р}}$ - довжина напіврейсу, *м*.

Заїзд маневрового локомотива від вершини гірки на витяжну колію, при $l_{\text{п/р}}$=350 *м*, становить:

$$t'_{\text{п/р}} = 2{,}44 \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3{,}6 \cdot \frac{350}{15 \cdot 60} = 1{,}71 \text{ } хв.$$

Заїзд маневрового локомотива з маневрового тупика під состав, при $l_{\text{п/р}}$=650 *м*, становить:

$$t''_{\text{п/р}} = 2{,}44 \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3{,}6 \cdot \frac{650}{15 \cdot 60} = 2{,}91 \text{ } хв.$$

Отже, тривалість заїзду маневрового локомотива під состав складає:

$$t_з = t'_{п/р} + t''_{п/р} = 1,71 + 2,91 = 4,62 \ хв.$$

Витягування составу на витяжну колію, при $l_{п/р}$=1490 *м*, становить:

$$t_{вит} = \left(2,44 + 0,1 \cdot 60\right) \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{1490}{15 \cdot 60} = 7,02 \ хв.$$

Тривалість насуву состава на сортувальну гірку з парку прибуття визначається за формулою

$$t_{нас} = 0,06 \cdot \frac{l_{нас}}{V_{нас}}, \tag{5.8}$$

де $l_{нас}$ – відстань від вершини гірки до середньої точки положення граничних стовпчиків парку прийому або до стрілки гіркової витяжної колії, *м*;

$V_{нас}$ - середня швидкість насування состава на сортувальну гірку, приймаю $V_{нас}$=5 *км/год*.

Тривалість насуву на гірку (при $l_{нас}$=350 *м*) становить:

$$t_{нас} = 0,06 \cdot \frac{350}{5} = 4,2 \ хв.$$

Тривалість розпуску состава з сортувальної гірки визначається

$$T_{роз} = t_{роз} + t'_{роз}, \tag{5.9}$$

де $t_{роз}$ - час на розпуск состава з гірки, без урахування додаткового часу на маневри з вагонами, які заборонені до спуску з гірки без локомотива (ЗСГ);

$t'_{роз}$ - збільшення часу розпуску на маневри з вагонами ЗСГ.

Час розпуску составів з гірки , без урахування додаткового часу на вагони ЗСГ, визначається за формулою

$$t_{роз} = \frac{0,06 \cdot l_в \cdot m}{V_{роз}} \left(1 - \frac{1}{2 \cdot g_0}\right), \tag{5.10}$$

де $l_в$ – розрахункова довжина вагона, приймаю $l_в$=14 *м*;

g_0 - число відчепів, приймаю g_0=7 *відчепів*;

$V_{роз}$ - середня розрахункова швидкість розпуску состава, приймаю $V_{роз}$=7,5 *км/год*.

Збільшення середнього часу розпуску за рахунок додаткових маневрів з вагонами ЗСГ, що приходиться на один состав, який розпускається, за формулою

$$t'_{роз} = b_{зсг} \cdot t_{р\ зсг}, \tag{5.11}$$

де $b_{зсг}$ - доля составів з вагонами ЗСГ від загальної кількості составів, що розформовуються, приймаю $b_{зсг}$=0,3;

$t_{р\ зсг}$ – час на маневри з вагонами ЗСГ, що приходиться на один состав, приймаю $t_{р\ зсг}$=4 *хв*.

Визначимо тривалість розформування составу:

$$t_{роз} = \frac{0,06 \cdot 14 \cdot 60}{7,5}\left(1 - \frac{1}{2 \cdot 7}\right) = 6,24 \ хв;$$

$$t'_{роз} = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \ хв;$$

$$T_{роз} = 6,24 + 1,2 = 7,44 \ хв.$$

Технологічний час на осаджування вагонів зі сторони гірки для ліквідування "вікон" на коліях сортувального парку визначається

$$t_{ос} = 0,06 \cdot m. \tag{5.12}$$

Тривалість осаджування вагонів в сортувальному парку становить:

$$t_{ос} = 0,06 \cdot 60 = 3,6 \ хв.$$

Тривалість перестановки ПГВ в приймально-відправний парк визначається за формулою (5.7), та при $l'_{п/р}$=1385 *м* і $l''_{п/р}$=1550 *м* становить:

$$t'_{\text{пер}} = \left(2,44 + 0,1 \cdot 60\right) \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{1385}{15 \cdot 60} = 6,6 \ хв;$$

$$t''_{\text{пер}} = \left(2,44 + 0,1 \cdot 60\right) \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{1550}{15 \cdot 60} = 7,26 \ хв;$$

$$t_{\text{пер}} = t'_{\text{пер}} + t''_{\text{пер}} = 6,6 + 7,26 = 13,86 \ хв.$$

Тривалість повернення маневрового локомотива з приймально-відправного парку визначається за формулою (5.7), та при $l'_{\text{п/р}}$=350 *м* і $l''_{\text{п/р}}$=520 *м* становить:

$$t'_{\text{п/р}} = 2,44 \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{350}{15 \cdot 60} = 1,7 \ хв;$$

$$t''_{\text{п/р}} = 2,44 \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{520}{15 \cdot 60} = 2,38 \ хв;$$

$$t_{\text{пов}} = t'_{\text{п/р}} + t''_{\text{п/р}} = 1,7 + 2,38 = 4,08 \ хв.$$

Приведені розрахунки зводимо у таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Норми часу на виконання технологічних операцій, які пов'язані з роботою маневрового локомотива за варіантом 1 технології обміну груп вагонів

Назва операції	Вихідні дані	Тривалість, *хв*
Заїзд маневрового локомотива під состав ($t_{\text{з}}$)	*V*=15 *км/год*, $t'_{\text{п/р}}$=1,71 *хв* при $l_{\text{п/р}}$=350 *м*, $t''_{\text{п/р}}$=2,91 *хв* при $l_{\text{п/р}}$=650 *м*	4,62
Витягування состава на витяжну колію ($t_{\text{вит}}$)	*V*=15 *км/год*, $l_{\text{п/р}}$ = 1490 *м*	7,02
Насув на гірку ($t_{\text{нас}}$)	*V*=5 *км/год*, $l_{\text{нас}}$=350 *м*	4,2
Розформування состава ($T_{\text{роз}}$)	$t_{\text{роз}}$=6,24 *хв* при *V*=7,55 *км/год*, $l_{\text{в}}$=14 *м*; $t'_{\text{роз}}$=1,2 *хв* при $b_{\text{зсг}}$ = 0,3, $t_{\text{р зсг}}$=4 *хв*	7,44
Осаджування вагонів у сортувальному парку ($t_{\text{ос}}$)		3,6
Перестановка в парк відправлення ($t_{\text{пер}}$)	*V*=15 *км/год*, $t'_{\text{пер}}$=6,6 *хв* при $l'_{\text{п/р}}$=1385 *м*, $t''_{\text{пер}}$=7,26 *хв* при $l''_{\text{п/р}}$=1550 *м*	13,86
Повернення маневрового локомотива ($t_{\text{пов}}$)	*V*=15 *км/год*, $t'_{\text{п/р}}$=1,7 *хв* при $l_{\text{п/р}}$=350 *м*; $t''_{\text{п/р}}$=2,38 *хв* при $l_{\text{п/р}}$=520 *м*	4,08

5.2 Визначення норм часу на виконання операцій, пов'язаних з обробкою двогрупного поїзда за варіантом 2 технології обміну груп вагонів

5.2.1 Розрахунок тривалості технологічних операцій, які не пов'язані з роботою маневрового локомотива

Відповідно до рис. 2.4 необхідно визначити тривалість виконання операцій по обслуговуванню ВГВ. Розрахунки тривалості даних технологічних операцій виконується за формулами (5.1) - (5.6). Тривалість виконання даних операцій залежить від кількості вагонів у ВГВ.

Тривалість закріплення ВГВ становить:

$$t_{\text{закр}}^{\text{ВГВ}} = (0{,}12 + 0{,}01 \cdot 25) \cdot 6 = 2{,}22 \ \textit{хв}.$$

Тривалість розчеплення груп вагонів ($t_{\text{розч}}$) приймаємо рівною 2 *хв*.

