

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

На правах рукопису

МАЗУРЕНКО ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 656.222

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ
ПОЇЗДОУТВОРЕННЯМ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКАХ**

05.22.01 – транспортні системи

Д и с е р т а ц і я
на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук

Науковий керівник
Муха Юрій Опанасович,
кандидат технічних наук

Дніпропетровськ
2012

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКАХ В ОПЕРАТИВНИХ УМОВАХ.....	13
1.1 Розвиток теорії організації вагонопотоків.....	13
1.2 Оперативне управління вагонопотоками на залізничному напрямку.....	20
1.3 Досвід вітчизняних та закордонних залізниць в організації вантажних перевезень.....	26
1.4 Постановка задачі удосконалення організації вагонопотоків на залізничному напрямку в оперативних умовах.....	34
1.5 Аналіз сучасних методів моделювання роботи залізничних станцій та мереж.....	35
1.6 Висновки.....	40
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАКОПИЧЕННЯ СОСТАВІВ НА ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЯХ.....	42
2.1 Визначення параметрів процесу надходження вагонів на окремі призначення ПФП.....	42
2.2 Аналіз процесу накопичення составів та впливу нерівномірності надходження вагонів на окремі показники ПФП технічних станцій.....	53
2.3 Аналіз типової методики оцінки ефективності організації вагонопотоків.....	61
2.4 Висновки.....	71
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОЦЕДУРИ ОЦІНЮВАННЯ РІШЕННЯ ЩОДО ОПЕРАТИВНОГО ФОРМУВАННЯ ДВОГРУПНОГО ПОЇЗДА.....	73
3.1 Визначення критерію оцінювання оперативного рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда.....	73
3.2 Визначення економії вагоно-годин накопичення вагонів при формуванні двогрупних поїздів на головній станції.....	76
3.3 Визначення економії вагоно-годин накопичення вагонів при виконанні обміну груп у двогрупному поїзді.....	82
3.4 Визначення раціональної величини ядра та причіпної групи вагонів двогрупного поїзда.....	90
3.5 Процедура оцінювання оперативного рішення щодо формування двогрупного поїзда.....	92
3.6 Визначення раціональної технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді.....	93
3.7 Висновки.....	103
РОЗДІЛ 4 ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАПРЯМКУ.....	105
4.1 Загальна структура імітаційної моделі залізничного напрямку.....	105
4.2 Функціональна модель роботи технічної станції.....	109
4.3 Ідентифікація технологічного процесу роботи технічних станцій по обслуговуванню поїздів різних категорій.....	119
4.4 Перевірка адекватності моделі.....	121
4.5 Висновки.....	123

РОЗДІЛ 5 ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДІВ В ОПЕРАТИВНИХ УМОВАХ.....	125
5.1 Дослідження впливу оперативного формування двогрупних поїздів на окремі показники роботи головної станції залізничного напрямку.....	126
5.2 Дослідження та аналіз впливу технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції на окремі показники її роботи.....	130
5.3 Визначення впливу окремих факторів на величину ефекту від оперативного керування поїздоутворенням на залізничному напрямку.....	144
5.4 Висновки.....	153
ВИСНОВКИ.....	154
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	157
ДОДАТОК А Акти та довідки про впровадження результатів роботи.....	170
ДОДАТОК Б Визначення характеру надходження вагонів на окремі призначення.....	174
ДОДАТОК В Приклад розрахунку повних витрат, пов'язаних з обміном груп вагонів у двогрупному поїзді.....	180
ДОДАТОК Г Діаграми розподілення випадкових величин тривалості знаходження поїздів різних категорій в парках станції.....	189
ДОДАТОК Д Середній простій транзитного вагона з переробкою на технічних станціях.....	191
ДОДАТОК Е Вихідні дані та результати моделювання при дослідженні впливу глибини прогнозу на технічні показники роботи головної станції залізничного напрямку.....	192
ДОДАТОК Ж Результати моделювання при застосуванні критерію економії витрат Ω та різних значеннях впливаючих факторів.....	199

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АРМ ДНЦ	– автоматизоване робоче місце поїзного диспетчера
АРМ ДСЦ	– автоматизоване робоче місце станційного диспетчера
АСТП	– автоматизована система поточного планування роботи сортувальних станцій
АСУ	– автоматизована система управління
АСУСС	– автоматизована система управління сортувальною станцією
БілДУТ	– Білоруський державний університет транспорту
ВГВ	– відчіпна група вагонів
ГВП	– генератор вхідного потоку заявок
ДИСПАРК	– автоматизована система обліку дислокації вагонів
ДНЦ	– поїзний диспетчер
ДГП	– дорожній поїзний диспетчер
ЕОМ	– електронно-обчислювальна машина
ІОЦ	– інформаційно-обчислювальний центр
МОКЗН	– модель оперативного керування поїздоутворенням на залізничному напрямку
МОУТП	– модель оперативного керування технологічним процесом станції
МТП	– модель технологічного процесу обслуговування об'єктів
МШС	– Міністерство шляхів сполучень
НАСК ВП УЗ	– національна автоматизована система вантажними перевезеннями Укрзалізниці
ПГВ	– причіпна група вагонів
ПКО	– пункт комерційного обслуговування вагонів
ПТО	– пункт технічного обслуговування вагонів
ПФП	– план формування поїздів
РІІЗТ	– Ризький інститут інженерів залізничного транспорту
СА	– скінчений автомат
СМО	– система масового обслуговування
ТП	– технологічний процес
УкрДАЗТ	– Українська державна академія залізничного транспорту
УрДУШС	– Уральський державний університет шляхів сполучень
ФМН	– функціональна модель залізничного напрямку
ФМС	– функціональна модель роботи станції
ЦНДІ МШС	– центральний науково-дослідний інститут Міністерства шляхів сполучень
ЦНДІ ТЕІ	– центральний науково-дослідний інститут техніко-експлуатаційної інформації Міністерства шляхів сполучень
МШС	

ВСТУП

Актуальність роботи. 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.

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.

Проте сучасний етап розвитку галузі характеризується значним ускладненням практики оперативного управління вагонопотоками. Посилюються вимоги клієнтури по термінах доставки вантажів. Ці та інші причини вимагають удосконалення існуючих, а також розробку та впровадження в практику нових методів оперативного управління вагонопотоками. Таким чином, тема дисертації, яка присвячена рішенням задачі удосконалення організації вагонопотоків на залізничному напрямку в оперативних умовах за рахунок формування групових поїздів на базі одnogрупних призначень, є актуальною.

Зв'язок дисертації з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямів розвитку залізничного транспорту, які визначені у Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 №1555-р), а також пов'язана з НДР, яка виконана Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна для Головного управління перевезень Укрзалізниці „Аналіз вагонопотоків та розробка рекомендацій до нормативу з уніфікації маси та

довжини поїздів на основних напрямках залізниць України” (№ державної реєстрації 0108U010673), по якій автор є виконавцем та співавтором звіту.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з організацією вагонопотоків у поїзди та просуванням їх на залізничних напрямках, за рахунок удосконалення керування процесом поїздоутворення в оперативних умовах. Засобом для досягнення вказаної мети є оперативне коригування ПФП за рахунок раціонального комбінування формування одногрупних та двогрупних поїздів попутних призначень. У зв'язку з цим в дисертації були поставлені та вирішені наступні задачі:

- аналіз існуючих методів організації вагонопотоків та оперативного керування поїздоутворенням;
- дослідження характеристик вагонопотоків, що переробляються на технічних станціях, та аналіз процесу накопичення составів;
- формалізація задачі організації вагонопотоків на залізничному напрямку в оперативних умовах;
- розробка критерію та процедури оцінювання оперативного рішення щодо формування двогрупного поїзда при застосуванні адаптивної технології його обробки та з урахуванням впливаючих факторів;
- удосконалення системи імітаційних моделей роботи технічної станції та залізничного напрямку;
- визначення умов ефективного застосування формування двогрупних поїздів на базі одногрупних призначень в оперативних умовах.

Об'єктом дослідження є процес поїздоутворення на технічних станціях залізничних напрямків.

Предмет дослідження – оперативне керування поїздоутворенням з використанням групових поїздів, що формуються на базі попутних призначень нормативного ПФП.

Методи дослідження. Математична статистика та кореляційний аналіз для дослідження характеру надходження вагонів на окремі призначення ПФП; імітаційне моделювання, теорія графів, теорія масового обслуговування, теорія скінчених автоматів для розробки імітаційної моделі роботи залізничного напрямку по формуванню та просуванню вагонопотоків; теорія ймовірності, математична статистика, регресійний аналіз для ідентифікації моделі роботи залізничного напрямку та оцінки її адекватності; імітаційне моделювання, математична статистика, планування факторних експериментів, техніко-економічний аналіз для визначення умов ефективного використання двогрупних поїздів в оперативних умовах.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в вирішенні наступних задач:

- вперше розроблено процедуру оцінювання оперативного рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда, що дозволило скоротити витрати, пов'язані з поїздоутворенням;
- вперше отримано функціональну залежність для визначення сумарної економії вагоно-годин простою вагонів на головній станції при формуванні

двогрупного поїзда, та залежності для визначення сумарної економії вагоно-годин простою вагонів на станції обміну груп при застосуванні різних технологій обробки двогрупного поїзда. Дані залежності дозволяють в оперативних умовах визначати вплив оперативного керування поїздоутворенням на окремі показники роботи технічної станції;

- вперше визначено зони раціонального застосування варіантів технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції в залежності від впливаючих факторів, що дозволило підвищити ефект від оперативного керування поїздоутворенням;

- удосконалено імітаційну модель роботи залізничного напрямку за рахунок включення до її складу моделі оперативного керування поїздоутворенням, яка на відміну від існуючих дозволяє приймати рішення щодо формування двогрупних поїздів на базі окремих попутних одnogрупних призначень з урахуванням оперативної ситуації та прогнозу надходження вагонів;

- удосконалено імітаційну модель роботи технічної станції, яка на відміну від існуючих дозволяє застосовувати раціональну технологію обміну груп вагонів в двогрупному поїзді з урахуванням складу поїзда та оперативної ситуації на станції.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові положення, висновки та рекомендації, отримані в дисертаційній роботі, а також розроблені процедури і алгоритми можуть бути використані при створенні автоматизованих систем підтримки прийняття рішень для оперативного коригування плану формування поїздів, при розробці АРМ диспетчерського персоналу оперативно-розпорядчих відділів дирекцій та залізниць.

В даний час отримані результати використані:

- для удосконалення автоматизованого робочого місця поїзного диспетчера та автоматизованого робочого місця маневрового диспетчера на Придніпровській та Одеській залізницях;

- при розробці нормативів по уніфікації маси та довжини поїздів на основних напрямках залізниць України;

- в учбовому процесі при підготовці спеціалістів та магістрів спеціальності 8.100403 „Організація перевезень та управління на залізничному транспорті” і підвищенні кваліфікації слухачів факультету підвищення кваліфікації ДНУЗТу.

Відповідні акти впровадження роботи наведені у Додатку А.

Особистий внесок здобувача. Всі результати теоретичних і експериментальних досліджень, які приведені в роботі, отримані автором самостійно. Статті [114] та [132] опубліковані без співавторів. У роботах, опублікованих в співавторстві, особистий внесок автора полягає в наступному. У статті [121] обґрунтовано доцільність впровадження раціонального поєднання формування одnogрупних та двогрупних поїздів з метою прискорення доставки вантажів та визначено економічний ефект від впровадження оперативного керування. У статті [126] запропоновано вирішення задачі визначення економії вагоно-годин простою вагонів у сортувальному парку при формуванні окремого двогрупного поїзда у порівнянні з формуванням одnogрупних поїздів та отримано залежність для визначення скорочення простою вагонів під накопиченням на

станції формування. У статті [127] запропоновано вирішення задачі визначення економії вагоно-годин простою вагонів у сортувальному парку при застосуванні можливих варіантів технології роботи з двогрупним поїздом на станції обміну груп. Отримано залежності для визначення скорочення простою вагонів під накопиченням при застосуванні кожного з варіантів виконання обміну груп вагонів у двогрупному поїзді. У статті [131] розроблено імітаційну модель роботи залізничного напрямку по організації та просуванню вантажних вагонопотоків та виконано дослідження з визначення ефекту від застосування оперативного формування двогрупних поїздів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 68-й, 69-й, 70-й та 71-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008, 2009, 2010, 2011 рр.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» (Київ, ДЕГУТ, 2008 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» (Гомель, БелГУТ, 2008); 3-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті» (Київ, ДЕГУТ, 2008 р.); 5-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010 р.); 2-й та 3-й Міжнародній науково-практичній конференції «Интеграция Украины в международную транспортную систему» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010, 2011 рр.); 71-й науково-технічній конференції «Підвищення ефективності роботи та безпеки транспортних систем» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2011 рр.); Міжнародному науково-практичному форумі International black sea transport forum (Одеса, Морський вокзал, 2011 р.) та на наукових семінарах кафедри «Станції і вузли» ДНУЗТ 2007-2011 рр. У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2012 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 19 наукових праць, з них 6 науково-технічних статей у фахових виданнях, затверджених ВАК України, 1 науково-технічна стаття у інших фахових виданнях та 12 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і 7 додатків. Повний обсяг роботи складає 208 сторінок; з них основний текст на 151 сторінці, 3 рисунка та 2 таблиці на 5 сторінках, список використаних джерел зі 132 найменувань на 13 сторінках, додатки на 39 сторінках.

РОЗДІЛ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКАХ В ОПЕРАТИВНИХ УМОВАХ

Розвиток теорії організації вагонопотоків

Вітчизняними вченими і фахівцями залізничного транспорту створена науково обґрунтована система організації вагонопотоків. Вона встановлює найбільш економічний шлях прямування вагонів, раціональний розподіл між технічними станціями сортувальної роботи по формуванню і розформуванню поїздів з навантажених і порожніх вагонів.

Схема організації вагонопотоків представляється у вигляді планів маршрутизації відправників і планів формування поїздів, які організовуються на технічних станціях з навантажених і порожніх вагонів, а також комбінованих, таких, що включають навантажені і порожні вагони. В основі організації вагонопотоків лежить формування составів відповідно до мережевого ПФП.

В умовах безперервного зростання обсягів перевезень план формування був покликаний стримувати темпи збільшення переробки вагонів на технічних станціях, прискорювати просування поїздів, підвищувати інтенсивність використання технічних засобів транспорту. Комплексна розробка ПФП ґрунтується на дослідженні транспортного процесу, формалізації локальних багатоваріантних задач, економіко-математичній моделі оптимізації процесу поїздоутворення на вантажних, дільничних, сортувальних станціях.

Формують поїзди з вагонів певного призначення відповідно до плану формування і встановлених норм маси і довжини составу. ПФП розробляється і затверджується: мережевий по опорних станціях полігону мережі - Укрзалізницею; внутрішньодорожній - управлінням відповідної залізниці.

Завдання розрахунку міждорожнього та внутрішньодорожнього ПФП можна розділити на два рівні [1]:

- 1) визначення оптимального плану формування наскрізних поїздів на полігоні залізниці;
- 2) організацію вагонопотоків в районах місцевої роботи.

Для першої частини розрахунку вибирається опорна мережа на підставі аналізу розміщення на полігоні залізниці станцій, їх технічного оснащення і діючого плану формування. До неї включаються сортувальні, дільничні, великі вантажні станції даної залізниці, а також сусідніх залізниць [2].

У другій частині до опорних додають всі лінійні - вантажні і проміжні станції, що виконують роботу з поїздами за планом формування. Прикріплення вагонопотоків до розрахункових опорних станцій необхідне з метою обліку технології місцевої роботи ділянок.

Ефективною організацією вагонопотоків займалися І.І. Васильєв, П.Я. Гордєєнко [3], А.В. Дмітренко [4], Р.Е.Нурмухамедов [5], А.А. Абрамов [6], Р.В. Межова [7] та інші.

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 (однотрупні, групові) і різні категорії поїздів внутрішньодорожнього плану формування.

Значна частина порожніх вагонопотоків організовується в регульовальні маршрути мережевого призначення, в першу чергу, на станціях вивантаження маршрутів 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 [8,9] - 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 склалися 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 дільничними 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 [10] 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 "наклалися" 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 [11] 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 знаходження оптимального варіанту плану формування поїздів для всього напрямку, тому він практично не застосовується для розрахунку плану формування.

Професором Л.П. Тулуповим [12] 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 [13] в ЦНДІ МШС 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. Ізраїмські-Марут [14] 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 [15-17] 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 [18] для розрахунку плану формування одноступінних 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 [19] допрацювали 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 МШС для розрахунку мережевого плану формування.

Під керівництвом проф. А.А. Аветікяна [20] в ЦНДІ ТЕІ МШС 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".

Розрахунок здійснюється з кінцевих станцій шляхом поступового скорочення з головних станцій більш довгих струменів з метою їх злиття з короткими для збільшення потужності призначення.

Оптимізація системи організації вагонопотоків передбачає підвищення транзитності вагонопотоків і зменшення кількості переробок вагонів на шляху їх прямування, прискорення доставки вантажів, зменшення обороту вагонів. Одним з найбільш дієвих способів досягнення даних цілей є формування групових поїздів.

Виділення порівняно невеликих груп вагонопотоків (30-100 вагонів на добу) в самостійні призначення плану формування часто викликає невиправдані витрати на накопичення, а об'єднання їх з іншими струменями може надзвичайно завантажити непристосовані для великого обсягу переробки вагонів дільничні станції [8,21]. Саме у таких випадках доцільно формувати групові поїзди, тобто поїзди, які складені з вагонів двох та більше призначень, підібраних в окремі групи.

Простій вагонів під накопиченням при цьому, в порівнянні з виділенням кожного струменя в самостійне призначення, знижується, а підбірка вагонів кожного струменя в окрему групу значно полегшує роботу попутних станцій перечеплення груп, де повна переробка складу замінюється простішими

операціями - відчепленням і причепленням груп вагонів. Таким чином, групові поїзди дозволяють економити витрати на накопичення вагонів і раціонально розподіляти сортувальну роботу між станціями.

Групові поїзди, як правило, доцільно формувати на станціях з розвиненими сортувальними пристроями. Це економічно вигідно, якщо додаткові витрати на формування в порівнянні з одногрупними поїздами менше, ніж економія, яка отримується на станції формування та станції обміну груп вагонів. Групові поїзди призначають:

- між гірковими сортувальними станціями з причепленням і відчепленням (обміном) груп вагонів на попутних технічних станціях;

- на напрямках, де состави поїздів змінюються через різницю їх маси та довжини приймально-відправних колій;

- у залізничних вузлах і на ділянках з великою місцевою роботою - передаточні і вивізні групові поїзди.

В даний час на залізницях України формують групові поїзди наступних видів:

- двогрупні та тригрупні без постійної маси груп і прикріплення до певного розкладу. Цей вид найпростіший. Призначають такі поїзди при рівності або збільшенні вагонопотоків на шляху прямування. Такий груповий поїзд формують на початковій станції після накопичення вагонів на повний состав незалежно від кількості, призначення і маси груп кожного з них;

- двогрупні з постійною масою груп, не прикріплені до певного розкладу. Ці поїзди призначають на напрямках, де норми маси змінюються (переломом) у бік зменшення. До них відносяться також наскрізні поїзди, що поповнюються місцевими або внутрішньодорожніми вагонопотоками;

- двогрупні з постійною масою груп, прикріплені до певного розкладу. Призначають їх на напрямках, що перетинаються чи сходяться, при постійних вагонопотоках, недостатніх для формування одногрупних поїздів. Особливо ефективно це в пунктах зародження вагонопотоків, оскільки календарне планування дозволяє регулювати навантаження відповідного числа вагонів по призначеннях;

- дільничні групові поїзди, що обертаються за певним розкладом (можуть бути багатогрупними - до чотирьох-п'яти груп). Використовуються для розвезення місцевого вантажу між суміжними сортувальними станціями.

Формування групових поїздів сприяє прискоренню обороту вагона завдяки зменшенню простою вагонів під накопиченням на технічних станціях [22,23].

Оперативне управління вагонопотоками на залізничному напрямку

Підвищення транзитності вагонопотоків на основі широкого застосування прогресивних способів формування составів більш дальніх призначень і вдосконалення розрахунків плану формування має велике значення. Від прослідкування вагонів в транзитних поїздах на дільничних і сортувальних станціях досягається значна економія часу.

Організація вагонопотоків в групові поїзди вимагає дотримання умов раціональної роботи, які виключають затримки підготовлених груп в очікуванні

відправлення:

- забезпечення при поточному плануванні роботи станції відповідності періодів накопичення груп інтервалам надходження групових поїздів;
- організації перервного процесу накопичення груп шляхом формування важковагових груп і включення в груповий поїзд всіх вагонів відповідного призначення;
- безперервного планування утворення вагонопотоку на станції заміни груп для поповнення групових поїздів в необхідних розмірах.

Великий вплив на експлуатаційну роботу станцій має кількість та категорія поїздів, а також нерівномірність їх надходження [24-27].

План формування поїздів виконується в умовах відхилень фактичних вагонопотоків від планових і зміни загальної оперативної ситуації. За рахунок приведення плану формування у відповідність до коливань вагонопотоків і оперативної ситуації можна скоротити час знаходження вагонів на станціях. Часткова зміна плану формування отримала найменування оперативного коригування.

Сьогодні все більш актуальною стає задача оперативного планування і управління експлуатаційною роботою. В даний час в експлуатаційній теорії і практиці існують ефективні методи оперативного управління вагонопотоками, які дозволяють не тільки визначати обсяги майбутньої поїзної роботи, а й розробляти способи її виконання. Теоретичний базис такого підходу був закладений в працях: М.А. Аветікяна, А.Є. Александрова, Є.В. Архангельського, В.І. Апатцева, К.А. Бернгарда, А.Ф.Бородіна, В.А. Буянова, В.К. Буянової, С.Н. Варгина, Є.А. Ветухова, В.С.Волкова, А.С. Гершвальда, С.Ю. Елісеєва, Н.Д. Іловайського, А.Д. Каретникова, В.Є. Козлова, П.А. Козлова, О.А. Костенко, Г.А. Кузнецова, В.М. Макарова, І.М. Мартинова, Г.А. Мухамедова, А.В. Невзорова, В.І. Некрашевіча, Б.В. Ряшко, П.С. Соколова, Є.А.Сотникова, І.Б. Сотникова, І.Г. Тихомірова, Є.М. Тішкина, Л.П. Тулупова, А.К.Угрюмова, І.В.Харлановича, В.Н. Шабаліна, С.С. Шавзиса, В.А. Шарова, Д.В. Ломотько, Т.В. Бутько та інших дослідників.

Якщо по оперативному плануванню організації вагонопотоків існують наукові розробки, то процес реалізації ефективної технології перевезень в оперативних умовах знаходиться ще в стадії становлення.

Одним з найважливіших завдань оперативного управління вагонопотоками є регулювання процесу накопичення составів шляхом організованого підведення вагонів окремих призначень та їх переробки на сортувальних станціях за планом формування поїздів. В монографії [28] підкреслюється, що регулювання процесу накопичення вагонів обумовлює той або інший порядок операцій, виконання яких пов'язується доцільною схемою підведення груп, переробки і відправлення накопичених вагонів стосовно конкретної ситуації, що склалася, на станціях і ділянках.

Таким чином, процес накопичення є комплексом позастанційних та внутрішньостанційних процесів, кожне з яких характеризується об'єктивними і суб'єктивними чинниками.

У сучасних умовах найкраще поєднання стратегічних рішень довгострокового характеру з раціональною тактикою оперативного управління

вагонопотоками досягається застосуванням суміщеного варіантного ПФП, що включає три групи призначень поїздів:

- стабільне ядро плану формування - на весь період дії;
- призначення, що періодично вводяться і відміняються, з терміном дії від декількох діб до декількох місяців з вказівкою умов їх застосування;
- варіанти коригувань ПФП, які реалізують оперативне управління вагонопотоками з урахуванням умов їх підходу до станцій формування - для окремих поїздів.

Як вказано в роботах [29,30] для призначень, що входять в нормативний ПФП, доцільно розраховувати критичні (найбільші і найменші) розміри вагонопотоків. Далі визначають коригування, які слід вносити до основного варіанту плану при зміні вагонопотоків понад критичні значення.

Одноразові коригування ПФП повинні бути такими, щоб не погіршувалися умови роботи станцій, що знаходяться попереду і не порушувався в цілому порядок просування вагонів, встановлений нормативним ПФП. Тому в якості коригування, серед інших заходів, розглядається формування групових поїздів з урахуванням можливості формування причіпних груп на попутних станціях.

З метою забезпечення більшої стабільності експлуатаційної роботи в [29,30] рекомендується прагнути до того, щоб робота по попередженню виникаючих і локалізації виниклих експлуатаційних утруднень була зосереджена безпосередньо у вузлах і на обмежених полігонах залізниці, а потреба в змінах ПФП і порядку прямування вагонопотоків на мережевому рівні була б мінімальною.

В «Загальних вказівках до плану формування поїздів» регламентується порядок внесення змін в ПФП [31, 32]. Але лише починаючи з 1999 року з'явився пункт, що узаконює оперативне коригування плану формування для окремих поїздів [32].

Цей пункт відкриває можливість здійснювати оперативне коригування ПФП диспетчерським апаратом в рамках змінно-добового і поточного планування поїзної роботи станцій без узгодження з інженером по плану формування залізниці

Оперативному коригуванню ПФП були присвячені роботи В.В. Кутиркіна [33], О.Ю. Папахова [34] та ін.

Для ефективного вирішення завдань оперативного коригування В.В. Кутиркін побудував модель динамічної системи організації вагонопотоків на заданому інтервалі планування T [33].

Узагальнена модель розрахунку нормативного плану формування представлена у вигляді задачі нелінійного цілочисельного програмування

.3

,

де $X = \{x_{ij}\}$ - план формування;

x_{ij} - цілочисельна змінна, яка дорівнює одиниці, якщо є призначення (i,j) , або нулю, якщо немає призначення;

- потужність призначення (i,j) - вагонопотік призначення (i,j) ;

- завантаження i -тої станції;

- максимальне значення переробної здатності станції;

$P(N_{ij})$ - цілочисельна функція, яка залежить від потужності призначення (i,j) .

Дане завдання дискретної оптимізації нестійке до початкових даних і в першу чергу до вагонопотоків. Це пов'язано з тим, що незначні зміни початкових даних можуть приводити до необхідності значної зміни вибраного плану формування. Отже план, який обирається, не можна прив'язувати до певної інформації про вагонопотоки, так як він повинен бути стійким до деяких коливань інформації, тобто бути оптимальним в середньому і володіти певним запасом стійкості.

Виникає завдання визначення стійкого ядра плану формування, яке залишається фіксованим на весь період планування. У решті частини плану формування в призначення об'єднують нестійкі вагонопотоки. Формування ядра призначень забезпечує стійкість плану до випадкових флуктуацій потоків і зводить зміни в ході оперативного коригування до мінімуму, тобто забезпечує стійкість всього плану формування.

Умова наявності запасу стійкості у призначень є системою додаткових обмежень, яка звужує область допустимих рішень при розрахунку плану формування і полегшує процедуру пошуку оптимального рішення.

Основним недоліком даної методики є неможливість її широкого застосування. Часто не можна визначити стійке ядро плану формування через значні коливання вагонопотоків.

У своїй науковій роботі О.Ю. Папахов [34] розробив методику розрахунку внутрішньодорожнього плану формування одноступінних наскрізних поїздів на полігоні виділених станцій на підставі деталізованих кореспонденцій вагонопотоків залізниці, отриманих на базі АСОУП.

Завдання розрахунку плану формування одноступінних поїздів зводиться до відшукування таких значень булевих змінних x_{ij} , y_{pq} , для яких цільова функція

.3

,

приймає мінімальні значення при обмеженнях по колійному розвитку (при виділенні однієї колії для кожного призначення) та по перероблюючій здатності станцій.

Для вирішення поставленого завдання було застосовано адитивний алгоритм задачі цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними. Адитивний алгоритм полягає в побудові послідовності часткових планів та у виключенні деяких підмножин їх доповнень.

Таке виключення проводиться в тих випадках, коли дана підмножина не має жодного доповнення, або коли будь-яке з цих доповнень дає значення цільової функції (1.6) не краще, ніж раніше досягнуте. Недоліком методики є неможливість її застосування при формуванні групових поїздів.

У роботах О.Ю. Папахова та В.К. Буянової [35] 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.

У роботах В.А. Покавкіна [36, 37] 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.

Пристосування плану формування до змінних експлуатаційних умов роботи залізниці та напрямків мережі приводить до необхідності більш широкого 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 [38] 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 [39] проф. Т. В. Бутько розглянуто принцип планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин. В роботах [40-42] 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 УкрДАЗТу [43-46] розроблено заходи щодо раціональної організації вагонопотоків. В роботі [46] удосконалення технології коригування ПФП пропонується за рахунок погодженої організації групових поїздів оперативного призначення. Але, на жаль, 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.

Оперативне коригування є найбільш поширеним на практиці і разом з тим найбільш складним. Для проведення оперативного коригування необхідно детальне вивчення характеру надходження вагонів на станції напрямку, що дозволило б збільшити оперативність рішень, що приймаються.

У зв'язку зі всім переліченим вище, стає чітко вираженою актуальність призначення групових поїздів в оперативних умовах. Враховуючи велике значення групових поїздів в справі прискорення просування вагонопотоків, потрібно розробити чіткі теоретичні положення по вдосконаленню формування і пропуску групових поїздів в оперативних умовах, а також визначити ефективні сфери їх застосування.

Досвід вітчизняних та закордонних залізниць в організації вантажних перевезень

В даний час на мережі залізниць України зберігається традиційна технологія планування поїздоутворення, заснована на Дебальцевському методі 1950-х років. Маневровий диспетчер станції за допомогою оператора-накопичувача визначає моменти часу закінчення накопичення составів згідно прийнятої черговості розформування-формування поїздів. Потім він визначає порядок підготовки накопичених составів до відправлення відповідно до технологічного процесу роботи станції.

До теперішнього часу планування поїздоутворення на переважній більшості станцій мережі здійснюється практично «вручну». Проте значні обсяги інформації, які необхідно обробити в свідомості маневровому диспетчеру протягом дуже стислих термінів, не дозволяють розраховувати на задовільну якість такого «ручного» розрахунку.

Бурхливий розвиток обчислювальної техніки в другій половині ХХ століття послужив поштовхом до розвитку теорії і практики оперативного управління вагонопотоками і, зокрема, поточного планування роботи на сортувальних і дільничних станціях. Було розроблено і запропоновано до розгляду немало методів планування сортувальної роботи станцій та поїздоутворення.

Перший спрощений метод розрахунку плану поїздоутворення - інтервальний табличний метод – з використанням можливостей електронно-цифрових обчислювальних машин (ЕВМ) «Урал-2» був запропонований у

відділенні обчислювальної техніки ЦНДІ МШС в 1962 році Л.П. Тулуповим і В.А. Буяновим [47, 48].

В Уральському відділенні ЦНДІ МШС Н.Д. Іловайським був розроблений [49] метод двоступінчатого планування черговості розформування составів. На основі запропонованого методу ним був розроблений алгоритм деталізованого розрахунку плану поїздоутворення. Розроблений програмний продукт, впроваджений в дослідну експлуатацію на станції Перм-Сортувальна [50], проявив підвищену чутливість до точності прогнозу прибуття поїздів. Тому даний метод може бути використаний в дослідженнях по вибору оптимальної технології роботи станції, але для оперативного розрахунку плану поїздоутворення на декілька годин вперед його використання недоцільне.

Також, за участю Н.Д. Іловайського, в науково-дослідному інституті Південної залізниці, для вирішення завдання оперативного планування поїздоутворення, були застосовані методи динамічного та мережевого планування і управління [51]. На основі розробленої методики з використанням теорії графів завдання оперативного планування роботи сортувальних станцій вирішувалося за допомогою мережевого графіка.

В Інституті кібернетики академії наук АН УРСР О.А. Костенко та Б. дель Ріо був запропонований метод покрокового перебору варіантів [52], який можна ефективно використовувати при плануванні роботи станції на короткі періоди часу (до 1-1,5 годин).

Як розвиток вищезгаданого методу співробітник Інституту кібернетики АН УРСР М.В. Пархоменко запропонував замінити формування і подальший покроковий аналіз варіантів випадковим вибором та аналізом деякого числа варіантів черговості розформування. Кращий з цих варіантів обирається у якості ефективного [53].

Теоретичні та методологічні принципи поточного планування роботи сортувальних станцій із застосуванням ЕОМ закладені в працях проф. В.А. Буянова [54,55], проф. Н.Д.Іловайського [56,57] та інших фахівців. На їх основі був реалізований типовий комплекс автоматизованої системи поточного планування роботи сортувальних станцій (АСТП) як в автономній версії, так і у складі автоматизованої системи управління сортувальною станцією (АСУСС).

У системі АСТП Південно-Західної залізниці завдання планування роботи станцій були сформульовані на базі теорії множин, теорії графів і лінійного програмування. У АСТП забезпечувалося вирішення комплексів економічних, інженерних і математичних завдань з використанням математичного апарату теорії дослідження операцій.

У впровадженні на Південно-Західній залізниці АСТП активну участь брали працівники дорожнього обчислювального центру та Інституту кібернетики АН УРСР. Для станції Дарниця план поїздоутворення розраховувався на ЕОМ «Мінськ-22» вже з 1969 року [58]. В результаті розрахунку на друк видавався план прибуття поїздів на станцію з розкладанням составів по призначеннях плану формування, вказівкою рекомендованої черговості розформування-формування составів, і план відправлення поїздів по напрямках з підв'язкою поїзних локомотивів. Машинне планування поїздоутворення значно підвищило продуктивність

праці працівників станції - час накопичення составів в сортувальному парку знизився на 0,9 години. У 1970 році в Обчислювальному центрі Південно-Західної залізниці почалося планування на ЕОМ поїздоутворення станції Жмеринка, а з 1971 року в єдину систему були включені станції Шепетівка, Коростень і Конотоп.

На початку 80-х років минулого століття на станції Орехово-Зуєво була впроваджена АСТП у складі АСУСС на ЕОМ «Дніпро» [59, 60] (розробники – Е.А. Сотников, В.А. Буянов та ін.) при активній участі фахівців інформаційно-обчислювального центру (ІОЦ) Московської залізниці і станції (Н.Т. Чмихалова, І.С. Гусева, В.Л. Трайковіча і ін.).

Практичне застосування комплексу АСТП дозволило істотно підвищити якість планування, збільшити достовірність початкових даних для регулювання локомотивів і локомотивних бригад, прискорити відправлення зі станцій транзитних вагонів.

Проте можливості системи істотно стримувалися рівнем розвитку програмно-технічного комплексу (продуктивність ЕОМ другого і третього покоління, засоби введення даних і обміну інформацією між станційними системами і ІОЦ залізниці). При цьому в період впровадження системи на залізницях ще не було поїзних моделей в обсязі сучасної автоматизованої системи оперативного управління перевезеннями (АСОУП), а вагонні моделі обмежувалися сортувальними системами станцій, не охоплюючи інших внутрішньостанційних об'єктів (вантажні райони, вагонне депо та ін.). Все це призвело до фрагментарності результатів планування, недоліків в інформаційному забезпеченні, відсутності варіантності в управлінні.

У 1980-і роки був накопичений досвід оперативного формування поїздів підвищеної транзитності з використанням даних АСУ на Білоруській залізниці. Під керівництвом проф. В.А. Буянова розроблена задача організації таких поїздів в умовах взаємодії систем АСУСС на мережевих напрямках [61].

У 90-х роках Л.П. Тулупов і Ян Юйліан [62,63] розробили методику поточного планування поїзної роботи технічних станцій, де відмічено, що планування роботи станцій повинне бути взаємопов'язане з плануванням руху поїздів на прилеглих ділянках. Через кожні 3-6 годин користувач повинен розраховувати на ЕОМ деталізований план-графік роботи станції і прилеглих ділянок. При цьому моделювання поїзної роботи здійснюється із застосуванням не середніх значень або технологічних нормативів часу виконання операцій технологічного процесу, а норм часу, що оперативно розраховуються, залежно від конкретних характеристик каналу обслуговування і об'єкту управління. На думку авторів моделювання з використанням надточних норм часу виконання операцій дозволяє істотно підвищити якість планів-графіків.

Д. Ю. Левін і В. Л. Павлов в роботі [64] запропонували для розрахунку составоутворення застосовувати укрупнене імітаційне моделювання роботи сортувальної станції за допомогою програмних засобів пакету MATLAB. У якості критерію при оптимізації роботи станції прийнятий мінімальний час простою составів в очікуванні ниток графіка, забезпечених локомотивами і локомотивними бригадами.

Як показав досвід впровадження вищезазначених комплексів завдань поточного планування поїздоутворення, практично всі вони виявилися критичними до точності прогнозу прибуття поїздів.

Для оперативного управління вагонопотоками принципово нові можливості створює система ДИСПАРК [65,66], яка враховує фактичну дислокацію вагонів і умов їх підведення до станції формування. Високий рівень достовірності вагонних моделей залізниць і їх підмоделей на станціях, у вузлах і на ділянках дозволяє оцінювати і прогнозувати варіанти поїздоутворення і поточних коригувань плану формування на основі точних характеристик кожного вагона.

Динамічне управління вагонопотоками з реалізацією поточних коригувань плану формування засноване на комплексному плануванні поїздоутворення [67]. Таке планування охоплює одночасно всі станції формування поїздів на полігоні, та враховує реальну глибину прогнозу вагонопотоків по призначеннях [68-73].

Для автоматизації управління організацією вагонопотоків необхідна хороша інформаційна база, яка в даний час досить ґрунтовно створена і постійно підтримується в актуальному стані.

Точність прогнозу прибуття поїздів найбільше впливає на достовірність і доцільну деталізацію плану роботи станції. Практично, якщо складається оперативна обстановка, при якій фактична наявність составів поїздів на станції не відповідає плановій, або є значні обмеження по заповненню сортувальних і приймально-відправних колій, диспетчери станцій перестають користуватися розрахованим планом і далі керують роботою звичними для них методами.

Планування формування дальніх і місцевих поїздів слід здійснювати в коротші терміни і підходити до рішення даного питання гнучкіше, ніж в даний час в Україні. Про це свідчить досвід інших країн. У багатьох європейських країнах в даний час створені центри сервісу і логістики, які здійснюють попередній прийом замовлень і оптимізацію маршрутів підвезення вантажів. Техніка для перевезення вантажів в даному випадку надається децентралізовано [74]. Можливості координації руху існуючих поїздів на великі відстані по мережі і цілеспрямованого формування груп вагонів для подальшого включення їх до складу об'єднаних поїздів приводять до впровадження принципово нової концепції поїзної роботи: вантажовідправники формують автономні модулі призначенням в один і той же пункт. Модулі можуть складатися з локомотива невеликої потужності і традиційних вагонів або бути вантажними моторними секціями. Для мінімізації числа займаємих ниток графіка модулі по шляху проходження зчіплюють з іншими подібними модулями, причому локомотив залишається у складі модуля і тяга розподіляється по всьому составу. При відповідній системі управління локомотивами сила тяги на зчепі ведучого локомотива вже не лімітує допустиме значення причіпної маси поїзда.

Одним з можливих рішень в поліпшенні організації перевезень Великобританії [75] є використання групових поїздів, до складу яких включаються групи вагонів, що мають різні пункти призначення. Головну (загальну) ділянку лінії ці групи слідує разом як один поїзд, а на вузлових станціях відчіплюються від составу і прямують по своїх маршрутах. По дорозі

назад відбувається поступове об'єднання груп в один состав. Наприклад, в коридорі Лондон - Брайтон компанія Connex South Central включає до складу деяких поїздів до трьох окремих груп вагонів.

Таким чином, для проходження загальних, як правило, найбільш завантажених ділянок декільком групам вагонів потрібна тільки одна нитка графіка. Доцільно складати поїзди навіть з груп вагонів, що належать різним операторам. Так, в деякі поїзди, що відправляються від станції Манчестер-аеропорт, включаються групи вагонів призначенням на Барроу і Единбург, роз'єднані в Болтоні, причому ці групи належать різним операторам - North Western Trains і Virgin. Проте вказаний метод, будучи ефективним засобом збільшення пропускної спроможності, часто пов'язаний з додатковими витратами і тому не завжди виправданий економічно.