Визначимо тривалість закінчення формування:

$$t_{\text{підт}} = 0{,}08 \cdot 30 = 2{,}4 \ \textit{хв;}$$

$$t_{\text{пте}} = 1{,}44 + 0{,}09 \cdot 30 = 4{,}14 \ \textit{хв.}$$ (при ρ_0=0,45, B=1,44 і E=0,09);

$$t_{\text{зф}} = 4{,}14 + 2{,}4 = 6{,}54 \ \textit{хв.}$$

Тривалість виконання технічного обслуговування ВГВ становить:

$$t_{\text{то}}^{\text{ВГВ}} = \frac{0{,}016 \cdot 30}{3} \cdot 60 = 9{,}6 \, \textit{хв.}$$

Тривалість виконання технічного обслуговування одногрупного состава в парку відправлення становить:

$$t_{\text{то}}^{\text{в}} = (1 - 0{,}2) \frac{0{,}016 \cdot 60}{3} \cdot 60 + 0{,}2 \cdot \left(15 + \frac{0{,}016 \cdot 60}{2 \cdot 3} \cdot 60 \right) = 20{,}28 \ \textit{хв.}$$

Приведені розрахунки зводимо у таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Норми часу на виконання технологічних операцій, які не пов'язані з роботою маневрового локомотива за варіантом 2 технології обміну груп вагонів

Назва операції	Вихідні дані	Тривалість, *хв*
Закріплення ВГВ ($t_{\text{закр}}^{\text{ВГВ}}$)	$l_{\text{прох}}$=25 *м*, $n_{\text{б}}$=8	2,22
Розчеплення груп вагонів ($t_{\text{розч}}$)		2
Технічний огляд вагонів ($t_{\text{то}}$)	ВГВ: $K_{гр}$=3, $m_{\text{ВГВ}}$=30 *ваг*	9,6
	при відправленні: $K_{гр}$=3, $t_{\text{рем}}$=15 *хв*, $\alpha_{\text{р}}$=0,2	20,28
Закінчення формування состава ($t_{\text{зф}}^{\text{од}}$)	B=1,44, E=0,09, при ρ_0=0,45	6,54
Зняття закріплення з ВГВ ($t_{\text{закр}}^{\text{ВГВ}}$)	$l_{\text{прох}}$=25 *м*, $n_{\text{б}}$=8	2,22
Випробування гальм ($t_{\text{вг}}$)		10
Відправлення состава ($t_{\text{відпр}}$)		8

5.2.2 Розрахунок тривалості технологічних операцій, які пов'язані з роботою маневрового локомотива

Визначимо тривалість операцій, пов'язаних з виконанням маневрових напіврейсів за формулою (5.7).

Тривалість заїзду маневрового локомотива від вершини гірки на витяжну колію ($l_{\text{п/р}}$=700 *м*) становить:

$$t_{\text{з}}^{'} = 2,44 \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{700}{15 \cdot 60} = 3,11 \text{ хв.}$$

Тривалість заїзду маневрового локомотива з витяжної колії в приймально-відправний парк ($l_{\text{п/р}}$=1300 *м*) становить:

$$t_{\text{з}}^{''} = 2,44 \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{1300}{15 \cdot 60} = 5,51 \text{ хв.}$$

Тривалість витягування ВГВ на витяжну колію ($l_{\text{п/р}}$=1720 *м*) становить:

$$t_{\text{пер}}^{\text{ВГВ}} = \left(2,44 + 0,1 \cdot 30\right) \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{1720}{15 \cdot 60} = 7,56 \text{ хв.}$$

Тривалість насуву ВГВ на гірку ($l_{\text{нас}}$=700 *м*) становить:

$$t_{\text{нас}}^{\text{ВГВ}} = 0,06 \cdot \frac{700}{5} = 8,40 \ хв.$$

Тривалість розформування ВГВ становить:

$$t_{\text{роз}}^{\text{ВГВ}} = \frac{0,06 \cdot 14 \cdot 30}{7,5}\left(1 - \frac{1}{2 \cdot 7}\right) = 3,12 \ хв;$$

$$t_{\text{роз}}^{'} = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \ хв;$$

$$T_{\text{роз}} = 3,12 + 1,2 = 4,32 \ хв.$$

Тривалість осаджування вагонів ВГВ в сортувальному парку становить:

$$t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot 30 = 1,8 \ хв.$$

Тривалість витягування вагонів ядра з колії приймально-відправного парку на витяжну колію ($l_{\text{п/р}}$=600 *м*) становить:

$$t_{\text{вит}}^{\text{я}} = \left(2,44 + 0,1 \cdot 30\right) \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{600}{15 \cdot 60} = 3,08 \ хв.$$

Тривалість осаджування вагонів з витяжної колії на колію приймально-відправного парку ($l_{\text{п/р}}$=600 *м*) становить:

$$t_{\text{ос}}^{\text{я}} = \left(2,44 + 0,1 \cdot 30\right) \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{600}{15 \cdot 60} = 3,08 \ хв.$$

Тривалість заїзду маневрового локомотива за ПГВ ($l_{\text{п/р}}$=1200 *м*) становить:

$$t_{\text{з}}^{\text{ПГВ}} = 2,44 \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{1200}{15 \cdot 60} = 5,11 \ хв.$$

Тривалість витягування ПГВ на витяжну колію ($l_{\text{п/р}}$=1620 *м*) становить:

$$t_{\text{вит}}^{\text{ПГВ}} = \left(2,44 + 0,1 \cdot 30\right) \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{1620}{15 \cdot 60} = 7,16 \ хв.$$

Тривалість осаджування ПГВ на колію приймально-відправного парку ($l_{\text{п/р}}$=1120 *м*) становить:

$$t_{\text{ос}}^{\text{ПГВ}} = \left(2,44 + 0,1 \cdot 30\right) \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3,6 \cdot \frac{1120}{15 \cdot 60} = 5,16 \ хв.$$

Тривалість повернення маневрового локомотива ($l_{\text{п/р}}$=700 *м*) становить:

$$t_{\text{пов}} = 2{,}44 \cdot \frac{15}{2 \cdot 60} + 3{,}6 \cdot \frac{700}{15 \cdot 60} = 3{,}11 \ хв.$$

Наведені вище розрахунки зводимо у таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 – Норми часу на виконання технологічних операцій, які пов'язані з роботою маневрового локомотива за варіантом 2 технології обміну груп вагонів

Назва операції	Вихідні дані	Тривалість, *хв*
Заїзд маневрового локомотива на витяжну колію ($t_з^{'}$)	V=15 *км/год*, $l_{\text{п/р}}$=700 *м*	3,11
Заїзд маневрового локомотива з витяжної колії в приймально-відправний парк ($t_з^{''}$)	V=15 *км/год*, $l_{\text{п/р}}$=1300 *м*	5,51
Витягування ВГВ на витяжну колію ($t_{\text{пер}}^{\text{ВГВ}}$)	V=15 *км/год*, $l_{\text{в}}$=14 *м*, $l_{\text{п/р}}$ = 1300+ $m_{\text{ВГВ}} \cdot l_{\text{в}}$ =1720 *м*	7,56
Насув ВГВ на гірку ($t_{\text{нас}}^{\text{ВГВ}}$)	V=5 *км/год*, $l_{\text{нас}}$ = 700 *м*	8,40
Розформування ВГВ ($t_{\text{роз}}^{\text{ВГВ}}$)	$t_{\text{роз}}^{\text{ВГВ}}$=3,12 *хв* при V=7,5 *км/год*, $l_{\text{в}}$=14 *м*; $t_{\text{роз}}^{'}$=1,2 *хв* при $b_{\text{зсг}}$ = 0,3, $t_{\text{р зсг}}$=4 *хв*	4,32
Осаджування вагонів ВГВ у сортувальному парку ($t_{\text{ос}}$)		1,8
Витягування вагонів ядра з колії приймально-відправного парку на витяжну колію ($t_{\text{вит}}^{\text{я}}$)	V=15 *км/год*, $l_{\text{п/р}}$ = 600 *м*	3,08
Осаджування вагонів з витяжної колії на колію приймально-відправного парку ($t_{\text{ос}}^{\text{я}}$)	V=15 *км/год*, $l_{\text{вит}}$ = 600 *м*	3,08
Заїзд маневрового локомотива за ПГВ ($t_{\text{з}}^{\text{ПГВ}}$)	V=15 *км/год*, $l_{\text{п/р}}$ = 1200 *м*	5,11
Витягування ПГВ на витяжну колію ($t_{\text{вит}}^{\text{ПГВ}}$)	V=15 *км/год*, $l_{\text{п/р}}$ = 1620 *м*	7,16
Осаджування ПГВ на колію приймально-відправного парку ($t_{\text{ос}}^{\text{ПГВ}}$)	V=15 *км/год*, $l_{\text{п/р}}$ = 1120 *м*	5,16
Повернення маневрового локомотива ($t_{\text{пов}}$)	V=15 *км/год*, $l_{\text{п/р}}$ =700 *м*	3,11

Отже в даному розділі було виконано нормування тривалості виконання всіх операцій, що пов'язані з виконанням обміну груп вагонів на попутній технічній станції за кожним з можливих варіантів технології.

6 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ У ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДАХ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ НАПРЯМКУ

Відповідно до методики визначення раціонального варіанту технології обміну груп вагонів у двогрупних поїздах, яка розроблена в розділі 4, для кожного конкретного двогрупного поїзда необхідно визначити витрати за кожним з варіантів технології обміну груп вагонів з урахуванням оперативної ситуації, що склалася на станції на момент прибуття даного поїзда. Після цього, за допомогою порівняння даних витрат, визначається раціональна технологія обміну груп вагонів.

Розглянемо приклад визначення повних витрат на виконання обміну груп вагонів у двогрупному поїзді, прийнявши такі ж вихідні дані, що і у розділі 5. Крім цього, тривалість виконання технологічних операцій, пов'язаних з виконанням обміну груп вагонів за варіантами, приймаємо за результатами розрахунків, наведених в розділі 5.