Розвиток залізниць Німеччини (DBAG) [76] йде по шляху масштабної реструктуризації, що включає диверсифікацію в областях діяльності, доповнюючих перевезення. Програма Network.21, яка впроваджена на німецьких залізницях, направлена на підвищення надійності експлуатаційного процесу і збільшення провізної здатності при скороченні витрат на поточне утримання, в основному побудована на впровадженні нових технологій, що гарантують справний стан інфраструктури, з одного боку, і підвищення рівня транспортного обслуговування, з іншого.

В результаті реформ в залізничній галузі та введення гнучкої системи вузлових станцій DBAG добилися більшої свободи у формуванні поїздів і кращого використання провізної здатності залежно від змінного протягом доби попиту. Система повагонних перевезень збудована як ієрархічна, при цьому поїздопотік складається в основному з місцевих поїздів, що виконують функції підвезення, і збірних, що обертаються між сортувальними станціями [77, 78]. Ця система добре зарекомендувала себе і забезпечує використання підвищених вагових норм поїздів, їх економічну ефективність. Система діє нормально, якщо з вантажів, що надходять, можуть формуватися відносно постійні вагонопотоки. Реструктуризація попиту і свідомо концентрація на певних вигідних секторах ринку з високими вимогами до термінів доставки привели до того, що ця система відчуває все більш високі перевантаження протягом декількох годин доби. Тому на деяких станціях були створені високопродуктивні сортувальні комплекси з високим ступенем автоматизації, внаслідок чого формування поїздів було зосереджене на невеликому числі добре обладнаних сортувальних станцій. Перевозити вантажі малою швидкістю пропонується при дальності 200 км, тобто між сортувальними станціями і в зоні тяжіння до них, здійснюючи доставку протягом 18 год. Крім того, виникає додатковий простій на сортувальних станціях. При середній дальності в системі перевезень повагонними відправками близько 300 км дільнична швидкість складає всього біля 20 км/год, що є істотним недоліком.

Істотний вплив на зниження експлуатаційних витрат на залізницях США дає застосування нових інформаційних технологій [79,80], які мають високий потенціал з погляду підвищення рівня обслуговування. Система управління рухом з використанням оперативної інформації передбачає багато переваг, хоча їх

економічна ефективність не доведена. При плануванні впровадження систем, що забезпечують споживачів, операторів і менеджерів точною і своєчасною інформацією в цілях прийняття ефективних рішень, необхідно враховувати аспект відповідності вимог вантажовласників до послуг, що їм надаються.

Вантажовідправники зацікавлені в регулярному русі поїздів та підвищенні надійності руху. Збільшення числа поїздів з вищою швидкістю і оплачуваних по більш високим тарифам, сприяє зростанню доходів при зниженні витрат.

Крім того, в США велика увага приділяється груповим поїздам. Після відправницьких та технологічних маршрутів найбільш ефективною формою в організації перевізного процесу вважається підбірка і просування груп вагонів в групових поїздах. Очевидно, що це питання в сучасних умовах функціонування залізниць України також повинне отримати актуальність, оскільки воно значною мірою сприяє прискоренню доставки вантажів клієнтам і отриманню додаткового прибутку.

У американській пресі постійно підкреслюється зацікавленість клієнтури в маршрутах. По-перше, при перевезеннях в маршрутах тарифи значно нижчі, у зв'язку з цим, як відзначає Ч.А.Тафф в своїй книзі про організацію транспортних перевезень в США [81], в цій країні широко практикується об'єднання вантажовідправників, що відправляють свої вантажі в загальні призначення, для укрупнення відправок, зокрема до маршруту, з метою отримання при цьому зиску за рахунок нижчих тарифів.

З іншого боку, ще більший зиск отримують від маршрутизації залізниці. За повідомленнями преси, залізниці США збільшили свою конкурентну здатність і отримують великі доходи - перш за все у зв'язку із зниженням експлуатаційних витрат за рахунок формування і пропуску групових поїздів [82].

У статті В. Пегза [83] докладно описується розвиток маршрутизації в Польщі, особливо на Катовицькій залізниці, яка обслуговує найважливіший промисловий центр країни. У ній, зокрема, повідомляється про пріоритет пропуску групових поїздів і застосування відносно даних маршрутів знижених провізних тарифів. Завдяки цьому оборот вагону на Катовицькій залізниці знизився з 3.25 до 2.59 діб, ліквідовані збої в роботі сортувальних станцій.

Аналізуючи організацію вагонопотоків на закордонних залізницях, можна зробити висновок про те, що в багатьох країнах спостерігається тенденція підведення плану формування під умови своєчасної доставки вантажів, що підтверджується високою часткою маршрутизації в залізничних перевезеннях, а також широкому застосуванню групових поїздів та їх формування в оперативних умовах.

Постановка задачі удосконалення організації вагонопотоків на залізничному напрямку в оперативних умовах

Система організації вагонопотоків на залізницях України склалася ще за часів СРСР і була розроблена з орієнтацією на стабільне збільшення обсягів перевезень. Але, навіть в минулому, досить значний вплив на ефективність організації вагонопотоків мали коливання потужності вагонопотоків та

нерівномірність їх надходження на технічні станції.

Для зменшення впливу даних факторів на ефективність організації вагонопотоків було розроблено ряд методів оперативного управління вагонопотоками, багато з яких успішно апробовано і застосовуються на практиці. Кожен з існуючих методів, поза сумнівом, володіє рядом переваг і має певне теоретичне і практичне значення, але практично всім їм властиві недоліки, основні з яких:

- поточне планування поїзної роботи кожної станції залізничного напрямку виконується ізольовано, без урахування взаємовпливу між станціями;
- потенціал формування групових поїздів використовується недостатньо.

В сучасних умовах функціонування залізниць України, коли відбулося значне зменшення обсягів перевезень, та реформи у галузі, які стосуються експлуатаційної діяльності, а також розвиток інформаційного середовища викликають необхідність уточнення діючих і розробки нових методів оперативного управління вагонопотоками. У зв'язку з цим в рамках роботи пропонується дослідження та удосконалення організації вагонопотоків на залізничному напрямку за рахунок оперативного формування групових поїздів на базі одностанційних призначень. Рішення поставленої задачі буде охоплювати одночасно всі технічні станції в межах залізничного напрямку, враховувати реальну глибину прогнозу надходження вагонопотоків за призначеннями, розміщення взаємодіючих станцій та план формування, що їх пов'язує.

Для вирішення поставленої задачі необхідно розробити та дослідити критерії, на основі яких будуть прийматися рішення по формуванню групових поїздів в оперативних умовах. Крім цього необхідно визначити умови та межі ефективного застосування оперативного коригування ПФП. Потужним інструментом для оцінки ефективності оперативного формування групових поїздів на базі одностанційних призначень є імітаційне моделювання процесу організації та просування вагонопотоків на залізничному напрямку.

Аналіз сучасних методів моделювання роботи залізничних станцій та мереж

Дослідження роботи залізничних станцій та вузлів було в числі перших сфер застосування ЕОМ в експлуатації залізниць. При цьому широке застосування здобуло імітаційне моделювання, яке є потужним засобом для дослідження процесів, що відбуваються на залізничному транспорті. Крім цього імітаційне моделювання забезпечує виконання таких експериментів, які неможливо виконати на реальних об'єктах залізничного транспорту з різних причин.

Розвиток імітаційного моделювання транспортних систем починається в 60-ті роки ХХ сторіччя зі створення імітаційних моделей залізничних станцій для дослідження і оптимізації їх роботи [84, 85]. У цих роботах для аналізу завантаження технічних пристроїв станцій пропонується використовувати статистичне моделювання технологічних процесів, при цьому враховується випадковий характер вхідного потоку поїздів та тривалості обслуговування поїзда

Основи імітаційного моделювання роботи залізничних станцій було розроблено в роботі [86], у якій сформульовані загальні принципи формалізації станцій та вузлів, викладається методологія побудови їх функціональних моделей. У цій роботі рекомендується застосовувати системний підхід до побудови моделей залізничної станції або вузла. При цьому станція або вузол розглядається як багатофазна система масового обслуговування, в яку поступають заявки на обслуговування (поїзди, состави, локомотиви та ін.).

Розвиток обчислювальної техніки призвів до більш інтенсивного розвитку імітаційного моделювання. У роботах [87] приведено опис і результати застосування імітаційної моделі сортувальної станції, розробленої в НІЗТі. Модель передбачає імітацію виконання всіх технологічних операцій з поїздами і вагонами у всіх парках станції, у тому числі і процес накопичення составів в сортувальному парку. Об'єкти (поїзди), що надходять на станцію, обслуговуються відповідно до їх пріоритетів. Обслуговування об'єкту в кожному парку станції моделюється як одна операція, що істотно скорочує час моделювання, але не відповідає реальному технологічному процесу роботи.

У багатьох роботах для моделювання станцій пропонується використовувати апарат теорії масового обслуговування. В роботі [88] розглядається можливість застосування методів теорії масового обслуговування для дослідження роботи парку прийому сортувальної станції. Недоліком даної роботи є те, що потік заявок (поїздів, вагонів), що надходять для обслуговування, розглядається як найпростіший, а інтенсивність обслуговування прийнята постійною, що не відповідає реальним умовам роботи залізничних станцій. Модель роботи сортувальної станції, яка розроблена в РІЗТі [89], використовується для нормування показників її роботи. В ній станція розглядається як багатоканальна багатофазна система масового обслуговування. При моделюванні враховуються імовірнісні характеристики потоку поїздів і інтенсивності їх обслуговування. Для кожного поїзда, який надходить в розформування, моделюється його склад. Тривалість операцій визначається з урахуванням параметрів поїзда і системи обслуговування. Запропонована також методика для моделювання процесу накопичення вагонів в сортувальному парку.

За допомогою імітаційної моделі, розробленої на основі теорії масового обслуговування, вирішуються питання прогнозування і планування роботи залізничних станцій в роботах [90-92]. Крім того, розглядається можливість застосування розробленої моделі для нормування різних показників роботи станції, а також аналізу якості роботи оперативної зміни [92]. З цією метою, на початку зміни за прогнозними початковими даними про підхід поїздів і вагонів виконується моделювання роботи станції. Аналіз виконується на основі порівняння показників роботи станції, отриманих за наслідками роботи зміни і в результаті моделювання роботи станції.

Подальший розвиток засобів обчислювальної техніки обумовив інтенсифікацію розвитку систем імітаційного моделювання. В УрДУШСі було розроблено систему моделювання роботи сортувальної станції ІСТРА [93, 94]. Імітаційна модель використовується для оперативного планування роботи станції в умовах, що змінюються. Крім того, при використанні даної системи на станції є

можливість отримання оперативної інформації безпосередньо з АСОУП. У загальному вигляді модель станції характеризується безліччю елементів, операцій і оператором управління, який описує логічну послідовність виконання операцій залежно від стану моделі. Елементи моделі поділяються на технологічні, інформаційні і керуючі. Технологічні елементи відображають реальні пристрої, інформаційні, – імітують представлення реальних пристроїв в пам'яті диспетчера, керуючі елементи моделюють процеси управління. Оператор управління реалізує ситуаційний принцип, на основі якого моделюється процес ухвалення рішення диспетчером. Операції моделі ув'язуються між собою за допомогою «Таблиці взаємозв'язку операцій». В ній указуються послідовність і умови виконання технологічних, інформаційних і керуючих операцій. При цьому в системі ІСТРА реалізований принцип покрокового моделювання, яке керується подіями.

В роботі [95], для моделювання роботи вантажної станції, розроблено новий, об'єктно-орієнтований, підхід. При побудові моделі вантажна станція розглядається як система масового обслуговування, що включає набір взаємодіючих об'єктів. Під об'єктами розуміються технічні і технологічні пристрої, що виконують обслуговування заявок, які надходять на станцію. При цьому кожен об'єкт розглядається як деякий автомат, який залежно від свого внутрішнього стану і зовнішньої дії, що надійшла на його вхід, переходить з одного стану в інше. Керує роботою моделі програма-розпорядник, яка виконує стеження за станом кожного об'єкту і, при виникненні зовнішньої дії, змінює його стан. За результатами моделювання здійснюється побудова плану-графіка роботи станції за допомогою пакету AUTOCAD.

Широкого поширення останнім часом набули моделі транспортних об'єктів, розроблені на основі мереж Петрі. Технологічний процес обробки поїздів в таких моделях представляється послідовністю позицій (станів) і переходів. При цьому переходи імітують обробку об'єктів протягом заданого часу, а позиції характеризують поточний стан системи і визначають умови переходів. При виконанні умов перехід спрацьовує, внаслідок чого змінюється поточна розмітка мережі. Під керівництвом проф. Є.В. Нагорного розроблена методика представлення комплексу "Сортувальна станція – примикаючі ділянки" у вигляді мережі Петрі [96, 97]. У цих роботах викладена методика побудови мережі Петрі, що дозволяє моделювати роботу сортувальної станції і її взаємодію з примикаючими ділянками. Розроблена методика допускає будь-яку ступінь деталізації системи, що моделюється, за рахунок ускладнення структури мережі. Модель допускає можливість завдання, як постійних, так і випадкових параметрів вхідного потоку поїздів і системи обслуговування. За допомогою моделі можна фіксувати стан системи в довільний момент часу, а також визначити за наслідками моделювання показники її роботи. Є можливість дослідження моделі шляхом варіювання окремих її параметрів.

З використанням вказаної методики в [98] розроблена модель підсистеми розформування сортувальної станції, за допомогою якої було виконано дослідження функціонування однієї із станцій України. На основі аналізу результатів досліджень запропоновані рекомендації по вдосконаленню технічного

оснащення і технології роботи станції. В роботі [99] на основі мереж Петрі розроблена імітаційна модель залізничної станції, яка використовується для прогнозування показників її роботи в умовах, що змінюються, шляхом автоматизованої побудови графіка виконаної роботи.

Використання мереж Петрі дозволяє скоротити витрати часу на розробку моделей транспортних об'єктів, а також спростити процес їх створення. Разом з тим, як недолік слід зазначити відсутність в моделі алгоритму вибору черговості виконання окремих операцій при виникненні конфліктних ситуацій.

Окремої уваги заслуговують імітаційні моделі функціонування залізничної мережі. Дані моделі є більш складними і базуються на імітаційних моделях станцій, що входять до складу даних мереж. Так в роботах [100, 101] розроблено математичні моделі для імітації процесу поїздоутворення та просування поїздів на мережі з застосуванням об'єктно-орієнтованої системи моделювання.

В напрямку розробки імітаційних моделей функціонування залізничної мережі цікавим є досвід вчених БілДУТа. В роботах [102, 103] запропоновано автоматизацію створення імітаційної моделі залізничної мережі на основі імітаційних моделей залізничних станцій, які входять до її складу. Розроблені моделі побудовані з застосуванням мережевого графіку та теорії масового обслуговування. Вони використовуються для оцінки експлуатаційних та економічних характеристик функціонування залізничних мереж по організації вагонопотоків, визначення «вузьких» місць на залізничній мережі, вирішення задач раціонального розподілу навантаження на окремі ділянки та вузли мережі. Основними недоліками даних моделей є складність їх побудови та моделювання роботи залізничної мережі дискретно, тобто робота кожної станції мережі моделюється автономно, а результати її роботи є вихідними даними для моделювання роботи наступної станції. Це не дозволяє застосовувати такі моделі для дослідження роботи залізничної мережі в оперативному режимі.

Однієї з основних проблем, що виникають при функціональному моделюванні роботи залізничних мереж та станцій, є складність формалізації технологічних процесів обробки поїздів, які можуть суттєво відрізнятися для різних категорій поїздів. Для полегшення й спрощення підготовки до моделювання в ДНУЗТі виконано комплекс робіт, що пов'язані з розробкою методики подання технології виконання основних операцій обробки поїздів та технічного оснащення станцій. Так для формалізації технологічного процесу обробки поїзда в [104] пропонується використовувати структурно-часову таблицю комплексу робіт, а в [105] формалізація технологічних процесів обробки об'єктів здійснюється з використанням детермінованого кінцевого автомата, який забезпечує виконання з кожним об'єктом всього комплексу технологічних операцій відповідно до їх взаємної обумовленості. Для врахування впливу оперативно-диспетчерського персоналу в [105] запропоновано концепцію ергатичних моделей станцій, в яких людина бере безпосередню участь в процесі моделювання і управляє технологічним процесом станції. В роботі [106] запропоновано імітаційну модель залізничного напрямку, яка побудована з використанням скінчених автоматів. Дана модель використовується для дослідження організації руху поїздів та впливу їх параметрів на показники роботи

залізничних напрямків. Використання такого роду моделей дозволяє вирішувати широке коло прикладних задач, направлених на удосконалення роботи залізничних мереж та станцій, але вони не можуть бути застосовані для досліджень, в яких необхідно приймати оперативні рішення по керуванню їх роботою.

Отже, розроблені моделі дозволяють адекватно моделювати роботу залізничних мереж та станцій, але необхідним є подальше їх удосконалення з метою забезпечення виконання досліджень їх функціонування в умовах застосування оперативного керування роботою.

Висновки

В першому розділі виконано аналіз проблеми організації вагонопотоків на залізничному напрямку в оперативних умовах та сформульовано наступні висновки:

1) система організації вагонопотоків, яка склалася ще за часів СРСР, майже не пристосована до тих умов, в яких доводиться функціонувати залізницям України в теперішній час. Сучасні умови функціонування характеризуються великими коливаннями потужності призначень, що суттєво впливає на нерівномірність надходження вагонів на окремі призначення ПФП;

2) ринкові відносини висувають більш жорсткі умови до організації перевізного процесу в цілому, і зокрема до ПФП, як основного чинника в організації вагонопотоків. План формування повинен чітко забезпечувати строки доставки вантажів, зменшувати витрати, пов'язані з переробкою вагонів та просуванням вагонопотоків на залізничних напрямках, гнучко пристосовуватися до оперативної ситуації;

3) оперативне коригування ПФП покликане усунути вплив нерівномірності на ефективність організації вагонопотоків та сприяє прискоренню обороту вагонів;

4) формування групових поїздів є важливим резервом для скорочення термінів доставки вантажів. Вітчизняний та закордонний досвід по формуванню та пропуску групових поїздів свідчить про економічну ефективність такої форми організації вагонопотоків. Однак широкого застосування на мережі залізниць України вона не отримала;

5) вітчизняними вченими розроблено та апробовано багато методів оперативного керування вагонопотоками, але майже всі вони не враховують характер надходження вагонопотоків на технічні станції напрямку та поточну оперативну ситуацію. Крім цього залізничний напрямок не розглядається як одне ціле, з урахуванням раціонального функціонування кожної технічної станції напрямку;

6) на даний час в Україні відсутня чітко сформульована методика оперативного формування групових поїздів на базі одnogрупних призначень, яка б враховувала поточний стан всього напрямку в цілому. У зв'язку з цим дана проблема є актуальною і потребує розробки методів її вирішення;

7) аналіз сучасних методів моделювання роботи залізничних станцій та мереж показав, що існуючі моделі дозволяють адекватно моделювати роботу залізничних мереж та станцій, але необхідним є подальше їх удосконалення з

метою забезпечення виконання досліджень їх функціонування в умовах застосування оперативного керування роботою.

РОЗДІЛ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАКОПИЧЕННЯ СОСТАВІВ НА ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЯХ

Поїздоутворення відбувається в сортувальному парку і є одним з найважливіших процесів роботи технічної станції. Питання раціональної організації вагонопотоків неможливо вирішити без визначення затрат вагоно-годин на накопичення окремого состава. Процес накопичення состава окремого призначення ПФП залежить від таких факторів як потужність вагонопотоку, кількість вагонів в одному надходженні, інтервал між надходженням вагонів на окреме призначення, величина складу поїзду та ін.

Дослідження процесу накопичення составів неможливо виконати без достатньо детального визначення характеру надходження вагонів на окреме призначення ПФП. Для цього на сортувальних станціях Нижньодніпровськ-Вузол (в подальшому станція А) і Знам'янка-Сортувальна (в подальшому станція В), які знаходяться на одному залізничному напрямку Нижньодніпровськ-Вузол – Одеса-Сортувальна, було зібрано та виконано статистичну обробку даних про надходження вагонів на окремі призначення ПФП з різною середньодобовою потужністю вагонопотоку N .

Визначення параметрів процесу надходження вагонів на окремі призначення ПФП

В залежності від характеру надходження вагонів на колії сортувального парку можливі наступні схеми процесу накопичення:

- рівними групами через однакові проміжки часу;
- різними групами через однакові проміжки часу;
- рівними групами через неоднакові проміжки часу;
- різними групами через неоднакові проміжки часу.

Реальний процес накопичення характеризується тим, що состави накопичуються із різних за величиною груп, які надходять на окреме призначення через неоднакові проміжки часу I . Отже, існуючим умовам роботи технічних станцій відповідає четверта схема процесу накопичення.

При дослідженні характеру надходження вагонів практичний інтерес викликають наступні аспекти:

- визначення параметрів інтервалів надходження вагонів на окремі призначення;
- визначення параметрів кількості вагонів в окремому надходженні;
- встановлення зв'язку між кількістю вагонів в одному надходженні та інтервалами між їх надходженням;
- встановлення залежності між кількістю вагонів, що надходять на окреме призначення, та періодом доби.

Визначення параметрів інтервалів надходження вагонів на окремі призначення. Для статистичного аналізу величини інтервалу

надходження вагонів I на окремі призначення використовувалась вибірка значень моментів T_j надходження вагонів на кожне з п'яти призначень неперервно на протязі 8 діб третьої декади вересня 2009 року (статистичні дані за даний період року приймаються у якості вихідних даних для розробки або коригування ПФП). Окреме значення інтервалу надходження вагонів I_j визначалося за допомогою виразу

$$I_j = T_{j+1} - T_j \quad (2.1)$$

де T_j , T_{j+1} – моменти часу надходження вагонів на окреме призначення з суміжних составів, в яких присутні вагони даного призначення.

Результати спостережень показали, що величина інтервалу надходження вагонів на окреме призначення I є випадковою. З метою визначення закону розподілу випадкової величини I та визначення його параметрів для кожного з призначень було побудовано відповідні статистичні ряди (приклад наведено в додатку Б, табл. Б.1). При цьому ширина розряду визначалася за допомогою формули [107]

$$h_j = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{K_j} \quad (2.2)$$

де X_{\max} , X_{\min} – максимальне та мінімальне значення величини, що спостерігається;
 K_j – загальна кількість спостережень.

З використанням кількості спостережень у кожному розряді K_j було визначено статистичну імовірність V_j влучання випадкової величини до відповідного розряду

$$V_j = \frac{N_j}{K_j} \quad (2.3)$$

На основі статистичних рядів побудовано гістограми та графіки функції розподілу випадкової величини інтервалу надходження вагонів I для кожного з призначень (приклад наведено у додатку Б, рис.Б1). Ординати гістограми було визначено за допомогою виразу

$$H_j = \frac{N_j}{K_j} \cdot h_j \quad (2.4)$$

По кожному статистичному ряду визначено основні параметри відповідних випадкових величин I_j : математичне очікування інтервалу $M[I]$, дисперсія $D[I]$, середнє квадратичне відхилення $\sigma[I]$ та коефіцієнт варіації $\nu[I]$ (приклад наведено у додатку Б, табл.Б.2). На основі аналізу гістограм та у відповідності з

рекомендаціями [108] було висунуто гіпотезу про розподіл даної випадкової величини за законом Ерланга з параметром $k=2$.

Диференціальна функція закону Ерланга описується за допомогою виразу

$$f(x) = \frac{\lambda^k}{(k-1)!} x^{k-1} e^{-\lambda x}, \quad (2.5)$$

де λ – інтенсивність надходження вагонів.

Для закону Ерланга з параметром $k=2$, функція (2.5) має вигляд

$$f(x) = \lambda^2 x e^{-\lambda x}. \quad (2.6)$$

Для перевірки висунутої гіпотези про характер розподілу випадкової величини I_j використано критерій згоди Пірсона χ^2 [107]

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^C \frac{(n_j - P_j)^2}{P_j}, \quad (2.7)$$

де P_j – теоретична імовірність влучання випадкової величини в j -й розряд, що розраховується по прийнятому закону розподілу;

C – кількість розрядів статистичного ряду.

Приклад визначення величини χ^2 для одного з призначень наведено в додатку Б (табл.Б3), а відповідні значення χ^2 для кожного призначення наведено в табл.2.1.

Висунута гіпотеза підтверджується у тому випадку, коли розрахунковий квантиль χ^2 не перевищує його табличне значення, тобто виконується умова

Значення залежить від рівня значущості α та кількості ступенів свободи r . Кількість ступенів свободи визначається за допомогою виразу

$$r = S - 2, \quad (2.8)$$

де S – кількість зв'язків теоретичного і статистичного розподілень.

Під зв'язками розуміють параметри теоретичного розподілення, числові значення яких приймають зі статистичних даних. Для закону Ерланга такими параметрами є $M[I]$ та $D[I]$, отже $S=2$. Таким чином, кількість ступенів свободи для кожного статистичного ряду складає $r=9-2-1=6$. При рівні значущості $\alpha=0,05$

та $r=6$ квантиль $\chi^2 = 12,59$ [107].

Таблиця 2.1 – Значення χ^2 для призначень з різною потужністю вагонопотоку

Значення χ^2 для призначення

	призначення 1	призначення 2	призначення 3	призначення 4	призначення 5
12, 59	9,927	2,239	7,255	4,725	7,561

Так як всі розрахункові значення χ^2 менше від (див. табл. 2.1), то гіпотеза про розподіл випадкової величини I за законом Ерланга не суперечить дослідним даним.

Отже, для моделювання окремого значення випадкової величини інтервалу надходження вагонів I на окреме призначення може бути використано наступний вираз [107]

$$, \quad (2.9)$$

де g – випадкове число, значення якого визначається за законом рівномірної щільності в інтервалі $[0;1]$.

Визначення параметрів кількості вагонів в окремому надходженні. Одним з важливих факторів, від якого суттєво залежить тривалість накопичення составів у сортувальному парку, а відповідно і вагоно-години накопичення, є кількість вагонів n в окремому надходженні на колію після розформування всього состава. Для статистичного аналізу даної величини використовувалась вибірка значень кількості вагонів в окремому надходженні (з окремого состава) на кожне з п'яти призначень на протязі 8 діб третьої декади вересня 2009 року. Результати спостережень показали, що кількість вагонів n в окремому надходженні є випадковою величиною. Для визначення закону розподілу та параметрів випадкової величини n для кожного з призначень було побудовано відповідні статистичні ряди з використанням формул (2.2) та (2.3).

На основі статистичних рядів побудовано гістограми та графіки функції розподілу випадкової величини кількості вагонів в окремому надходженні n для кожного з призначень (приклад наведено у додатку Б, рис.Б.2). Ординати гістограм було визначено за допомогою виразу (2.4).

Для кожного статистичного ряду визначено основні параметри розподілу випадкової величини n : математичне очікування кількості вагонів $M[n]$, дисперсія $D[n]$, середнє квадратичне відхилення $\sigma[n]$ та коефіцієнт варіації $v[n]$ (приклад наведено у додатку Б, табл.Б.4, Б.5). На основі аналізу гістограм та у відповідності з рекомендаціями [108] було висунуто гіпотезу про показників закон розподілу даної випадкової величини n .

Інтегральна функція показникового закону описується за допомогою виразу [107]

$$, \quad (2.10)$$

де n – випадкове значення величини групи вагонів в одному надходженні.

Для перевірки гіпотези використано критерій згоди Пірсона χ^2 . Приклад визначення величини χ^2 для одного з призначень наведено в додатку Б (табл.Б.6), а відповідні значення χ^2 для кожного з призначень наведено в табл.2.2.

Таблиця 2.2 – Значення χ^2 для призначень з різною потужністю вагонопотоку

	Значення χ^2 для призначення				
	призначення 1	призначення 2	призначення 3	призначення 4	призначення 5
12,6	8,183	8,107	5,758	3,505	5,788

Для показникового закону кількість зв'язків теоретичного і статистичного розподілень становить $S=1$ (параметр $M[n]$), отже кількість ступенів свободи для кожного статистичного ряду складає $r=8-1-1=6$. При рівні значущості $\alpha=0,05$ та $r=6$ квантиль $\chi^2_{0,05;6} = 12,6$ [107].

Так як всі розрахункові значення χ^2 менше від $\chi^2_{0,05;6}$ (див. табл. 2.2), то гіпотеза про розподіл випадкової величини n за показниковим законом не суперечить дослідним даним.

Отже, для моделювання окремого значення випадкової величини кількості вагонів в одному надходженні n на окреме призначення може бути використано формулу [107]

(2.11)

В процесі обробки статистичних даних було помічено певну залежність між параметрами $M[L]$ та $M[n]$. Виходячи з фізики процесу накопичення составів, дані параметри визначають добову потужність вагонопотоку N .

Середня кількість надходжень вагонів на окреме призначення за добу визначається за допомогою виразу

(2.12)

Отже функціональний зв'язок між параметрами $M[L]$ та $M[n]$ можливо описати за допомогою виразу

(2.13)

Дослідження залежності математичного очікування величини інтервалу прибуття $M[L]$ від потужності вагонопотоку N . при виконанні статистичної обробки випадкової величини

надходження вагонів на окреме призначення ПФП за окрему добу було побудовано поле точок, яке наведено на рис.2.1, кожна точка якого вказує на величину математичного очікування інтервалу прибуття $M[L]$ в залежності від потужності вагонопотоку N .

Із загального вигляду наведеного поля точок було висунуто припущення, що між математичним очікуванням інтервалу прибуття $M[L]$ та потужністю вагонопотоку N існує певний функціональний зв'язок виду $M[L]=f(N)$. Для встановлення типу зв'язку було досліджено 40 різних однофакторних та двофакторних моделей, при цьому коефіцієнти для кожної з них визначалися за допомогою методу найменших квадратів [109].

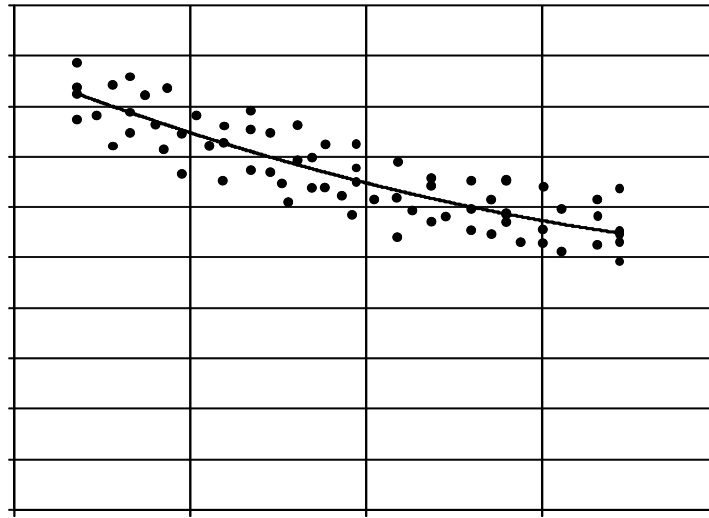


Рисунок 2.1 – Поле точок та лінія регресії, що визначають залежність величини математичного очікування інтервалу прибуття $M[L]$ від потужності вагонопотоку N

Вибір найбільш відповідної моделі виконувався на основі регресійного аналізу по мінімуму залишкової дисперсії [107].

Залишкова дисперсія являє собою показник похибки апроксимації рівнянням регресії результатів дослідів [110]. Перевірити адекватність апроксимації статистичних даних рівнянням регресії в цілому можливо за допомогою F-критерію Фішера. У випадку, коли паралельні досліді не проводились, критерій Фішера визначається як відношення загальної дисперсії до залишкової дисперсії [111]

$$F = \frac{S_{\text{total}}}{S_{\text{residual}}} \quad (2.14)$$

$$F = \frac{S_{\text{total}}}{S_{\text{residual}}} \quad (2.15)$$

$$, \quad (2.16)$$

$$, \quad (2.17)$$

де α_j – величина вихідного параметра системи, що отримана за результатами експерименту у j -му досліді;

$\alpha_{j,мод}$ – величина вихідного параметра системи, що розрахована для j -го досліді за математичною моделлю;

K_d – кількість дослідів;

f_1 – число ступенів свободи дисперсії відносно α_j ;

f_2 – число ступенів свободи залишкової дисперсії.

При перевірці адекватності моделі за формулою (2.14) критеріальне відношення показує, у скільки раз зменшується розсіювання відносно отриманого рівняння регресії в порівнянні з розсіюванням відносно середнього. Тому, чим більше значення F , отримане за формулою (2.14), перевищуватиме табличне

$F_{табл}(\alpha, f_1, f_2)$, що визначене для рівня значимості α та чисел ступенів свободи f_1 - чисельника і f_2 - знаменника у формулі (2.14), тим ефективніше буде рівняння регресії [111].

Виконаний аналіз дозволив встановити, що зв'язок між математичним очікуванням інтервалу прибуття $M[I]$ та потужністю вагонопотоку N для наведених даних найкраще описується рівнянням регресії виду

$$I = 29,549 \cdot N^{0,2} + 5,065 \quad \text{При цьому } F = 29,549 \cdot \text{ваг}^2, F_{розр} = 5,065 > F_{табл} = 1,69.$$

Графік регресії, який описує зв'язок між даними величинами, наведена на рис. 2.1

Дослідження зв'язку між кількістю вагонів в одному надходженні та інтервалами між їх надходженням. Під час обробки статистичних даних випадкових величин I та n виникло питання наявності залежності між абсолютним значенням кількості вагонів в одному надходженні на окреме призначення ПФП та абсолютним значенням випадкової величини інтервалу між надходженням вагонів. З метою дослідження зв'язку між кількістю вагонів в одному надходженні та інтервалами між їх надходженням, на основі статистичних даних, побудовано кореляційні поля надходження вагонів на окремі призначення (див. додаток Б, рис.Б.3). За зовнішнім виглядом даних полів

висунуто припущення про відсутність будь-якого зв'язку між даними величинами.

Для перевірки висунутого припущення визначено ступінь кореляційного зв'язку між кількістю вагонів в одному надходженні n та інтервалами між їх надходженням I .

При розрахунках тісноти кореляційного зв'язку між випадковими величинами n та I їх середні арифметичні значення визначаються за допомогою формул [110]

,

,

де n_i , I_i – значення випадкових величин в окремих спостереженнях.

Емпіричний коефіцієнт кореляції визначається за формулою [110]

Сила зв'язку між випадковими величинами n та I може бути оцінена за шкалою Чеддока (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Шкала Чеддока

Показник щільності зв'язку, r_{xy}	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-0,9	0,9-0,99
Характеристика сили зв'язку	слабкий	помірний	помітний	значний	дуже значний

Приклад розрахункової таблиці для визначення коефіцієнта кореляції наведено в додатку Б табл.Б.7. Результати розрахунків наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення коефіцієнта кореляції r_{xy}

Величина коефіцієнта кореляції r_{xy}				
призначення 1	призначення 2	призначення 3	призначення 4	призначення 5
-0,160	-0,120	-0,010	0,070	-0,030

Зважаючи на те, що кореляційний зв'язок між абсолютними величинами кількості вагонів в одному надходженні n та інтервалу між надходженням вагонів I майже відсутній, то висунуте припущення підтверджується і в подальшому дані випадкові величини розглядаються як незалежні.

Дослідження залежності кількості вагонів, що надходять на окреме призначення плану формування, від часу доби. Надходження вагонів на окреме призначення ПФП відбувається на протязі всієї доби. Так як кількість вагонів в окремому надходженні випадкова, то цілком

можливо припустити, що в окремі години доби вони взагалі можуть не надходити, а в інші - обов'язково надходити на окреме призначення.

Отже, постає питання про оцінку залежності кількості вагонів, що надходять на окреме призначення плану формування, від часу доби. Дану залежність можливо дослідити за допомогою часових рядів, які являють собою сукупність спостережень, що фіксуються послідовно у часі [112,113].

Для визначення залежності кількості вагонів, які надходять на окреме призначення плану формування, від часу доби було побудовано часові ряди для кожного з п'яти призначень (приклад наведено у додатку Б, рис.Б.4). Дані ряди являються повними, моментними рядами абсолютних величин. На діаграмах показано надходження вагонів в окрему годину доби на кожне з призначень за 8 діб. Аналіз даних рядів вказує на їх стохастичність – відсутність будь-якої залежності між кількістю вагонів, що надходять за певну годину, та періодом доби. Отже, в подальших дослідженнях величина кількості вагонів, що надходять за окрему годину доби, розглядається як незалежна від часу доби.

Результати досліджень характеру надходження вагонів на окремі призначення ПФП опубліковані автором в [114].

Аналіз процесу накопичення составів та впливу нерівномірності надходження вагонів на окремі показники ПФП технічних станцій

Відповідно до Інструктивних вказівок [115] показники плану формування поїздів поділяються на три групи:

- 1) показники плану формування відправницьких і ступінчатих маршрутів;
- 2) показники плану формування поїздів на станції;
- 3) загальні показники (для залізниць і мережі).

До основних показників плану формування поїздів для станції відносяться:

- кількість призначень поїздів за планом формування;
- кількість транзитних вагонів без переробки за планом формування;
- кількість вагонів, що підлягає переробці за планом формування;
- параметр накопичення;
- середній состав поїздів, які формуються на станції;
- вагоно-години накопичення;
- середній простій вагонів під накопиченням;
- економія від пропуску вагонів без переробки;
- середній простій транзитного вагона, у т.ч. без переробки і з переробкою;
- середньодобовий вагонопотік – без переробки, з переробкою, місцевих;
- кутовий потік.

Один з найважливіших елементів тривалості знаходження вагонів на технічних станціях, який вагомо впливає на систему організації вагонопотоків, є простій вагонів під накопиченням. Частка вагоно-годин на накопичення складає 50-70% від загального простою вагонів на станції. Різні варіанти організації вагонопотоків впливають на окремі фактори, що визначають процес накопичення вагонів на сортувальних станціях. До таких факторів можна віднести: кількість

призначень, потужність вагонопотоку, кількість вагонів у групах, що прибувають, інтервал прибуття груп, величину замикаючої групи, кількість груп на накопичення состава та ін.

Аналіз процесу накопичення составів. Відповідно до [15] процес накопичення характеризується кількістю вагонів на колії в окремий момент часу R і за характером може бути перервним (П), частково перервним (Ч) або неперервним (Н).

У першому випадку состави, величиною m вагонів, накопичуються без залишкових груп та завершальна група повністю включається у состав, що відправляється (рис.2.2).

Рисунок 2.2 – Схема перервного процесу накопичення

Особливість частково перервного процесу полягає в тому, що після окремих составів залишаються вагони, які переходять для накопичення наступних составів (рис.2.3).

Рисунок 2.3 – Схема частково перервного процесу накопичення

Неперервний процес має велике теоретичне значення та може виникнути, коли вагони залишаються після завершення накопичення кожного состава (рис.2.4).

Рисунок 2.4 – Схема неперервного процесу накопичення

Від цього залежать витрати вагоно-годин на накопичення окремого состава. Різновиди перервного процесу накопичення наступні [15]:

–состави накопичуються до норми, що задовольняє умовам повноваговості та повносоставності поїзда (схема П1);

–состави накопичуються до певного моменту, при досягненні якого поїзд відправляється незалежно від кількості вагонів у ньому (схема П2);

–комбінований випадок – частину поїздів одного й того ж вагонопотоку відправляють за розкладом, а іншу – за графіком з накопиченням до визначеної величини (схема П3).

Схема П1 характерна для вивізних, передаточних, а також порожніх та деяких дільничних поїздів, що прямують без розкладу, коли немає суттєвих обмежень за вагою і довжиною состава. У даній схемі реальний процес накопичення характеризується тим, що состави накопичуються з різних за величиною груп m_i , які надходять через неоднакові проміжки часу τ_i . Для схеми П1 вагоно-години накопичення усіх составів даного призначення [15]

$$B_H = \frac{12 \cdot [m_{от} - m_{гр} (1 + \vartheta_{гр}^2)] \cdot [m_{от} + m_{гр} \vartheta_{гр}^2]}{m_{от}} \quad (2)$$

.18)

де $m_{от}$ – середня величина состава, що відправляється;

– середня величина групи, що надходить;

$\vartheta_{гр}$ – коефіцієнт варіації величини групи.

Схема П2 характерна для збірних, а також вивізних і передаточних поїздів, що відправляються за розкладом; схема П3 – для составів вивізних і передаточних поїздів, що формуються з вагонопотоку малопотужних призначень, коли суворе дотримання розкладу відправлення недоцільно.

При накопиченні составів до певного моменту часу, величина замикаючої групи дорівнює середній величині груп, що надходять. Це впливає з того, що визначає накопичення составів за схемою П2 час відправлення поїзда, а не величина состава, як у схемі П1.

Для схеми П2 вагоно-години накопичення усіх составів даного призначення [15]

$$B_H^{п2} = \frac{12 \cdot (N - n_{от}^H m_{гр}) \cdot (N + n_{от}^H m_{гр} \vartheta_{гр}^2)}{N \cdot n_{от}^H} \quad (2.19)$$

де – число ниток графіка, передбачених для відправлення поїздів даного призначення. Для схеми П3 вагоно-години накопичення усіх составів даного призначення [15]

, (2.20)

де – доля поїздів, що відправляються за розкладом;

– розрахункова норма, до якої накопичується певний состав.

Загальне у схемах П1, П2, П3 те, що при формуванні поїздів допускаються значні коливання ваги і довжини составів.

Частково перервний процес також має різновиди [116]:

–схема Ч1 – накопичення составів відбувається до розрахункової величини, що задовольняє умові повноваговості (повносоставності) поїзда. Не допускається коливання числа вагонів у составі.

–схема Ч2 – накопичення составів відбувається до розрахункової величини, що задовольняє умові повноваговості (повносоставності) поїзда. При цьому величина состава коливається у межах, що вказані в ПФП.

Схема Ч1 використовується при накопиченні составів до визначеної довжини чи ваги, коли на них накладаються суттєві обмеження. Накопичення составів за цією схемою – по суті, неперервний процес, який майже не зустрічається у практиці.

Схема Ч2 типова при накопиченні составів наскрізних і дільничних призначень, коли поїзд може бути відправлений чи повноваговим, чи повносоставним з незначним перевищенням або заниженням розрахункової величини состава. За затратами вагоно-годин вона займає проміжне положення між схемами Ч1 і П1. Для схеми Ч2 вагоно-години накопичення усіх составів даного призначення [15]

$$B_{\text{н}} = \frac{12}{\beta} \cdot (m_{\text{от}}^{\text{н}} + 2m_{\text{гр}}\vartheta_{\text{гр}}^2) \cdot \frac{2m_{\text{от}}^{\text{н}} - m_{\text{гр}}(1 + \vartheta_{\text{гр}}^2)}{2m_{\text{от}}^{\text{н}} + m_{\text{гр}}(1 - \vartheta_{\text{гр}}^2)} \quad (2.21)$$

Відправлення поїздів повноваговими чи повносоставними, а також великовагових і довгосоставних дозволяє оперативно впливати на процес накопичення для скорочення затрат вагоно-годин. За рахунок того, що замикаюча група у середньому більше групи, що необхідна для завершення накопичення состава, диспетчерський апарат станції у кожному конкретному випадку вирішує питання про те, скільки вагонів із цієї групи можна включити у даний состав.

Використання наведених вище формул в оперативному режимі неможливе у зв'язку з відсутністю критерію для прийняття рішення по вибору подальшого варіанту організації вагонопотоків. Крім цього, процесу надходження вагонів на станцію властива значна нерівномірність, ступінь впливу якої на затрати вагоно-годин накопичення окремого состава потребує досліджень. Звідси постає питання дослідження впливу нерівномірності надходження вагонів на показники роботи станцій.

Вплив нерівномірності вхідного потоку на окремі показники ПФП технічних станцій. На організацію вагонопотоків у поїзди суттєво впливають наступні чинники:

- випадковий процес надходження вагонів;
- наявність обмежень переробної спроможності станцій;
- наявність обмежень пропускнуої спроможності станцій.

Найважливішим чинником, що впливає на експлуатаційну діяльність залізниць, є нерівномірність надходження вагонів. Рядом науковців [117-120] встановлено, що надходження вагонів на станцію характеризується значною нерівномірністю. Для перевізного процесу характерна сезонна, добова та внутрішньодобова нерівномірність вагонопотоків.

Професорами А. Д. Каретниковим і А. К. Угрюмовим встановлено, що тільки одну третину місяця максимальних перевезень розміри руху на ділянках виконуються на рівні середньомісячних, які закладено в ПФП. Решта часу вони коливаються, зростаючи та зменшуючись до 40% від середньомісячного рівня. А.В. Невзоров в 1965 році [120] досліджував закономірність коливань вагонопотоків окремих призначень на сортувальних станціях Гомель, Львів і Брянськ-2 за натурними листами поїздів свого формування, відправлених протягом кварталу. Аналізу були піддані не абсолютні значення потужностей вагонопотоків, а кількість поїздів окремих призначень, які щодня відправляються зі станцій. Результати дослідження показали, що вагонопотоки окремих призначень на станціях систематично коливаються відносно своїх середньодобових значень також на 30-40%. Такі великі добові коливання вагонопотоків викликають істотні труднощі в експлуатаційній роботі.

Для дослідження впливу нерівномірності надходження вагонів на вагоно-години накопичення окремого одnogрупного состава для станцій А і В було виконано обробку накопичувальних відомостей за піврічний період для призначень з різною потужністю вагонопотоку (від 118 до 272 ваг/добу).

У якості прикладу на рис. 2.5 наведено гістограму розподілу вагоно-годин накопичення окремого одnogрупного состава для вагонопотоку потужністю 200 ваг/добу на станції А. Дана гістограма отримана на основі обробки результатів статистичних даних за 2008 рік.

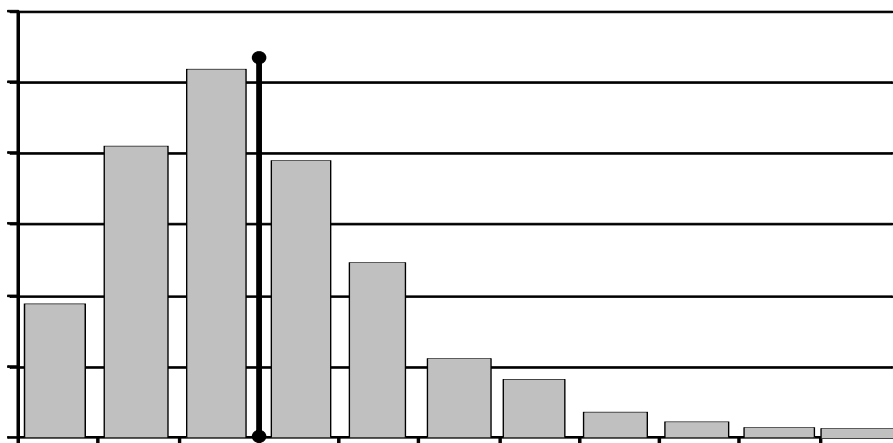


Рисунок 2.5 – Розподіл вагоно-годин простою під накопиченням окремого состава на станції А

На рис. 2.6 наведено гістограму розподілу вагоно-годин накопичення окремого одногрупного состава для вагонопотоку потужністю 200 ваг/добу на станції В.

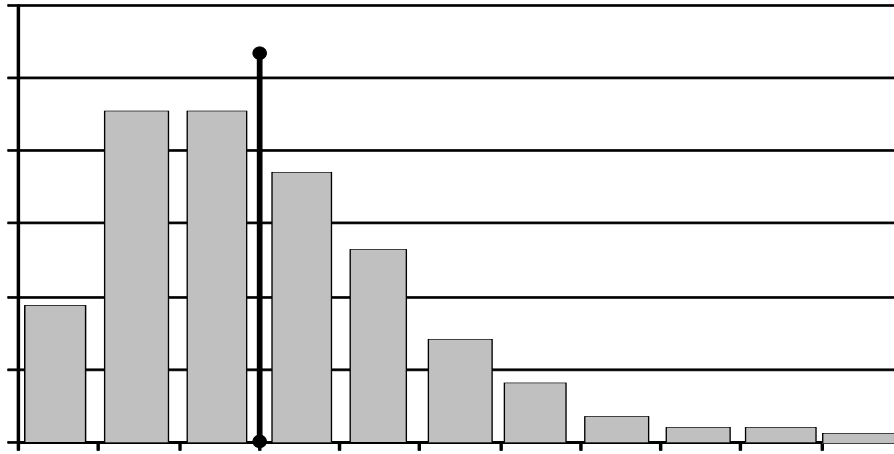


Рисунок 2.6 – Розподіл вагоно-годин простою під накопиченням окремого состава на станції В

Також на рис. 2.5 та рис. 2.6 наведено норму вагоно-годин накопичення одного одногрупного состава , що може бути визначена як

$$(2.22)$$

де c – параметр накопичення;

m – кількість вагонів у складі поїзда;

$n_{\text{доб}}$ – кількість сформованих поїздів за добу.

Приймаючи до уваги, що кількість сформованих поїздів за добу становить

, вираз (2.22) набуває вигляду .

Отже, для $N=200$ ваг/добу, $m=50$ ваг, $c=12$, норма вагоно-годин накопичення одного одногрупного состава складає 150 ваг-год/сост. Ця величина є складовою тривалості знаходження на станції транзитного вагона з переробкою - нормативного показника роботи станції.

З рис.2.5 і рис.2.6 видно, що досить велика частина составів (більше 42%) перевищує норму простою. Результати досліджень для інших призначень наведено в табл.2.5 та табл.2.6. Аналіз цих таблиць показує, що така ж тенденція спостерігається і для інших призначень – у середньому норма накопичення окремого состава перевищена на 42-46%.

Таблиця 2.5 – Перевищення розрахункової норми накопичення окремого состава на станції А

	Призначення 1	Призначення 2	Призначення 3	Призначення 4	Призначення 5
N , ваг/добу	118	133	200	240	272
, ваг-год/сост	254,2	225,6	150	125	110,3
Доля поїздів, що перевищують норму простою	0,45	0,46	0,42	0,44	0,43

Таблиця 2.6 – Перевищення розрахункової норми накопичення окремого состава на станції В

	Призначення 1	Призначення 2	Призначення 3	Призначення 4	Призначення 5
N , ваг/добу	123	142	200	238	272
, ваг-год/сост	243,9	211,3	150	126,1	110,3
Доля поїздів, що перевищують норму простою	0,46	0,44	0,45	0,42	0,43

Для виконання завдань раціонального ПФП [115] необхідно розробити заходи щодо скорочення вагоно-годин і тривалості накопичення составів. Одним з можливих і досить ефективних заходів є оперативне формування двогрупних поїздів на базі попутних одnogрупних призначень в межах існуючого ПФП [21,29, 37]. При цьому формування окремого двогрупного поїзда повинно відбуватися на основі певних критеріїв ефективності, враховувати оперативну ситуацію на технічних станціях залізничного напрямку та враховувати прогноз надходження вагонів на попутні призначення ПФП.

Аналіз типової методики оцінки ефективності організації вагонопотоків

Типова методика організації вагонопотоків, яка наведена в Інструктивних вказівках [115], передбачає різні варіанти організації вагонопотоків, які, крім іншого, передбачають можливість формування одnogрупних та двогрупних поїздів. На рис.2.7 наведена графічна інтерпретація варіантів організації вагонопотоків при формуванні одnogрупних (варіант 1) або двогрупних (варіант 2) поїздів на умовному залізничному напрямку з трьома технічними станціями і наступними параметрами:

- N_{AB}, N_{BC}, N_{AC} – розміри вагонопотоків відповідних призначень;
- K_{AB}, K_{AC}, K_{BC} – кількість одnogрупних поїздів відповідних призначень;
- K_{ABC} – кількість двогрупних поїздів.

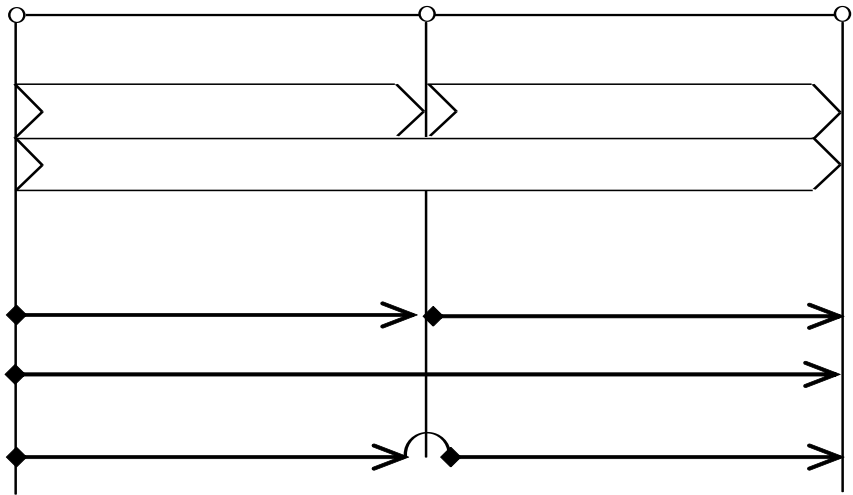


Рисунок 2.7 – Графічна інтерпретація варіантів організації вагонопотоків на напрямку

Інструктивні вказівки [115] містять методику визначення ефективності формування групових поїздів. Критерієм прийняття рішення про формування на технічній (головній) станції А групових составів є витрати, які пов'язані з накопиченням, формуванням та переробкою поїздів на головній та попутних технічних станціях залізничного напрямку.

Загальний принцип оцінки ефективності формування групових поїздів. При застосуванні кожного з варіантів організації вагонопотоків (формування одноступінних або двоступінних поїздів) експлуатаційні показники роботи головної і попутних технічних станцій залізничного напрямку можуть відрізнятися. Відмінності виникають у наступних складових:

- вагоно-години накопичення вагонів;
- вагоно-години формування, причеплення, відчеплення, розформування груп вагонів;
- обсяг маневрової роботи, пов'язаний з формуванням, з'єднанням, причепленням, відчепленням, розформуванням груп вагонів;
- тривалість простою поїзних локомотивів.

Для порівняння двох варіантів організації вагонопотоку за елементами, що відрізняються, Інструктивні вказівки [115] рекомендують використовувати наступні вирази, які представлені у табл. 2.7.

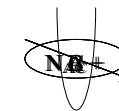
У табл. 2.7 прийняті наступні позначення:

- 1) $t_{ог}$ – час роботи локомотива з обміну груп в составі групового поїзда, год;
- 2) $t_{рф}$ – тривалість знаходження на станції В локомотива, що прибув з поїздом у розформування;
- 3) $t_{тр}$ – тривалість знаходження на станції В локомотива, що прибув з транзитним одноступінним поїздом;
- 4) $\sum Nt$ – сумарні вагоно-години простою вагонів на станціях А та В;
- 5) $\sum Mt_{ман}$ – сумарні локомотиво-години маневрової роботи на станціях А та В;

- б) $\sum Mt_{\text{пл}}$ – сумарні локомотиво-години простою поїзних локомотивів на станції В.

При цьому величини $\sum Nt$, $\sum Mt_{\text{ман}}$ та $\sum Mt_{\text{пл}}$ є показниками роботи станцій.

Визначення даних показників розглянемо на прикладі залізничного напрямку А–В–С (див. рис.2.7), де технічна станція А є головною, яка може формувати тільки одногрупні або двогрупні поїзди, а технічна станція В – проміжна, на якій виконується обмін груп вагонів у двогрупних поїздах.

Таблиця 2.7 – Визначення показників варіантів ~~в~~члану формування поїздів

Станції	Операції	Категорії поїздів	
		однорупні	двогрупні
Вагоно-години			
А	Накопичення	$2ct$	ct
	З'єднання груп	-	
В	Розформування та формування		
	Накопичення	ct	
		$\sum Nt$	$\sum Nt$
Маневрові локомотиво-години			
А	З'єднання груп	-	
В	Розформування та формування		
	Обмін груп	-	
		$\sum Mt_{ман}$	$\sum Mt_{ман}$
Локомотиво-години простою поїзних локомотивів			
В	Тривалість знаходження від прибуття до відправлення	-	
		$\sum Mt_{пл}$	$\sum Mt_{пл}$

На основі чисельних значень показників виконується порівняння і визначається ефективний варіант організації вагонопотоків. Оскільки кожний окремий показник характеризує зовсім різні аспекти роботи, то, для можливості порівняння варіантів, необхідно привести їх до одного критерію. У якості критерію приймаються витрати у грошовому еквіваленті. Відповідно до Інструктивних вказівок [115] ефективний варіант організації вагонопотоків визначається за умови

$$(2.23)$$

де $e_{вг}$ – витратна ставка, віднесена на 1 вагоно-годину простою вагонів на станції;
 $e_{мл}$ – витратна ставка, віднесена на 1 локомотиво-годину маневрової роботи;
 $e_{пл}$ – витратна ставка, віднесена на 1 локомотиво-годину простою поїзних локомотивів на станції.

Розглянемо приклад визначення показників роботи станцій за існуючою методикою для полігону А–В–С, який відображає реальний залізничний напрямок Нижньодніпровськ-Вузол – Одеса-Сортувальна. Згідно з наведеними вище позначеннями прийнято вихідні дані, які отримані в результаті аналізу роботи відповідних станцій обраного залізничного напрямку та представлені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Вихідні дані до розрахунків експлуатаційних показників

Найменування елементів	Позначення	Одиниця виміру	Числове значення
Параметр накопичення	c	год	10,8
Кількість вагонів у складі поїзда	m	вагони	50
Вагонопотік із А призначенням на станцію С	$N_{АС}$	вагони	200
Вагонопотік із А призначенням на станцію В (група відчеплення)	$N_{АВ}$	вагони	200
Вагонопотік із В призначенням на станцію С (причіпна група)	$N_{ВС}$	вагони	200
Тривалість з'єднання груп вагонів в складі групового поїзда	$t_{зг}$	год	0,2
Тривалість обміну груп в складі групового поїзда	$t_{ог}$	год	0,6
Тривалість простою локомотива від поїзда у розформування	$t_{рф}$	год	3,0
Тривалість простою транзитного одногрупного поїзда (без зміни локомотива) на станції В	$t_{тр}$	год	1,2
Витратна ставка на 1 вагоно-годину	$e_{вг}$	грн	3,67
Витратна ставка на 1 локомотиво-годину маневрової роботи	$e_{мл}$	грн	82,1
Витратна ставка на 1 локомотиво-годину поїзних локомотивів	$e_{пл}$	грн	148,8

Згідно з методикою визначення показників та на основі вихідних даних виконуються розрахунки, які представлені у вигляді табл. 2.9.

За формулою (2.23) визначаються витрати по варіантам організації вагонопотоків. При формуванні лише одногрупних поїздів (варіант 1) витрати становлять

При формуванні лише двогрупних поїздів (варіант 2) витрати становлять

Відповідно до умови (2.23) ефективним є варіант з найменшими витратами, тобто у випадку формування лише одногрупних поїздів. При цьому ефект від його застосування складає

Аналіз результатів розрахунку ефективності варіантів організації вагонопотоків. При порівнянні показників за першим і другим варіантами отримуємо, що при організації вагонопотоку кращим, за критерієм мінімальних витрат, є варіант 1 – формування одногрупних поїздів. Такий результат одержуємо при застосуванні типової методики розрахунку плану формування групових поїздів.

Але можна відзначити суттєві недоліки такого підходу:

–значення всіх показників визначаються в умовах повного використання одногрупних або двогрупних поїздів;

–розрахунок виконується для усереднених розмірів вагонопотоків, в той час як вагонопотоки мають суттєві коливання.

Отже методика, яку містить Інструкція [115], має дискретний характер і дає однозначну відповідь (так або ні) на питання доцільності формування двогрупних або одногрупних поїздів як постійної організації вагонопотоків на визначений період. Таким чином, розглянута методика може застосовуватися тільки на етапі

Таблиця 2.9 – Розрахунок показників варіантів плану формування поїздів

Станції	Операції	Категорії поїздів	
		одногорупні	двогрупні
Вагоно-години			
А	Накопичення		
	З'єднання груп	-	
В	Розформування та формування		
	Накопичення		
$\sum Nt$			
Маневрові локомотиво-години			
А	З'єднання груп	-	
В	Розформування та формування		
	Обмін груп	-	
$\sum M_{\text{ман}}$			
Локомотиво-години простою поїзних локомотивів			
В	Тривалість знаходження від прибуття до відправлення	-	
$\sum M_{\text{пл}}$		-	

технічних розрахунків і не може використовуватися в оперативних умовах.

Між тим, доцільність формування двогрупних поїздів повинна визначатися оперативно, у залежності від параметрів поточного стану сортувальних колій станції та характеру надходження вагонів на станцію. Такий підхід до організації вагонопотоків має неперервний характер з точки зору використання одnogрупних і двогрупних поїздів.

Результати аналізу типової методики оцінки ефективності організації вагонопотоків опубліковані автором в [121].

Розробка критерію оцінювання ефективності оперативного керування організацією вагонопотоків. Для оцінки застосування оперативного керування організацією вагонопотоків необхідно визначити критерій, який однозначно дає відповідь щодо ефективності оперативного втручання в процес поїздоутворення.

У поточний момент часу Θ сортувальні колії головної станції А, на яких накопичуються вагони попутних призначень В та С, можуть перебувати в одному з можливих станів (рис.2.8):

Стан 1 – кількість вагонів на коліях менше складу поїзда як для окремого призначення так і в сумі, тобто $R_B < m$, $R_C < m$, $R_B + R_C < m$. В цьому випадку доцільно продовження процесу накопичення;

Стан 2 – кількість вагонів на колії окремого призначення достатня для формування одnogрупного поїзда ($R_{B(C)} \geq m$). У такому разі доцільно формування одnogрупного поїзда;

Стан 3 – кількість вагонів на кожній колії менше складу поїзда, але сумарна кількість вагонів достатня для формування двогрупного поїзда ($R_B < m$, $R_C < m$, $R_B + R_C \geq m$).

Для стану 3 можливо два рішення:

- рішення 1 – продовжувати процес накопичення вагонів для формування одnogрупних поїздів;
- рішення 2 – формувати двогрупний поїзд.

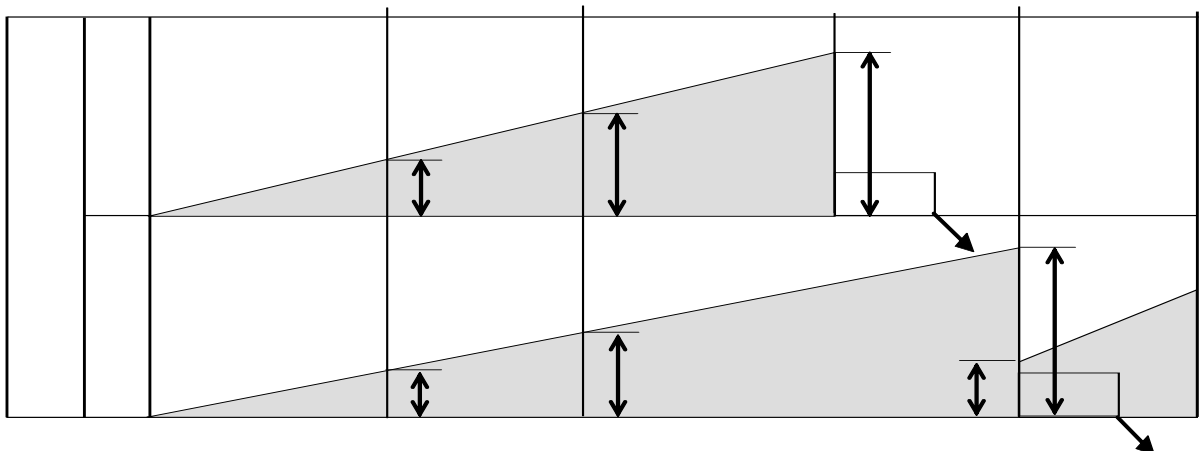


Рисунок 2.8 – Варіанти можливих станів сортувальних колій призначень В та С на станції А

Рішення про формування двогрупного поїзда повинно базуватися на забезпеченні економії витрат у порівнянні з формуванням окремих одnogрупних поїздів даних призначень. На даний момент методика такої оцінки відсутня.

Оцінити ефективність застосування оперативного керування організацією вагонопотоків протягом певного періоду можливо за допомогою глобального критерію, у якості якого виступають сукупні витрати

.(2.24

)

При застосуванні оперативного керування організацією вагонопотоків на головній станції А передбачається формувати на попутні призначення В та С і одnogрупні і двогрупні поїзди. Отже сумарні вагоно-години простою можливо визначити наступним чином:

1) на станції А:

де $\sum_{i=1}^n t_{iA}$ – сумарні вагоно-години простою вагонів одnogрупних поїздів свого формування призначень В та С відповідно, від моменту надходження вагонів на колії сортувального парку до моменту відправлення поїзда зі станції;

$\sum_{i=1}^n t_{iB}$ – сумарні вагоно-години простою вагонів двогрупних поїздів свого формування, від моменту надходження на колії сортувального парку до моменту відправлення;

2) на станції В:

де $\sum_{i=1}^n t_{iB}$ – сумарні вагоно-години простою вагонів одnogрупних поїздів призначенням на станцію В, від моменту прибуття поїзда до моменту розформування состава;

$\sum_{i=1}^n t_{iC}$ – сумарні вагоно-години простою вагонів транзитних одnogрупних поїздів призначенням на станцію С, від моменту прибуття поїзда до моменту його відправлення;

$\sum_{i=1}^n t_{iD}$ – сумарні вагоно-години простою вагонів двогрупних поїздів, від моменту прибуття поїзда до моменту відправлення;

$\sum_{i=1}^n t_{iE}$ – сумарні вагоно-години простою вагонів одnogрупних поїздів свого формування призначення С від моменту надходження на колії

сортувального парку до моменту відправлення.

Вагоно-години простою вагонів у складі окремого одногрупного поїзда на станції А визначаються за допомогою виразу

,

де – вагоно-години накопичення вагонів окремого призначення (В та С відповідно);

– загальний час простою поїзда свого формування на станції А від моменту початку операції закінчення формування поїзда до моменту відправлення його зі станції.

Вагоно-години простою вагонів у складі окремого двогрупного поїзда на станції А визначаються за допомогою виразу

.

Затрати маневрової роботи на виконання операцій з поїздами різних категорій можливо визначити наступним чином:

1) на станції А:

,

де – сумарні затрати маневрової роботи з одногрупними поїздами свого формування призначень В та С відповідно;

– сумарні затрати маневрової роботи з двогрупними поїздами свого формування;

2) на станції В:

,

де – сумарні затрати маневрової роботи з одногрупними поїздами призначенням на станцію В;

– сумарні затрати маневрової роботи з двогрупними поїздами;

– сумарні затрати маневрової роботи з поїздами свого формування призначенням на станцію С.

Тривалість простою поїзних локомотивів з поїздами різних категорій можливо визначити наступним чином:

3) на станції А:

де – сумарна тривалість простою поїзних локомотивів з однокрупними поїздами свого формування призначень В та С відповідно;

– сумарна тривалість простою поїзних локомотивів з двокрупними поїздами свого формування;

4) на станції В:

де – сумарна тривалість простою поїзних локомотивів з складами, які надходять у розформування;

– сумарна тривалість простою поїзних локомотивів з транзитними однокрупними поїздами призначенням на станцію С;

– сумарна тривалість простою поїзних локомотивів з двокрупними поїздами;

– сумарна тривалість простою поїзних локомотивів з поїздами свого формування призначенням на станцію С.

Визначення складових формули (2.24) потребує детальної розробки технології роботи з окремими категоріями поїздів на станціях та визначення тривалості виконання кожної технологічної операції.

Висновки

У другому розділі вирішено наукову задачу визначення характеру надходження вагонів на окремі призначення, виконано дослідження процесу накопичення та виконано аналіз типової методики оцінки ефективності організації вагонопотоків. Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1) встановлено, що величина інтервалу I надходження вагонів на окреме призначення є випадковою, розподіленою за законом Ерланга. Між математичним очікуванням інтервалу прибуття $M[I]$ та потужністю вагонопотоку N існує тісний кореляційний зв'язок, який найкраще описується за допомогою гіперболічної

моделі виду ;

2) встановлено, що величина кількості вагонів n в окремому надходженні на окреме призначення є випадковою, розподіленою за показниковим законом.

Між середніми значеннями інтервалу надходження вагонів та кількості вагонів в

одному надходженні існує зв'язок виду _____ ;

3) встановлено, що абсолютні значення випадкової величини n та абсолютні значення випадкової величини I є незалежними;

4) встановлено, що величина кількості вагонів, що надходять за окрему годину доби є випадковою та не залежить від періоду доби;

5) виявлено, що, у зв'язку з нерівномірністю надходження вагонів на окреме призначення протягом доби, норму часу накопичення состава на технічних станціях перевищують 42-46% составів. Це призводить до збільшення тривалості знаходження окремих составів на станції, що негативно впливає на ряд показників роботи як окремих станцій, так і залізничного напрямку в цілому. Одним з можливих заходів щодо скорочення вагоно-годин і тривалості накопичення составів є оперативне формування двогрупних поїздів на базі попутних одnogрупних призначень в межах існуючого ПФП;

6) аналіз типової методики оцінювання ефективності організації вагонопотоків показав, що вона має дискретний характер і дає однозначну відповідь (так або ні) на питання доцільності формування двогрупних або одnogрупних поїздів для постійної організації вагонопотоків на визначений період. Таким чином, існуюча методика не може використовуватися в оперативних умовах;

7) розроблено критерій для оцінювання ефективності оперативного керування організацією вагонопотоків за певний період часу, який дозволяє в грошовому відношенні визначити ефективність оперативного керування організацією вагонопотоків на залізничному напрямку за рахунок оперативного формування двогрупних поїздів на базі одnogрупних призначень.

РОЗДІЛ РОЗРОБКА ПРОЦЕДУРИ ОЦІНЮВАННЯ РІШЕННЯ ЩОДО ОПЕРАТИВНОГО ФОРМУВАННЯ ДВОГРУПНОГО ПОЇЗДА

Рішення про застосування оперативного керування організацією вагонопотоків на залізничному напрямку приймає поїзний диспетчер (ДНЦ), після узгодження його з дорожнім поїзним диспетчером (ДГП). Однією з задач поїзного диспетчера є раціональна організація вагонів у поїзди та пришвидшення просування вагонопотоків на залізничному напрямку. Як зазначалося вище (див. розділ 2 п. 2.2.2), одним з можливих засобів вирішення даної задачі є формування двогрупних поїздів на базі попутних одnogрупних призначень в межах існуючого ПФП. Для вирішення цієї задачі поїзний диспетчер повинен досконало володіти оперативною ситуацією на залізничному напрямку в цілому та на основних технічних станціях, мати достовірні дані щодо підходу вагонопотоків на технічні станції напрямку на 4-6 годинний період. Крім цього прийняття рішення про оперативне формування двогрупного состава повинно базуватися на певному критерії, який дає чітку відповідь про доцільність оперативного керування організацією вагонопотоків. На даний момент такий критерій відсутній і потребує розробки.

Визначення критерію оцінювання оперативного рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда

Прийняття рішення про формування двогрупного состава повинно базуватися на забезпеченні економії витрат у порівнянні з формуванням окремих одnogрупних составів даних призначень. На даний момент процедура оцінки такого рішення в оперативних умовах відсутня і потребує розробки. Кожна процедура повинна базуватися на локальному критерії, який однозначно повинен показувати наявність або відсутність ефекту від прийнятого рішення.

В останні роки все більше науковців вважають, що оцінювати прийняті рішення необхідно в грошовому еквіваленті. Так в [122] рекомендується оцінювати варіанти ПФП спочатку за експлуатаційними показниками, а потім обирати найбільш економний варіант за сумарними витратами на організацію та просування вагонопотоків. В роботі [123] для вибору раціональної організації вагонопотоків пропонується, разом з іншими критеріями, використовувати вартісну оцінку конкурентоспроможних варіантів. Для визначення оптимальної кількості вагонів у поїздах, що формуються, у якості критерію також застосовується вартісна оцінка організації вагонопотоків [124].

Відповідно до вищенаведеного в дисертаційній роботі у якості локального критерію пропонується застосовувати економію витрат Ω для прийняття рішення про формування двогрупного поїзда. Тобто, прийняте рішення вважається раціональним, якщо забезпечується

$$.DSMT4 > 0 \quad (3.1)$$

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

де – відповідно витрати, пов'язані із включенням вагонів ядра та ПГВ до складу окремих одногрупних поїздів на головній станції;

– витрати, пов'язані з формуванням двогрупного поїзда на головній станції та виконанням обміну груп на попутній технічній станції.

Кожна зі складових формули (3.1) може бути визначена за формулою (2.23). 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 (2.23), тобто

$$.DSMT4 \\ (3.2)$$

де – сумарна економія вагоно-годин простою на головній станції та станції обміну груп. При цьому ;

– сумарні додаткові витрати роботи маневрових локомотивів на головній станції та станції обміну груп, пов'язані з обслуговуванням двогрупного поїзда;

– сумарний додатковий простій поїзного локомотива на головній станції та станції обміну груп, пов'язаний з обслуговуванням двогрупного поїзда.

Визначення величини для головної станції та станції обміну груп вагонів потребує окремих досліджень, які виконано в п.3.2 та п.3.3.

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

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

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

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

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

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

Значення величин $\Delta M_{\text{ман}}$ і $\Delta M_{\text{пл}}$ 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.

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 . Але користуватися формулами, наведеними в розділі 2 (див. п.2.2) в оперативному режимі майже неможливо, так як це потребує точного знання характеристик процесу накопичення, який є змінним у часі.

Згідно з [115] сумарні вагоно-години накопичення на головній станції А, при формуванні тільки односторонніх поїздів на два окремих призначення, можливо визначити за допомогою формули

$$, \text{ ваг-год.} \quad (3.3)$$

При формуванні двогрупного поїзда з вагонів двох попутних призначень сумарні вагоно-години накопичення, відповідно до [115], становлять $W = \text{ст.}$

Таким чином, при формуванні двогрупних поїздів вагоно-години накопичення зменшуються удвічі. 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 (див. розділ 2, п. 2.1). 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 (рис. 3.1) у випадку рівномірного надходження вагонів з інтенсивністю λ вагонів/годину.

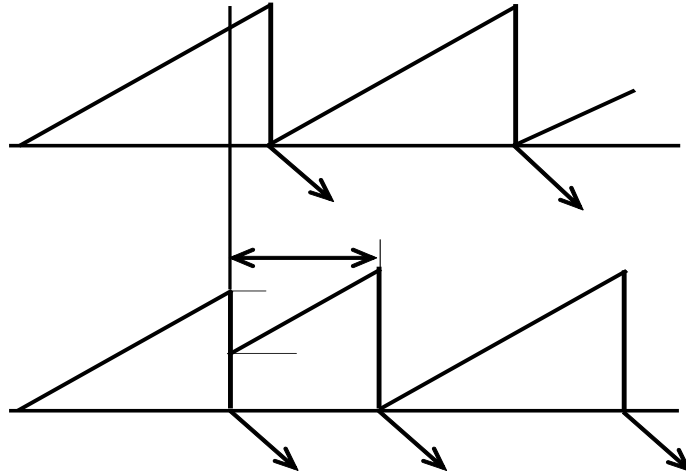


Рисунок 3.1 – Варіанти процесу накопичення на головній станції А вагонів одного призначення

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

а вагоно-години накопичення потоку з N вагонів складають

(3.4)

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

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

(3.5)

а вагоно-години накопичення становлять

(3.6)

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

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

(3.7)

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

(3.8)

Після підстановки в формулу (3.8) складових (3.4) та (3.7) і алгебраїчних перетворень отримаємо

(3.9)

Величина z в формулі (3.9) являє собою деяку розрахункову кількість вагонів, а тривалість їх накопичення визначається відношенням

(3.10)

тоді економія простою вагонів може бути розрахована

(3.11)

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

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

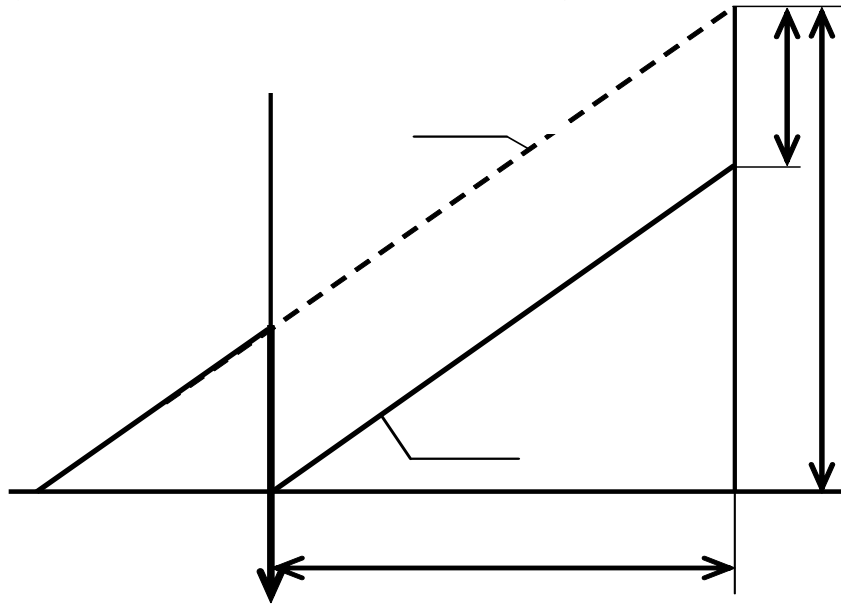


Рисунок 3.2 – Фізичний зміст величини z для випадку $p = R$

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

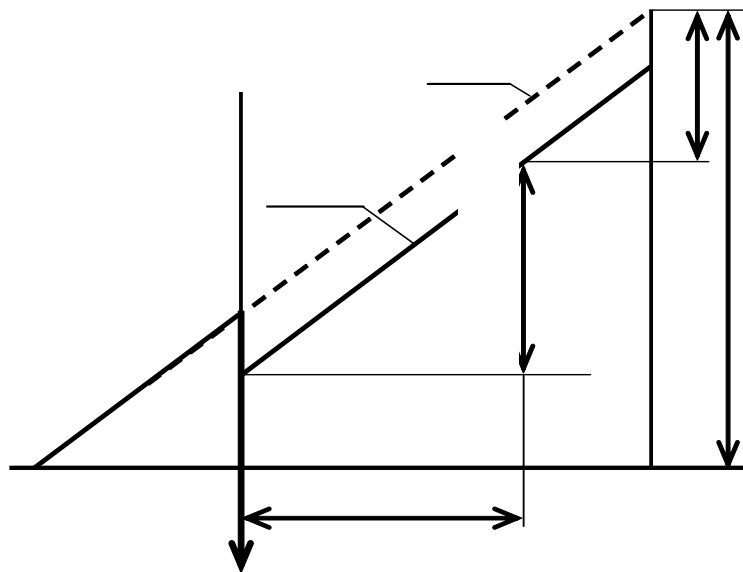


Рисунок 3.3 – Фізичний зміст величини z для випадку $p < R$

Розглянемо приклад розрахунку $W_{ек}$ для призначення 1 за вихідними даними, наведеними в табл. 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 , а тривалість їх накопичення становить

год.
Економія простою для цього призначення згідно з (3.11) складає

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 табл. 3.2 і в графічному вигляді на рис. 3.4.