6.1 Визначення повних витрат за варіантами технології

6.1.1 Варіант 1 технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді

Відповідно до визначених норм часу та технологічної схеми обслуговування двогрупного поїзда (див. рис.4.2) вагоно-години простою вагонів кожної групи двогрупного поїзда визначаються наступним чином:

1. простій вагонів ядра в приймально-відправному парку:

$$Nt_{я}=m_{я}\cdot(t_{закр}+t^{л}_{відч}+t_{то}+t_{вит}+t_{нас}+t_{роз})/60=$$

$$=30\cdot(2{,}22+2+19{,}2+7{,}02+4{,}2+7{,}44)/60=21{,}04\ \textit{ваг-год};$$

2. простій вагонів ядра в парку відправлення:

$$Nt_{я}=m_{я}\cdot(t^{од}_{зф}+t_{пер}+t_{закр}+t_{то}+t_{вг}+t_{відпр})/60=$$

$$=30\cdot(16{,}2+13{,}86+2{,}22+20{,}28+10+8)/60=27{,}78\ \textit{ваг-год};$$

3. простій вагонів ВГВ в приймально-відправному парку:

$$Nt_{\text{ВГВ}}=m_{\text{ВГВ}}\cdot(t_{\text{закр}}+t^{\text{л}}_{\text{відч}}+t_{\text{то}}+t_{\text{вит}}+t_{\text{нас}}+t_{\text{роз}})/60=30\cdot(2{,}22+2+19{,}2+7{,}02+4{,}2+7{,}44)/60=$$

$$=21{,}04\ \textit{ваг-год};$$

4. простій вагонів ПГВ в парку відправлення:

$$Nt_{\text{ПГВ}}=m_{\text{ПГВ}}\cdot(t^{\text{од}}_{\text{зф}}+t_{\text{пер}}+t_{\text{закр}}+t_{\text{то}}+t_{\text{вг}}+t_{\text{відпр}})/60=30\cdot(16{,}2+13{,}86+2{,}22+20{,}28+10+$$

$$+8)/\ /60=27{,}78\ \textit{ваг-год}.$$

Так як після розпуску состава призначення С переходить в стан 1 (25+30<60), то економія простою вагонів під накопиченням $W_{\text{ек}}$ (при λ=200/1440=0,139 *ваг/хв*) визначається за формулою (3.24) і становить:

$$W_{\text{ек}}=\frac{30\cdot(30+2\cdot25-60)}{2\cdot0{,}139}=2158{,}27\ \textit{ваг-хв}\approx35{,}97\ \textit{ваг-год}.$$

Отже сумарні вагоно-години простою становлять:

$$\sum Nt=21{,}04+27{,}78+21{,}04+27{,}78-35{,}97=61{,}67\ \textit{ваг-год}.$$

Відповідно до визначених норм часу та технологічної схеми обслуговування двогрупного поїзда (див. рис.4.2) тривалість роботи маневрових локомотивів з двогрупним поїздом визначається наступним чином:

1. тривалість роботи гіркового маневрового локомотиву з вагонами ядра та ВГВ:

$$Mt=(t_{\text{з}}+t_{\text{вит}}+t_{\text{нас}}+t_{\text{роз}}+t_{\text{ос}})/60=(4{,}62+7{,}02+4{,}2+7{,}44+3{,}6)/60=0{,}45\ \textit{год};$$

2. тривалість роботи маневрового локомотиву району формування з вагонами ядра та ПГВ:

$$Mt=(t^{\text{од}}_{\text{зф}}+t_{\text{пер}}+t_{\text{закр}}+t_{\text{пов}})/60=(16{,}2+13{,}68+2{,}22+4{,}08)/60=0{,}60\ \textit{год}.$$

Отже сумарна тривалість роботи маневрових локомотивів становить:

$$\sum Mt_{\text{ман}}=0{,}45+0{,}60=1{,}05\ \textit{год}.$$

Тривалість простою поїзного локомотива на станції залежить від схеми тягового обслуговування, тобто, якщо даний поїзд потребує зміни локомотива, то тривалість його простою не залежить від технології виконання обміну груп вагонів. Але якщо двогрупний поїзд не потребує зміни локомотива, то для варіанту 1 технології обміну груп вагонів даний поїзний локомотив змушений зна-

ходитись на станції до причеплення його до наступного поїзда. Тривалість простою поїзного локомотива на станції, при застосуванні варіанту 1 технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді, була встановлена в результаті статистичної обробки натурних даних, отриманих на станції. В середньому тривалість простою поїзного локомотива на станції обміну груп становить $Mt_{пл}$=3 *год*.

Для визначення повних витрат необхідно прийняти наступні дані (див. додаток А): витратна ставка, віднесена на 1 вагоно-годину простою вагонів на станції $e_{вг}$= 12,37 *грн*; витратна ставка, віднесена на 1 локомотиво-годину маневрової роботи $e_{мл}$= 1122,69 *грн*; витратна ставка, віднесена на 1 локомотиво-годину простою поїзних локомотивів на станції $e_{пл}$= 1722,85 *грн*.

Відповідно до формули (4.1) повні витрати, пов'язані з варіантом 1 технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді та відсутності зміни поїзного локомотива, становлять:

$$E=12,37\cdot 61,67 + 1122,69\cdot 1,05 + 1722,85\cdot 3= 7110,23 \text{ грн}.$$

Якщо на станції існує необхідність у зміні поїзного локомотива, то повні витрати становлять:

$$E=12,37\cdot 61,67 + 1122,69\cdot 1,05 = 1941,68 \text{ грн}.$$

6.1.2 Варіант 2 технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді

У випадку коли $R_{ВС}<m_{ПГВ}$ виникає додатковий простій вагонів ядра в очікуванні накопичення вагонів на колії сортувального парку до $m_{ПГВ}$. Тривалість очікування накопичення ПГВ ($t_{оч}$), при цьому, можливо визначити за формулою

$$t_{оч} = \frac{m_{ПГВ} - R_{ВС}}{\lambda}. \qquad (6.1)$$

Відповідно до вихідних даних, $R_{ВС}<m_{ПГВ}$ (25 *ваг* < 30 *ваг*), отже величина додаткового простою складає:

$$t_{оч} = \frac{30 - 25}{0,139} = 35,97 \text{ хв}.$$

Відповідно до визначених норм часу та технологічної схеми обслуговування двогрупного поїзда (див. рис.4.3) вагоно-години простою вагонів кожної групи двогрупного поїзда визначаються наступним чином:

1. простій вагонів ядра в приймально-відправному парку:

$$Nt_{я}=m_{я}\cdot(t^{ВГВ}_{закр}+t_{розч}+t^{я}_{вит}+t^{я}_{ос}+t_{оч}+t^{ПГВ}_{ос}+t_{пов}+t_{то}+t_{вг}+t_{відпр})/60=30\cdot(2{,}22+2+3{,}08+3{,}08+$$

$$+35{,}97+5{,}16+3{,}11+20{,}28+10+8)/60=46{,}45\ \textit{ваг-год};$$

2. простій вагонів ВГВ:

$$Nt_{ВГВ}=m_{ВГВ}\cdot(t^{ВГВ}_{закр}+t_{розч}+t^{я}_{вит}+t^{ВГВ}_{то}+t_{з2}+t^{ВГВ}_{сз}+t^{ВГВ}_{вит}+t^{ВГВ}_{нас}+t^{ВГВ}_{роз}+t^{ВГВ}_{ос})/60=30\cdot(2{,}22+2+$$

$$+3{,}08+9{,}6+5{,}51+3{,}11+7{,}56+8{,}40+4{,}32+1{,}8)/60=23{,}8\ \textit{ваг-год};$$

3. простій вагонів ПГВ:

$$Nt_{ПГВ}=m_{ПГВ}\cdot(t^{ПГВ}_{з}+t^{ПГВ}_{зф}+t^{ПГВ}_{вит}+t^{ПГВ}_{ос}+t_{пов}+t_{то}+t_{вг}+t_{відпр})/60=30\cdot(5{,}11+6{,}54+7{,}16+5{,}16+$$

$$+3{,}11+20{,}28+10+8)/60=32{,}68\ \textit{ваг-год}.$$

Так як після розпуску состава призначення С переходить в стан 1 (25+30<60), то економія простою вагонів під накопиченням $W_{ек}=0$ *ваг-год*.

Отже сумарні вагоно-години простою становлять:

$$\sum Nt=46{,}45+23{,}8+32{,}68-0=102{,}93\ \textit{ваг-год}.$$

Відповідно до визначених норм часу та технологічної схеми обслуговування двогрупного поїзда (див. рис.4.3) тривалість роботи маневрових локомотивів з двогрупним поїздом визначається наступним чином:

1. тривалість роботи гіркового маневрового локомотива з вагонами ВГВ:

$$Mt_{ВГВ}=(t_{з1}+t_{з2}+t^{ВГВ}_{сз}+t^{ВГВ}_{вит}+t^{ВГВ}_{нас}+t^{ВГВ}_{роз}+t^{ВГВ}_{ос})/60=$$

$$=(3{,}11+5{,}51+3{,}3+7{,}56+8{,}4+4{,}38+1{,}8)/\ /60=0{,}57\ \textit{год};$$

2. тривалість роботи маневрового локомотива району формування з вагонами ПГВ:

$$Mt_{ПГВ}=(t^{ПГВ}_{з}+t^{ПГВ}_{зф}+t^{ПГВ}_{вит}+t^{ПГВ}_{ос}+t_{пов})/60=(5{,}11+6{,}54+7{,}16+5{,}16+3{,}11)/60=0{,}45\ \textit{год};$$

3. тривалість маневрової роботи поїзного локомотива з вагонами ядра:

$$Mt_{я}=(t^{я}_{вит}+t^{я}_{ос})/60=(3,08+3,08)/60=0,1\ год.$$

Отже сумарна тривалість роботи маневрових локомотивів становить:

$$\sum Mt_{ман}=0,57+0,45+0,1=1,12\ год.$$

Тривалість простою поїзного локомотива на станції залежить від схеми тягового обслуговування, тобто, якщо даний поїзд потребує зміни локомотива, то тривалість його простою не залежить від технології виконання обміну груп вагонів. Але якщо двогрупний поїзд не потребує зміни локомотива, то для варіанту 2 технології обміну груп вагонів даний поїзний локомотив знаходиться на колії приймально-відправного парку до моменту відправлення поїзда. Тривалість простою поїзного локомотива на станції, при застосуванні варіанту 2 технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді становить:

$$Mt_{пл}=(t^{ВГВ}_{закр}+t_{розч}+t^{я}_{вит}+t^{я}_{ос}+t_{оч}+t^{ПГВ}_{ос}+t_{пов}+t_{то}+t_{вг}+t_{відпр})/60=$$

$$=(2,22+2+3,08+3,08+35,97++5,16+3,11+20,28+10+8)/60=1,55\ год.$$

Відповідно до формули (4.1) повні витрати, пов’язані з варіантом 2 технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді та відсутності зміни поїзного локомотива, становлять:

$$E=12,37\cdot102,93+1122,69\cdot1,12+1722,85\cdot1,55=5201,07\ грн.$$

Якщо на станції існує необхідність у зміні поїзного локомотива, то повні витрати становлять:

$$E=12,37\cdot102,93+1122,69\cdot1,12=2530,66\ грн.$$

Співставивши результати розрахунків можна зробити висновок, що для прийнятих вихідних даних найбільш економічно вигідним є застосування варіанту 2 технології обробки составу двогрупного поїзда у випадку коли відсутня необхідність у зміні поїзного локомотива, та застосування варіанту 1 технології обміну груп вагонів – при наявності зміни поїзного локомотива, оскільки вони забезпечують мінімальні повні витрати. Звідси можна зробити висновок, що визначати раціональну технологію обміну груп вагонів необхідно оперативно, враховуючи всі впливаючі фактори.

6.2 Визначення впливу технології обміну груп вагонів на техніко-експлуатаційні показники та витрати, пов'язані з обслуговуванням двогрупного поїзда на технічній станції

Удосконалення організації вантажних вагонопотоків повинно забезпечувати зниження витрат, які пов'язані з організацією вагонопотоків у поїзди, та покращення якісних експлуатаційних показників роботи технічних станцій та залізничних напрямків.

Одним з можливих заходів щодо зменшення тривалості простою транзитних вагонів з переробкою на станції та знаходження їх на залізничному напрямку вцілому є оперативне формування двогрупних поїздів на базі попутних призначень ПФП. При цьому необхідно визначити умови застосування оперативного формування двогрупних поїздів та встановити вплив окремих факторів на їх ефективність.

В процесі просування двогрупного поїзда на залізничному напрямку на одній з попутних технічних станцій виникає необхідність виконання обміну груп вагонів. На даний час, у теорії та практиці, обмін груп вагонів виконується з застосуванням приймально-відправного парку станції. Але досить часто на практиці, при відсутності підготовленої причіпної групи вагонів, двогрупний поїзд приймається в парк прийому та розформовується. Ці варіанти технології обміну груп вагонів не враховують ні оперативну ситуацію, що склалася на станції в момент надходження двогрупного поїзда, ні його склад. Для зменшення витрат, пов'язаних з виконанням обміну груп вагонів у двогрупному поїзді, необхідно обирати ту чи іншу технологію, яка була б адаптована до існуючої оперативної ситуації на станції та забезпечувала мінімізацію витрат.

До прибуття двогрупного поїзда на станції обміну груп вагонів необхідно підготовити та виставити в приймально-відправний парк причіпну групу вагонів. Це скорочує тривалість знаходження двогрупного поїзда на станції обміну груп вагонів.

Але попутна технічна станція не завжди може забезпечити наявність в приймально-відправному парку підготовленої ПГВ. Відповідно виникає простій двогрупного поїзда в очікуванні накопичення та готовності ПГВ. Це негативно відображається на якісних показниках роботи станції. На практиці, для запобігання виникнення таких ситуацій та зменшення витрат, двогрупний поїзд приймають в парк прийому або приймально-відправний парк та виконують з ним такі ж операції, як і з поїздом, що надходить у розформування.

На момент прибуття двогрупного поїзда на станції обміну груп вагонів можливе застосування однієї з двох можливих технологій щодо обслуговування двогрупного поїзда. Для зменшення витрат, пов’язаних з виконанням обміну груп вагонів необхідно застосовувати ту чи іншу технологію, тобто вирішувати питання про застосування раціональної технології з урахуванням поточної ситуації, яка склалася на станції та враховувати склад двогрупного поїзда.

Застосування тієї чи іншої технології обміну груп вагонів в залежності від впливаючих факторів в оперативних умовах в даній роботі отримало назву «адаптивна технологія».

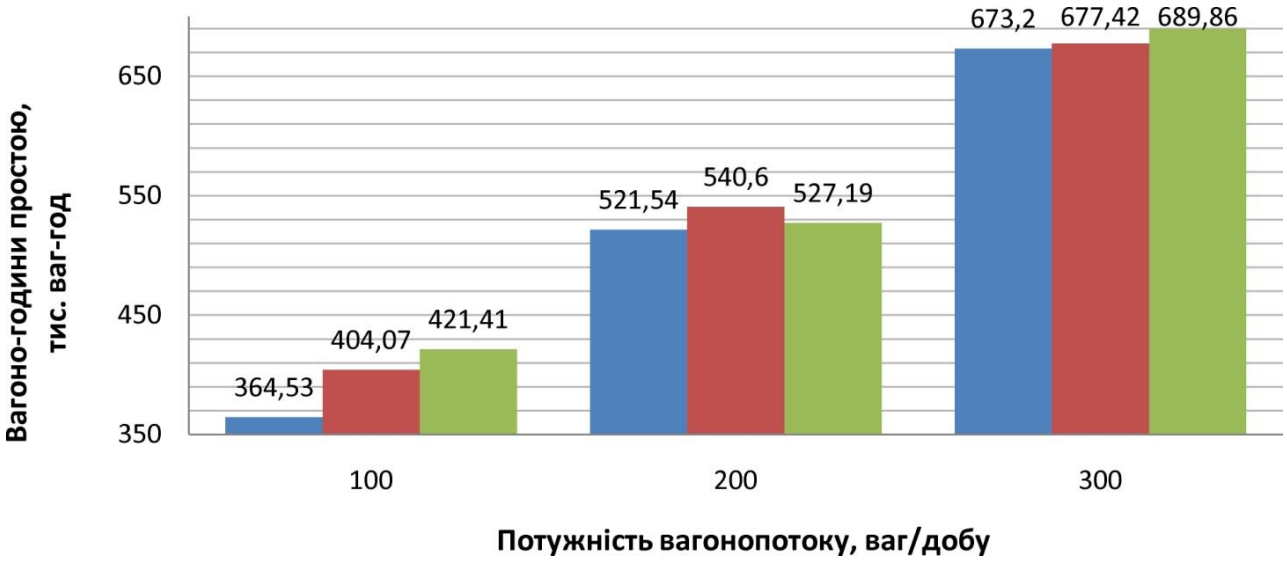
Попутна технічна станція не завжди може забезпечити наявність в приймально-відправному парку підготовленої ПГВ. Відповідно виникає простій двогрупного поїзда в очікуванні накопичення та готовності ПГВ. Це негативно відображається на якісних показниках роботи станції. На практиці, для запобігання виникнення таких ситуацій та зменшення витрат, двогрупний поїзд приймають в парк прийому або приймально-відправний парк та виконують з ним такі ж операції, як і з поїздом, що надходить у розформування.

Для дослідження впливу технології обміну груп вагонів на експлуатаційні показники роботи технічної станції при використанні оперативного формування двогрупних поїздів, було виконано моделювання процесу функціонування залізничного напрямку А–В–С.

В додатку Б наведено результати моделювання роботи залізничного напрямку за один рік при застосуванні можливих технологій обслуговування двогрупного поїзда для різних потужностей вагонопотоків та в залежності від ролі станції в тяговому обслуговуванні поїздів.

Аналіз результатів моделювання свідчить про те, що кількість поїздів різних категорій, що формує головна станція А на обрані призначення ПФП, суттєво впливають на роботу станції В.

Кількість поїздів окремих категорій впливає також і на інші показники роботи станції. Характер зміни сумарної тривалості знаходження вагонів призначень В та С на станції обміну груп в залежності від потужності вагонопотоку та від необхідності зміни поїзного локомотива наведено на рисунку 6.1 та рисунку 6.2.



- адаптивна технологія обробки составів;

-1-й варіант технології обміну груп вагонів;

-2-й варіант технології обміну груп вагонів.

Рисунок 6.1 – Сумарна тривалість знаходження вагонів на станції за варіантами технології обміну груп вагонів без зміни поїзного локомотива

Умовні позначення на інших рисунках відповідають тим, що застосовані на рис.6.1.