Таблиця 3.2 – Визначення величини $W_{ек}$

R	$W_{ек}=f(p, R)$						
	p						
	5	10	20	25	30	40	50
10	11	25	-	-	-	-	-
20	5	12	37	-	-	-	-
25	2	6	25	39	-	-	-
30	-2	0	12	23	37	-	-
40	-8	-12	-12	-8	0	25	-
50	-14	-25	-37	-39	-37	-25	0

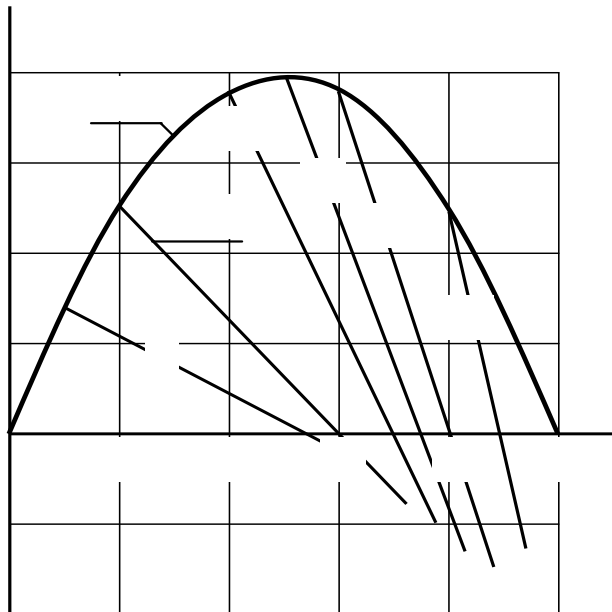


Рисунок 3.4 – Залежність економії простою вагонів під накопиченням від впливаючих факторів для окремого призначення

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

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

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

Відповідно до [115] у двогрупному поїзді, що прибуває на станцію, розрізняють ядро та відчіпну групу вагонів (ВГВ). Для наведеного прикладу залізничного напрямку (див. розділ 2, рис.2.7) 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. Технологія виконання обміну груп вагонів наведена в [125] і передбачає наявність заздалегідь підготовленої причіпної групи вагонів (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. На рис. 3.5 наведено дерево варіантів технологічних схем обслуговування поїздів різних категорій на станції обміну груп вагонів.

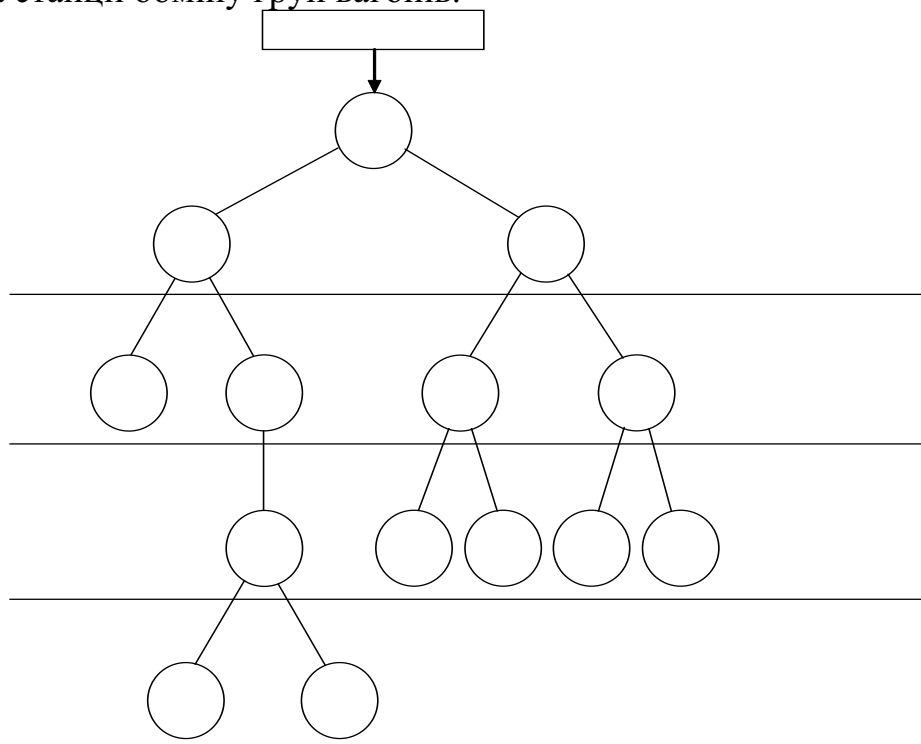


Рисунок 3.5 – Дерево варіантів технологічних схем обслуговування вантажних поїздів різних категорій на станції обміну груп вагонів

При застосуванні кожної з можливих технологій обміну груп вагонів виникають певні зміни у тривалості простою під накопиченням вагонів призначення С. Звідси постає задача визначення економії вагоно-годин при

	5	10	15	20	25	30	35	40	45
5	14,1	–	–	–	–	–	–	–	–
10	10,9	25	–	–	–	–	–	–	–
15	7,8	18,8	32,8	–	–	–	–	–	–
20	4,7	12,5	23,4	37,5	–	–	–	–	–
25	1,6	6,3	14,1	25	39,1	–	–	–	–
30	-1,6	0	4,7	12,5	23,4	37,5	–	–	–
35	-4,7	-6,3	-4,7	0	7,8	18,8	32,8	–	–
40	-7,8	-12,5	-14,1	-12,5	-7,8	0	10,9	25	–
45	-10,9	-18,8	-23,4	-25	-23,4	-18,8	-10,9	0	14,1

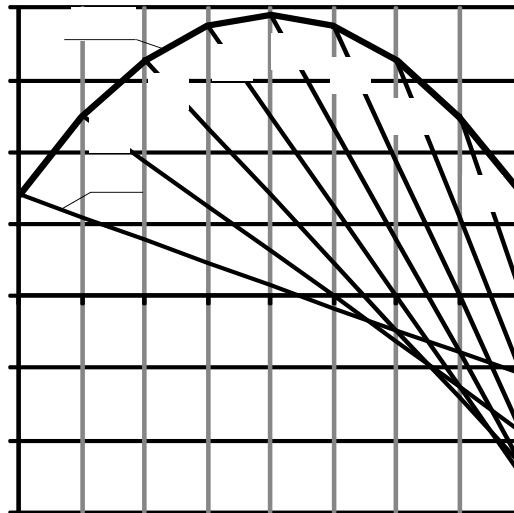


Рисунок 3.7 – Залежність економії простою вагонів під накопиченням від впливаючих факторів для окремого призначення

Отримані результати показують, що виконання обміну груп у двогрупних поїздах через приймально-відправний парк може приводити як до зменшення, так і до збільшення простою вагонів певного призначення під накопиченням. Наявність економії залежить від величини ПГВ та ядра двогрупного поїзда, стану призначення та інтенсивності надходження вагонів.

Найбільша економія простою може бути отримана, коли до складу двогрупного поїзда включаються усі наявні вагони призначення, тобто при $p=R$, а максимальна економія досягається при $p=R=m/2$. 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 відсутністю на станції двогрупного поїзда.

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 $m_{\text{я}}$ вагонів. Надходження додаткових вагонів переводить призначення С в один з можливих станів:

–стан 1 – кількість вагонів менша ніж склад поїзда, тобто $R + m_{\text{я}} < m$.

Процес накопичення повинен продовжуватися;

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

Розглянемо процес накопичення вагонів призначення С для стану 1, який у графічному вигляді наведено на рис.3.8 (за умови $p=t_{я}$).

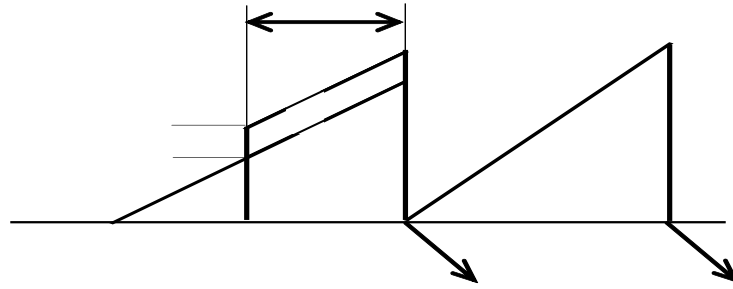


Рисунок 3.8 – Процес накопичення на станції В вагонів призначення С за умови $R + t_{я} < t$

У випадку коли $R + t_{я} < t$ тривалість завершення накопичення даного поїзда у середньому дорівнює

а вагоно-години простою під накопиченням вагонів ядра становлять

$$(3.12)$$

Вагони, які надходять за період , будуть мати наступні вагоно-години простою під накопиченням

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

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

$$(3.13)$$

Отже, економія простою для призначення C , після підстановки в формулу (3.8) складових (3.4) та (3.13) і алгебраїчних перетворень, визначається

$$(3.14)$$

Величина в (3.14) являє собою деяку розрахункову кількість вагонів. Тривалість накопичення z вагонів та економія простою $W_{ек}$, яку вони забезпечують, можуть бути визначені за формулами (3.10) та (3.11).

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

$$(3.15)$$

Підставивши в (3.15) відповідні складові (3.12) та (3.14) і алгебраїчних перетворень отримаємо

$$(3.16)$$

Розглянемо приклад визначення за умови $R + m < m$. Якщо на колії призначення C знаходиться R онів, а після розформування двогрупного поїзда надійшло m вагонів

вагоно-год.

З метою аналізу аналогічним чином виконані розрахунки для інших величин m та R , результати яких наведені в табл. 3.4 і в графічному вигляді на рис. 3.9.

Отримані результати показують, що надходження додаткової групи вагонів на окреме призначення може приводити як до зменшення, так і до збільшення простою вагонів під накопиченням.

Таблиця 3.4 – Визначення величини

R	=f(p, R)								
	p								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
5	-10,9	-18,8	-23,4	-25	-23,4	-18,8	-10,9	0	–
10	-7,8	-12,5	-14,1	-12,5	-7,8	0	10,9	–	–

15	-4,7	-6,3	-4,7	0	7,8	18,8	–	–	–
20	-1,6	0	4,7	12,5	23,4	–	–	–	–
25	1,6	6,3	14,1	25	–	–	–	–	–
30	4,7	12,5	23,4	–	–	–	–	–	–
35	7,8	18,8	–	–	–	–	–	–	–
40	10,9	–	–	–	–	–	–	–	–
45	–	–	–	–	–	–	–	–	–

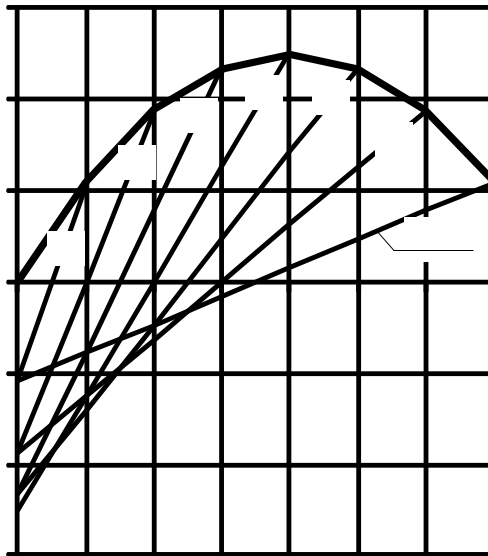


Рисунок 3.9 – Залежність економії простою вагонів під накопиченням від впливаючих факторів для окремого призначення за умови $R + m_{\text{я}} < m$

Наявність економії залежить від величини ядра двогрупного поїзда, стану призначення та інтенсивності надходження вагонів. Найбільша економія простою може бути отримана за умови $m_{\text{я}} + R = m$.

Зменшення $m_{\text{я}}$ відносно R зменшує економію простою, а у випадках, коли $z < 0$ може приводити до зростання простою порівняно з відсутністю на станції двогрупного поїзда.

Розглянемо процес накопичення вагонів призначення С для стану 2, який у графічному вигляді наведено на рис. 3.6 (за умови $p = m - m_{\text{я}}$).

У випадку коли $R + m_{\text{я}} \geq m$ на колії сортувального парку достатньо вагонів для формування состава, до складу якого включається $p = m - m_{\text{я}}$ вагонів. Так як $p = m - m_{\text{я}} = m_{\text{ПГВ}}$, то формули та розрахунки по визначенню економії простою вагонів під накопиченням аналогічні тим, які отримані для технології обміну груп вагонів через приймально-відправний парк.

Отримані результати досліджень показують, що величина ядра двогрупного поїзда впливає на тривалість простою під накопиченням вагонів призначення С. 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 t_z для станції обміну груп вагонів, у відповідності до рис. 3.5, застосовується:

–формула (3.11) – у випадку прийому двогрупного поїзда в приймально-відправний парк та у випадку прийому двогрупного поїзда в парк прийому і виконанні умови $R + m_{я} \geq m$ (для сортувальної колії призначення С);

–формула (3.16) – у випадку прийому двогрупного поїзда в парк прийому та при виконанні умови $R + m_{я} < m$ для сортувальної колії призначення С.

Необхідно зауважити, що математичний опис процесу та розрахунок його показників виконані для рівномірного у часі надходження вагонів з інтенсивністю λ . Процес накопичення вагонів в реальних умовах можна розглядати як випадковий з дискретними станами, зміна яких відбувається на випадкову кількість вагонів a_i у випадкові моменти часу T_i (див. рис. 3.10).

На відміну від рівномірного процесу надходження вагонів величина t_z може бути розрахована з використанням даних T_i та a_i наступним чином:

$$t_z = T_k - T_0, \text{ де } k \text{ визначається за умови } \dots$$

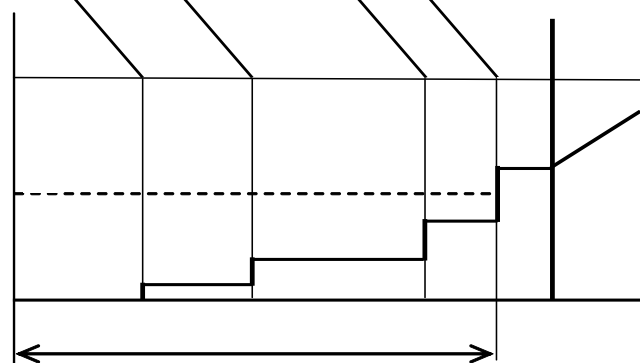


Рисунок 3.10 – Розрахункова схема реального процесу накопичення

В оперативних умовах величина t_z може бути визначена з використанням інформації АСОУП в межах періоду планування ($T_{пл}$) і з використанням середньостатистичних даних надходження вагонів – за межами періоду планування.

Всі розрахунки та отримані формули для визначення економії вагоно-годин накопичення вагонів при формуванні двогрупних поїздів на головній станції та при виконанні обміну груп у двогрупному поїзді опубліковані автором в [126] та [127].

Визначення раціональної величини ядра та причіпної групи вагонів двогрупного поїзда

Звичайно, у формуванні двогрупних поїздів на головній станції приймають участь два попутних призначення, тому потрібно оцінювати їх сумарну ефективність. З метою аналізу виконано розрахунки ефективності формування двогрупного поїзда з вагонів двох призначень, характеристики яких наведені в

табл. 3.1, а результати розрахунків (за умови $p_1 + p_2 = m$) у числовому вигляді – в табл. 3.5 і у графічному вигляді – на рис.3.11.

Наведені результати показують, що при наявності у двох призначень достатньої кількості вагонів для формування двогрупного поїзда ($R_1 + R_2 \geq m$) максимальна 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 $p_1 + p_2 = m$.

Таблиця 3.5 – Розрахунок ефективності формування двогрупного поїзда

p_1	z_1	t_{z1}	p_2	z_2	t_{z2}	$W_{ек1}$	$W_{ек2}$	$W_{ек}$
40	10	1,25	10	-20	-4,0	25	-20	5,0
35	5	0,63	15	-15	-3,0	10,9	-22,5	-11,6
30	0	0	20	-10	-2,0	0	-20	-20
25	-5	0,63	25	-5	-1,0	-7,8	-12,5	-20,3
20	-10	-1,25	30	0	0	-12,5	0	-12,5
15	-15	-1,87	35	5	1,0	-14,1	17,5	3,4
10	-20	-2,5	40	10	2,0	-12,5	40	27,5

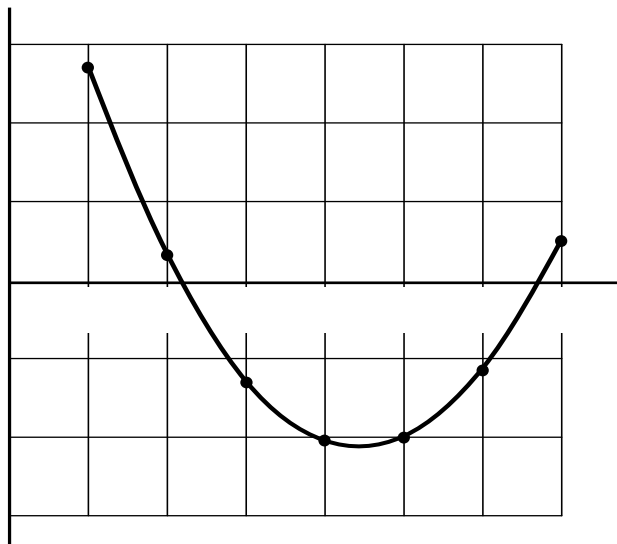


Рисунок 3.11 – Залежність економії простою вагонів $W_{ек}$ від величини ПГВ призначення 1

При цьому потрібно розглядати два випадки:

- 1) $p_1 = R_1, p_2 = m - p_1$;
- 2) $p_2 = R_2, p_1 = m - p_2$.

Ефективним слід вважати випадок з більшим значенням величини $W_{ек}$.

У прикладі, що розглядається, максимальна економія $W_{ек} = 27,5$ ваг-год забезпечується при включенні до складу двогрупного поїзда повної групи вагонів призначення 2 ($p_2 = 40$) та $p_1 = 50 - 40 = 10$ вагонів призначення 1.

Отримані результати показують, що навіть в умовах рівномірного надходження вагонів економія вагоно-годин накопичення залежить від параметрів поточного стану. В умовах нерівномірного, тим паче випадкового надходження ва

гонів, слід очікувати більш значного коливання показників простою.

Процедура оцінювання оперативного рішення щодо формування двогрупного поїзда

Для можливості оцінювання рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда при застосуванні критерію Ω (3.1) розроблено відповідну процедуру.

Зміст даної процедури полягає в наступному:

- 1) за допомогою прогнозних даних надходження вагонів на станцію А визначається період, за який відбудеться завершення накопичення кожного одногрупного поїзда (призначенням В та призначенням С). У випадку реалізації даної процедури на реальних об'єктах прогнозні дані можливо отримати з НАСК ВП УЗ;
- 2) визначається кількість вагонів у кожній з груп двогрупного поїзда;
- 3) на основі розрахунків визначається економія вагоно-годин простою $W_{ек}$ на головній станції тих призначень, вагони яких планується включити до складу двогрупного поїзда, у випадку його формування. Для цього застосовується формула (3.11);
- 4) визначається раціональна технологія обміну груп вагонів на попутній технічній станції (станція В) з урахуванням складу двогрупного поїзда та можливого стану станції на момент його надходження;
- 5) за допомогою локального критерію Ω визначається економія витрат, пов'язаних з формуванням двогрупного поїзда;
- 6) при виконанні умови $\Omega > 0$ прийняте рішення щодо формування двогрупного поїзда є ефективним.

Визначення раціональної технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції з урахуванням складу двогрупного поїзда та оперативного стану станції є окремою складною задачею, рішення якої наведено в п.3.6.

Визначення раціональної технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді

Обмін груп вагонів у двогрупному поїзді можливо виконати за двома варіантами (див. рис.3.5):

–варіант 1 – двогрупний поїзд приймається в парк прийому (або в приймально-відправний парк), де з ним виконуються ті ж операції, що і з поїздом, який надійшов у розформування;

–варіант 2 – двогрупний поїзд приймається в приймально-відправний парк, де відбуваються операції з обміну груп вагонів.

До прибуття двогрупного поїзду на станцію маневровому диспетчеру необхідно оцінити оперативну ситуацію та, маючи інформацію про склад двогрупного поїзду, що прибуває, визначитися з технологією виконання обміну груп вагонів. При цьому раціональною необхідно вважати таку технологію, яка забезпечує мінімальні витрати, пов'язані з її застосуванням.

Розглянемо порядок визначення зон раціонального застосування кожного з варіантів на прикладі станції В, немасштабна схема якої наведена на рис. 3.12.

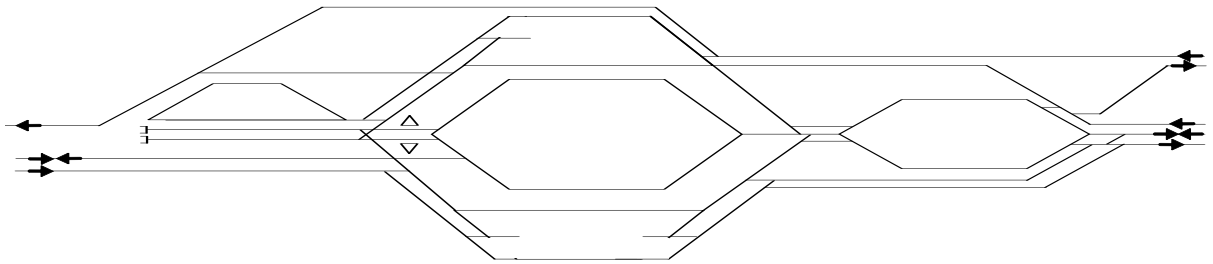


Рисунок 3.12 – Немасштабна схема станції В

Визначення повних витрат, пов'язаних з обміном груп вагонів у двогрупному поїзді. Повні витрати, пов'язані з обміном груп вагонів у двогрупному поїзді за кожним з варіантів, можуть бути визначені за формулою (2.23).

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

$$N_{\text{DSMT4}} \text{ , ваг-год} \\ (\text{SEQ 1} \setminus * \text{MERGEFORMAT 3. SEQ формула} \setminus * \text{MERGEFORMAT 17})$$

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

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

$N_{t_{\text{ПГВ}}}$ – 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

$$N_{t_{\text{я}}} = f(m_{\text{я}}, \quad , \quad),$$

де \quad – множина техніко-технологічних параметрів станції, яка залежить від обраної технології обміну груп вагонів. Вона визначає порядок та тривалість виконання операцій з вагонами ядра поїзда;

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

Множина \quad 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

$$=f(R, N).$$

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

$$Nt_{ВГВ}=f(m_{ВГВ}, \quad),$$

де $m_{ВГВ}$ – 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

$$Nt_{ПГВ}=f(m_{ПГВ}, \quad),$$

де $m_{ПГВ}$ – 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 (3.11) або (3.16).

Технологічні схеми роботи з обміну груп у двогрупному поїзді відповідно до варіанту технології наведені на рис. 3.13 та рис. 3.14.

Список позначень, що застосовані в технологічній схемі роботи з обміну груп вагонів у двогрупному поїзді за варіантом 1 (див. рис. 3.13), наведено в табл.3.6.

Таблиця 3.6 – 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	$t_{закр}$
технічний огляд вагонів			$t_{то}$
відчеплення поїзного локомотива	ядро, ВГВ	приймально-відправний парк	t_3
заїзд маневрового локомотива під состав			
витягування составу на витяжну колію		витяжна колія	$t_{вит}$
насув на гірку			$t_{нас}$
розпуск		сортувальна гірка	$t_{роз}$
осаджування		сортувальний парк	$t_{ос}$

закінчення формування состава	ядро , ПГВ		
перестановка в парк відправлення		парк відправлення	tпер
випробування автогальм		парк	tвг
відправлення состава		відправлення	tвідпр

Приймально-відправний парк		$t_{\text{закр}}^{\text{СК}}$	
Маневровий локомотив 1			
Поїзний локомотив			
С о р т у в а ль н и й п ар к	Призначення С	Стан 1 ($R + m_{\text{я}} < m$)	
		Стан 2 ($R + m_{\text{я}} \geq m$)	
Парк відправлення			
Маневровий локомотив 2			

Рисунок 3.13 – Технологічна схема роботи з обміну груп вагонів у двогрупному поїзді за варіантом 1

$t_{\text{закр}}$
 $t_{\text{СК}}$

Маневровий локомотив 1		
Поїзний локомотив		
При ймал ьно- відп равн ий парк	Колія 1	
	Колія 2	
Сорт уваль ний парк	Призна -чення С	
Маневровий локомотив 2		

Рисунок 3.14 – 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. 3.14), наведено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – 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	
розчеплення груп вагонів	ядро, ВГВ		трозч
витягування вагонів з колії приймально-відправного парку на витяжну колію	ядро		
осаджування вагонів з витяжної колії на колію приймально-відправного парку			
технічний огляд ВГВ	ВГВ		
заїзд маневрового локомотива на витяжну колію	–	витяжна колія	t31
заїзд маневрового локомотива з витяжної колії в приймально-відправний парк	–		
зняття закріплення з ВГВ	ВГВ	приймально-відправний парк	
витягування ВГВ на витяжну колію		витяжна колія	
насув ВГВ на гірку		сортувальна гірка	
розпуск ВГВ			
осаджування ВГВ			
заїзд маневрового локомотива за ПГВ	–	сортувальний парк	
закінчення формування ПГВ	ПГВ	витяжна колія	
витягування ПГВ на витяжну колію			
осаджування ПГВ на колію приймально-відправного парку			приймально-відправний парк
повернення маневрового локомотива в сортувальний парк	–	витяжна колія	tпов
технічний огляд вагонів	ядро, ПГВ	приймально-відправний парк	
випробування гальм			твг
відправлення составу			твідпр

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

$$M_{\text{т}} = M_{\text{тЯ}} + M_{\text{тВГВ}} + M_{\text{тПГВ}} \quad (3.18)$$

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

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

$M_{\text{тПГВ}}$ – 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

$$M_{\text{тЯ}} = f(m_{\text{Я}}), \quad M_{\text{тВГВ}} = f(m_{\text{ВГВ}}), \quad M_{\text{тПГВ}} = f(m_{\text{ПГВ}}).$$

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

$$M_{\text{тПЛ}} = f(T_{\text{тех}}). \quad (3.19)$$

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.

Тривалість операцій, які не пов'язані з виконанням маневрових операцій, визначається відповідно до [128]. Тривалість операцій, які пов'язані з виконанням маневрових операцій, визначається відповідно до [129], де викладено також і методику їх застосування. Норми часу на виконання всіх інших операцій, тривалість яких неможливо визначити за розрахунками, визначалися на основі статистичної обробки даних, отриманих у результаті спостережень на станції.

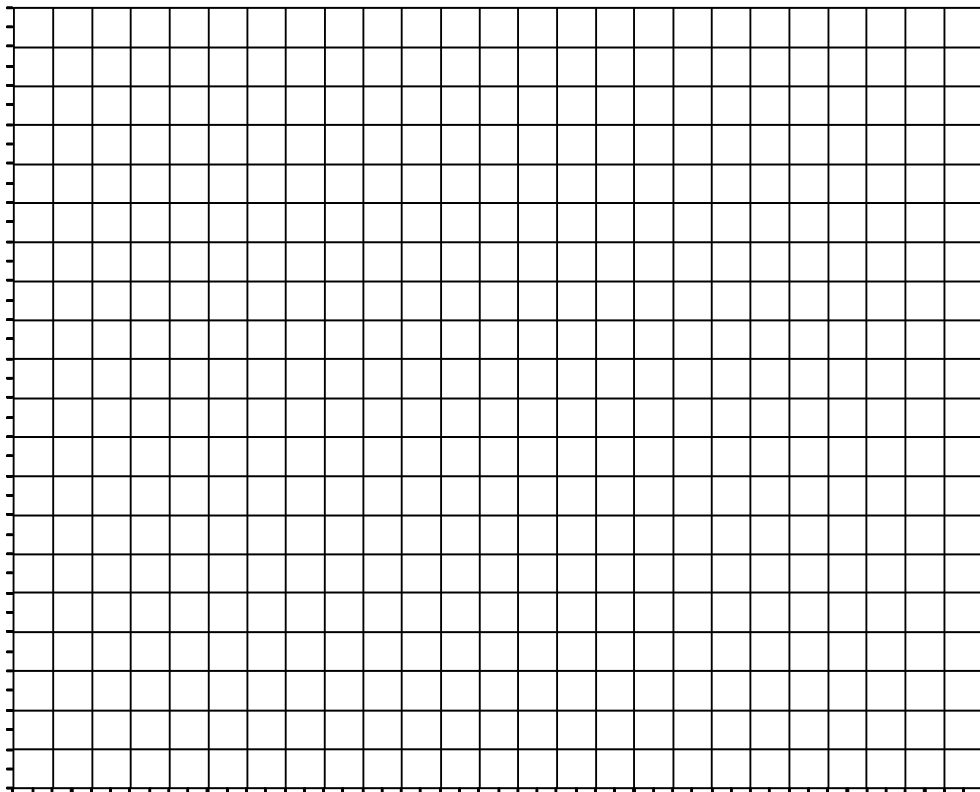
3.6.2 Визначення зон раціонального застосування варіантів технології обміну груп вагонів. Оперативне вирішення питання про застосування того чи іншого варіанту технології обміну груп вагонів потребує значних витрат часу на аналіз всіх впливаючих факторів. Крім цього необхідно виконати досить великий 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.

Для вирішення поставленого питання було виконано дослідження залежності витрат, пов'язаних з виконанням обміну груп вагонів у двогрупному поїзді, від наступних факторів:

- варіант технології обміну груп вагонів;
- потреба у зміні поїзного локомотива;
- кількість вагонів у відчпній групі;
- стан попутного призначення С;
- потужність вагонопотоку С.

Вихідні дані та приклад розрахунку повних витрат, пов'язаних з обслуговуванням двогрупного поїзда з застосуванням перелічених факторів, наведено в додатку В. При виконанні розрахунків було прийнято, що всі виконавці на момент прибуття двогрупного поїзда вільні і можуть виконувати свої функції, тобто при виконанні технологічних операцій з поїздом відсутні їх очікування. Тривалість виконання технологічних операцій відповідає технологічному процесу роботи станції.

За результатами досліджень, в залежності від перелічених факторів, отримано відповідні зони, які чітко визначають раціональний варіант обслуговування двогрупного поїзда на станції обміну груп за додатковою умовою . На рис. 3.15 наведено приклад таких зон при відсутності потреби у зміні поїзного локомотива, та для $N_{AB}=N_{AC}=N_{BC}=200$ вагонів на добу.



- зона застосування варіанту 1 технології обміну груп вагонів
- зона застосування варіанту 2 технології обміну груп вагонів

Рисунок 3.15 – Зони раціонального застосування варіантів технології обміну груп вагонів у залежності від впливаючих факторів при відсутності зміни поїзного локомотива

На рис. 3.16 наведено приклад зон раціонального застосування варіантів обслуговування двогрупного поїзда при необхідності зміни поїзного локомотива для $N_{AB}=N_{AC}=N_{BC}=200$ вагонів на добу.

Дані залежності можуть бути отримані для кожної станції з урахуванням її техніко-технологічних особливостей та різної потужності вагонопотоків тих призначень, вагони яких будуть використовуватися при виконанні обміну груп у двогрупних поїздах.

На основі рис. 3.15 та рис. 3.16 можна зробити висновок, що раціональний варіант технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді залежить від оперативного стану станції обміну груп (кількості вагонів призначення, з якого буде виконуватись поповнення двогрупного поїзда), її техніко-технологічних параметрів, складу двогрупного поїзда та інших впливаючих факторів.

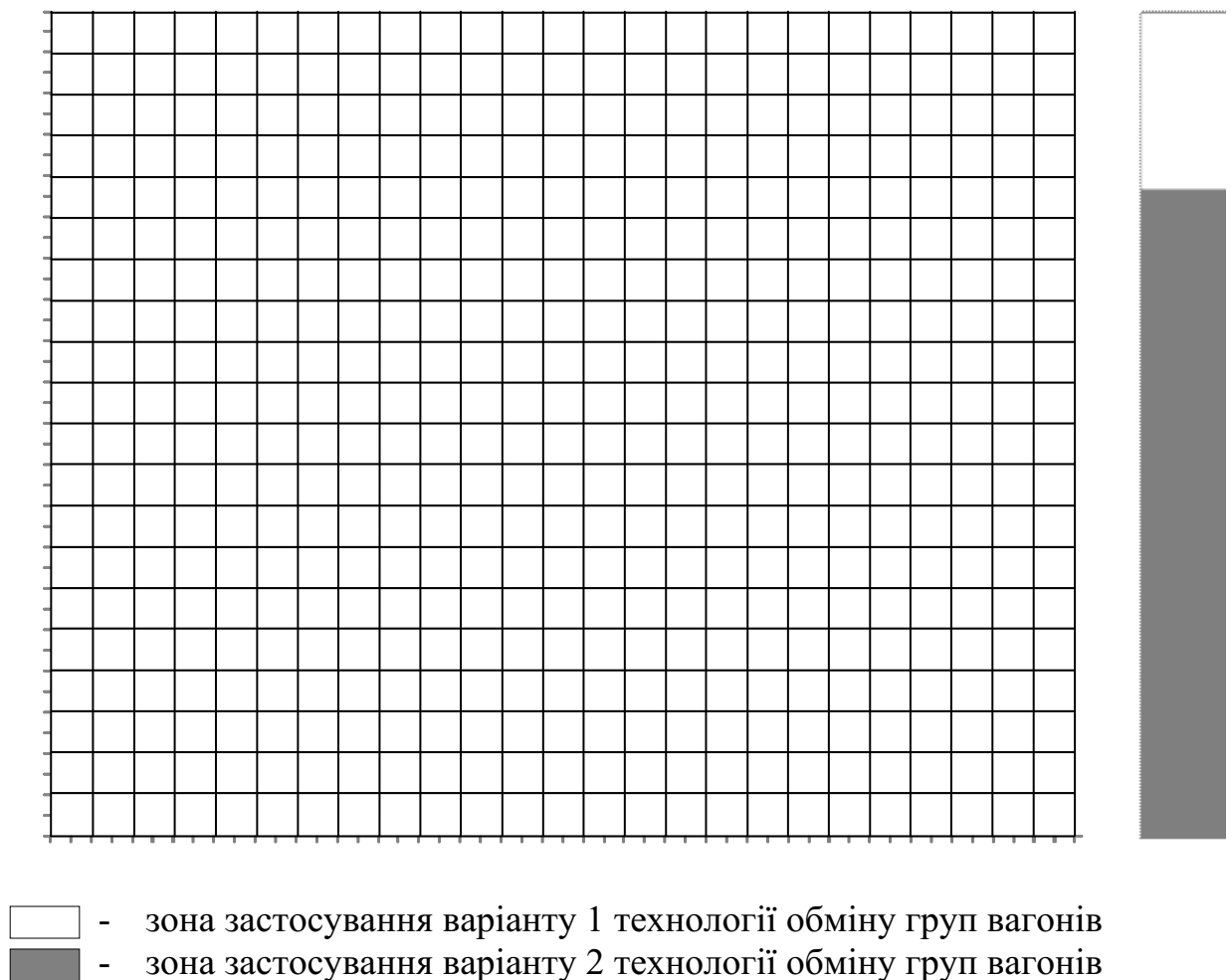


Рисунок 3.16 – Зони раціонального застосування варіантів технології обміну груп вагонів у залежності від впливаючих факторів при наявності зміни поїзного локомотива

Отже застосовувати ту чи іншу технологію необхідно з урахуванням всіх впливаючих факторів, тобто адаптувати її до оперативних умов функціонування станції. В подальшому оперативне застосування раціональної технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді буде розглядатися як адаптивна технологія.

Отримані залежності (див. рис.3.15, рис.3.16), в умовах застосування адаптивної технології, суттєво пришвидшать прийняття рішення щодо вибору раціональної технології обслуговування двогрупних поїздів з урахуванням оперативної ситуації на станції. Крім цього, застосування адаптивної технології стосовно двогрупних поїздів може суттєво знизити витрати на їх обслуговування та оптимізувати використання технічного оснащення станції.

Висновки

В третьому розділі розроблено процедуру оцінювання оперативного рішення щодо формування двогрупного поїзда на базі двох попутних одногрупних призначень ПФП та зроблено наступні висновки:

1) розроблено локальний критерій оцінювання оперативного рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда з урахуванням оперативної ситуації на головній станції та стану залізничного напрямку в цілому. У якості даного критерію застосовується економія витрат Ω , яка виникає внаслідок формування двогрупного поїзда;

2) розрахунок економії витрат при формуванні двогрупного поїзда базується на визначенні сумарної економії вагоно-годин простою вагонів, додаткових витратах маневрової роботи на головній станції та станції обміну груп вагонів, а також та додаткового простою поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів. 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) для різних технологічних схем обслуговування двогрупного поїзда;

3) 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 $W_{ек}$;

4) для збільшення ефективності від оперативного формування двогрупного поїзда запропоновано на станції обміну груп використовувати адаптивну технологію обслуговування двогрупних поїздів. Вона передбачає визначення

раціональної технології роботи на основі мінімальних витрат, пов'язаних з обробкою окремого двогрупного поїзда. Вибір раціональної технології обміну груп вагонів може виконуватися на основі отриманих зон застосування варіантів технології обміну груп вагонів у залежності від кількості вагонів у ВГВ та кількості вагонів даного призначення на станції з урахуванням впливаючих факторів (потужності вагонопотоку попутного призначення та потреби у зміні поїзного локомотива);

5) розроблено процедуру оцінювання оперативного рішення щодо формування двогрупного поїзда на базі двох попутних односторонніх призначень ПФП з урахуванням поточного стану залізничного напрямку та адаптивної технології обробки двогрупного поїзда на станції обміну груп вагонів.

РОЗДІЛ ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАПРЯМКУ

Сучасний етап розвитку залізничної галузі характеризується значним ускладненням практики оперативного керування вагонопотоками. На Укрзалізниці створена технічна база для вирішення задачі оперативного керування поїздоутворенням, але відсутні алгоритми та методи для її використання в оперативних умовах. Ці та інші причини вимагають удосконалення існуючих, розробку та впровадження в практику нових методів оперативного керування поїздоутворенням. Впровадження в практику тих або інших методів керування потребує їх попередньої оцінки, особливо що стосується роботи залізничного напрямку. Кількісну оцінку техніко-експлуатаційних та економічних показників роботи окремого залізничного напрямку для кожного з варіантів організації вагонопотоків та/або зміни технології їх обслуговування найбільш доцільно виконувати за допомогою його функціональної моделі.

Загальна структура імітаційної моделі залізничного напрямку

Залізничний напрямок та кожна технічна станція, яка знаходиться на даному напрямку, представляють собою складні керовані системи масового обслуговування, що складаються з багатьох різних елементів, які в процесі роботи тісно взаємодіють між собою та мають взаємний вплив.

На кафедрі «Станції та вузли» ДНУЗТу для вирішення задач, пов'язаних з дослідженням роботи технічних станцій, рядом авторів [105, 106, 130] створено систему математичних моделей технічних станцій. Даний комплекс моделей було використано для моделювання роботи залізничного напрямку. При цьому, для дослідження задач поставлених в дисертаційні роботі, було доопрацьовано моделі системи управління для макро- та мікрорівней.

Функціональна модель залізничного напрямку (ФМН) розглядається як дворівнева, де на макрорівні моделюється робота всього напрямку в цілому, а на мікрорівні – робота окремої станції.

У загальному вигляді ФМН може бути представлена структурою

$$.DSMT4 \quad , \quad (4.1)$$

де S_i – множина параметрів, що характеризують окрему технічну станцію залізничного напрямку;

U_j – множина параметрів, що характеризують окрему ділянку між двома технічними станціями;

n – загальна кількість технічних станцій напрямку;

l – загальна кількість ділянок напрямку.

Окрема технічна станція залізничного напрямку представляється в моделі за допомогою структури

$S_i = \{I_s, \mathbf{T}_{\text{тех}}, \mathbf{T}_{\text{техн}}\}, i=1, 2, \dots, n, (\text{SEQ } 1 \setminus * \text{ MERGEFORMAT } 4)$

SEQ формула * MERGEFORMAT 2)

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.

Окрема ділянка між двома технічними станціями представляється в моделі за допомогою структури

$U_j = \{I_u, N_{\text{пр}}, \mathbf{T}_{\text{техн}}, t_x\}, j=1, 2, \dots, l, (\text{SEQ } 1 \setminus * \text{ MERGEFORMAT } 3)$

SEQ формула * MERGEFORMAT 3)

де I_u – ідентифікатор (назва) ділянки;

$N_{\text{пр}}$ – наявна пропускна спроможність ділянки;

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

t_x – графікова тривалість руху вантажного поїзда по даній ділянці.