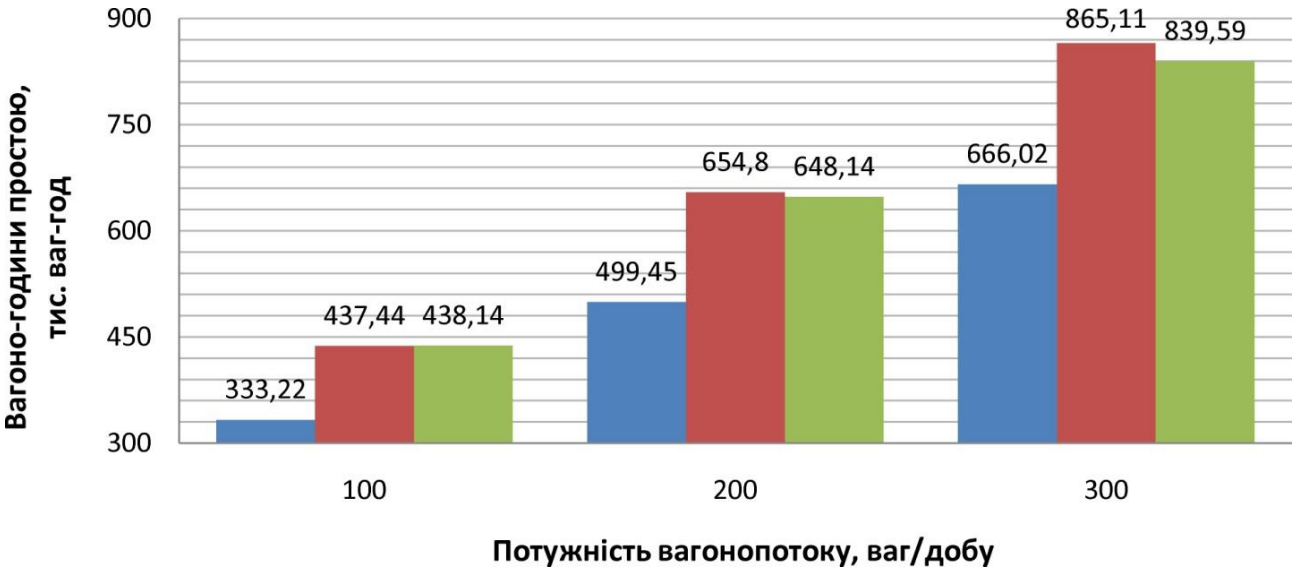


Рисунок 6.2 – Сумарна тривалість знаходження вагонів на станції за варіантами технології обміну груп вагонів зі зміною поїзного локомотива

Аналіз наведених залежностей показує, що найменші вагоно-години простою, незалежно від потужності вагонопотоку, забезпечує адаптивна технологія.

Використання двогрупних поїздів впливає на обсяг маневрової роботи, яка пов’язана з обміном груп вагонів, формуванням та розформуванням поїздів обраних призначень. На основі аналізу отриманих даних побудовано залежність зміни обсягу маневрової роботи від величини вагонопотоку, яка наведена на рисунку 6.3 та на рисунку 6.4.

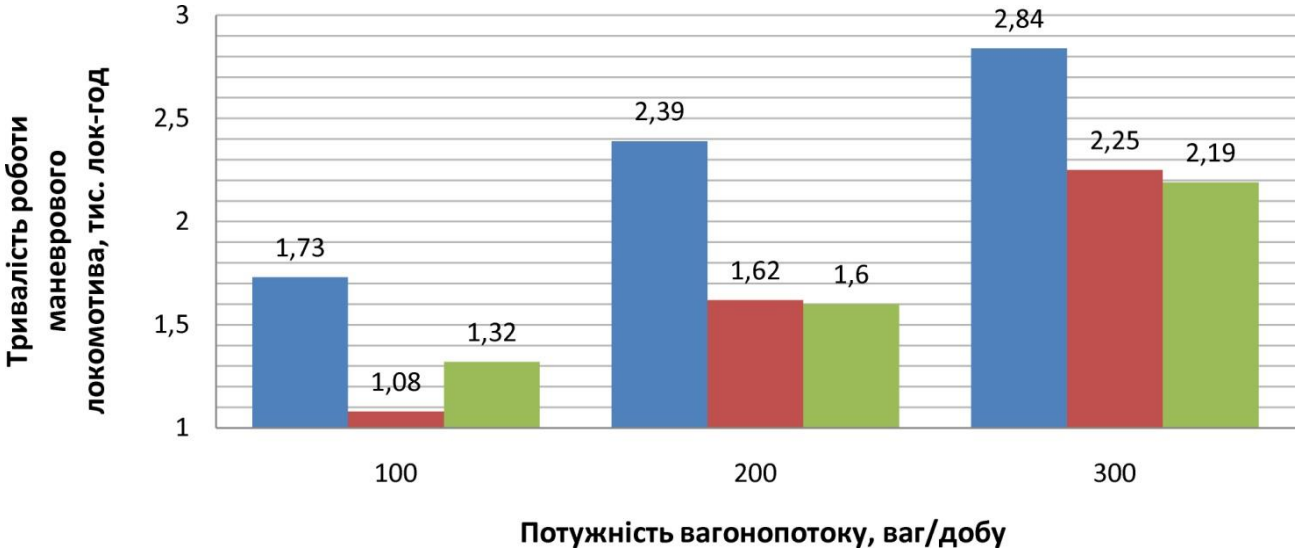


Рисунок 6.3 – Сумарна тривалість роботи маневрового локомотива на станції за варіантами технології обміну груп вагонів без зміни поїзного локомотива

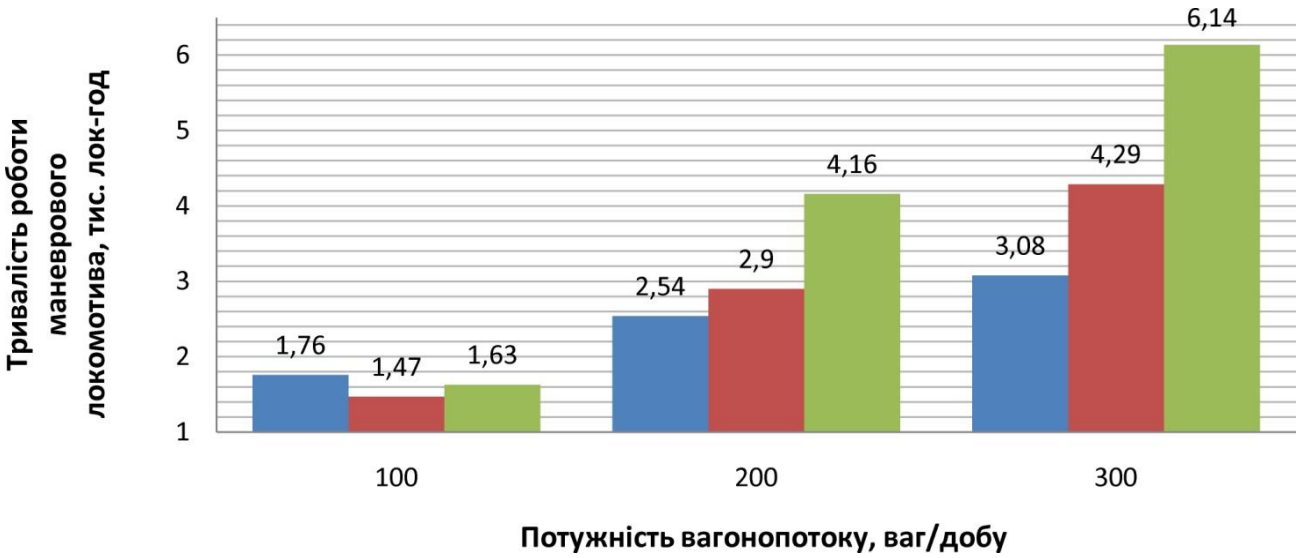


Рисунок 6.4 – Сумарна тривалість роботи маневрового локомотива на станції за варіантами технології обміну груп вагонів зі зміною поїзного локомотива

Аналізуючи залежність, яка наведена на рис. 6.3, можна зробити висновок, що використання адаптивної технології потребує значних, у порівнянні з іншими варіантами, витрат маневрової роботи. При необхідності зміни поїзного локомотива (див. рис. 6.4) – витрати маневрової роботи є найменшими. Це пояснюється тим, що при відсутності зміни поїзного локомотива частину маневрової роботи виконує поїзний локомотив, а це потребує більшої кількості маневрових пересувань.

Як показали результати досліджень кількість двогрупних поїздів та роль станції обміну груп вагонів у системі обслуговування поїздів локомотивами (потреба у зміні поїзного локомотива) впливають на тривалість знаходження поїзних локомотивів на станції В. На рисунку 6.5 та рисунку 6.6 наведено залежності сумарної тривалості простою поїзних локомотивів на станції В від потужності вагонопотоку та системи обслуговування поїздів локомотивами.