До складу ФМН входять генератор вхідного потоку заявок (ГВП), який моделює надходження заявок на технічні станції напрямку (моменти надходження та параметри заявок), модель оперативного керування поїздоутворенням на залізничному напрямку (МОКЗН) та моделі роботи кожної окремої технічної станції (ФМС). Структура ФМН та схема взаємодії моделей наведена на рис. 4.1.

Вхідний потік представляє собою множину поїздів різних категорій, що прибувають на окрему технічну станцію. Параметри кожного об'єкта O_k в удосконаленій моделі станції визначаються структурою

$$O_k = \{I_s, T_{\text{пр}}, \mathbf{P}, \mathbf{B}\}, k=1, 2, \dots, n_0 \quad (4.4)$$

де I_s – ідентифікатор станції надходження поїзда (4.2);

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

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

\mathbf{B} – список параметрів процесу обслуговування поїзда на станції;

n_0 – загальна кількість об'єктів.

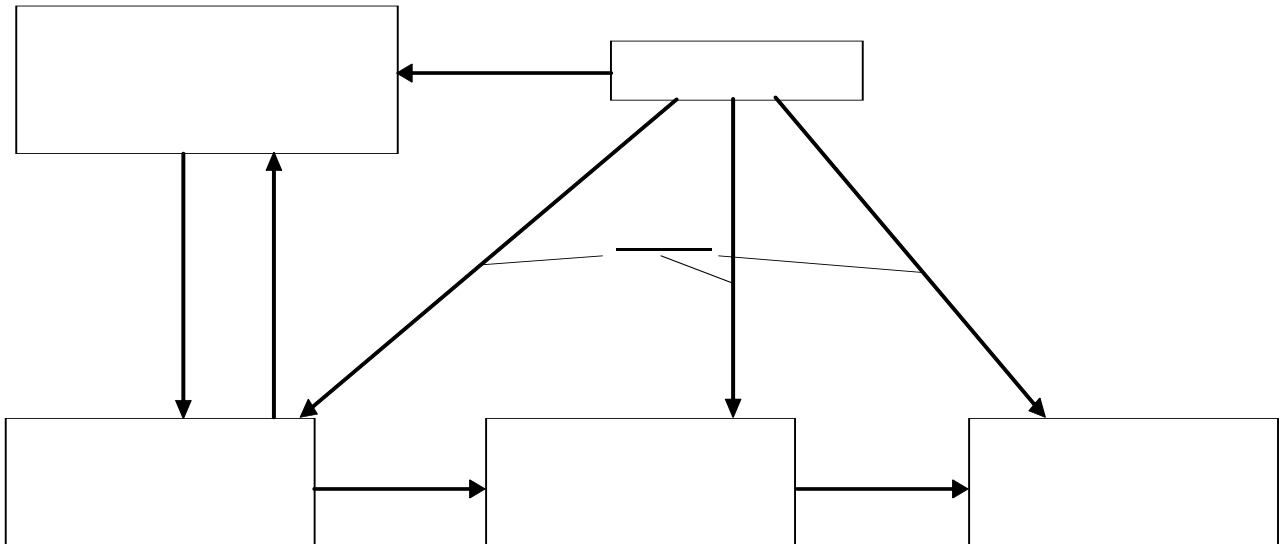


Рисунок 4.1 – Структура функціональної моделі залізничного напрямку

За допомогою ГВП також моделюється надходження заявок на окрему станцію з тих підходів, які не входять до складу даного залізничного напрямку. Моделювання надходження заявок на кожну станцію з тих станцій, які входять до напрямку, що розглядається, виконується за результатами роботи попередньої станції та з використанням графікової тривалості руху поїздів (t_x).

Поїзди можуть надходити на кожну станцію залізничного напрямку з декількох підходів. Момент надходження чергового поїзда O_j на станцію з підходу, що не входить до обраного напрямку, визначається за формулою

$$T_{\text{пр}(j)} = T_{\text{пр}(j-1)} + I_{j-1,j}; (T_0 = 0), \quad (4.5)$$

де $T_{\text{пр}(j-1)}$ – момент прибуття на станцію попереднього ($j-1$) поїзда;

$I_{j-1,j}$ – інтервал прибуття між суміжними ($j-1$) та j поїздами.

Інтервал між поїздами моделюється за законом Ерланга, згідно досліджень, що виконані в розділі 2. Для моделювання використано модифікований розподіл Ерланга, при якому величина $I_{j-1,j}$ визначається за допомогою виразу

.3

,(SEQ 1

* MERGEFORMAT 4. SEQ формула * MERGEFORMAT 6)

де I_{\min} – мінімальний інтервал між поїздами, що встановлюється вимогами автоблокування;

r – випадкове число, що рівномірно розподілене в інтервалі $[0, 1]$.

Рух пасажирських поїздів в моделі відбувається відповідно графіку руху на дільницях напрямку.

Момент надходження поїзда O_j на станцію i з попередньої станції ($i-1$) залізничного напрямку визначається за формулою

де t_{ij} – момент відправлення поїзда O_j зі станції $(i-1)$;

τ_{ij} – тривалість руху поїзда між станціями $(i-1)$ та i .

Рішення про застосування оперативного керування поїздоутворенням на залізничному напрямку приймає поїзний диспетчер, після узгодження цього рішення з відповідними керівниками. Також дане рішення може бути ініційоване станційним або маневровим диспетчером головної технічної станції. В розділі 3 було розроблено процедуру оцінки оперативних рішень щодо формування окремих двогрупних поїздів. Для її реалізації та вирішення задач, пов'язаних з дослідженням впливу оперативного керування поїздоутворенням на ефективність організації вагонопотоків на залізничному напрямку, було удосконалено модель системи управління (МОКЗН).

Функціонування МОКЗН описується процедурою, яка наведена на рис. 4.2. Дана процедура застосовується на головній станції для вирішення питання про необхідність оперативного керування поїздоутворенням.

Функціональна модель роботи технічної станції

Враховуючи складну ієрархічну структуру залізничних станцій, при розробці їх функціональних моделей виділяють наступні рівні деталізації. На метарівні станція розглядається як СМО, що виконує обслуговування вхідного потоку заявок. На макрорівні виконується моделювання технологічного процесу (ТП) обслуговування потоку заявок. На мікрорівні виконується моделювання обслуговування окремих заявок [104].

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 ФМС входить модель технологічного процесу обслуговування об'єктів (МТП) та модель оперативного керування технологічним процесом станції (МОУТП).

Рисунок 4.2 – Процедура визначення категорії поїзда, що формується

Синхронізація моделей виконується в дискретні моменти системного часу T_c . Структура ФМС та схема взаємодії її моделей наведена на рис. 4.3.

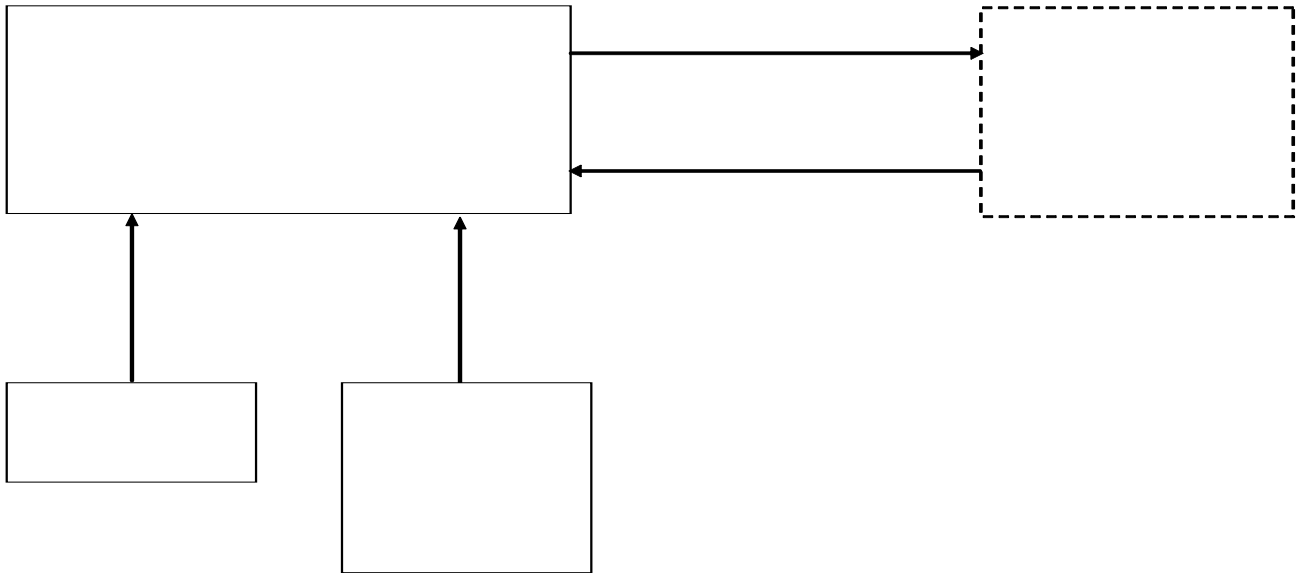


Рисунок 4.3 – Структура функціональної моделі технічної станції

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

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 розглядаються поїзди, локомотиви, маневрові состави та состави, що накопичуються на сортувальних коліях. Кожен об'єкт представляється в моделі за допомогою структури REF ф4_4 * MERGEFORMAT (4.4).

Одночасно з моментом появи поїзда $T_{вхj}$ моделюються його параметри \mathbf{P}

$$\mathbf{P} = \{I_o, T_{пр}, a_o, m, L, m_{ВГВ}, m_{я}\}, \quad (4.8)$$

де I_o – ідентифікатор об'єкту;

a_o – тип об'єкта (категорія поїзда);

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

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

$m_{я}$ – 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 \mathbf{B} (4.4)

$$\mathbf{B} = \{s_0, \mathbf{U}_{\text{вик}}, \mathbf{Q}, \mathbf{O}_{\text{оп}}\}, \quad (4.9)$$

де s_0 – 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;

\mathbf{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.

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 [130]

$q_i = \{I_w, N_o, \mathbf{U}_q, \mathbf{F}_q, t_q, z_q, s_q\}, i = 1, 2, \dots, n_q$ (SEQ 1 * MERGEFORM
 . SEQ формула * MERGEFORMAT 10)

де I_w – ідентифікатор шаблону технологічної операції;

N_o – 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_i для об'єкта O_j . При цьому $s=0$, якщо операція q_i може бути почата з об'єктом O_j і очікує звільнення виконавця відповідної спеціалізації і $s=1$, якщо операція q_i виконується, $s=2$, якщо виконана умова тривалості та операція знаходиться в стані виконання умов її закінчення.

В процесі моделювання роботи станції список \mathbf{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 [106]

$$E_k = \{I_e, N_e, \gamma, g_e\}, k = 1, 2, \dots, n_e, \quad (4.11)$$

де I_e – ідентифікатор виконавця;

N_e – назва виконавця;

g_e – показчик 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 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 $U_r = \{I_{e1}, I_{e1}, \dots, I_{em}\}$, (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 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 $T_{\text{вих}(i-1)}$ визначається за результатами обслуговування заявки в ФМС станції $i-1$. Величина t_{xj} встановлюється відповідно до графіку руху поїздів між даними станціями.

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 [104]

$$A = \{X, Z, S, F_z, F_s\}, \quad (4.12)$$

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 МОКЗН) 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 МСУ 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 вхідного 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 $s_0 \in S$ 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_k , після чого відповідний об'єкт виключається із системи обслуговування.

Функції виходів F_z і переходів F_s автомата A виконують перетворення вхідної послідовності сигналів $x_j = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ у відповідну вихідну послідовність $z_j = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}$. Для формалізації різних варіантів технології обслуговування деякого об'єкта використовуються різні вхідні послідовності $x_j, j = 1 \dots r$, кожна із яких переводить СА із стану s_0 в стан s_k . Порядок переходу автомата з одного стану в інший описано в [104].

Для моделювання процесів обслуговування заявок різного типу v було використано відповідні автомати A_v [104]. 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 [104]. Кожен елемент цього списку $f \in F$ описується структурою

$$f_i = \{I_o, r_f, t_f, h_f\},$$

де r_f – тип показника;

t_f – час запису елемента f в список F ;

h_f – числовий параметр.

Модель оперативного керування ТП. 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 якісної
необхідна наявність наступної

- моменти прибуття поїздів,
- кількість вагонів в кожній з

складі поїзда;

- наявність вільних колій в пар

- характеристики відповідної П

Наявність перерахованої інфор
підготуватися до обробки двогрупної
раціонального використання резервів с

Для можливості застосування адапт
двогрупних поїздів, яка розроблена в розділі
оперативного керування технологічним процесом
МОКТП описується процедурою, яка наведена на рис. 4.4

Рисунок 4.4 – 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 (4.4));
- параметри технічної станції (описуються структурою (4.2));
- оперативний стан станції (вільність колій, виконавців, кількість вагонів попутного призначення на коліях сортувального парку і т.д).

Множина параметрів **T_{тех}**, що входить до складу структури (4.2) 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

де – множина параметрів, які описують технологію роботи з вагонами ядра двогрупного поїзда;

- множина параметрів, які описують технологію роботи з вагонами відчійної групи двогрупного поїзда;

- множина параметрів, які описують технологію роботи з вагонами причійної групи двогрупного поїзда;

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

Оперативний стан станції, тобто вільність необхідних виконавців (список Uq), міститься в списку $U_{вик}$.

Розрахунок повних витрат для кожного з варіантів технології обслуговування двогрупного поїзда виконується за формулою (2.23). Окремі складові формули (2.23) визначаються за формулами (3.17-3.19).

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

Ідентифікація технологічного процесу роботи технічних станцій по обслуговуванню поїздів різних категорій

ФМС в процесі моделювання повинна імітувати реальний технологічний процес обробки поїздів і маневрових передач, як по структурі, так і за тривалістю виконання окремих операцій. При цьому необхідно враховувати, що тривалість виконання окремих операцій є випадковою величиною з деяким законом розподілу. З метою отримання характеристик законів розподілу випадкових величин тривалості обслуговування поїзда, що надходить у розформування, був виконаний хронометраж процесу обробки 50-ти поїздів у парку прийому станції Нижньодніпровськ-Вузол. При цьому для кожного поїзда фіксувалися наступні дані: номер поїзда, кількість вагонів в поїзді m , тривалість закріплення $t_{закр}$, тривалість технічного огляду $t_{то}$, тривалість прибирання башмаків $t_{приб}$, тривалість розпуску t_r . Слід зазначити, що випадкові величини $t_{закр}$, $t_{то}$, $t_{приб}$, t_r не є незалежними, оскільки тривалість виконання відповідних технологічних операцій залежить від параметрів составів, які обслуговуються, тобто $t = f(m)$. Прояв наявності такої залежності свідчать поля точок, які побудовані за даними хронометражу, а також значення коефіцієнтів кореляції r вказаних величин (див. рис. 4.5).

Для визначення вказаних залежностей було досліджено 40 різних одно- і двофакторних моделей, в т.ч. лінійні, квадратичні, експоненціальні, логарифмічні і ін. Вибір найбільш відповідної моделі для кожної з даних величин виконувався на основі регресійного аналізу по мінімуму залишкової дисперсії. В результаті дослідження були отримані наступні залежності

Таким чином, в процесі моделювання конкретні значення тривалості вказаних технологічних операцій визначаються відповідно до параметрів

конкретного об'єкту за допомогою приведених виразів.

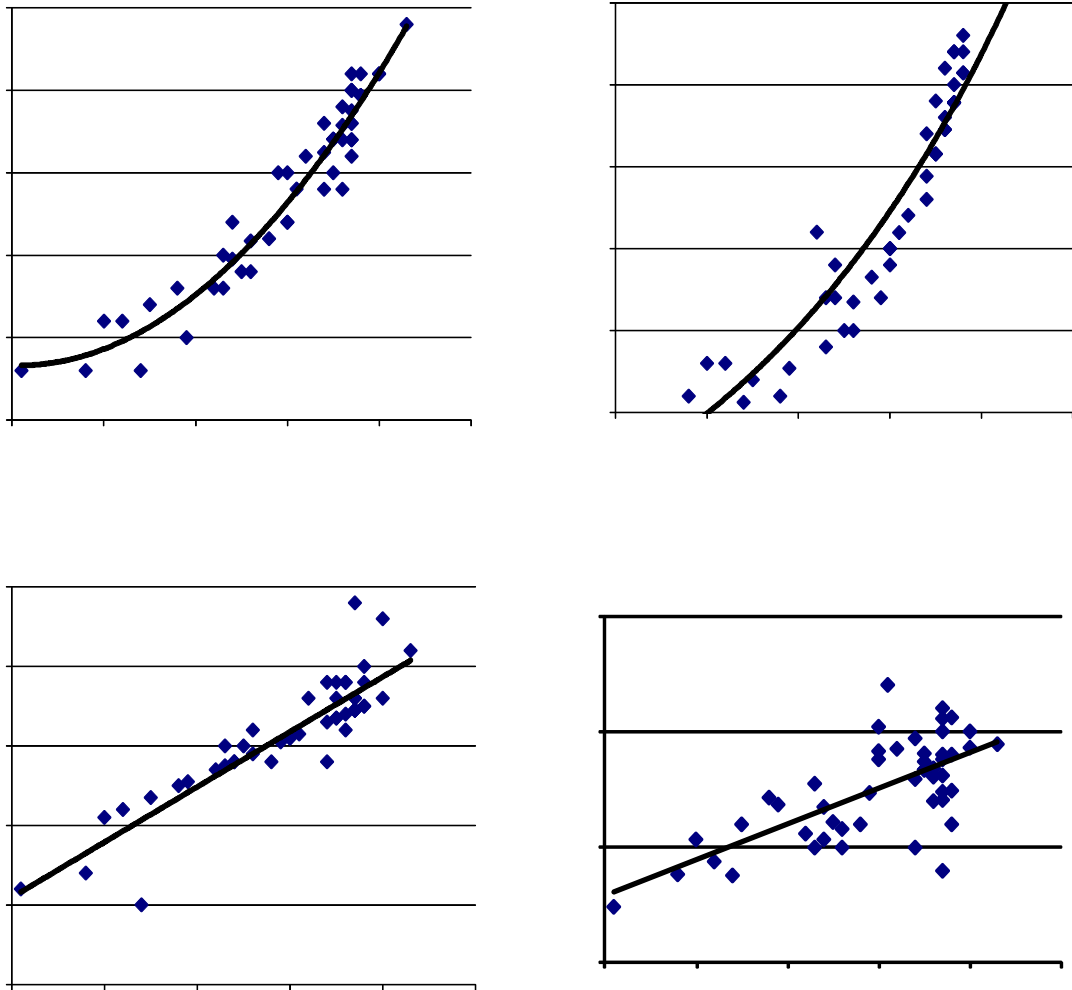


Рисунок 4.5 – Залежності тривалості операцій від числа вагонів в составі: *a* – закріплення состава; *б* – технічний огляд; *в* – прибирання башмаків; *г* – насув і розпуск состава

Тривалість накопичення составів в сортувальному парку моделюється з використанням результатів досліджень процесу накопичення, які виконано в розділі 2.

Тривалість виконання інших маневрових операцій моделюється відповідно до методики яка викладена в [128], враховуючи що виконання відповідних технологічних операцій залежить від параметрів составів та конструкційних особливостей конкретної станції, тобто:

- для составів свого формування та транзитних поїздів $t = f(m)$;
- для двогрупних поїздів $t = f(m, m_{\text{ПГВ}}(\text{ВГВ}), m_{\text{я}})$.

Перевірка адекватності моделі

Перевірка адекватності розроблених моделей виконана за допомогою U -критерію Уїлкоксона [107], тобто було перевірено гіпотезу про приналежність окремих вибірок до однієї генеральної сукупності. Даний критерій призначений для перевірки гіпотези H про те, що функції розподілу F_X і F_Y двох генеральних сукупностей однакові ($H: F_X = F_Y$); конкуруюча гіпотеза $H_1: F_X \neq F_Y$.

Значення критерію Уїлкоксона визначаються за допомогою виразів

.3

.3

де R_X, R_Y – сума рангів, які відповідають елементам вибірок x_i ($i=1, \dots, n_x$) і y_j ($j=1, \dots, n_y$).

Ранги r_i (r_j) є номерами елементів обох вибірок, розташованих в порядку зростання ($r \in [1, n_x+n_y]$).

При перевірці гіпотези $H: F_X = F_Y$ проти конкуруючої гіпотези $H_1: F_X \neq F_Y$ приймається двостороння критична область; при цьому гіпотеза H відкидається,

якщо $\min(u_X, u_Y) < .DSMT4$. При великих значеннях $n=n_x+n_y$ наближене значення критичного значення можна визначити як [107]

де λ_q – квантиль порядку q нормального розподілу $N(0,1)$.

Квантиль q визначається по прийнятому рівню значущості

.DSMT4

де α – рівень значущості (прийнято $\alpha = 0,05$).

На кафедрі «Станції та вузли» ДНУЗТу розроблено програмне забезпечення для автоматизованого розрахунку U -критерію. На рис. 4.6 наведено загальний вигляд інформаційного вікна даної програми.

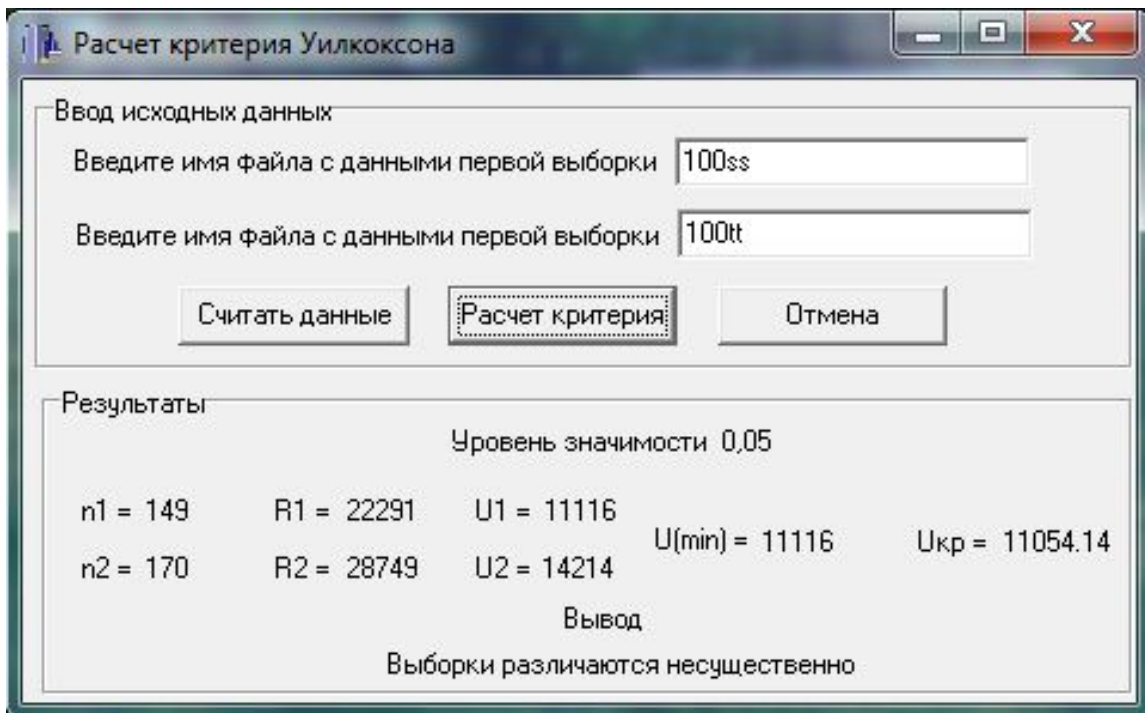


Рисунок 4.6 – Розрахунок U -критерію Уілкоксона

З метою оцінки адекватності удосконаленої ФМС був виконаний статистичний аналіз наступних випадкових величин, отриманих на реальній станції і методом моделювання:

- тривалість простою поїздів, що розформовуються, в парку прийому;
- тривалість накопичення составів в сортувальному парку;
- тривалість простою поїздів в парку відправлення;
- тривалість знаходження транзитних поїздів в приймально-відправному парку.

Для прикладу, на рис. 4.7 показано гістограми розподілення випадкової величини тривалості простою поїздів, що розформовуються, в парку прибуття. Гістограми розподілення всіх інших випадкових величин наведено в додатку Г.

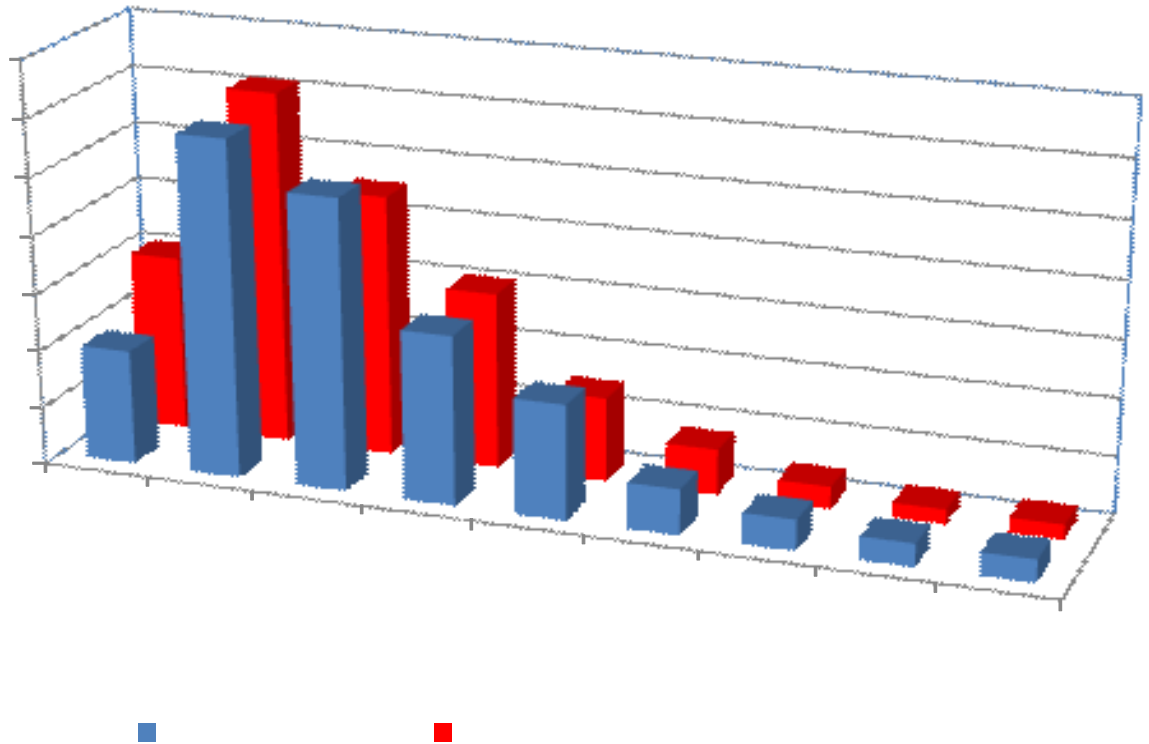


Рисунок 4.7 – Гістограми розподілення випадкової величини тривалості простою поїздів, що розформовуються, в парку прийому

За результатами розрахунків доведено, що для кожної з випадкових величин вибірки, отримані за результатами спостережень на реальній станції та з використанням удосконаленої ФМС, відносяться до однієї генеральної сукупності, що вказує на адекватність побудованої моделі, яка може бути використана для вирішення практичних завдань [131].

Висновки

В четвертому розділі удосконалено систему математичних моделей технічних станцій та залізничного напрямку, що дозволяє виконувати дослідження впливу оперативного керування поїздоутворенням на якісні і економічні показники роботи технічних станцій та зроблено наступні висновки.

1) удосконалено функціональну модель залізничного напрямку, до складу якої введено модель оперативного керування поїздоутворенням. Розроблена модель дозволяє приймати оперативні рішення щодо формування двогрупних поїздів з урахуванням оперативної ситуації на головній станції та стану залізничного напрямку в цілому за рахунок застосування розробленої процедури оцінки ефективності таких рішень;

2) удосконалено функціональну модель технічної станції, до складу якої введено модель оперативного керування технологічним процесом обслуговування

вантажних поїздів різних категорій. Це дозволяє застосовувати адаптивну технологію для обслуговування двогрупних поїздів на попутній технічній станції;

3) адекватність моделі за декількома параметрами була підтверджена за допомогою U -критерію Уїлкоксона. Удосконалена модель роботи залізничного напрямку може бути використана для дослідження практичних задач впливу оперативного керування поїздоутворенням на ефективність організації вагонопотоків.

РОЗДІЛ ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДІВ В ОПЕРАТИВНИХ УМОВАХ

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.

Основними показниками якості експлуатаційної роботи кожної технічної станції є величина середнього простою транзитного вагона без переробки () та транзитного вагона з переробкою (). 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 (див. додаток Д). 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 в цілому 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.

Дослідження впливу оперативного формування двогрупних поїздів на окремі показники роботи головної станції залізничного напрямку

Система оперативного керування поїздоутворенням, що діє на даний момент в Україні, дозволяє застосовувати формування двогрупних поїздів на базі попутних призначень ПФП в оперативних умовах. Основним фактором, який впливає на прийняття рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда, є прогноз надходження вагонів $T_{пл}$ на обрані призначення ПФП. Величина періоду планування оперативної роботи на залізницях України становить 4-6 годин. При цьому, на головній станції А залізничного напрямку А-В-С, прийняття даного рішення базується на оперативному стані станції (кількість вагонів окремих призначень плану формування, можливість об'єднання груп вагонів, наявність поїзних локомотивів і т.д.).

Розглянемо вплив глибини прогнозу надходження вагонів на окремі показники роботи технічної станції А, які пов'язані з організацією вагонів у поїзди.

Володіючи інформацією про надходження вагонів за певний період, можна виконати прогноз оперативної ситуації на станції А, та прийняти рішення: продовжувати процес накопичення вагонів окремих призначень до накопичення вагонів на одnogрупний поїзд, або формувати двогрупний поїзд з вагонів обраних попутних призначень.

Необхідність прийняття рішення щодо формування двогрупного поїзда виникає у випадку, коли сумарна кількість вагонів попутних призначень не менша ніж склад поїзда. При цьому поїзний диспетчер або маневровий диспетчер станції повинен проаналізувати подальший процес накопичення вагонів обраних призначень з урахуванням прогнозу надходження вагонів за певний період. Такий прогноз можна отримати з НАСК ВП УЗ.

Рішення про формування двогрупного поїзда приймається у випадку, коли за прогнозний період не відбувається накопичення одnogрупного состава на жодне з обраних попутних призначень. При вирішенні питання щодо формування окремого двогрупного поїзда необхідно також визначити величину кожної з груп вагонів, які будуть включені до його складу. Як правило, до складу двогрупного поїзда повністю включається група вагонів того попутного призначення, яка має найбільший простій на даний момент.

Для дослідження впливу величини $T_{пл}$ на експлуатаційні показники роботи головної технічної станції А при використанні оперативного формування двогрупних поїздів, було виконано моделювання процесу функціонування залізничного напрямку А–В–С. При цьому рішення про формування кожного двогрупного поїзда приймалося лише на основі прогнозу надходження вагонів на обрані попутні призначення, а на попутній технічній станції обмін груп вагонів виконувався у приймально-відправному парку.

За результатами моделювання роботи залізничного напрямку отримано наступні показники роботи головної станції А, які пов'язані з поїздоутворенням на обраних попутних призначеннях ПФП: кількість та категорія поїздів, що формуються; простій вагонів $\sum Nt$ (ваг-год) на станціях від моменту накопичення до відправлення зі станції; тривалість виконання маневрової роботи з вагонами обраних призначень $\sum Mt_{ман}$ (лок-год); простій поїзних локомотивів з бригадами $\sum Mt_{пл}$ (лок-год). Також отримано загальні витрати за рік, які пов'язані з організацією вагонопотоків у поїзди. В додатку Е наведено приклад основних вихідних даних (табл.Е.1) та приклади результатів моделювання роботи залізничного напрямку за один рік при відсутності (табл.Е.2) та необхідності (табл. Е.3) зміни поїзного локомотива у двогрупному поїзді на станції обміну груп вагонів.

Аналіз результатів моделювання свідчить про те, що кількість одно- та двогрупних поїздів, що формуються на станції А, залежить від глибини прогнозу надходження вагонів $T_{пл}$. Характер цієї залежності у графічному вигляді представлено на рис. 5.1.

З залежності яка наведена на рис. 5.1 видно, що збільшення глибини прогнозу призводить до зменшення кількості двогрупних і збільшення кількості одnogрупних поїздів на станції А. При глибині прогнозу 8 годин і більше забезпечується формування тільки одnogрупних поїздів. Найбільша кількість

двогрупних поїздів може бути отримана при глибині прогнозу $T_{пл}=0$. Це пов'язано з тим, що при формуванні поїздів приймається до уваги тільки поточна ситуація і не враховується можливе надходження вагонів для формування одногрупних поїздів.

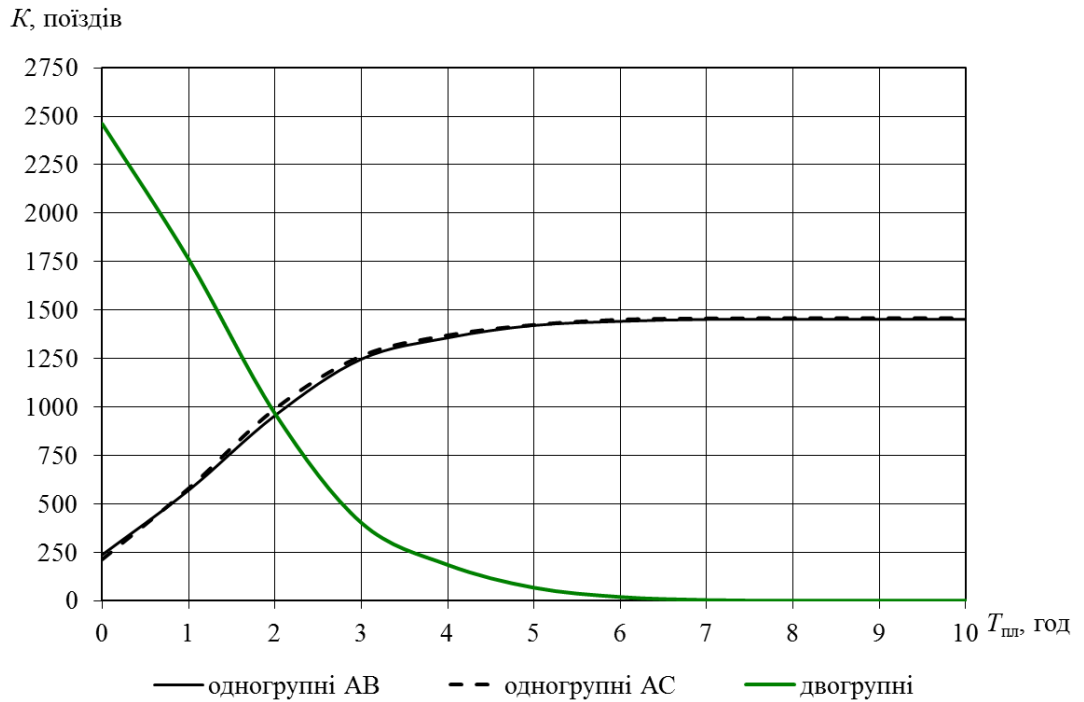


Рисунок 5.1 – Залежність кількості одногрупних (K_{AB} , K_{AC}) та двогрупних (K_{ABC}) поїздів від глибини прогнозу

Такі зміни впливають на тривалість простою вагонів, поїзних локомотивів та обсяг маневрової роботи. Залежність загального простою вагонів окремих попутних призначень від глибини прогнозу наведена на рис. 5.2.

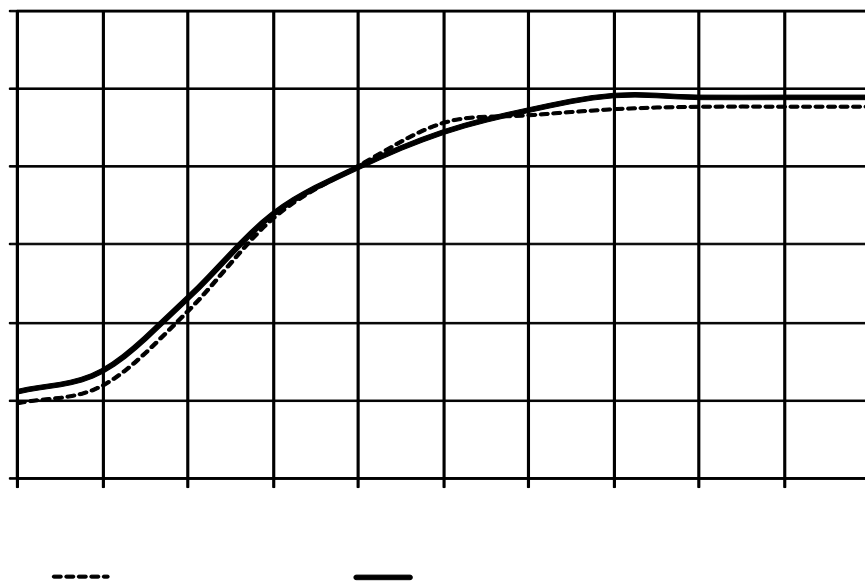


Рисунок 5.2 – Залежність загальних вагоно-годин простою вагонів призначень В та С на станції А від глибини прогнозу

При збільшенні глибини прогнозу простій вагонів на станції А збільшується. Це пов'язано зі зменшенням кількості двогрупних поїздів, що формуються.

Використання двогрупних поїздів потребує додаткових витрат маневрової роботи, яка пов'язана з необхідністю з'єднання груп вагонів у двогрупних поїздах. За результатами моделювання побудовано залежність зміни обсягу маневрової роботи від глибини прогнозу, яка наведена на рис. 5.3.

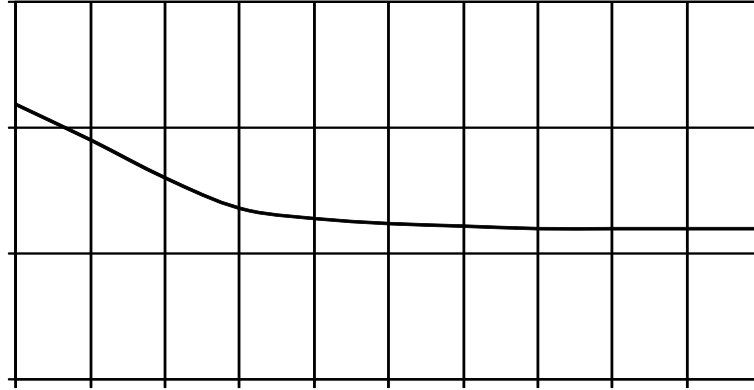


Рисунок 5.3 – Залежність обсягу маневрової роботи на станції А від глибини прогнозу

Простій поїзних локомотивів на станції А не залежить від кількості одногрупних та двогрупних поїздів, що формуються, адже він пов'язаний лише з виконанням технологічних операцій по відправленню поїздів (заїзд під состав, зчеплення, випробування автогальм та відправлення).

Все вищенаведене призводить до зміни загальних експлуатаційних витрат станції А, пов'язаних з формуванням поїздів. На рис. 5.4 наведено залежність величини загальних експлуатаційних витрат станції А на формування поїздів попутних призначень від глибини прогнозу. Аналіз даної залежності показує, що мінімальний рівень річних витрат на організацію вагонопотоків обраних попутних призначень головної станції А становить 2 144,94 тис. грн. при $T_{пл} = 0$ годин, тобто при формуванні тільки двогрупних поїздів. При збільшенні глибини прогнозу спостерігається збільшення загальних витрат за рахунок збільшення тривалості простою вагонів під накопиченням.

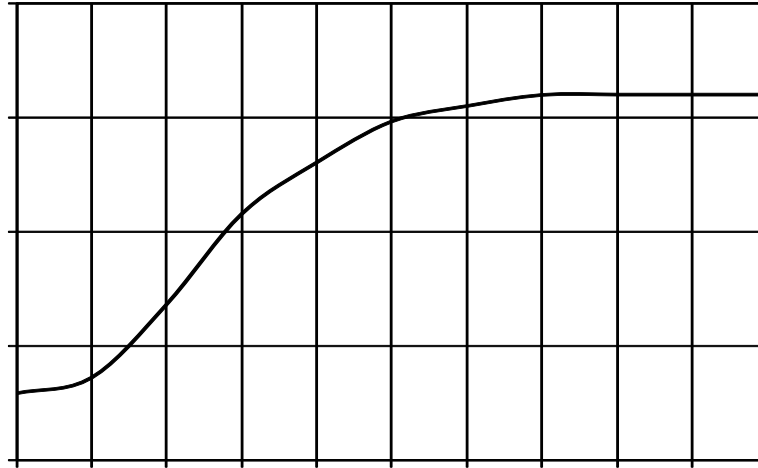


Рисунок 5.4 – Залежність експлуатаційних витрат від глибини прогнозу

Однак, опираючись тільки на сумарні витрати та значення показників роботи головної станції А, робити однозначний висновок про доцільність формування окремої категорії поїздів неможна. Адже для досягнення максимально ефекту від оперативного формування двогрупних поїздів на базі одногрупних призначень необхідно розглядати залізничний напрямок у цілому, тобто необхідно враховувати ті витрати, які пов'язані з організацією обміну груп вагонів на попутній технічній станції.

Дослідження та аналіз впливу технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції на окремі показники її роботи

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 застоюванням 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. В розділі 3 було теоретично отримано зони ефективності використання кожної технології з урахуванням впливаючих факторів (оперативний стан та потужність попутного призначення, склад двогрупного поїзда, наявність потреби зміни поїзного локомотива). Застосування тієї чи іншої технології обміну груп вагонів в залежності від впливаючих факторів в оперативних умовах в даній роботі отримало назву «адаптивна технологія».

Технологія обміну груп вагонів з використанням приймально-відправного парку. Відповідно до [115] до прибуття

двогрупного поїзда на станції обміну груп вагонів необхідно підготувати та виставити в приймально-відправний парк причіпну групу вагонів. Це скорочує тривалість знаходження двогрупного поїзда на станції обміну груп вагонів. Для дослідження впливу величини $T_{пл}$ на експлуатаційні показники роботи станції обміну груп вагонів при використанні оперативного формування двогрупних поїздів, було виконано моделювання процесу функціонування залізничного напрямку А–В–С.

В додатку Е наведено приклад основних вихідних даних (табл.Е.1) та приклади результатів моделювання роботи залізничного напрямку за один рік при відсутності (табл.Е.2) та необхідності (табл.Е.3) зміни поїзного локомотива у двогрупному поїзді на станції обміну груп вагонів.

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. Отже, результати роботи станції В також залежать від глибини прогнозу. Характер залежності кількості поїздів за категоріями від глибини прогнозу у графічному вигляді представлено на рис. 5.5.

З залежності яка наведена на рис. 5.5 видно, що збільшення глибини прогнозу призводить до зменшення кількості двогрупних і збільшення кількості одногрупних поїздів на станції В, як транзитних (призначенням на С), так і у розформування.

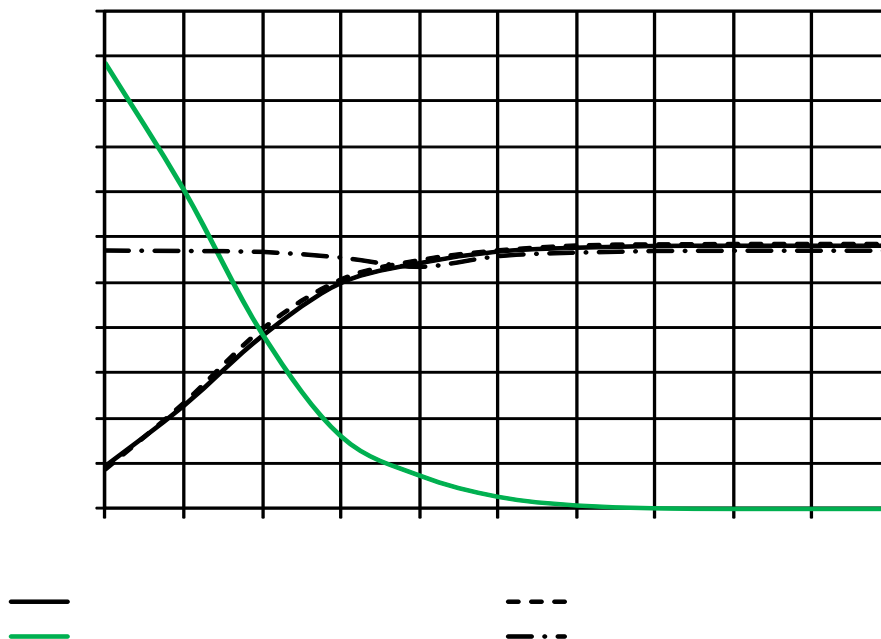


Рисунок 5.5 – Залежність кількості поїздів за категоріями від глибини прогнозу на станції В

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 глибини прогнозу наведено на рис. 5.6.

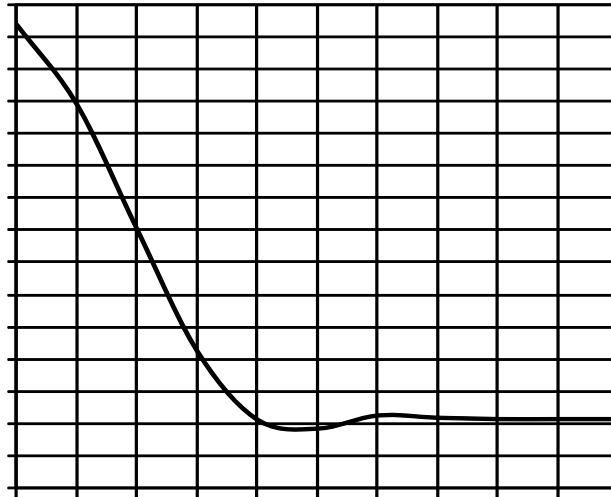


Рисунок 5.6 – Залежність вагоно-годин простою вагонів призначень В та С на станції В від глибини прогнозу

Зменшення сумарного простою вагонів внаслідок збільшення глибини прогнозу пояснюється зменшенням кількості двогрупних поїздів, що потребують виконання обміну груп на станції В та збільшенням кількості транзитних поїздів, що проходять станцію без зміни ваги та довжини. При цьому наявність або відсутність потреби у зміні поїзного локомотива не впливає на сумарний простій вагонів призначень В та С на станції обміну груп вагонів.

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 глибини прогнозу, яка наведена на рис. 5.7.

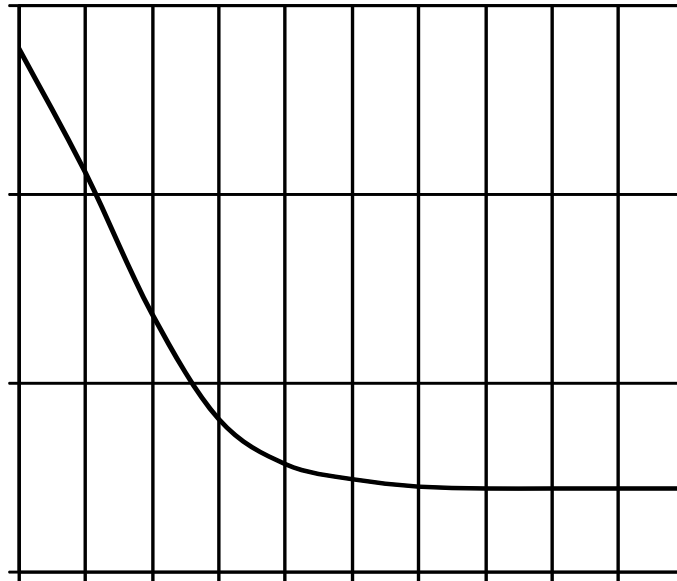


Рисунок 5.7 – Залежність обсягу маневрової роботи з вагонами призначень В та С на станції В від глибини прогнозу

Аналіз даної залежності показує, що зменшення сумарного обсягу маневрової роботи з вагонами призначень В та С на станції В досягається при збільшенні глибини прогнозу, за рахунок зменшення кількості прибуваючих двогрупних поїздів.

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 рис. 5.8 наведено залежності сумарної тривалості простою поїзних локомотивів на станції В від глибини прогнозу та системи обслуговування поїздів локомотивами.

Отримані дані показують, що у випадку відсутності зміни поїзного локомотива у двогрупному поїзді простій поїзних локомотивів зменшується при збільшенні глибини прогнозу. Це відбувається за рахунок зменшення кількості двогрупних поїздів. У випадку, коли двогрупні поїзди на станції В мають зміну поїзного локомотива, простій поїзних локомотивів не залежить від глибини прогнозу, так як дані поїзні локомотиви не знаходяться разом з составом двогрупних поїздів, а надходять у регулювання.

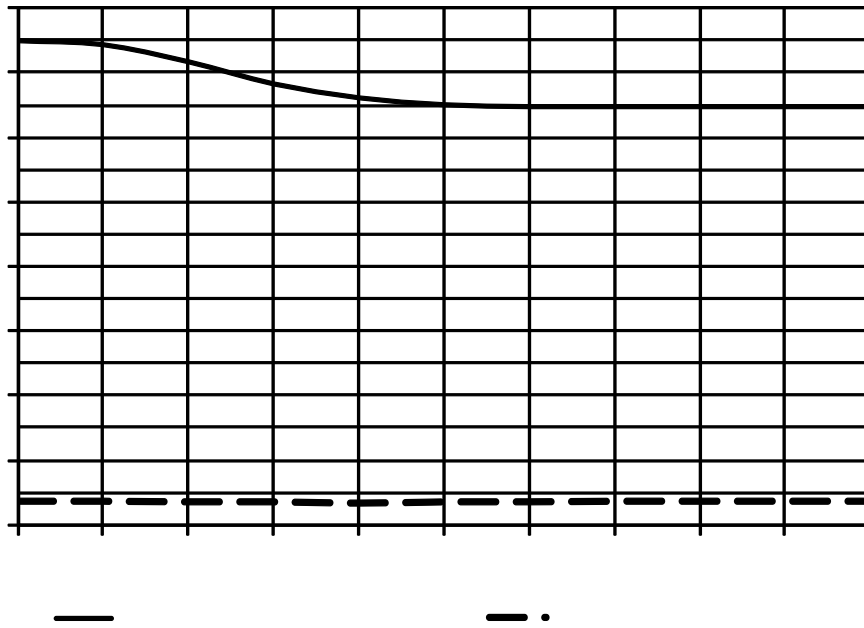


Рисунок 5.8 – Залежність простою поїзних локомотивів на станції В від глибини прогнозу

Все вищенаведене призводить до зміни загальних експлуатаційних витрат станції В, пов'язаних з роботою з вагонами призначень В та С. На рис. 5.9 наведено залежності експлуатаційних витрат на роботу з вагонами призначень В та С на станції В від глибини прогнозу.

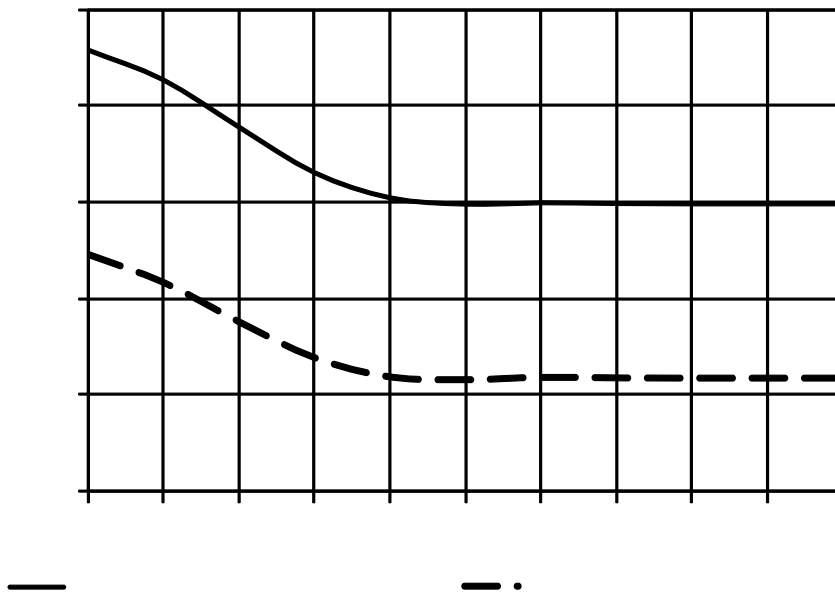


Рисунок 5.9 – Залежність експлуатаційних витрат на роботу з вагонами призначень В та С на станції В від глибини прогнозу

Аналіз даних залежностей показує, що мінімальний рівень річних витрат становить 2 994,49 тис. грн. (у випадку відсутності зміни поїзного локомотива) та 2 085,12 тис. грн. (у випадку наявності зміни поїзного локомотива) при $T_{пл} = 8$ годин та більше, тобто при формуванні тільки одноступінних поїздів.

Технологія обміну груп вагонів з використанням парку прийому. 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 заповнення 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 глибини прогнозу на експлуатаційні показники роботи станції обміну груп вагонів при використанні оперативного формування двогрупних поїздів, було виконано моделювання процесу функціонування залізничного напрямку А–В–С.

В додатку Е наведено результати моделювання роботи залізничного напрямку за один рік при відсутності (табл.Е.4) та необхідності (табл.Е.5) зміни поїзного локомотива у двогрупному поїзді на станції обміну груп вагонів.

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. Характер залежності кількості поїздів за категоріями від глибини прогнозу у графічному вигляді представлено на рис. 5.10. Аналіз даної залежності показує, що збільшення глибини прогнозу призводить до зменшення кількості двогрупних і збільшення кількості одноступінних поїздів на станції В, як транзитних (призначенням на С), так і у розформування. Крім цього, зменшення кількості двогрупних поїздів призводить до зменшення кількості поїздів призначенням ВС, які формуються на станції. Це пов'язано з тим, що при зменшенні кількості двогрупних поїздів, які надходять на станцію В, зменшується вагонопотік, який надходить у сортувальний парк та приймає участь у накопиченні составів призначення ВС.

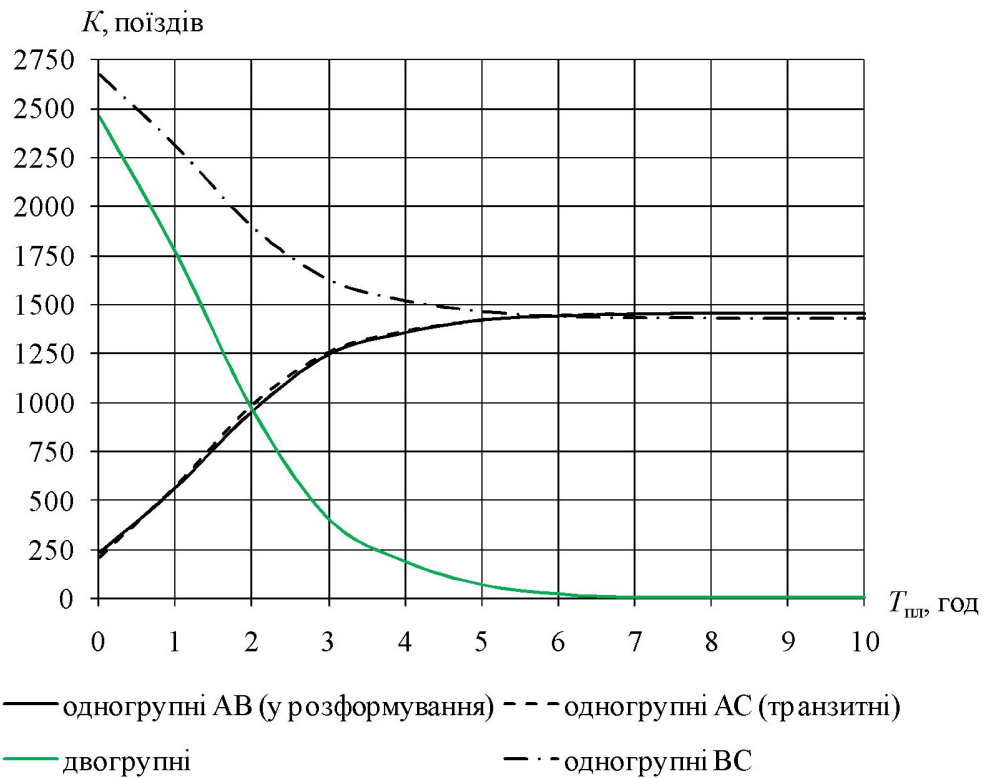


Рисунок 5.10 – Залежність кількості поїздів за категоріями від глибини прогнозу на станції В

Від кількості поїздів окремих категорій прямопропорційно залежить сумарна тривалість знаходження вагонів призначень В та С на станції обміну груп. Характер залежності сумарної тривалості знаходження вагонів призначень В та С від глибини прогнозу наведено на рис. 5.11.



Рисунок 5.11 – Залежність вагоно-годин простою вагонів призначень В та С на станції В від глибини прогнозу

Збільшення сумарного простою вагонів внаслідок збільшення глибини прогнозу пояснюється зменшенням кількості двогрупних поїздів, що потребують виконання обміну груп на станції В та збільшенням кількості транзитних поїздів, що проходять станцію без зміни ваги та довжини. Відповідно зменшується вагонопотік, який надходить у сортувальний парк та приймає участь у накопиченні составів призначення ВС, що призводить до збільшення тривалості накопичення кожного состава призначення ВС.

Використання двогрупних поїздів впливає на обсяг маневрової роботи, яка пов'язана з обміном груп вагонів, формуванням та розформуванням поїздів обра них призначень. На основі аналізу отриманих даних побудовано залежність зміни обсягу маневрової роботи від глибини прогнозу, яка наведена на рис. 5.12.

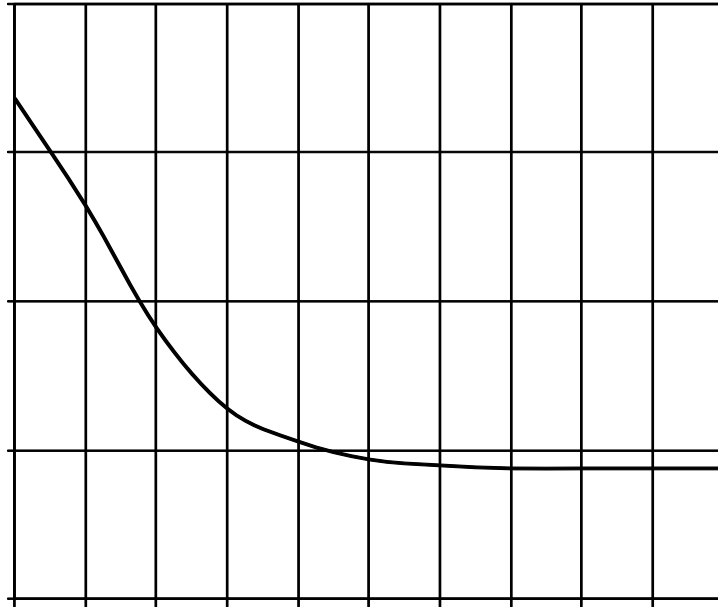


Рисунок 5.12 – Залежність обсягу маневрової роботи на станції від періоду планування

Зменшення сумарного обсягу маневрової роботи на станції при збільшенні глибини прогнозу є результатом зменшення кількості двогрупних поїздів, що прибувають на станцію.

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 рис. 5.13 наведено залежності сумарної тривалості простою поїзних локомотивів на станції В від глибини прогнозу та системи обслуговування поїздів локомотивами.

Отримані дані показують, що у випадку відсутності зміни поїзного локомотива у двогрупному поїзді простій поїзних локомотивів зменшується при збільшенні глибини прогнозу. Це відбувається за рахунок зменшення кількості двогрупних поїздів. У випадку, коли двогрупні поїзди на станції В мають зміну поїзного локомотива, простій поїзних локомотивів не залежить від глибини прогнозу, так як дані поїзні локомотиви не знаходяться разом з составом двогрупних поїздів, а надходять у регулювання.

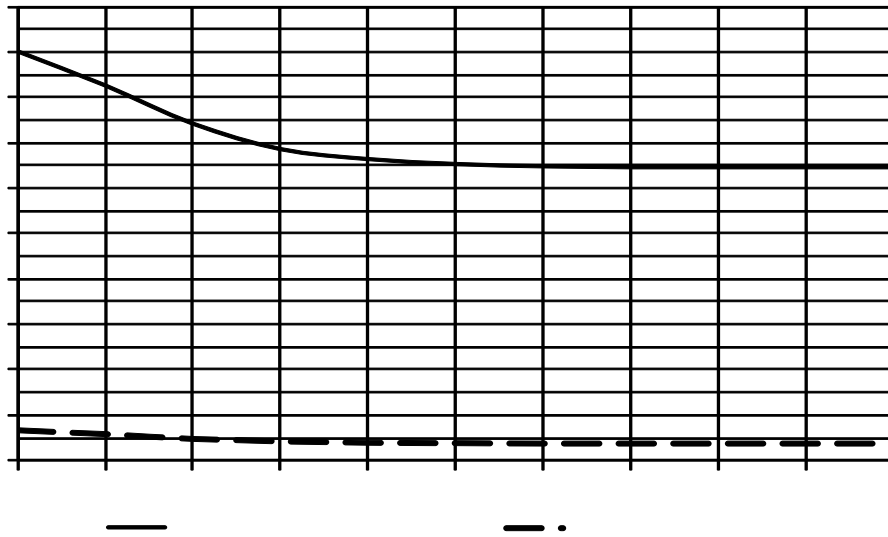


Рисунок 5.13 – Залежність простою поїзних локомотивів на станції В від глибини прогнозу

Все вищенаведене призводить до зміни загальних експлуатаційних витрат станції В, пов'язаних з роботою з вагонами призначень В та С. На рис. 5.14 наведено залежності експлуатаційних витрат на роботу з вагонами призначень В та С на станції В від глибини прогнозу.

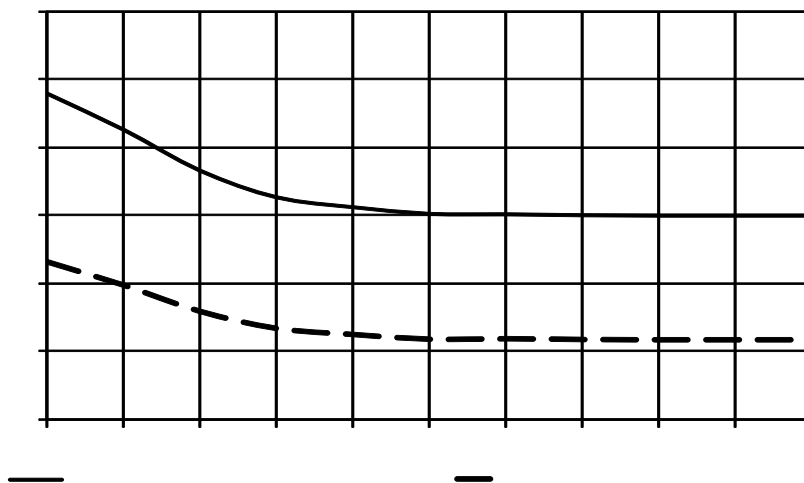


Рисунок 5.14 – Залежність експлуатаційних витрат на роботу з вагонами призначень В та С на станції В від глибини прогнозу

Аналіз даних залежностей показує, що мінімальний рівень річних витрат становить 2 995,6 тис. грн. (у випадку відсутності зміни поїзного локомотива) та 2 086,02 тис. грн. (у випадку наявності зміни поїзного локомотива) при $T_{пл} = 8$ годин та більше, тобто при формуванні тільки однорупних поїздів.

Адаптивна технологія обміну груп вагонів. На момент прибуття двогрупного поїзда на станції обміну груп вагонів можливе застосуван

ня 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. Для дослідження впливу величини $T_{пл}$ на експлуатаційні показники роботи станції обміну груп вагонів при використанні оперативного формування двогрупних поїздів та адаптивної технології обміну груп вагонів, було виконано моделювання процесу функціонування залізничного напрямку А–В–С.

В додатку Е наведено приклад основних вихідних даних (табл.Е.1) та приклади результатів моделювання роботи залізничного напрямку за один рік при відсутності (табл.Е.6) та необхідності (табл.Е.7) зміни поїзного локомотива у двогрупному поїзді на станції обміну груп вагонів.

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. Характер залежності кількості поїздів за категоріями від глибини прогнозу у графічному вигляді представлено на рис. 5.15. Аналіз даної залежності показує, що збільшення глибини прогнозу призводить до зменшення кількості двогрупних і збільшення кількості одногрупних поїздів на станції В, як транзитних (призначенням на С), так і у розформування. Але зменшення кількості двогрупних поїздів майже не впливає на кількість поїздів свого формування на призначення ВС. Це пов'язано з тим, що загальна кількість вагонів призначення ВС, які забираються з сортувальної колії для виконання обміну груп вагонів в приймально-відправному парку та кількість вагонів, які зі складу двогрупних поїздів надходять на сортувальну колію майже однакова.

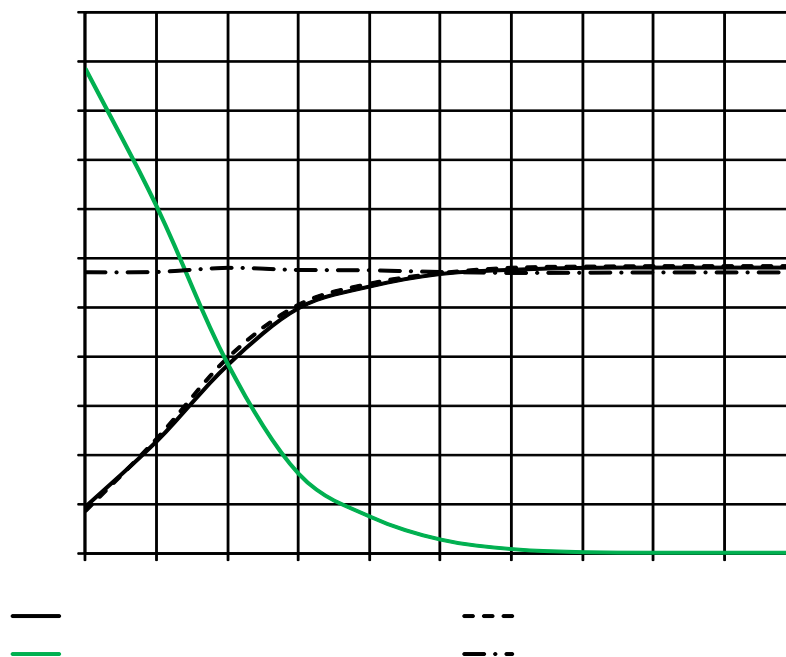


Рисунок 5.15 – Залежність кількості поїздів за категоріями від глибини прогнозу на станції В

Від кількості поїздів окремих категорій прямопропорційно залежить сумарна тривалість знаходження вагонів призначень В та С на станції обміну груп . Характер залежності сумарної тривалості знаходження вагонів призначень В та С від глибини прогнозу наведено на рис. 5.16.

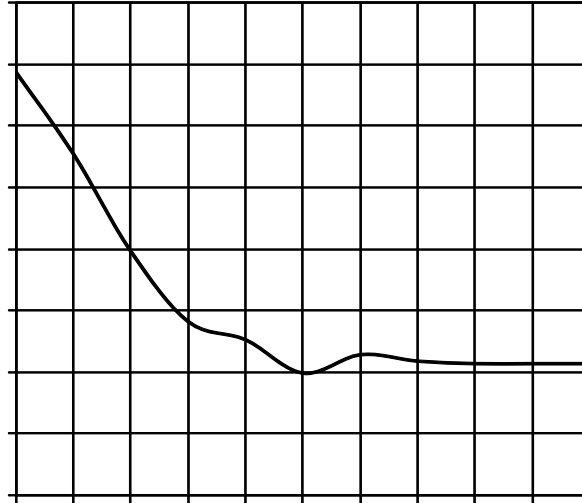


Рисунок 5.16 – Залежність вагоно-годин простою вагонів призначень В та С на станції В від глибини прогнозу

Зменшення сумарного простою вагонів внаслідок збільшення глибини прогнозу пояснюється зменшенням кількості двогрупних поїздів, що потребують виконання обміну груп на станції В та збільшенням кількості транзитних поїздів, що проходять станцію без зміни ваги та довжини.

Використання двогрупних поїздів впливає на обсяг маневрової роботи, яка пов'язана з обміном груп вагонів, формуванням та розформуванням поїздів обра них призначень. На основі аналізу отриманих даних побудовано залежність зміни обсягу маневрової роботи від глибини прогнозу, яка наведена на рис. 5.17.

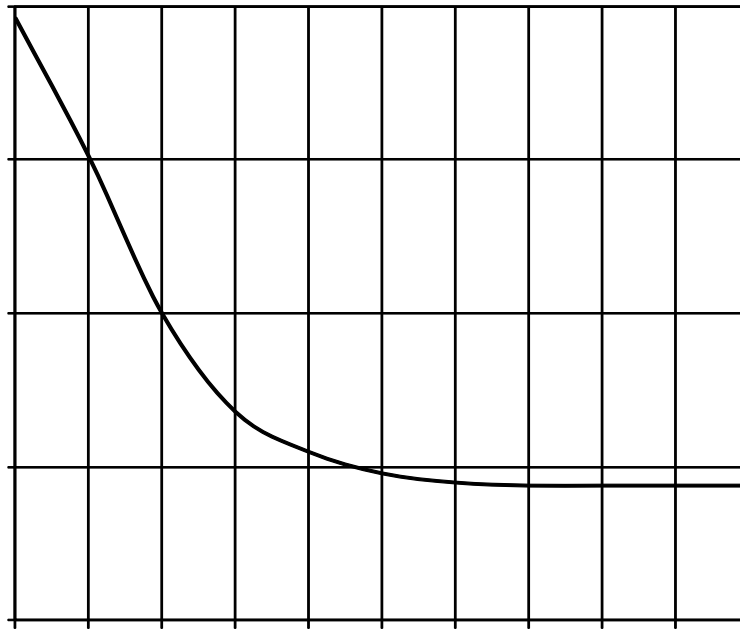


Рисунок 5.17 – Залежність обсягу маневрової роботи на станції від глибини прогнозу

Зменшення сумарного обсягу маневрової роботи на станції при збільшенні глибини прогнозу є результатом зменшення кількості двогрупних поїздів, що прибувають на станцію.

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 рис. 5.18 наведено залежності сумарної тривалості простою поїзних локомотивів на станції В від глибини прогнозу та системи обслуговування поїздів локомотивами.

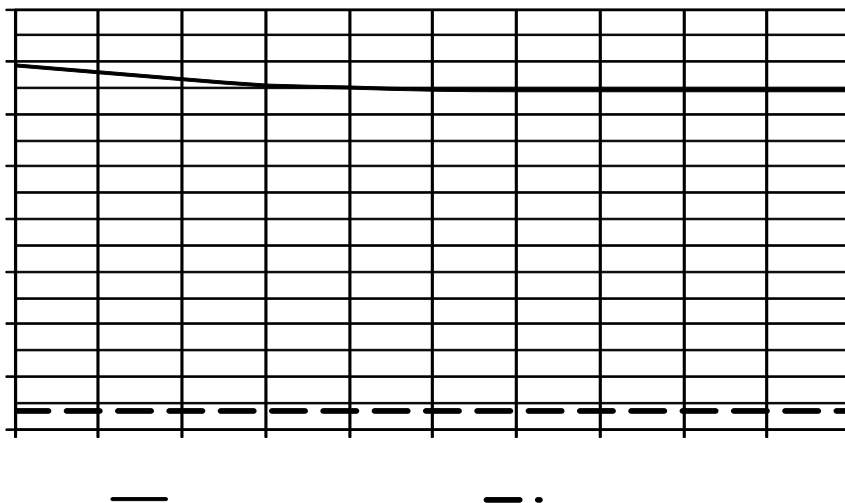


Рисунок 5.18 – Залежність простою поїзних локомотивів на станції В від глибини прогнозу

Отримані дані показують, що у випадку відсутності зміни поїзного локомотива у двогрупному поїзді простій поїзних локомотивів зменшується при збільшенні глибини прогнозу. Це відбувається за рахунок зменшення кількості двогрупних поїздів. Але коливання сумарного простою суттєво зменшується у порівнянні з застосуванням попередніх технологій обміну груп вагонів. У випадку, коли двогрупні поїзди на станції В мають зміну поїзного локомотива, простій поїзних локомотивів не залежить від глибини прогнозу, так як дані поїзні локомотиви не знаходяться разом з составом двогрупних поїздів, а надходять у регулювання.

Все вищенаведене призводить до зміни загальних експлуатаційних витрат станції В, пов'язаних з роботою з вагонами призначень В та С. На рис. 5.19 наведено залежності експлуатаційних витрат на роботу з вагонами призначень В та С на станції В від глибини прогнозу.

Аналіз даних залежностей показує, що мінімальний рівень річних витрат становить 2 994,5 тис. грн. (у випадку відсутності зміни поїзного локомотива) та 2 085,12 тис. грн. (у випадку наявності зміни поїзного локомотива) при $T_{пл} = 8$ годин та більше, тобто при формуванні тільки одногрупних поїздів.

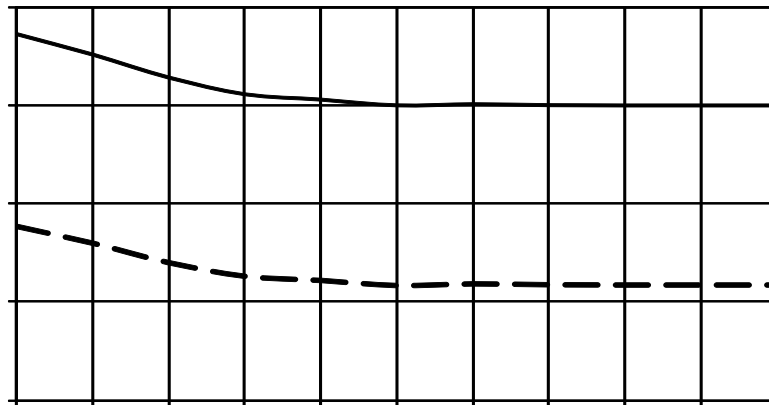


Рисунок 5.19 – Залежність експлуатаційних витрат на роботу з вагонами призначень В та С на станції В від глибини прогнозу

Отже, порівнюючи загальні річні витрати станції В, пов'язані з виконанням обміну груп вагонів двогрупного поїзда за можливими технологіями, адаптивна технологія забезпечує найкращі техніко-експлуатаційні показники роботи станції та мінімальні витрати при наявності двогрупних поїздів.

Вибір найкращої технології обміну груп вагонів на технічній станції повинен забезпечувати максимальний ефект для всього напрямку в цілому, отже необхідно розглянути яким чином кожна з технологій впливає на загальні витрати всього залізничного напрямку, пов'язані з поїздоутворенням на обрані призначення ПФП.

Визначення впливу окремих факторів на величину ефекту від оперативного керування поїздоутворенням на залізничному напрямку

Для визначення впливу оперативного керування поїздоутворенням на показники роботи залізничного напрямку при застосуванні різних варіантів технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції було виконано ряд експериментів на імітаційній моделі для вихідних даних, які наведено в додатку Е, табл. Е.1 та при застосуванні фактору прогнозу надходження вагонів $T_{пл}$. Результати моделювання наведено в додатку Е: при застосуванні технології обміну груп вагонів у приймально-відправному парку – в табл. Е.2 та табл. Е.3; при застосуванні технології обміну груп вагонів у парку прийому – в табл. Е.4 та табл. Е.5; при застосуванні адаптивної технології обміну груп вагонів – в табл. Е.6 та табл. Е.7. Обрати найбільш раціональний варіант технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції можливо лише за допомогою визначення загальних витрат по організації вагонопотоків обраних призначень В та С на залізничному напрямку за формулою (2.23).

Отримані дані свідчать про те, що зі зміною глибини прогнозу змінюється кількість одно- та двогрупних поїздів, що формуються на станції А та В. При цьому кількість поїздів призначення С, що формуються на станції В, залежить та кож і від варіанта технології обміну груп вагонів, який застосовується на даній станції. Характер цієї залежності у графічному вигляді представлений на рис. 5.20

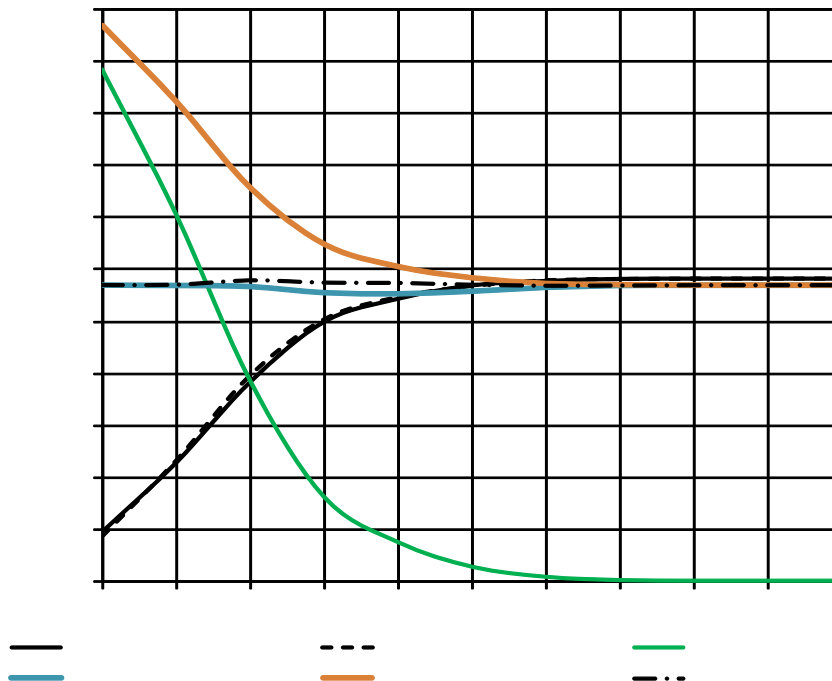


Рисунок 5.20 – Залежність кількості поїздів свого формування за категоріями на станціях А та В від глибини прогнозу при використанні різних технологій обміну груп вагонів

Відповідно до кількості поїздів кожної з категорій змінюється і загальна тривалість простою вагонів призначень В та С на залізничному напрямку (загалом на станціях А та В). Характер зміни сумарних вагоно-годин простою вагонів призначень В та С на залізничному напрямку від глибини прогнозу представлений на рис. 5.21.

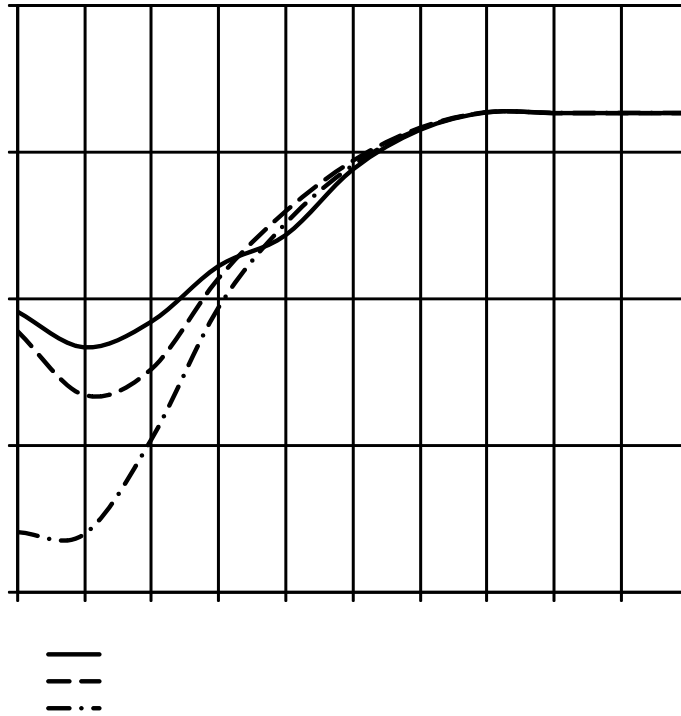


Рисунок 5.21 – Залежність сумарних вагоно-годин простою вагонів призначень В та С на залізничному напрямку від глибини прогнозу

Найменше значення сумарного простою вагонів на залізничному напрямку досягається при глибині прогнозу $T_{пл}=1$ година з застосуванням адаптивної технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції. Але крім вагоно-годин простою вагонів у формулі (2.23) враховуються витрати на маневрову роботу з вагонами обраних призначень.