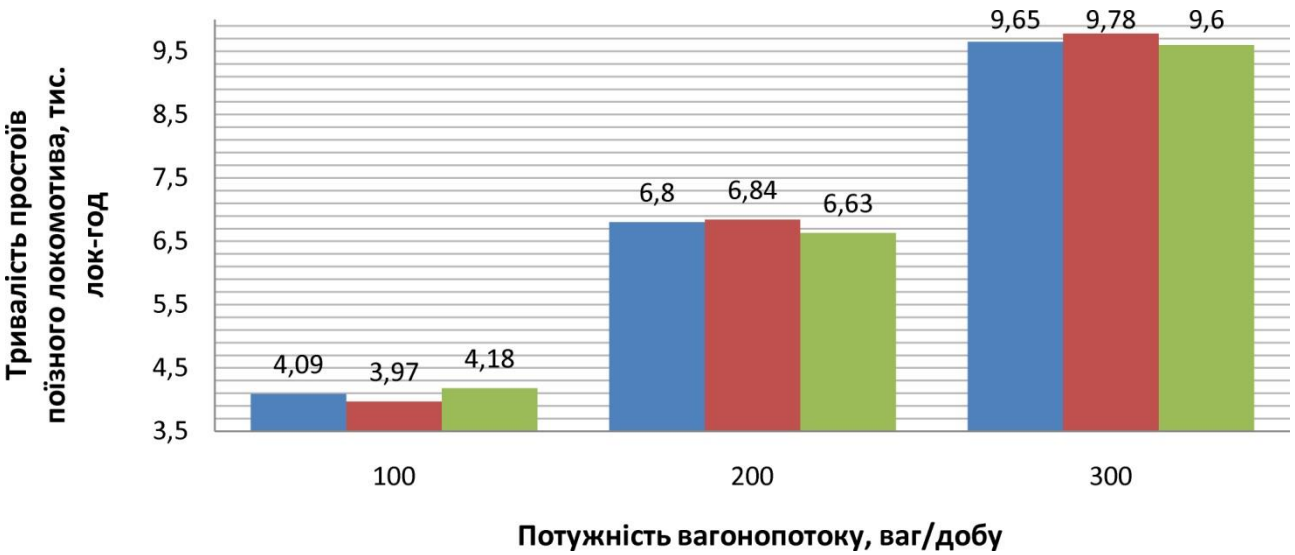


Рисунок 6.5 – Сумарна тривалість простою поїзного локомотива на станції за варіантами технології обміну груп вагонів без зміни поїзного локомотива

Аналіз даних залежностей показує, що використання адаптивної технології майже не впливає на тривалість знаходження поїзного локомотива на станції (див. рис.6.5), або забезпечує її найменшу величину (див рис.6.6).

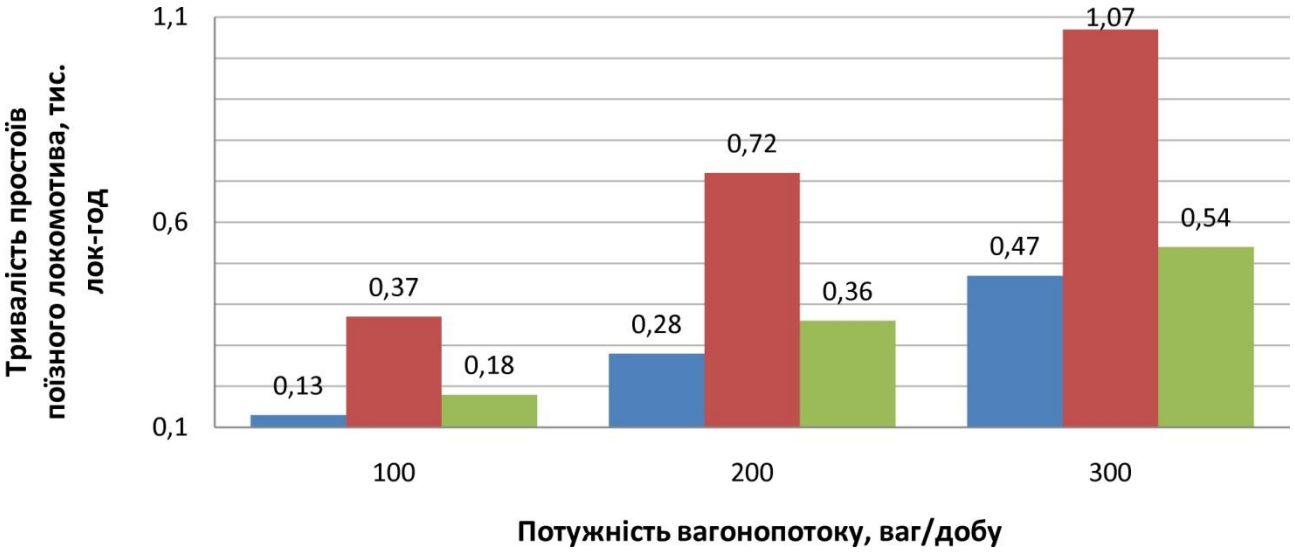


Рисунок 6.6 – Сумарна тривалість простою поїзного локомотива на станції за варіантами технології обміну груп вагонів зі зміною поїзного локомотива

Все вищенаведене призводить до зміни загальних експлуатаційних витрат станції В, пов’язаних зі знаходженням на ній вагонів призначень В та С.

На рисунку 6.7 та рисунку 6.8 наведено залежності експлуатаційних витрат на роботу з вагонами призначень В та С на станції В від потужності вагонопотоку.

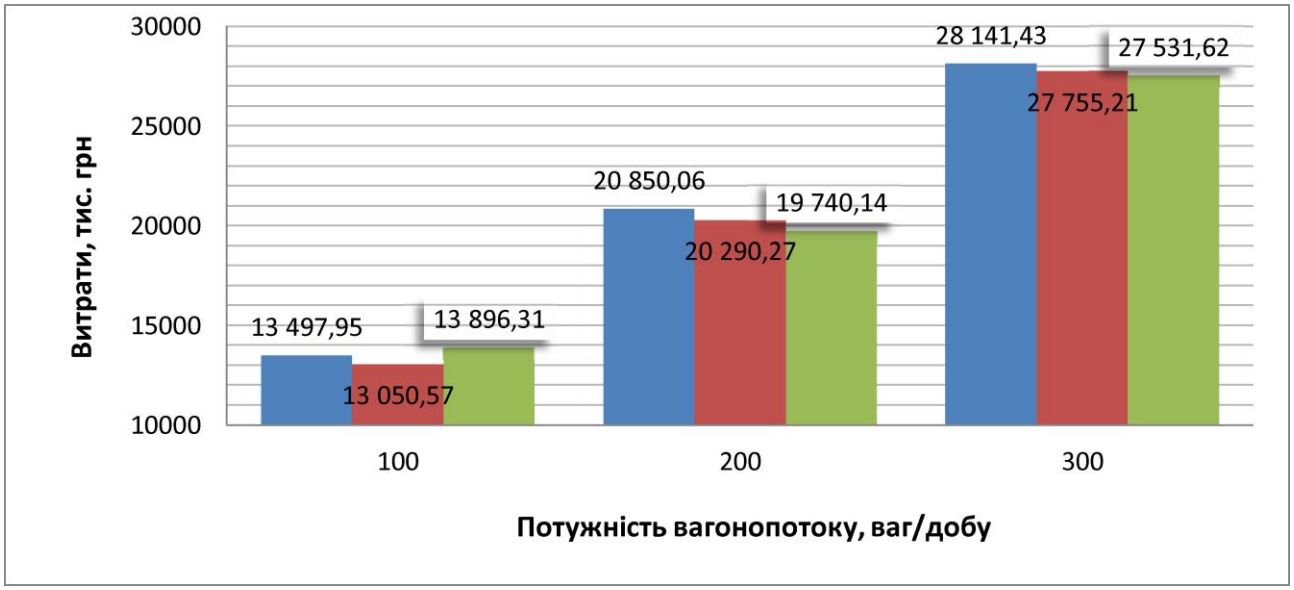


Рисунок 6.7 – Сумарні витрати на станції за варіантами технології обміну груп вагонів без зміни поїзного локомотива

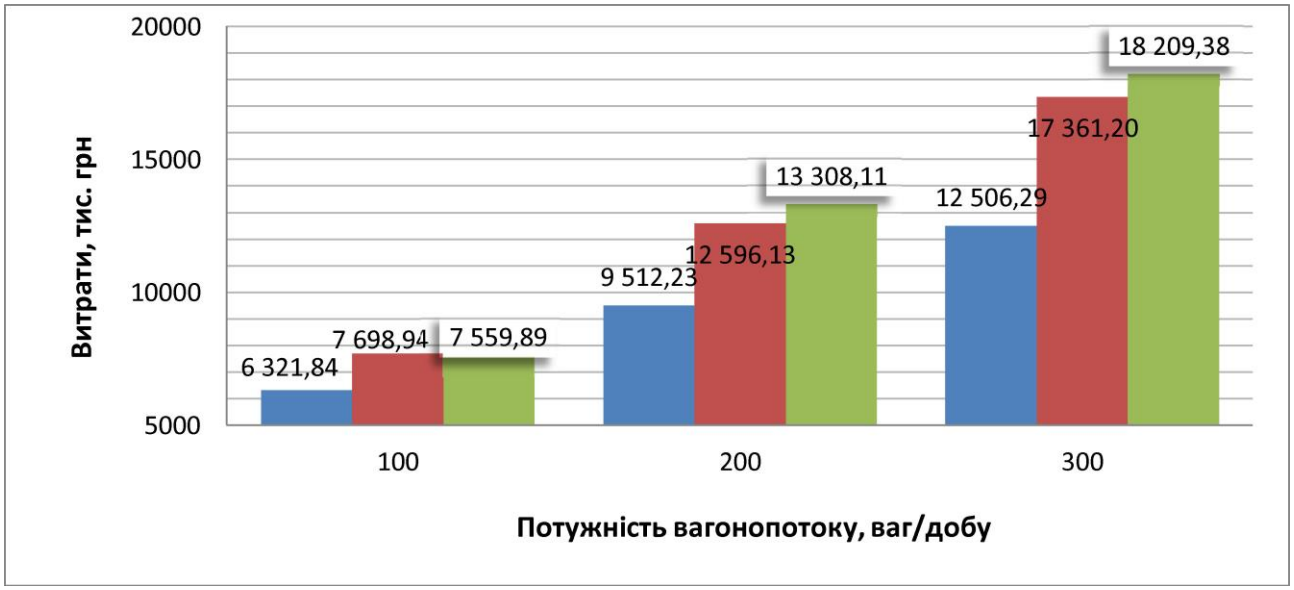


Рисунок 6.8 – Сумарні витрати на станції за варіантами технології обміну груп вагонів зі зміною поїзного локомотива

Аналіз даних залежностей показує, що застосування адаптивної технології при обміну груп вагонів без зміни поїзного локомотива є неефективним. При наявності зміни локомотива дана технологія має досить значний ефект: найбільше значення він набуває при потужності вагонопотоку 300 *ваг/добу* та у порівнянні з витратами на застосування 2-го варіанту обробки

составу (5703,09 *тис. грн.*). Отже можна зробити висновок, що застосування оперативного визначення раціональної технології обміну груп вагонів може призвести до значного скорочення витрат, пов'язаних з обслуговуванням двогрупних поїздів за певних умов.

6.3 Визначення ефекту від застосування оперативного формування двогрупних поїздів та раціональної технології обміну груп вагонів на залізничному напрямку

Основними показниками якості експлуатаційної роботи кожної технічної станції є величина середнього простою транзитного вагона без переробки ($t_{\text{тр}}^{\text{б/п}}$) та транзитного вагона з переробкою ($t_{\text{тр}}^{\text{пер}}$). Щорічно, на основі аналізу роботи за попередній період, для станції встановлюється нормативна величина кожного з наведених показників, яка є обов'язковою до виконання. Якщо нормативна величина середнього простою транзитного вагона без переробки, в основному, виконується, то величина середнього простою транзитного вагона з переробкою не виконується на більшості технічних станцій. Як показав розгорнутий аналіз, основною причиною перевищення норми середнього простою транзитного вагона з переробкою на станції є збільшення простою вагонів під накопиченням. При цьому величина перевищення складає, в середньому, від 0,22 до 3,56 год. Однією з причин цього є коливання потужності вагонопотоків та випадковий характер надходження вагонів на станції. Це призводить до збільшення витрат залізниць на організацію вантажних вагонопотоків у поїзди.

Одним з можливих заходів щодо зменшення тривалості простою транзитних вагонів з переробкою на станції та знаходження їх на залізничному напрямку вцілому є оперативне формування двогрупних поїздів на базі попутних призначень ПФП. При цьому необхідно визначити умови застосування оперативного формування двогрупних поїздів та встановити вплив окремих факторів на їх ефективність.

Для визначення впливу оперативного формування двогрупних поїздів на показники роботи залізничного напрямку та визначення економічного ефекту при застосуванні оперативного визначення раціональної технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції було виконано ряд експериментів на імітаційній моделі. У якості результатів фіксувалися наступні показники роботи станцій А та В для двох попутних призначень плану формування поїздів за період роботи протягом одного року:

– кількість поїздів по категоріям (одногрупні, двогрупні), які прийнято та відправлено зі станції;

– сумарні вагоно-години знаходження вагонів кожного призначення на технічних станціях;

– обсяг маневрової роботи, пов’язаної з формуванням, розформуванням та обміном груп вагонів;

– тривалість знаходження поїзних локомотивів на технічних станціях;

– сумарні витрати, пов’язані з організацією вагонопотоків.

При виконанні досліджень враховувався вплив наступних факторів:

– потужність вагонопотоку;

– співвідношення вагонопотоків на попутній технічній станції;

– наявність зміни поїзних локомотивів у транзитних поїздах на попутній технічній станції.

Для визначення ефекту від застосування оперативного формування двогрупних поїздів було виконано моделювання роботи залізничного напрямку та отримано показники роботи технічних станцій при застосуванні існуючого ПФП. В таблиці 6.1 наведено приклад отриманих експлуатаційних показників роботи станцій напрямку для потужності вагонопотоку 200 *ваг/добу* при рівності вагонопотоку, що приймає участь у виконанні обміну груп вагонів (N_{AC}=N_{BC}), та відсутності зміни поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів.

Таблиця 6.1 – Експлуатаційні показники роботи станцій напрямку при $N_{АВ}$=$N_{АС}$ та відсутності зміни поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів

Техніко-експлуатаційні показники			$N_{АВ}$ - $N_{АС}$ - $N_{ВС}$, ваг	
			200-200-200	
			існуючий ПФП	оперативне коригування
Кількість сформованих поїздів, шт		$K_{АВ}$	1453	787
		$K_{АС}$	1459	905
		$K_{АВС}$	1	1220
		$K_{ВС}$	1427	1099
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А	$\sum Nt_{ст.А}$	691,75	542,48
	ст. В	$\sum Nt_{ст.В}$	521,48	521,54
	напрямок	$\sum Nt_{АВ}$	1213,23	1064,02
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год		$Mt_{манА}$	1,6	1,85
		$Mt_{манВ}$	1,44	2,39
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год		$Mt_{плА}$	0,87	0,87
		$Mt_{плВ}$	6,47	6,80
Річні витрати E, тис. грн.		ст.А	11852,1	10286,3
		ст.В	19214,2	20850,1
		напрямок	31066,4	31136,4
Економія витрат ΔE відносно нормативного ПФП, тис. грн				**-70,0**

Аналіз результатів моделювання показує, що оперативне формування двогрупних поїздів та застосування оперативного визначення раціональної технології обміну груп вагонів, при даних умовах, не забезпечує економію витрат, у порівнянні з формуванням лише одногрупних поїздів попутних призначень. Отже використання адаптивної технології є недоцільним.

Результати моделювання для інших потужностей вагонопотоків та при відсутності зміни поїзного локомотива наведено в додатку В (таблиця В.1).

В таблиці 6.2 наведено приклад отриманих експлуатаційних показників роботи станцій напрямку для потужності вагонопотоку 200 *ваг/добу* при рівності вагонопотоку, що приймає участь у виконанні обміну груп вагонів

($N_{АС}$=$N_{ВС}$), та наявності зміни поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів.

Таблиця 6.2 – Експлуатаційні показники роботи станцій напрямку при $N_{АВ}$=$N_{АС}$ та зміні поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів

Техніко-експлуатаційні показники			$N_{АВ}$ - $N_{АС}$ - $N_{ВС}$, ваг	
			200-200-200	
			існуючий ПФП	оперативне коригування
Кількість сформованих поїздів, шт		$K_{АВ}$	1453	653
		$K_{АС}$	1459	852
		$K_{АВС}$	1	1407
		$K_{ВС}$	1427	1117
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А	$\sum Nt_{ст.А}$	691,75	532,64
	ст. В	$\sum Nt_{ст.В}$	521,48	499,45
	напрямок	$\sum Nt_{АВ}$	1213,23	1032,09
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год		$Mt_{манА}$	1,6	1,88
		$Mt_{манВ}$	1,44	2,54
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год		$Mt_{плА}$	0,87	0,87
		$Mt_{плВ}$	0,36	0,28
Річні витрати *E*, тис. грн.		ст.А	11852,1	10198,3
		ст.В	8687,6	9512,2
		напрямок	20539,7	19710,5
Економія витрат ΔE відносно нормативного ПФП, тис. грн				**829,2**

Аналіз даних результатів показує, що при наявності зміни поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів величина ефекту, для розглянутого прикладу, становить 829,2 тис. грн., що складає 4% від загальних витрат на організацію вагонопотоків у поїзди.

Результати моделювання для інших потужностей вагонопотоків та при наявності зміни поїзного локомотива наведено в додатку В (таблиця В.2).

Застосування оперативного формування двогрупних поїздів та адаптивної технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції обміну груп вагонів дозволяє скоротити загальні витрати на організацію вагонопотоків

на залізничному напрямку без жодних вкладень, а лише за допомогою раціональної організації та обробки вагонопотоків на залізничному напрямку.

Відповідно до [41] на станції обміну груп вагонів може бути три варіанта співвідношення потужності вагонопотоку, який приймає участь у обміні груп вагонів, до потужності транзитного вагонопотоку (який прямує в ядрі двогрупного поїзда). Для визначення впливу цього фактору на ефект від формування двогрупних поїздів в оперативних умовах було виконано серію досліджень для вагонопотоків з різними потужностями (від 100 *ваг/добу* до 300 *ваг/добу* при різних співвідношеннях потоків на попутній технічній станції) та з урахуванням потреби у зміні поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів. Результати досліджень, в залежності від впливаючих факторів, наведені в додатку В (табл. В.1 та табл. В.2).

Аналіз результатів досліджень показує, що найменший ефект від оперативного керування поїздоутворенням за рахунок формування двогрупних поїздів в оперативних умовах становить 141,4 *тис. грн.* (N_{AB}=N_{AC}=N_{BC}=300 *ваг/добу*, відсутність зміни поїзного локомотива), це становить 0,3% від загальних витрат, пов’язаних з поїздоутворенням на обрані призначення ПФП. Найбільший ефект від оперативного керування поїздоутворенням становить 7684,8 *тис. грн*. (N_{AB}=N_{AC}=200 *ваг/добу*, N_{BC}=300 *ваг/добу*, без зміни поїзного локомотива), це становить 23,6% від загальних витрат, пов’язаних з поїздоутворенням на обрані призначення ПФП.

Розроблена методика визначення раціональної технології виконання обміну груп вагонів у двогрупному поїзді в оперативних умовах, разом з оперативним формуванням двогрупних поїздів на залізничному напрямку, може бути застосована у автоматизованому робочому місці поїзного диспетчера (АРМ ДНЦ) та у автоматизованому робочому місці станційного диспетчера (АРМ ДСЦ) для підтримки прийняття рішення щодо оперативного керування поїздоутворенням на відповідних рівнях.