Використання двогрупних поїздів впливає на обсяг маневрової роботи, пов'язаної з формуванням та розформуванням поїздів. На основі аналізу отриманих даних отримано залежності зміни сумарного обсягу маневрової роботи на залізничному напрямку з вагонами обраних призначень від глибини прогнозу при різних технологіях обміну груп вагонів, які наведено на рис. 5.22.

Аналіз даних залежностей показує, що збільшення глибини прогнозу призводить до зменшення сумарного обсягу маневрової роботи при застосуванні кожної з технологій обміну груп вагонів. Це відбувається завдяки зменшенню кількості двогрупних поїздів.

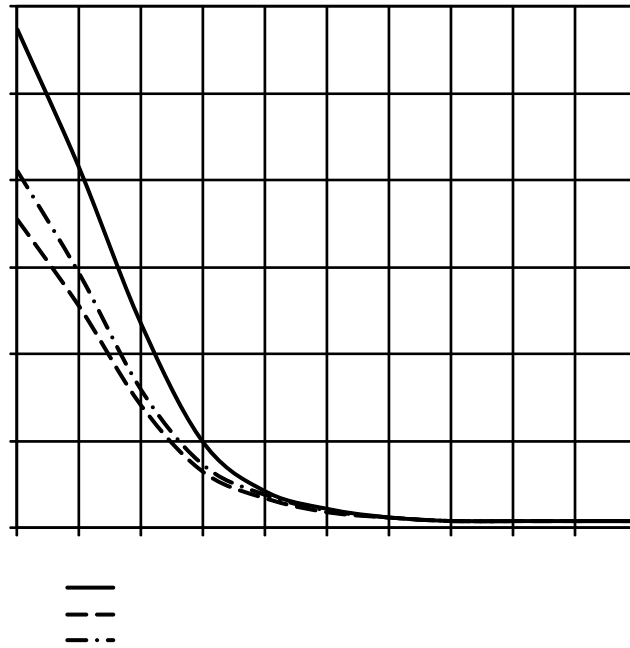


Рисунок 5.22 – Залежність сумарного обсягу маневрової роботи на залізничному напрямку від глибини прогнозу

Останньою складовою формули (2.23) є тривалість знаходження поїзних локомотивів на станціях А та В. Результати досліджень зміни сумарної тривалості знаходження поїзних локомотивів на станціях А та В (у випадку відсутності зміни поїзного локомотива на станції В) від глибини прогнозу наведено на рис. 5.23.

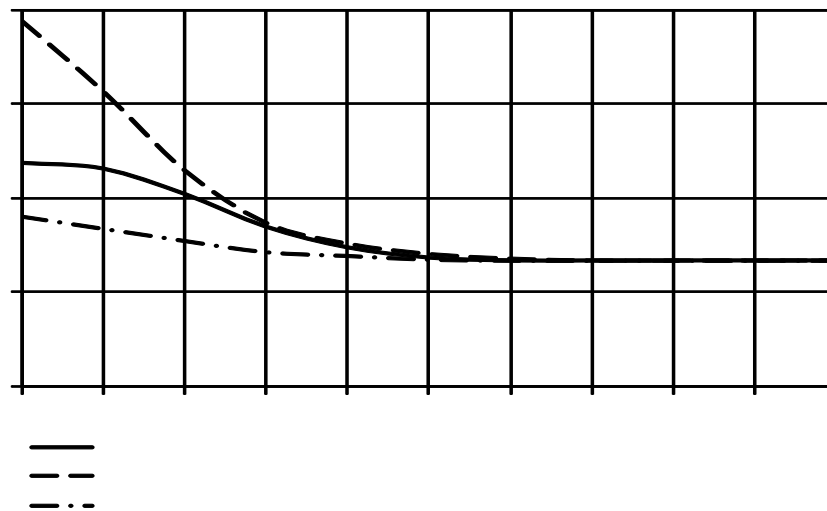


Рисунок 5.23 – Залежність сумарної тривалості знаходження поїзних локомотивів на станціях А та В від глибини прогнозу

Отримані дані показують, що при збільшенні глибини прогнозу, і, як наслідок, зменшенні кількості двогрупних поїздів, простій поїзних локомотивів зменшується. Найменший сумарний простій поїзних локомотивів досягається при застосуванні адаптивної технології обміну груп вагонів у двогрупних поїздах на

станції В.

При необхідності зміни поїзного локомотива на станції В тривалість знаходження поїзних локомотивів на залізничному напрямку не залежить від глибини прогнозу і є певною сталою величиною.

Виконаний аналіз всіх попередніх залежностей показує, що із збільшенням глибини прогнозу, а відповідно і зі зміною кількості одно- та двогрупних поїздів окремі показники процесу організації вагонопотоків покращуються, а інші погіршуються. З метою визначення ефективної технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції було виконано дослідження зміни сумарних витрат залізничного напрямку А–В–С по організації та просуванню вагонопотоків обраних призначень ПФП. Залежність експлуатаційних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням на обрані призначення В та С на залізничному напрямку та відсутності зміни поїзного локомотива на станції В для можливих технологій обміну груп від глибини прогнозу показана на рис. 5.24.

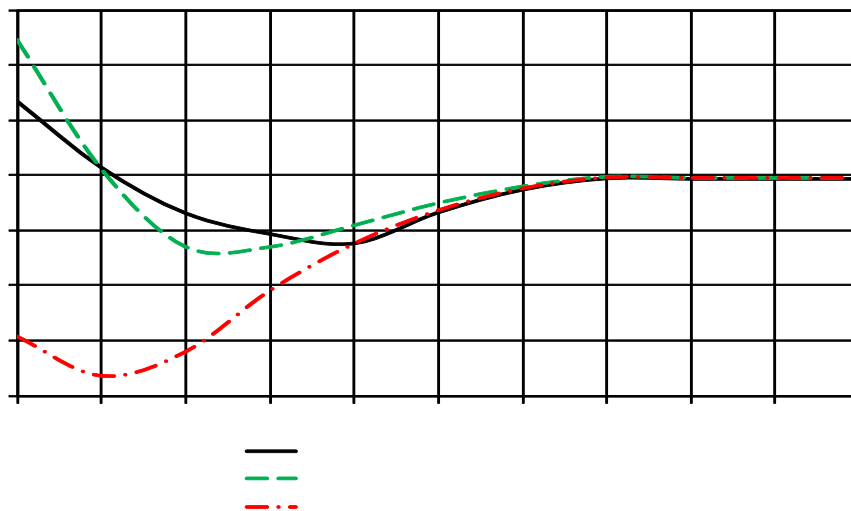


Рисунок 5.24 – Залежність експлуатаційних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням на обрані призначення В та С на залізничному напрямку та відсутності зміни поїзного локомотива на станції В для можливих технологій обміну груп від глибини прогнозу

Залежність експлуатаційних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням на обрані призначення В та С на залізничному напрямку та зміні поїзного локомотива на станції В для можливих технологій обміну груп від глибини прогнозу показана на рис. 5.25.

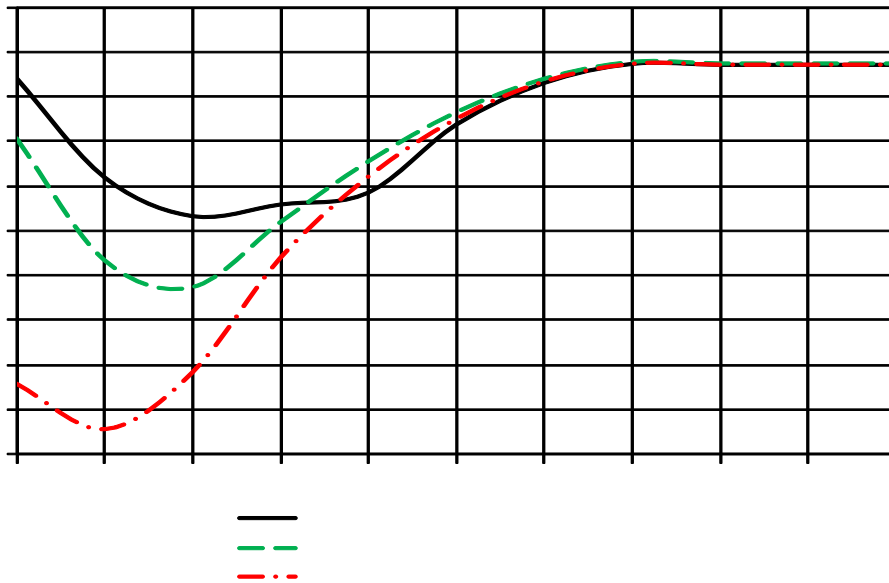


Рисунок 5.25 – Залежність експлуатаційних витрат, пов’язаних з поїздоутворенням на обрані призначення В та С на залізничному напрямку та зміні поїзного локомотива на станції В для можливих технологій обміну груп від глибини прогнозу

Результати досліджень показують, що застосування кожної з технологій обміну груп вагонів на попутній технічній станції при оперативному формуванні двогрупних поїздів призводить до зменшення витрат, пов’язаних з поїздоутворенням на обрані призначення ПФП. Застосування адаптивної технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції забезпечує найменші експлуатаційні витрати. При цьому, якщо використовувати у якості критерію для прийняття рішення про формування окремого двогрупного поїзда прогноз надходження вагонів на обрані призначення ПФП, мінімальні витрати, для обраних вихідних даних, забезпечуються при глибині прогнозу $T_{пл} = 1$ година.

Для перевірки достовірності прогнозу надходження вагонів на станції Нижньодніпровськ-Вузол (як головна станція) було отримано статистичні дані щодо прогнозу та реального часу надходження вагонів для 300 поїздів. Достовірність надходження поїздів для періоду $T_{пл} = 1$ година склала 96%, для періоду $T_{пл} = 2$ години – 89%, а для періоду $T_{пл} = 3$ години – 79%.

Але при застосуванні у якості критерію для прийняття рішення про формування окремого двогрупного поїзда прогнозу надходження вагонів неможливо оцінити ефективність формування кожного окремого поїзда, що призводить до зменшення ефекту від оперативного керування поїздоутворенням.

Для отримання максимального ефекту від оперативного керування поїздоутворенням в даній дисертаційній роботі запропоновано використовувати критерій економії витрат Ω та розроблену процедуру його застосування для оцінювання рішення про формування окремого двогрупного поїзда (див. розділ 3).

Для дослідження впливу оперативного керування поїздоутворенням із застосуванням розробленої процедури оцінювання рішення щодо формування кожного

двогрупного поїзда було виконано моделювання роботи залізничного напрямку з використанням адаптивної технології обміну груп на попутній технічній станції для вихідних даних, наведених в додатку Е, табл. Е.1. В табл. 5.1, для можливості порівняння ефекту від застосування різних підходів до оперативного формування двогрупних поїздів, наведено результати моделювання роботи залізничного напрямку при існуючому ПФП, при використанні фактору $T_{пл}$ та розробленої процедури за умови відсутності зміни поїзного локомотива на попутній технічній станції.

Таблиця 5.1 – Річні експлуатаційні показники роботи та витрати, пов'язані з організацією вагонопотоків за варіантами при відсутності зміни локомотива на станції обміну груп вагонів

Показник	Значення показника		
	нормативний ПФП	застосування фактору $T_{пл}$	застосування критерію Ω
Кількість поїздів:			
– одногрупних K_{AB}	1453	570	787
– одногрупних K_{AC}	1459	580	905
– двогрупних K_{ABC}	0	1763	1220
– одногрупних K_{BC}	1429	1429	1099
Загальний простій вагонів, тис. ваг-год	1213,23	1070,12	1064,02
Тривалість виконання маневрової роботи, тис. год	3,04	4,46	4,24
Простій поїзних локомотивів, тис. год	7,34	7,68	7,67
Загальні витрати, тис. грн.	5794,80	5436,75	5394,59
Економія витрат ΔE , тис. грн.		358,05	400,21

Аналіз результатів моделювання показує, що застосування критерію Ω та розробленої процедури оцінювання оперативного рішення забезпечує збільшення ефекту на 42,16 тис. грн. на рік (до 400,21 тис. грн., що складає 7% від загальних витрат) при зменшенні кількості формуємих двогрупних поїздів на 543 поїзда у порівнянні з застосуванням фактору $T_{пл}$. Отже застосування критерію Ω забезпечує максимальний ефект від формування двогрупних поїздів в оперативних умовах.

Одним з важливих факторів, які впливають на витрати, пов'язані з організацією вагонопотоків, є потреба у виконанні зміни поїзного локомотива на попутній технічній станції, де виконується обмін груп вагонів. Для цього були виконані окремі дослідження, результати яких наведені в табл.5.2.

Таблиця 5.2 – Річні експлуатаційні показники роботи та витрати, пов'язані з організацією вагонопотоків за варіантами при зміні локомотива на станції обміну груп вагонів

Показник	Значення показника		
	нормативний ПФП	застосування фактору $T_{пл}$	застосування критерію Ω

Кількість поїздів:			
– одногрупних K_{AB}	1453	570	653
– одногрупних K_{AC}	1459	580	852
– двогрупних K_{ABC}	0	1763	1407
– одногрупних K_{BC}	1429	1429	1117
Загальний простій вагонів, тис. ваг-год	1213,23	1070,12	1032,09
Тривалість виконання маневрової роботи, тис. год	3,04	4,46	4,42
Простій поїзних локомотивів, тис. год	1,23	1,23	1,15
Загальні витрати, тис. грн.	4885,42	4477,25	4322,54
Економія витрат ΔE , тис. грн.		408,17	562,88

Аналіз даних результатів показує, що при наявності зміни поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів ефект, для розглянутого прикладу, становить 562,88 тис. грн. Таким чином застосування критерію Ω та розробленої процедури оцінювання оперативного рішення забезпечує збільшення ефекту на 154,71 тис. грн. на рік (до 562,88 тис. грн., що складає 11,5% від загальних витрат) при зменшенні кількості формуємих двогрупних поїздів на 356 поїздів у порівнянні з застосуванням фактору $T_{пл}$. Отже, величина ефекту від формування двогрупних поїздів в оперативних умовах залежить від ролі попутної технічної станції, на якій виконується обмін груп вагонів, в обслуговуванні поїздів локомотивами.

Застосування критерію економії витрат та адаптивної технології обміну груп вагонів на попутній технічній станції обміну груп вагонів при оперативному формуванні двогрупних поїздів дозволяє скоротити загальні витрати на організацію вагонопотоків на залізничному напрямку, для розглянутих вихідних даних, на 7% та 11,5% відповідно до системи обслуговування поїздів локомотивами без жодних вкладень, а лише за допомогою раціональної організації та обробки вагонопотоків на залізничному напрямку.

Відповідно до [115] 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 як на головній, так і на попутній технічних станціях) та з урахуванням потреби у зміні поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів. Результати досліджень, в залежності від впливаючих факторів, наведені в таблицях додатку Ж та опубліковані в [132].

Аналіз результатів досліджень показує, що найменший ефект від оперативного керування поїздоутворенням за рахунок формування двогрупних поїздів в оперативних умовах становить 195,469 тис. грн. ($N_{AB}=N_{AC}=300$ ваг/добу, $N_{BC}=100$ ваг/добу, відсутність зміни поїзного локомотива), це становить 3% від загальних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням на обрані призначення ПФП.

Найбільший ефект від оперативного керування поїздоутворенням становить 863,643 тис. грн. ($N_{AB}=300$ ваг/добу, $N_{AC}=N_{BC}=100$ ваг/добу, наявність зміни поїзного локомотива), це становить 19% від загальних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням на обрані призначення ПФП.

Висновки

В п'ятому розділі виконано дослідження впливу окремих факторів та визначено умови ефективного використання двогрупних поїздів, які формуються в оперативних умовах на базі двох попутних призначень ПФП, та зроблено наступні висновки:

1) На основі серії експериментів на імітаційній моделі напрямку визначено, що формування двогрупних поїздів в оперативних умовах на базі попутних призначень діючого ПФП забезпечує зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням. Доведено, що при вирішенні питання про формування окремого двогрупного поїзда необхідно враховувати витрати, пов'язані з поїздоутворенням, на всьому залізничному напрямку.

2) аналіз результатів моделювання показав, що адаптивна технологія обміну груп вагонів на попутній технічній станції збільшує ефект від формування двогрупних поїздів в оперативних умовах;

3) аналіз результатів моделювання показав, що застосування критерію економії витрат Ω та розробленої процедури оцінювання рішення щодо формування кожного двогрупного поїзда в оперативних умовах забезпечує максимальний ефект від оперативного керування поїздоутворенням;

4) визначено, що такі фактори як потужність вагонопотоків та потреба у зміні поїзного локомотива у двогрупному поїзді на станції обміну груп впливають на величину ефекту, яка, за певних поєднань даних факторів, коливається у межах від 195,469 тис. грн. до 863,643 тис. грн. на рік;

5) розроблена процедура оцінювання рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда в оперативних умовах 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.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують науково-практичну задачу удосконалення керування поїздоутворенням на залізничних напрямках в оперативних умовах за рахунок формування групових поїздів на базі одnogрупних призначень. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

– виконаний аналіз наукових робіт з проблем організації вагонопотоків на залізничних напрямках в оперативних умовах показав, що в сучасних умовах відсутній комплексний підхід до розв'язання задачі оперативного керування поїздоутворенням. В існуючих наукових роботах оперативне керування поїздоутворенням не враховує характер надходження вагонопотоків на технічні станції напрямку та поточну оперативну ситуацію. Крім цього, залізничний напрямок не розглядається як єдиний технологічний комплекс, з урахуванням раціонального функціонування кожної технічної станції напрямку. Для розв'язання вказаної задачі необхідна розробка методики оперативного формування групових поїздів на базі одnogрупних призначень, яка б враховувала поточний стан всього напрямку в цілому;

– дослідження характеру надходження вагонів на окремі призначення показали, що добова потужність вагонопотоків характеризується суттєвою нерівномірністю. Внаслідок цього витрати вагоно-годин на накопичення також мають суттєві коливання. Виявлено, що, у зв'язку з нерівномірністю надходження вагонів на окреме призначення протягом доби, норму часу накопичення состава на технічних станціях перевищують 42-46% составів;

– аналіз типової методики оцінювання ефективності організації вагонопотоків показав, що вона не може використовуватися в оперативних умовах. Для можливості оцінювання оперативного рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда на базі двох попутних призначень ПФП розроблено критерій та відповідну процедуру. У якості даного критерію застосовується економія витрат Ω , яка виникає внаслідок формування двогрупного поїзда. Для визначення сумарної економії вагоно-годин простою вагонів $W_{ек}$ на головній станції та станції обміну груп отримано розрахункові формули для різних технологічних схем обслуговування двогрупного поїзда. Визначено, що при формуванні двогрупного поїзда максимальна сумарна економія простою під накопиченням може бути отримана за умови, коли до складу двогрупного поїзда включається повністю одна з груп. При цьому потрібно розглядати кожний з двох можливих випадків. Ефективним слід вважати випадок з більшим значенням економії простою $W_{ек}$;

– для збільшення ефективності від оперативного формування двогрупного поїзда запропоновано на станції обміну груп вагонів використовувати адаптивну технологію обслуговування двогрупних поїздів. Вона передбачає визначення раціональної технології роботи на основі мінімальних витрат, пов'язаних з обробкою окремого двогрупного поїзда. Для вибору раціональної технології обміну груп вагонів в оперативних умовах отримано відповідні зони застосування

кожного з варіантів у залежності від кількості вагонів у відчипній групі та кількості вагонів даного призначення на станції з урахуванням впливаючих факторів (потужності вагонопотоку попутного призначення та потреби у зміні поїзного локомотива);

– для дослідження впливу оперативного керування поїздоутворенням на якісні показники роботи та пов'язані з цим експлуатаційні витрати удосконалено систему математичних моделей технічних станцій та залізничного напрямку. В дослідженнях використовувалась дворівнева ієрархічна система моделей: мікрорівень – функціональна модель роботи технічної станції; макрорівень – функціональна модель роботи залізничного напрямку. Розроблені моделі дозволяють досліджувати вплив різних варіантів організації вантажних вагонопотоків у поїзди на якісні показники роботи та пов'язані з цим експлуатаційні витрати як окремих технічних станцій, так і залізничного напрямку в цілому;

– на основі серії експериментів на імітаційній моделі напрямку визначено, що формування двогрупних поїздів в оперативних умовах на базі попутних призначень діючого ПФП забезпечує зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з поїздоутворенням. Аналіз результатів моделювання показав, що застосування критерію Ω та розробленої процедури оцінювання рішення щодо формування кожного двогрупного поїзда в оперативних умовах забезпечує максимальний ефект від оперативного керування поїздоутворенням;

– визначено, що такі фактори як потужність вагонопотоків та потреба у зміні поїзного локомотива у двогрупному поїзді на станції обміну груп впливають на величину ефекту, яка, за певних поєднань даних факторів, коливається у межах від 195,469 тис. грн. до 860,759 тис. грн. на рік;

– розроблена процедура оцінювання рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда в оперативних умовах може бути застосована у АРМ ДНЦ та АРМ ДСЦ для підтримки прийняття рішення щодо оперативного керування поїздоутворенням на відповідних рівнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Буянова В.К. Внутридорожный план формирования поездов. Автоматизация и оперативное управление вагонопотоками [Текст] / В.К. Буянова, Н.В. Кондрахина, М.А. Пояркова. – М.: Транспорт, ВНИИЖТ, 1995. – 93 с.
2. Буянова В.К. Система организации вагонопотоков [Текст] / В.К. Буянова, А.И. Сметанин, Е.В. Архангельский. – М.: Транспорт, 1988. – 224 с.
3. Васильев И.И. Организация движения на железнодорожном транспорте [Текст] / И.И. Васильев, П.Я. Гордиенко. – М.: Трансжелдориздат, 1948. – 628 с.
4. Дмитренко А.В. Выбор вариантов прокладки сборных поездов на участке [Текст] / А.В. Дмитренко, Халтар Лувсангийн // Железнодорожный транспорт. – 1997. – № 9. – С. 12-14.
5. Нурмухамедов Р.З. Комплексная система рациональной организации местной работы железнодорожных участков. [Текст]. Автореф. дисс. на с.уч.ст. докт. техн. наук. – Ташкент, 1985.- 35 с.
6. Абрамов А.А. Выбор пересечения маршрутов местных вагонов с главными путями [Текст] / А.А. Абрамов, Г.М. Биленко // Транспорт: наука, техника, управление (ВИНИТИ). – 1993. – № 9. – С. 11-16.
7. Межова Р.В. Эффективность групповых поездов [Текст] / Р.В. Межова // Ж.-д. трансп. Сер. "Организация движения и пассажирские перевозки". ЭИ/ЦНИИТЭИ. – 1992. – Вып. 3. – С. 9-14.
8. Петров А.П. План формирования поездов: Опыт, теория, методика расчетов [Текст] / А.П. Петров. – М.: Трансжелдориздат, 1950. – 483 с.
9. Петров А.П. Усовершенствование метода составления плана формирования поездов [Текст] / А.П. Петров, В.П. Черенин // Железнодорожный транспорт. – 1948. – №3. – С. 15-19.
10. Угрюмов А.К. Составление плана формирования одnogруппных технических маршрутов методом аналитических сопоставлений. Анализ. Предложения. [Текст]. Автореф. дисс. на с.уч.ст. канд. техн.н. / МИИЖТ. – М., 1953. – 37 с.
11. Ларионов В.С. Новый метод разработки плана формирования поездов [Текст] / В.С. Ларионов // Железнодорожный транспорт. – 1947. – № 10. – С. 20-25.
12. Тулупов Л.П. Расчет плана формирования с помощью вспомогательных таблиц [Текст] / Л.П. Тулупов // Сб. научн. тр. МИИТа. – 1949. – Вып. 79. – С.18-23.
13. Бернгард К.А. Расчет плана формирования одnogруппных технических маршрутов [Текст] / К.А. Бернгард // Труды ВНИИЖТ. – 1949. – Вып. 17. – С.10-17.
14. Изралимски-Марут Е.С. План формирования грузовых поездов на современном этапе развития железнодорожного транспорта [Текст] / Е.С. Изралимски-Марут // Труды ВНИИЖТ. – 1959. – Вып.113. – 120 с.
15. Акулиничев В.М. Организация вагонопотоков [Текст] / В.М. Акулиничев. – М.: Транспорт, 1979. – 223 с.

16. Акулиничев В.М. Новый метод расчета плана формирования поездов [Текст] / В.М. Акулиничев // Сб. научн. тр. МИИТа. – 1959. – Вып. 113. – С.21-26.
17. Акулиничев В.М. Расчет плана формирования поездов [Текст] / В.М. Акулиничев. // Сб. научн. тр. МИИТа. – 1965. – Вып. 202. – С.25-29.
18. Дувалян С.В. Методы и алгоритмы решения задач планирования и учета на железнодорожном транспорте [Текст] / С.В. Дувалян. – М.: Транспорт, 1969. – 256 с.
19. Дувалян С.В. Расчет плана формирования однопутных поездов при переменных нормативах и ограничениях размеров переработки вагонов на станциях [Текст] / С.В. Дувалян, А.Е. Гарслян. // Вестник ВНИИЖТ. – 1988. – № 6. – С. 1-5.
20. Аветикян А.А. Потенциал транзитности вагонопотоков: метод динамического прогнозирования транзитности. [Текст] / А.А. Аветикян. – М.: Транспорт, 1981. – 191 с.
21. Бородин А.Ф. Управление вагонопотоками в современных условиях [Текст] / А.Ф. Бородин. // Железнодорожный транспорт. – 1996. – №5. – С. 10-15.
22. Абуладзе Л.В. Интенсификация переработки групповых вагонопотоков [Текст] / Л.В. Абуладзе, А.Г. Биченов, Г.Ш. Телия, З.Д. Месхидзе. // Железнодорожный транспорт. – 1990. – №7. – С.13-16.
23. Кекиш Н.А. Эффективность организации маломощных грузовых вагонопотоков [Текст] / Н.А. Кекиш // Залізничний транспорт України. – 2005. - №3. – с. 83-85.
24. Панасик А.В. Методика изучения сезонной и суточной неравномерности прибытия вагонов по назначениям плана формирования в узлах [Текст] / А.В. Панасик // Труды ЛИИЖТа. – Л.: Транспорт, 1967. – Вып. 274. – С. 103-112.
25. Угрюмов А.К. Суточная неравномерность вагонопотоков [Текст] / А.К. Угрюмов // Труды ЛИИЖТа. – Л.: Транспорт, 1960. – Вып. 231. – С. 54-83.
26. Муха Ю.А. Суточные колебания перерабатываемых на станции вагонопотоков, их влияние на степень загрузки сортировочной горки и на простои составов в ожидании расформирования [Текст] / Ю.А. Муха, В.П. Батурин // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Межвуз. сб. науч. тр. ДИИТа. – Днепропетровск, 1977. – Вып. 194/11. – С. 20-26.
27. Абидов М.У. Эффективность корректировки внутридорожного плана формирования поездов [Текст] / М.У. Абидов // Сб. научн. тр. ТашИЖТа. – Ташкент, 1978. – Вып. 152. – С.50-58.
28. Соколов П.С. Экономика сортировочных станций и организация вагонопотоков [Текст] / П.С. Соколов. – М.: Трансжелдориздат, 1960. – 284 с.
29. Бородин А.Ф. Об управлении вагонопотоками с учетом условий их подхода [Текст] / А.Ф. Бородин // Вестник ВНИИЖТ. – 1984. – № 7. – С. 4-9.
30. Бородин А.Ф. Новые принципы взаимодействия узлов и направлений железных дорог [Текст] / А.Ф. Бородин // Технология перевозки грузов в условиях рыночной экономики. Сб. науч. тр. – М.: Транспорт, 1993. – С.48-56.
31. План формирования грузовых поездов на 1997-1998 гг. [Текст] – М.: Транспорт, 1997. – 240 с.

32. План формирования грузовых поездов на 1999-2000 гг. [Текст] – М.: КУНА, 1999. – 349 с.
33. Кутыркин А.В. Алгоритмы оперативной корректировки плана формирования поездов [Текст] / А.В. Кутыркин // Вестник ВНИИЖТ. – 1993. – № 8. – С. 1-6.
34. Папахов А.Ю. Внутридорожный план формирования поездов (информационное обеспечение, методика, расчет). [Текст] Дис. канд. техн. наук: 08.05.00: Москва, 1990 – 140 с.
35. Буянова В.К. Внутридорожный план формирования поездов. Автоматизация и оперативное управление вагонопотоками [Текст] / В.К. Буянова, Н.В. Кондрахина, М.А. Пояркова. – М.: Транспорт, 1995. – 93 с.
36. Покавкин В.А. Оперативное назначение групповых поездов и использование дифференцированных масс поездов в системе оптимальной организации вагонопотоков [Текст] / В.А. Покавкин, О.Н. Мелешко // Вопросы увеличения пропускной и провозной способности железных дорог: Межвуз. тематич. сб. Ростов-на-Дону, 1985. – Вып.182. – с. 51-57.
37. Покавкин В.А., Окипный Л.Д. Эффективность оперативной организации вагонопотоков. [Текст] // Ж.д. транспорт. - 1985. - №11. - с.13-15.
38. Данько М.І. Оптимізація використання порожнього парку вагонів за допомогою генетичних алгоритмів. [Текст] / М.І. Данько, О.В. Лаврухін, Л.І. Рибальченко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011. – Вип. 122. – С.7-12.
39. Бутько Т. В. Планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин [Текст] / Т. В. Бутько, О. В. Лаврухін // Східно-Європейський журнал передових технологій. –2004. – Спецвипуск 7 (1). – С. 16-19.
40. Бутько Т.В. Формування логістичної технології просування вантажопотоків за жорсткими нитками графіка руху поїздів [Текст] / Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько, А.В. Прохорченко, К.О. Олійник. // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2009. – Вип. 111. – С.23-31.
41. Ломотько Д.В. Удосконалення системи управління парком вантажних вагонів на залізницях України в нових умовах [Текст] / Д.В. Ломотько, В.М. Запара, В.В. Кулешов, А.В. Кулешов // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 119. – С.28-35.
42. Ломотько Д.В., Мкртчян Д.І. Оптимізація системи доставки вантажів на основі множини критеріїв ресурсозберігаючих підходів [Текст] // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2006. – № 3/2. – С. 6-9.
43. Каньовська Д.В. Оперативне планування місцевої роботи на залізничному напрямку [Текст] / Д.В. Каньовська // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – №1/4(49). – С.20-21.
44. Богомазова Г.Є. Проблема вибору раціонального варіанту організації вагонопотоків [Текст] / Г.Є. Богомазова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – №1/3(49). – С.33-35.
45. Шаповал Г.В. Формування гнучкої технології обробки поїздів на станціях на основі принципів ресурсозбереження [Текст] / Г.В. Шаповал // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2007. – 5/2(29). – С.49-52.

46. Прохорченко А.В. Удосконалення технології корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення [Текст] / А.В. Прохорченко, Л.В. Корженівський // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – №6/6(36). – С.37-40
47. Тулупов Л.П. О применении вычислительной техники на сортировочных станциях [Текст] / Л.П. Тулупов // Вестник ВНИИЖТ. – 1962. – № 4. – С.11-18.
48. Тулупов Л.П., Буянов В.А. Расчеты плана отправления поездов на электронной цифровой вычислительной машине [Текст] / Л.П. Тулупов, В.А. Буянов // Вестник ВНИИЖТ. – 1963. – №2. – С.25-32.
49. Иловайский Н.Д. Алгоритмизация управления производственным процессом на сортировочных станциях. Труды ЦНИИ МПС [Текст] / Н.Д. Иловайский. – М.: Транспорт, 1963. – Вып. 258. – 94 с.
50. Ряшко Б.В. Совершенствование эксплуатационной работы [Текст] / Б.В. Ряшко, Г.Г. Трегубов, И.В. Харланович. – М.: Транспорт, 1971. – 96 с.
51. Конарев Н.С. Сетевое планирование и управление поездобразованием [Текст] / Н.С. Конарев, А.И. Шутов, Н.Д. Иловайский // Железнодорожный транспорт. – 1967. – № 8. – С.43-46.
52. Олешко Г.И. Автоматизация работы сортировочных станций [Текст] / Г.И. Олешко, Б. дель Рио. – М.: Транспорт, 1964. – 175 с.
53. Пархоменко Н.В. Случайный поиск и эвристическое программирование в планировании работы сортировочной станции [Текст] / Н.В. Пархоменко // Вестник ЦНИИ МПС. – 1967. – № 8. – С.10-14.
54. Буянов В.А. Технологические принципы системы «Станционный автодиспетчер» [Текст] / В.А. Буянов // В кн.: Диспетчерское регулирование движением поездов с применением управляющих вычислительных машин: Труды ЦНИИ МПС. – М.: Транспорт, 1967. – Вып. 350. – С.66-84.
55. Автоматизация управления сортировочными станциями. Методы решения задач. Труды ВНИИЖТа [Текст] / Под ред. В.А. Буянова. – М.: Транспорт, 1977. – Вып. 575. – 160 с.
56. Иловайский Н.Д. Управление перевозочным процессом с применением электронных машин [Текст] / Н.Д. Иловайский. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 187 с.
57. Иловайский Н.Д. Методика планирования поездобразования на сортировочных станциях. [Текст] / Н.Д. Иловайский // В сб. «Совершенствование методов эксплуатации железных дорог». – Свердловск, 1965. – С.23-30.
58. Иловайский Н.Д. Структура и опыт эксплуатации автоматизированной системы текущего планирования работы сортировочных станций [Текст] / Н.Д. Иловайский, А.И. Кириченко, И.П. Никулин // Вычислительная техника (ЦНИИТЭИ МПС). – 1972. – Вып. 5(19). – С.1-32.
59. Буянов В.А. Автоматизированные информационные системы на железнодорожном транспорте [Текст] / В.А. Буянов, Г.С. Ратин. – М.: Транспорт, 1984. – 240 с.

60. Гринев А.А. Высокопроизводительная работа сортировочной станции [Текст] / А.А. Гринев, Е.А. Сотников, В.А. Буянов. – М.: Транспорт, 1982. – 87 с.
61. Буянов В.А. Оперативное взаимодействие АСУСС на направлении [Текст] / В.А. Буянов, Е.Ю. Зверева, Б.М. Каплун, А.С. Крутов, Г.И. Культиасова // Железнодорожный транспорт. – 1984. – № 3. – С.20-24.
62. Тулупов Л.П. Многофакторное оперативное нормирование времени выполнения технологических процессов [Текст] / Л.П. Тулупов, Ян Юйлиан // Вестник ВНИИЖТ. – 1997. – № 5. – С.20-24.
63. Тулупов Л.П. Текущее планирование поездной работы технических станций [Текст] / Л.П. Тулупов, Ян Юйлиан // Железнодорожный транспорт. – 1997. – № 6. – С.28-31.
64. Левин Д.Ю. Составообразование. Метод планирования и управления [Текст] / Д.Ю. Левин, В.Л. Павлов // Железнодорожный транспорт. – 2001. – № 3. – С.53-55.
65. Автоматизированная система пономерного учета, контроля дислокации, анализа использования и регулирования вагонного парка. [Текст] – М.: ВНИИЖТ, 1999. – 44 с.
66. Тишкин Е.М. Автоматизация управления вагонным парком [Текст] / Е.М. Тишкин. – М.: Интест, 2000. – 224 с.
67. Временные инструктивно-методические указания по оперативной организации вагонопотоков в групповые поезда. [Текст] – М.: ВНИИЖТ, 1998. – 48 с.
68. Правдин Н.В. Прогнозирование грузовых потоков [Текст] / Н.В. Правдин, М.М. Дыканюк, В.Я. Негрей. – М.: Транспорт, 1987. – 248 с.
69. Петров А.Л. Автоматизация, вычислительная и микропроцессорная техника в эксплуатационной работе железных дорог [Текст] / А.Л. Петров, В.А. Буянов, Г.Л. Угрюмов. – М.: Транспорт, 1987. – 245 с.
70. Оперативное планирование эксплуатационной работы дороги (первая очередь) [Текст] / Под. ред. Л.П. Тулупова. – М.: Транспорт, 1977. – 208 с.
71. Тулупов Л.П. Автоматизированные системы управления перевозочными процессами на железных дорогах [Текст] / Л.П. Тулупов, Е.М. Жуковский, А.М. Гусятинер. – М.: Транспорт, 1991. – 208 с.
72. Угрюмов А.К. Оперативное управление движением на железнодорожном транспорте [Текст] / А.К. Угрюмов, В.А. Кудрявцев, Г.М. Грошев, Г.А. Платонов. – М.: Транспорт, 1983. – 240 с.
73. Тулупов Л.П. Многофакторное оперативное нормирование дифференциальных перегонных времен хода грузовых поездов [Текст] / Л.П. Тулупов, А.В. Харитонов // Вестник ВНИИЖТ. – 1999. – №1. – С.37-41.
74. Трансъевропейские грузовые магистрали [Текст] / По материалам МСЖД. // Железные дороги мира, 1999, №4. С.14-16.
75. Perren V. Modern Railways [Текст] – 1997. – № 590. – P. 712 - 720.
76. Dalton G. European Railway Review [Текст] – 2001. – № 4. – P.65-72.
77. Повышение эффективности грузовых перевозок маршрутными поездами и повагонными отправлениями в Германии [Текст] // Железные дороги мира, 1999, № 1. С.41-45.

78. Современные грузовые перевозки [Текст] // Железные дороги мира, 1999, № 11. С. 48-51.
79. Железные дороги США на современном этапе [Текст] // Железные дороги мира, 2001, № 11. С.45-48.
80. Bums. Railway Gazette International. [Текст] – 2002. – № 8. – P.417-420.
81. Тафф Ч.А. Организация перевозок (перевод с англ.) [Текст] / Ч.А. Тафф. – М.: Трансжелдориздат, 1959. – 279 с.
82. Осипов В.Т. Маршрутизация перевозок грузов за рубежом [Текст] / В.Т. Осипов. – М.: Наука, 1982. – 213 с.
83. Пегза В. Маршрутизация перевозок в Польше [Текст] / В. Пегза // Железнодорожный транспорт. – 1980. – №12. – С.48-56.
84. Ветухов Е.А. Определение уровня загрузки станций методом моделирования их работы на ЭЦВМ [Текст] / Е.А. Ветухов, Е.А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 1969. – №7. – С.34-37.
85. Шабалин Н.Н. Моделирование процессов массового обслуживания на станциях [Текст] / Н.Н. Шабалин // Железнодорожный транспорт. – 1971. – №5. – С.64 - 65.
86. Персианов В.А. Моделирование транспортных систем [Текст] / В.А. Персианов, К.Ю. Скалов, Н.С. Усков – М.: Транспорт, 1972. – 208 с.
87. Федотова Т.Н. Имитация работы парков сортировочной станции на ЭВМ [Текст] / Т.Н. Федотова // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. – Гомель, 1978. – Вып. 128. – С.68-72.
88. Быкадоров А.В. Парк приема сортировочной станции как двухфазная система массового обслуживания [Текст] / А.В. Быкадоров // Сб. трудов НИИЖТа. – 1973. – №146. – С.63-80.
89. Покавкин В.А. Нормирование показателей работы и загрузки устройств сортировочных станций [Текст] / В.А. Покавкин // Железнодорожный транспорт. – 1972. – №11. – С.14-17.
90. Грунтов П.С. Прогнозирование работы сортировочных станций методом моделирования на ЭВМ [Текст] / П.С. Грунтов, В.А. Захаров. – Гомель, 1981. – 152 с.
91. Миркин А.Г. Расчет прогнозных показателей работы сортировочной станции в изменяющихся условиях эксплуатации с использованием имитационного моделирования [Текст] / А.Г. Миркин // Вестник ВНИИЖТа. – 1990. – №3. – С.7-10.
92. Ивницкий В.А. Оперативный анализ работы и нормирование простоев на станции с использованием имитационного моделирования [Текст] / В.А. Ивницкий, А.Г. Миркин // Вестник ВНИИЖТа. – 1990. – №7. – С.7-10.
93. Шавзис С.С. Планирование поездообразования: новые подходы и решения [Текст] / С.С. Шавзис // Железнодорожный транспорт. – 2003. – №8. – С. 43-47.
94. Ковалев И.А. Прогнозирование поездообразования на сортировочной станции с применением имитационного моделирования [Текст] / И.А. Ковалев, А. Э. Александров // Всероссийск. науч.-техн. конф. «Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров». Сб. материалов. Пенза:

Приволж. дом знаний. – 2002. – С.59-63.