7 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Функціонування будь-якого елементу техносфери, у тому числі й залізничного транспорту, повинне ґрунтуватися на наступних принципах [49]:

– проведення кількісної і якісної оцінки загального і локального споживання природних ресурсів, виходячи з місцевих регіональних можливостей;

– проведення кількісної і якісної оцінки впливу різних видів діяльності суспільства на стан екологічних систем, природних комплексів і природних ресурсів;

– нормування рівня антропогенних дій від різних видів діяльності суспільства, у тому числі й об’єктів залізничного транспорту на природне середовище;

– забезпечення рівноваги в кругообігу речовин і енергії шляхом обмеження дії на природу, виходячи з її можливостей по самоочищенню і відтворенню;

– обмеження дії на природне середовище за допомогою різних методів і засобів очищення викидів в атмосферу, стоків у водоймища, відходів виробництва, фізичних випромінювань;

– створення екологічно чистих виробництв, технологій, рухомого складу, устаткування і транспортних систем;

– використання методів екологічної профілактики функціонування галузей і об’єктів залізничного транспорту шляхом виконання природоохоронних заходів і впровадження технологічних засобів;

– безперервний контроль за станом навколишнього середовища; використання економічних методів в управлінні охороною навколишнього середовища і раціональним природокористуванням;

– невідворотність настання відповідальності за порушення правил, норм, законів з довкілля охорони.

Залізничний транспорт за обсягом вантажних перевезень займає перше місце серед інших видів транспорту.

Залізничний транспорт постійно впливає на природне середовище. Рівень дії може лежати в допустимих рівноважних і кризових межах.

За характером впливу залізничного транспорту на стан середовища проблема має два аспекти: використання транспортом природних ресурсів і транспортне забруднення середовища.

Залізничний транспорт впливає на екологію як великий споживач паливних, лісових і земельних ресурсів, мінеральних і будівельних матеріалів.

Негативний вплив залізничного транспорту на середовище включає порушення стійкості природних ландшафтів транспортною інфраструктурою шляхом розвитку ерозій і обвалів; забруднення атмосфери відпрацьованими газами; постійне зростання рівня забруднення землі нафтою, свинцем, продуктами видування і осипання сипких вантажів (вугілля, руда, цемент). Особливо небезпечними є аварії на залізницях.

Порушення стійкості природних ресурсів можна уникнути шляхом зміцнення земляного полотна, збільшення максимального навантаження, яке здатне витримати земляне полотно, а також зниження навантаження від рухомого складу. Забруднення атмосфери можна уникнути, якщо спробувати замінити частини рухомого складу (в основному, тепловозів), що викидають багато шкідливих речовин в атмосферу на такі, які унаслідок своєї експлуатації викидають менше шкідливих речовин. Часто заміна таких частин означає зниження ефективності роботи даних частин. Забруднення ґрунту і атмосфери з-за осипання або видування сипких вантажів можна уникнути, якщо спробувати підвищити герметичність вагонів і піввагонів, що знову ж таки досить дорого [50].

Основним джерелом забруднення атмосфери є відпрацьовані гази дизельних двигунів тепловозів. У них містяться оксид вуглецю, оксид і діоксид азоту, різні вуглеводні, сірчистий ангідрид, сажа. Дослідження показали, що вміст у повітряному середовищі оксиду вуглецю, оксидів азоту, сірчистого

ангідриду перевищує гранично допустимі максимально разові концентрації для атмосферного повітря. Це свідчить про значне забруднення повітря залізничних станцій відпрацьованими газами тепловозів. На відстані 150 м від станції оксиди азоту виявляються в таких концентраціях, що й на станції. Проблема на сьогоднішній день вирішується заміною тепловозів на електровози [50].

Подальша електрифікація залізниць, тобто заміна тепловозів електровозами, дозволяє виключити забруднення повітря відпрацьованими газами дизельних двигунів. Основний шлях зниження викидів токсичних речовин тепловозами полягає в зменшенні їх накопичення в циліндрах двигунів. Важливе значення мають знешкодження відпрацьованих газів і правильна експлуатація тепловозів. Принцип дії очисних пристроїв, заснований на рециркуляції газів, застосовується для зменшення концентрації оксидів азоту.

Для захисту навколишнього природного середовища необхідно також боротися з іскрами, джерелами яких є газовідвідні пристрої тепловозів, а також чавунні гальмівні колодки локомотивів і вагонів. Іскри можуть бути причиною пожеж на територіях, що примикають до залізниць. Обмежити іскровиділення з газовідвідних пристроїв, що свідчить про неповне згорання палива, можна застосуванням заходів, направлених на поліпшення теплотехнічного стану тепловозів, а також установкою іскрогасників. Застосування гальмівних колодок з синтетичних і композиційних матеріалів усуває іскріння і, крім того, скорочує витрату чавуну. Розроблена нова конструкція тепловоза, в якому як паливо використовується газ. Експериментальний зразок газового локомотива створений на основі маневрового тепловоза. Перехід на стиснений газ дозволить економити дефіцитне дизельне пальне. Ще одна перевага газового тепловоза - його екологічна чистота. Тому на газ, перш за все, доцільно переводити маневрові тепловози на станціях, розташованих у межах міст.

Інтегральним критерієм екологічної ефективності виробничої діяльності об’єктів залізничного транспорту є ступінь порушення природного балансу в регіоні. Небезпека порушення природного балансу кількісно пов’язана з антропогенними чинниками виробничої і господарської діяльності людей у

регіоні. У випадку, якщо природне середовище не здатне справитися з дією залізничного транспорту, необхідно передбачати очисні споруди або проводити відновлювальні роботи. Рівновага в природному середовищі забезпечується підтримкою енергетичного, водного, біологічного, біогеохімічного балансів і їх зміною в певний проміжок часу. Кількісні характеристики перерахованих балансів залежать від географічного положення регіонів, кліматичних умов, величини використання ресурсів, природних явищ і ступеня забруднення навколишнього середовища [51].

Забезпечити рівновагу в природі можна за допомогою правових, соціально-економічних, організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і біологічних методів. Правові методи регламентують норми і порядок природокористування, виходячи з умови збереження відносної рівноваги в навколишньому середовищі. Соціальні методи засновані на відповідальності всіх шарів суспільства за стан охорони навколишнього середовища. Економічні методи передбачають певні види витрат на збереження рівноваги навколишнього середовища, раціональну плату за ресурси, відшкодування збитків. Організаційні методи засновані на науковій організації природокористування і виконанні адміністративних і правоохоронних заходів по запобіганню шкідливій дії на навколишнє середовище. Технічні методи засновані на створенні нових технологій і виробничого устаткування, що зменшують шкідливу дію на природне середовище, впровадження ефективних засобів очищення викидів в атмосферу й у водоймища. Санітарно-гігієнічні методи передбачають обов’язковий контроль за станом навколишнього середовища з метою своєчасного вживання заходів із запобігання шкідливому впливу забруднень на людей і природу [52].

ВИСНОВКИ

В даній роботі розглянуто питання підвищення ефективності роботи технічних станцій за рахунок удосконалення технології роботи з двогрупними поїздами.

Виконаний аналіз досліджень різних науковців, які працювали в напрямку удосконалення організації вагонопотоків, показав що оперативне формування двогрупних поїздів призводить до зниження витрат на організацію вагонопотоків. Але в наукових роботах мало уваги приділяється удосконаленню технології обміну груп вагонів. При цьому відмічається, що оперативне вирішення питання про застосування того чи іншого варіанту технології обміну груп вагонів потребує значних витрат часу на аналіз всіх впливаючих факторів. Крім цього необхідно виконати досить великий обсяг розрахунків по визначенню витрат за кожним з варіантів технології.

В даній роботі було розроблено методику визначення раціональної технології виконання обміну груп вагонів у двогрупному поїзді. Дана методика заключається у визначенні мінімальних витрат на обслуговування двогрупного поїзда на основі порівняння повних витрат за можливими варіантами технології виконання обміну груп вагонів.

Для можливості виконання досліджень з ефективності використанні варіантів технології виконання обміну груп вагонів було удосконалено імітаційну модель роботи технічної станції за рахунок введення до її складу моделі оперативного керування технологічним процесом.

З використанням імітаційної моделі роботи залізничного напрямку, було виконано дослідження впливу застосування раціональної технології обміну груп вагонів на техніко-експлуатаційні показники та витрати технічної станції. Результати досліджень показали, що економічний ефект від застосування адаптивної технології при обміну груп вагонів без зміни поїзного локомотива є неефективним.

В той же час при наявності зміни локомотива дана технологія має досить значний ефект: найбільше значення він набуває при потужності вагонопотоку 300 *ваг/добу* та у порівнянні з витратами на застосування 2-го варіанту обробки составу (5703,09 *тис. грн.*). Отже можна зробити висновок, що застосування оперативного визначення раціональної технології обміну груп вагонів може призвести до значного скорочення витрат, пов'язаних з обслуговуванням двогрупних поїздів за певних умов.

Також в даній роботі, на основі ряду експериментів, було встановлено, що використання оперативного формування двогрупних поїздів разом з оперативним визначенням раціональної технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції, забезпечує зниження загальних витрат на організацію вагонопотоків у поїзди в межах від 0,3% (141,4 *тис. грн*) до 23,6% (7684,8 *тис. грн*.) від загальних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням на обрані призначення ПФП.