95. Ульяненкова Н.В., Современные тенденции рационального использования технического оснащения грузовой станции [Текст] / Н.В. Ульяненкова, В.В. Храбров // Транспорт: Наука, техника, управление. – ВИНТИ . – 1999. – № 5 – С.65-66.

96. Нагорный Е.В. Моделирование функционирования комплекса «Сортировочная станция – прилегающие участки» с помощью сетей Петри [Текст] / Е.В. Нагорный, Е.С. Алешинский // Информационно - управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2000. – №2. – С.98-103.

97. Нагорний Є.В. Економіко-математична модель функціонування логістичного ланцюга транспортного комплексу "Сортувальна станція - прилеглі ділянки" [Текст] / Є.В. Нагорний, Є.С. Альошинський // Зб. наук. праць ХарДАЗТ, – Вип. 42. – 2000. – С.51-57.

98. Луханін М.І. Удосконалена модель підсистеми розформування поїздів на сортувальній станції [Текст] / М.І. Луханін, В.С. Селецький // Инф.-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2000. – №8. – С.71-74.

99. Панков С.В. Моделирование суточного плана-графика станции на основе сетей Петри [Текст] / С.В. Панков // Вест. инженеров-электромех. ж.д. тр-та СамГАПС – 2003 – №1 – с.194-198.

100. Ульяницкий Е.М. Моделирование процессов управления вагонопотоками на железнодорожном транспорте [Текст] / Е.М. Ульяницкий, В.Н. Скляр // Вестник ВНИИЖТа. – 2003. – № 6. – С.39-42.

101. Буринская З. Имитационное моделирование процесса распределения сортировочной работы и вагонопотоков между станциями [Текст] / З. Буринская, А. Кутах, В. Мироненко, Т. Фурсова // Збірник наукових праць КУЕТТ. – 2002. – № 1. – С.141-148.

102. Сукач Е.И. Автоматизация процесса исследования вариантов организации перемещения транспортных потоков в железнодорожной сети [Текст] / Е.И. Сукач // Математичні машини і системи. – 2009. – № 4. – С.161-168.

103. Максимей И.В. Имитационное моделирование вероятностных характеристик функционирования железнодорожной сети [Текст] / И.В. Максимей, Е.И. Сукач, П.В. Гируц, Е.А. Ерофеева // Математичні машини і системи. – 2008. – № 4. – С.147-153.

104. Бобровский В.И. Функциональное моделирование железнодорожных станций в тренажерах оперативно - диспетчерского персонала [Текст] / В.И. Бобровский, Р.В. Вернигора // Математичне моделювання. – 2004. – №6. – С.17-21.

105. Бобровский В.И. Техничко-экономическое управление железнодорожными станциями на основе эргатических моделей [Текст] / В.И. Бобровский, Д.Н. Козаченко, Р.В. Вернигора // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2000. – №6. – С.30-73.

106. Козаченко Д.М. Моделювання роботи залізничного напрямку [Текст] / Д.М. Козаченко, Г.Я. Мозолевич, О.В. Власюк // Вісник ДНУЗТ. – Дніпропетровськ, 2009. – Вип. 28. – С.143-148.

107. Шторм Р. Теория вероятностей, математическая статистика, статистический контроль качества [Текст] / Р. Шторм. – М.: Мир, 1970. – 368 с.
108. Сотников И.Б. Эксплуатация железных дорог в примерах и задачах [Текст] / И.Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 232 с.
109. Акулиничев В.М. и др. Математические методы в эксплуатации железных дорог: Учеб. пособие для вузов ж. - д. трансп. [Текст] / В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, А.Н. Корешков – М.: Транспорт, 1981, - 223 с.
110. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. Пособие / Е.Н. Львовский. – М.: Высшая Школа, 1982. – 224 с.
111. Костин В.Н. Статистические методы и модели: Учебное пособие [Текст] / В.Н. Костин, Н.А. Тишина. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 138 с.
112. Афанасьев В.Н. Анализ временных рядов и прогнозирование: Учебник [Текст] / В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 228 с.
113. Бриллинджер Давид Р. Временные ряды. Обработка данных и теория [Текст] / Давид Р. Бриллинджер. – М.: Мир, 1980. – 536 с.
114. Мазуренко О.О. Визначення характеру надходження вагонів на окремі призначення плану формування [Текст] / О.О. Мазуренко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків, 2010. – Вип.113. – С. 128-134.
115. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України [Текст] / Міністерство транспорту та зв'язку України, державна адміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця. – К: ТОВ «Швидкий рух». – 2005. – 100 с.
116. Федотов Н.И. Расчет времени нахождения вагонов на участковых и сортировочных станциях. Вестник ВНИИЖТ. [Текст] – 1973. – № 481. – С.1-10.
117. Федотов Н.И. Колебания накопления вагонов в сортировочных парках [Текст] / Н.И. Федотов // Труды НИИЖТа. – Новосибирск, 1967. – Вып. 65. – С.19-27.
118. Ефименко Ю.И. Анализ колебаний часового поступления вагонов по назначениям плана формирования [Текст] / Ю.И. Ефименко // Труды ЛИИЖТа. – Л.: Транспорт, 1967. – Вып. 274. – С.167-176.
119. Иванков Н.М. К вопросу о влиянии структуры перерабатываемого вагонопотока на использование сортировочных путей [Текст] / Н.М. Иванков // Труды ДИИТа. – 1966. – Вып.61. – С.27-31.
120. Невзоров А.В. Колебания вагонопотоков отдельных назначений [Текст] / А.В. Невзоров // «Вопросы эксплуатации железных дорог». Труды БИИЖТа. – 1968. – Вып. 57-75. – С.19-22.
121. Божко М.П. Аналіз впливу оперативного формування двогрупних поїздів на окремі показники експлуатаційної роботи [Текст] / М.П. Божко, О.О. Мазуренко // Вісник ДНУЗТ. – Дніпропетровськ, 2010. - Вип. 32. - С. 230-236.
122. Ковалев В.И. Многокритериальная оптимизация плана формирования поездов [Текст] / В.И. Ковалев, Н.Н. Куценко, А.Т. Осьминин, И.И. Осьминина // Железнодорожный транспорт. – 2004. – №4. – С.25-26.
123. Иловайский Н.Д. Организация вагонопотоков в условиях рынка [Текст] / Н.Д. Иловайский, А.М. Рудых, Л.А. Каштанов // Вестник ВНИИЖТ. – 1998. –

Вып. 4. – С.43-48.

124. Мироненко В. Особливості організації транспортного обслуговування в залежності від потужності вагонопотоку [Текст] / В. Мироненко, І. Миронюк // Зб. наук. праць КУЕТТ: Серія “Технологія та організація транспортних процесів” . – 2001. – Вип. 5. – С.61-65.

125. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи сортувальної станції [Текст] / Міністерство транспорту та зв'язку України, Державна адміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця, Головне управління перевезень. – К: ТОВ «Швидкий рух». – 2009. – 135 с.

126. Божко М.П. Розрахунок економії вагоно-годин накопичення вагонів при формуванні двогрупних поїздів [Текст] / М.П. Божко, О.О. Мазуренко // Вісник ДНУЗТ. – 2008. – Вип. 21. – С.219-222.

127. Божко М.П. Визначення економії вагоно-годин накопичення при виконанні обміну груп вагонів у двогрупному поїзді [Текст] / М.П. Божко, О.О. Мазуренко // Вісник ДНУЗТ. – 2011. – Вип. 35. – С.193-197.

128. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті [Текст] / Міністерство транспорту України, Укрзалізниця. – Київ, 2003. – 81 с.

129. Сотников И.Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог [Текст] / И.Б. Сотников – М.: Транспорт, 1976, - 271 с.

130. Коробйова Р.Г. Підвищення ефективності експлуатації технічних засобів залізничних вузлів при переробці місцевих вагонопотоків. [Текст] Дис. канд. техн. наук: 05.22.20: Дніпропетровськ, 2009 – 152 с.

131. Вернигора Р.В. Дослідження ефективності технології формування двогрупних поїздів в оперативних умовах з використанням імітаційної моделі роботи залізничного напрямку [Текст] / Р.В. Вернигора, О.О. Мазуренко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» – 2011. – №53. – С.89-95.

132. Мазуренко О.О. Визначення ефекту від оперативного формування двогрупних поїздів на базі одногрупних призначень [Текст] / О.О. Мазуренко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №6/3(54). – С.23-28.

ДОДАТОК А

АКТИ ТА ДОВІДКИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Затверджую:

Начальник Головного управління
перевезень „Укрзалізниці”

Алейник В.С.

« _____ 2010 р.



Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи Мазуренка О.О., асистента кафедри «Станції та вузли» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ)

В 2008 р. на замовлення Головного управління перевезень „Укрзалізниці” була виконана науково-дослідна робота «Аналіз вагонопотоків та розробка рекомендацій до нормативу з уніфікації маси та довжини поїздів на основних напрямках залізниць України» (договір №146/08-Цтех-0614/08-ЦЮ від 13 жовтня 2008 р., державний реєстраційний номер 0108U010673).

При виконанні науково-дослідної роботи в якості автора звіту приймав участь асистент кафедри «Станції та вузли» ДНУЗТа Мазуренко О.О., який проаналізував характер зміни вагонопотоків, визначив їх характеристики та встановив залежність витрат енергоресурсів від маси поїзда на восьми основних напрямках залізниць України.

Впровадження результатів дисертаційної роботи при розробці рекомендацій до нормативу з уніфікації маси та довжини поїздів дозволяє зменшити експлуатаційні витрати, пов'язані з організацією та просуванням вагонопотоків на залізничних напрямках.

Заст. начальника Головного
управління перевезень „Укрзалізниці”

I.I. Тревогін



ЗАТВЕРДЖУЮ

Головний інженер Одеської залізниці

Г. А. Бойко

2012

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи асистента кафедри станцій та вузлів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Мазуренка Олександра Олександровича

на тему «Удосконалення оперативного керування поїздоутворенням на залізничних напрямках»

Фахівцями служби перевезень Одеської залізниці розглянуті методи, моделі та програмне забезпечення, які розроблені у дисертаційній роботі асистента кафедри станцій та вузлів Мазуренка Олександра Олександровича.

У рамках роботи виконане дослідження впливу оперативного призначення двогрупних поїздів на техніко-експлуатаційні показники роботи станцій та витрати, пов'язані з організацією вагонопотоків на залізничному напрямку. Створена імітаційна модель просування вагонопотоків на залізничному напрямку.

Розроблено методику прийняття рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда в оперативних умовах, що дозволить покращити техніко-експлуатаційні показники роботи технічних станцій, підвищить ефективність організації вагонопотоків, прискорить їх просування на мережі залізниць та зменшить загальні витрати на організацію вагонопотоків на залізничному напрямку.

У процесі розгляду результатів дисертаційної роботи Мазуренка О. О. було прийняте рішення про впровадження результатів дисертаційної роботи у службі перевезень та на сортувальних станціях Одеської залізниці.

Головний інженер
служби перевезень

В.М. Церковнюк

Акти та довідки про впровадження результатів роботи



МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
 "ПРИДНІПРОВСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ"

пр. Карла Маркса, 108, м. Дніпропетровськ, МСП, 49600

тел. (+380 56) 793-00-00, тел./факс (+380 56) 793-00-10

E-mail: p.a-secretary@dp.uz.gov.ua

03.04.2012

№ ДТ-05/45а

АКТ

щодо впровадження результатів дисертаційної роботи асистента кафедри
 «Залізничні станції та вузли» Дніпропетровського національного
 університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Мазуренка Олександра Олександровича

Комісією у складі заступника начальника служби перевезень Корнілова В.О., начальника відділу технології перевезень Шабанова О.А., начальника технічного відділу Стехіна П.І., провідного інженера відділу технологій Криворотько І.І. розглянуто методи, моделі та програмне забезпечення, які запропоновані в дисертаційній роботі асистента кафедри «Залізничні станції та вузли» Мазуренка Олександра Олександровича на тему «Удосконалення оперативного керування поїздоутворенням на залізничних напрямках».

Комісія постановила:

1. В рамках експерименту, спрямованого на підтвердження досліджень впливу оперативного призначення двогрупних поїздів на техніко-експлуатаційні показники роботи станцій та витрат, пов'язаних з організацією вагонопотоків на залізничних напрямках, розроблену методику оцінки щодо формування окремого двогрупного поїзда в оперативних умовах призначити базовою для станції Нижньодніпровськ-Вузол.
2. Під час проведення експерименту дослідженню підлягають: вплив оперативного керування поїздоутворенням, з використанням двогрупних поїздів, на параметри плану формування поїздів та показники роботи сортувальної станції; зменшення витрат, пов'язаних зі скороченням тривалості простою вагонів на станції.
3. Начальнику технічного відділу Стехіну П.І., начальнику відділу технології перевезень Шабанову О.А. до 01.06.2011 надати пропозиції щодо застосування запропонованої методики у роботі АРМ ДНЦ, АРМ ДСЦ.

Голова комісії:

Заступник начальника служби перевезень

В.О. Корнілов

Члени комісії:

начальник відділу технології перевезень

Шабанов О.А.

начальник технічного відділу

Стехін П.І.

провідний інженер відділу технологій

Криворотько І.І.

000773



Акти та довідки про впровадження результатів роботи

Затверджую:

Ректор Дніпропетровського
національного університету
залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна
професор Лещинько О.М.

« ____ » _____ 2012 р.

Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи асистента кафедри Станцій та вузлів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ)

Мазуренка Олександра Олександровича

Цей документ складений про те, що у навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при підготовці спеціалістів та магістрів зі спеціальності 8.100403 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» при виконанні дипломних проєктів та дипломних магістерських робіт, при проведенні практичних робіт з дисципліни «Основи теорії транспортних процесів та систем» використовуються теоретичні результати дисертації.

Використання розробленої імітаційної моделі роботи залізничного напрямку дозволяє отримати достовірну техніко-економічну оцінку варіантів організації вагонопотоків, визначити вплив оперативного керування поїздоутворенням на витрати залізниці, пов'язані з організацією вагонопотоків, а також допомагає студентам отримати досвід, пов'язаний з оперативним формуванням двогрупних поїздів на базі попутних призначень існуючого плану формування.

/ Декан факультету УПП,
к.т.н., доцент

Нестеренко Г.І.

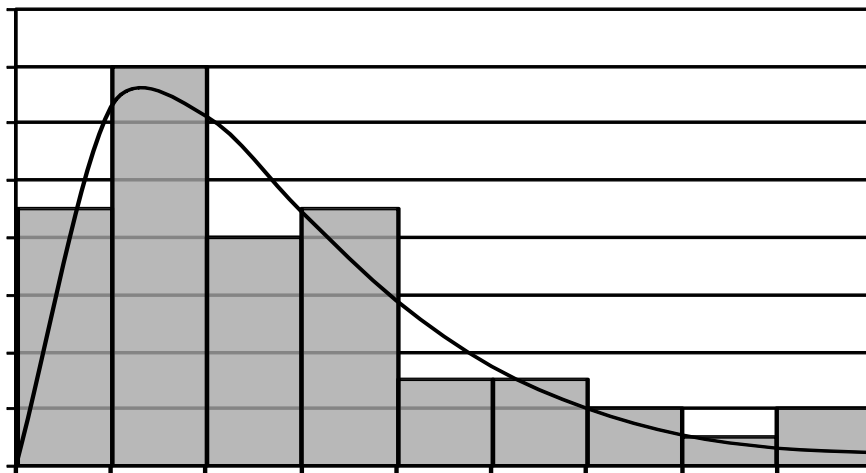
ДОДАТОК Б
ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРУ НАДХОДЖЕННЯ ВАГОНІВ НА ОКРЕМІ
ПРИЗНАЧЕННЯ

Таблиця Б.1 – Статистичний ряд інтервалів між моментами надходження вагонів на призначення 3 ($N=197$ ваг/добу)

№№ розрядів	Межі розрядів	Середина розряду, хв	Кількість спостережень в розряді, K_{ij}	Частість,			h_{ij}	$f(I)$
1	0-20	10	30	0,185	1,85	18,5	0,009	0,0000
2	20-40	30	45	0,278	8,34	250,2	0,014	0,0126
3	40-60	50	25	0,154	7,70	385,0	0,008	0,0123
4	60-80	70	28	0,173	12,11	847,7	0,009	0,0089
5	80-100	90	11	0,068	6,12	550,8	0,003	0,0058
6	100-120	110	9	0,056	6,16	677,6	0,003	0,0035
7	120-140	130	5	0,031	4,03	523,9	0,002	0,0020
8	140-160	150	4	0,025	3,75	562,5	0,001	0,0011
9	160 та >	170	5	0,031	5,27	895,9	0,002	0,0006
Всього			162	1,00	55,33	4712,1		

Таблиця Б.2 – Параметри статистичного ряду інтервалів між моментами надходження вагонів на призначення 3

Математичне очікування $M[I]$, хв	Інтенсивність λ , надх/хв	Дисперсія $D[I]$, хв ²	Середньоквадратичне відхилення $\sigma[I]$, хв	Коефіцієнт варіації $\nu[I]$
55,33	0,018	1650,691	40,63	0,73



.Picture.8

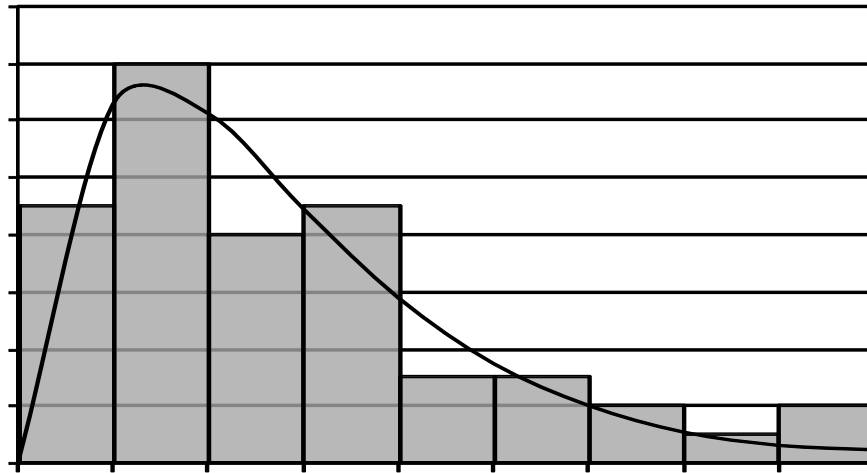


Рисунок Б.1 – Гістограма та теоретична крива функції розподілу інтервалів надходження вагонів на призначення 3

Таблиця Б.3 – Визначення величини χ^2 для розподілу інтервалів надходження вагонів на призначення 3

№№ розрядів	Значення I на межах розрядів, хв	$2 \cdot \lambda \cdot I$	$e^{-2 \cdot \lambda \cdot I}$	$F(I)$	P_{ij}	B_{ij}	$B_{ij} - P_{ij}$	$(B_{ij} - P_{ij})^2$	
1	0	0	1,000	0	0,162	0,185	0,023	0,000529	0,00327
	20	0,72	0,487	0,162					
2	40	1,44	0,237	0,422					
3	60	2,16	0,115	0,637					
4	80	2,88	0,056	0,783					
5	100	3,60	0,027	0,876					
6	120	4,32	0,013	0,931					
7	140	5,04	0,006	0,964					
8	160	5,76	0,003	0,980					
9		–	–	1	0,020	0,031	0,011	0,000121	0,00605
								Всього	0,04478

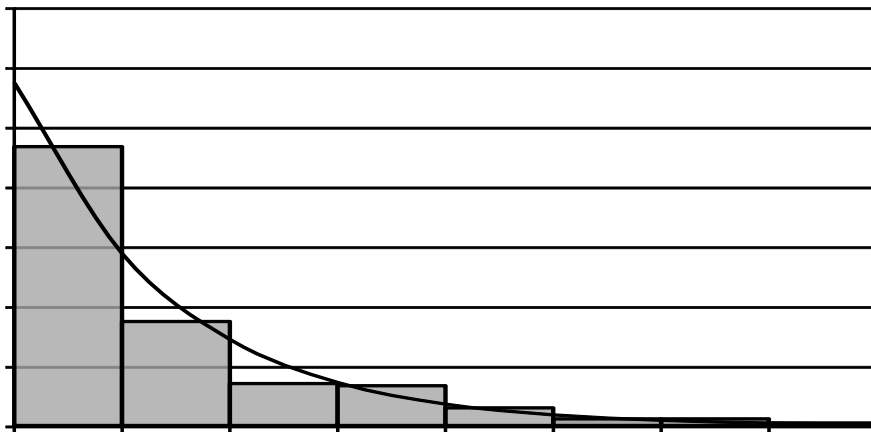
$$\chi^2 = 162 \cdot 0,04478 = 7,255$$

Таблиця Б.4 – Статистичний ряд надходження вагонів з окремих составів на призначення 3

№№ розрядів	Межі розрядів	Середина розряду, ваг	Кількість спостережень в розряді, K_n	Частість			hn_j	$f(n)$
1	0-6	3	91	0,558	1,67	5,0	0,093	0,1150
2	6-12	9	34	0,209	1,88	16,9	0,035	0,0577
3	12-18	15	14	0,086	1,29	19,4	0,014	0,0289
4	18-24	21	13	0,080	1,68	35,3	0,013	0,0145
5	24-30	27	6	0,037	1,00	27,0	0,006	0,0073
6	30-36	33	2	0,012	0,40	13,2	0,002	0,0036
7	36-42	39	2	0,012	0,47	18,3	0,002	0,0018
8	42 та >	45	1	0,006	0,27	12,2	0,001	0,0009
Всього			163	1,00	8,66	147,2		

Таблиця Б.5 – Параметри статистичного ряду надходження вагонів з окремих составів на призначення 3

Математичне очікування $M[n]$, ваг	Дисперсія $D[n]$, ваг ²	Середньоквадратичне відхилення $\sigma[n]$, ваг	Коефіцієнт варіації $\nu[n]$
8,66	72,204	8,50	0,98



.Picture.8

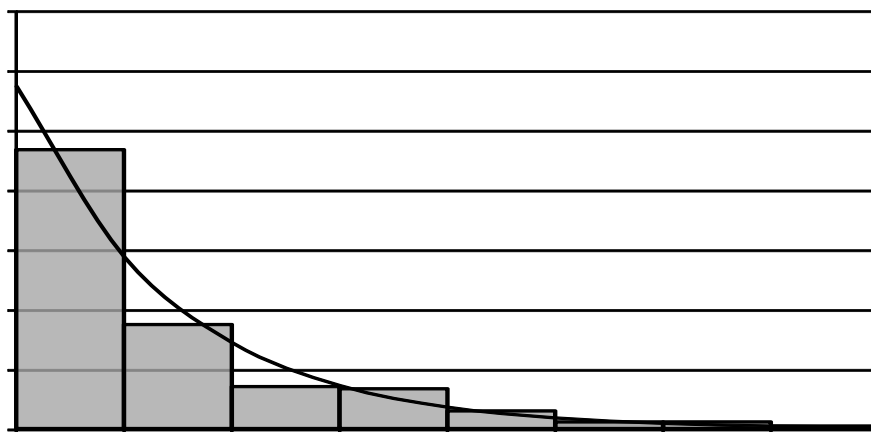


Рисунок Б.2 – Гістограма та теоретична крива функції розподілу кількості вагонів в одному надходженні на призначення 3

Таблиця Б.6 – Визначення величини χ^2 для розподілу кількості вагонів в одному надходженні на призначення 3

№№ розрядів	Значення n на межах розрядів, ваг	$e^{-\lambda \cdot n}$	$F(n)$	P_{nj}	B_{nj}	$B_{nj} - P_{nj}$	$(B_{nj} - P_{nj})^2$	
1	0	1,0000	0,0000	0,498	0,558	0,060	0,003552	0,00713
	6	0,5016	0,4984					
2	12	0,2516	0,7484	0,250	0,209	-0,041	0,001681	0,00672
3	18	0,1262	0,8738	0,125	0,086	-0,039	0,001552	0,01238
4	24	0,0633	0,9367	0,063	0,080	0,017	0,000292	0,00464
5	30	0,0317	0,9683	0,032	0,037	0,005	0,000029	0,00092
6	36	0,0159	0,9841	0,016	0,012	-0,004	0,000014	0,00089
7	42	0,0080	0,9920	0,008	0,012	0,004	0,000017	0,00215
8		–	1	0,008	0,006	-0,002	0,000004	0,00050
							Всього	0,03533

$$\chi^2 = 163 \cdot 0,03533 = 5,758$$

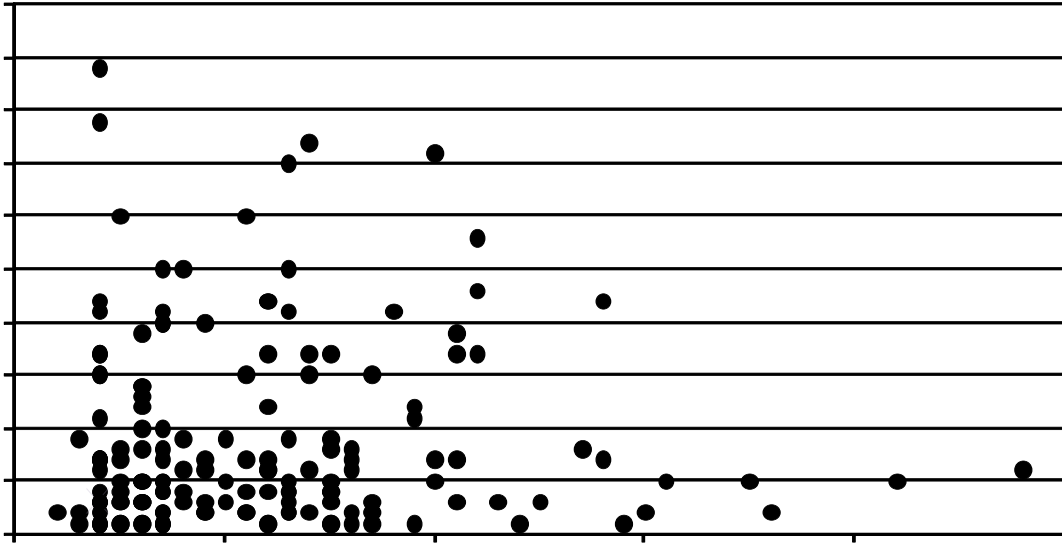


Рисунок Б.3 – Кореляційне поле надходження вагонів на призначення 3

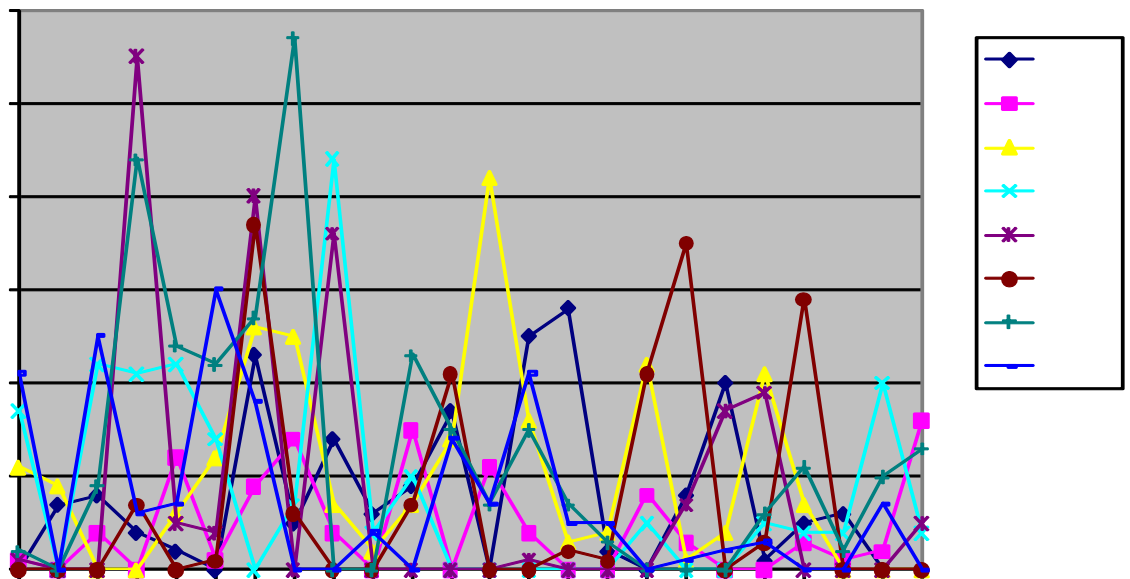


Рисунок Б.4 – Погодинне надходження вагонів на призначення 3

Таблиця Б.7 – Зв'язок між величиною інтервалу надходження вагонів та кількістю вагонів в одному надходженні на призначення 3

I_j	n_j	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	
10		3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
25		18	8	7	3	5	2	2	1	1	1	0	0	1	0	1	50
40		9	7	4	1	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	26
55		5	5	3	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	18
70		7	7	3	0	1	2	1	0	1	0	0	1	1	0	0	24
85		5	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
100		2	1	2	2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	10
115		2	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	5
130		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
145		2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
160		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
175		1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
190		1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
		56	34	26	7	8	7	8	4	4	3	0	2	2	0	1	162

ДОДАТОК В
ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ПОВНИХ ВИТРАТ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ОБМІНОМ
ГРУП ВАГОНІВ У ДВОГРУПНОМУ ПОЇЗДІ

Вихідні дані: кількість вагонів у складі двогрупного поїзда $m=50$ ваг, при цьому $m_A=20$ ваг, $m_{BГВ}=30$ ваг; середньодобова потужність вагонопотоку призначення С (з якого виконується поповнення двогрупного поїзда) $N_m=50$ ваг; кількість вагонів на колії призначення С становить $R_{BC}=35$ вагонів; витратна ставка, віднесена на 1 вагоно-годину простою вагонів на станції е_в витратна ставка, віднесена на 1 локомотиво-годину маневрової роботи е_м витратна ставка, віднесена на 1 локомотиво-годину простою поїзних локомотивів на станції е_{пл} = 148,8 грн.

Приклад розрахунку витрат, пов'язаних з варіантом 1 технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді. Розрахунок тривалості технологічних операцій, які не пов'язані з роботою маневрового локомотива, наведено в табл. В.1.

Таблиця В.1 – Норми часу на виконання технологічних операцій, які не пов'язані з роботою маневрового локомотива

Назва операції	Вихідні дані	Тривалість, хв
Закріплення состава ()	$l_{\text{прох}}=25$ м, $n_b=8$, $t_{\text{доп}}=1$ хв	4,7
Відчеплення поїзного локомотива ()		2
Технічний огляд вагонів (то)	в приймально-відправному парку: $K_{\text{гр}}=3$	19
	в парку відправлення: $K_{\text{гр}}=3$, $t_{\text{рем}}=15$ хв, $\alpha=0,4$	24,7
Закінчення формування состава ()	$B_{2,4}$, $E_{0,15}$, при $p_0=0,77$	13,9
Випробування гальм (твг)		10
Відправлення состава (твідпр)		8

Тривалість виконання маневрових операцій залежить від довжини напіврейсів маршрутів переміщення локомотива. На рис.В.1 наведено розрахункову схему для визначення довжин напіврейсів при розформуванні состава.

$l_{зк}=$
430 м $l_{сост}=750$
м $l_{горл}=215$ м

горл – довжини горловин парка;
 $l_{кол}$ – середня корисна довжина колії прийому;
 $l_{сост}$ – середня довжина состава вантажного поїзда, який розформовується;
 $l_{нас}$ – довжина колії насуву;
 $l_{зк}$ – довжина з'єднувальної колії.

Рисунок В.1 – Розрахункова схема визначення довжин напіврейсів при розформуванні состава

На рис.В.2 наведено розрахункову схему для визначення довжин напіврейсів при роботі з составом свого формування.

Розрахунок тривалості технологічних операцій, які пов'язані з роботою маневрового локомотива, наведено в табл. В.2.

Таблиця В.2 – Норми часу на виконання маневрових операцій

Назва операції	Вихідні дані	Тривалість, хв
Заїзд маневрового локомотива під состав (t_3)	$V=15$ км/год, $t_3=1$ хв при $l_3=180$ м, $t_3=3$ хв при $l_3=660$ м	4
Витягування состава на витяжну колію (твит)	$V=15$ км/год, $l_{\text{вит}}$	5,6
Насув на гірку (тнас)	$V=5$ км/год, $l_{\text{нас}}$	2,2
Розформування состава (троз)	$t_{\text{роз}}=5,8$ хв при $V=7,55$ км/год, $l_{\text{ваг}}$ $t_{\text{роз}}=1,2$ хв при $b_{\text{зсгтр}} \text{ зсг}=4$ хв	9,8
Осаджування вагонів у сортувальному парку (тос)		3
Перестановка в парк відправлення ($t_{\text{пер}}$)	$V=15$ км/год, $l_{\text{пер}}$	6,2
Повернення маневрового локомотива (тпов)	$V=15$ км/год, $t_{\text{пов1}}=1,8$ хв при $l_{\text{пов1}}=388$ м ; $t_{\text{пов2}}=7,1$ хв при $l_{\text{пов2}}=1708$ м	8,9

Відповідно до визначених норм часу та технологічної схеми обслуговування двогрупного поїзда (див. рис.3.13) вагоно-години простою вагонів кожної групи двогрупного поїзда визначаються наступним чином:

1. простій вагонів ядра в приймально-відправному парку:

$$Nt_{\text{я}} = m_{\text{я}} \cdot (t_{\text{закр}} + \text{.DSMT4} + \text{.DSMT4} + t_{\text{вит}} + t_{\text{нас}} + t_{\text{роз}}) / 60 = 20 \cdot (4,7 + 2 + 19 + 5,6 + 2,2 + 9,8) / 60 = 14,43 \text{ ваг-год};$$

2. простій вагонів ядра в парку відправлення:

$$Nt_{\text{я}} = m_{\text{я}} \cdot (\text{.DSMT4} + t_{\text{пер}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{го}} + t_{\text{вг}} + t_{\text{відпр}}) / 60 = 20 \cdot (13,9 + 6,2 + 4,7 + 24,7 + 10 + 8) / 60 = 22,5 \text{ ваг-год};$$

3. простій вагонів ВГВ в приймально-відправному парку:

$$Nt_{\text{ВГВ}} = m_{\text{ВГВ}} \cdot (t_{\text{закр}} + \text{.DSMT4} + \text{.DSMT4} + t_{\text{вит}} + t_{\text{нас}} + t_{\text{роз}}) / 60 = 30 \cdot (4,7 + 2 + 19 + 5,6 + 2,2 + 9,8) / 60 = 21,65 \text{ ваг-год};$$

4. простій вагонів ПГВ в парку відправлення:

$$Nt_{\text{ПГВ}} = m_{\text{ПГВ}} \cdot (\text{.DSMT4} + t_{\text{пер}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{го}} + t_{\text{вг}} + t_{\text{відпр}}) / 60 = 30 \cdot (13,9 + 6,2 + 4,7 + 24,7 + 10 + 8) / 60 = 33,75 \text{ ваг-год}.$$

- $l_{\text{горл}}$ – довжини горловин парків;
 $l_{\text{кол}}$ – середня корисна довжина колії прийому;
 $l_{\text{сост}}$ – середня довжина состава вантажного поїзда свого формування.

Рисунок В.2 – Розрахункова схема визначення довжин напіврейсів при розформуванні состава

Так як після розпуску состава призначення С переходить в стан 2 ($35+20 \geq 50$), то економія простою вагонів під накопиченням $W_{ек}$ (при $\lambda=200/1440=0,139$ ваг/хв) визначається за формулою (3.11) і становить:

$$\text{ваг-хв} \approx 18 \text{ ваг-год.}$$

Отже сумарні вагоно-години простою становлять:

$$=14,43+22,5+21,65+33,75-18=74,33 \text{ ваг-год.}$$

Відповідно до визначених норм часу та технологічної схеми обслуговування двогрупного поїзда (див. рис.3.13) тривалість роботи маневрових локомотивів з двогрупним поїздом визначається наступним чином:

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

$$M_t=(t_z+t_{вит}+t_{нас}+t_{роз}+t_{ос})/60=(4+5,6+2,2+9,8+3)/60=0,41 \text{ год};$$

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

$$M_t=(\text{.DSMT4} + t_{пер}+t_{закр}+t_{пов})/60=(13,9+6,2+4,7+8,9)/60=0,56 \text{ год.}$$

Отже сумарна тривалість роботи маневрових локомотивів становить:

$$=0,41+0,56=0,97 \text{ год.}$$

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 знаходитись 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 $M_{пл}=3$ год.

Відповідно до формули (2.23) повні витрати, пов'язані з варіантом 1 технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді та відсутності зміни поїзного локомотива, становлять:

$$E=3,67 \cdot 74,33 + 82,1 \cdot 0,97 + 148,8 \cdot 3 = 798,83 \text{ грн.}$$

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

$$E=3,67 \cdot 74,33 + 82,1 \cdot 0,97 = 352,43 \text{ грн.}$$

Приклад розрахунку витрат, пов'язаних з варіантом 2 технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді. Розрахунок тривалості технологічних операцій, які не пов'язані з роботою маневрового локомотива, наведено в табл. В.3.

Таблиця В.3 – Норми часу на виконання технологічних операцій, які не пов'язані з роботою маневрового локомотива

Назва операції	Вихідні дані	
----------------	--------------	--

		Тривалість, хв
Закріплення ВГВ ()	$l_{\text{прох}} = 25 \text{ м}, n_{\text{б}} = 5, t_{\text{доп}} = 1 \text{ хв}$	3,3
Розчеплення груп вагонів (трозч)		2
Технічний огляд ВГВ ()	в приймально-відправному парку: $K_{\text{гр}} = 3, m_{\text{ВГВ}} = 30 \text{ ваг}$	12
Технічний огляд вагонів ()	в парку відправлення: $K_{\text{гр}} = 3, t_{\text{рем}} = 15 \text{ хв}, \alpha = 0,4$	24,7
Зняття закріплення з ВГВ (DSMT4)	$l_{\text{прох}} = 25 \text{ м}, n_{\text{б}} = 8, t_{\text{доп}} = 1 \text{ хв}$	3,3
Закінчення формування ПГВ ()	$n_{\text{ф}} = 30, v_{\text{Ер0}} = 0,45$	6,5
Випробування гальм (твр)		10
Відправлення состава (твідпр)		8

Розрахунок тривалості технологічних операцій, які пов'язані з роботою маневрового локомотива, наведено в табл. В.4.

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

, хв.

Так як у прикладі, відповідно до вихідних даних, $RBC > m_{\text{ПГВ}}$ (35 ваг > 30 ваг), то $t_{\text{оч}} = 0$ хв.

Таблиця В.4 – Норми часу на виконання маневрових операцій

Назва операції	Вихідні дані	Тривалість, хв
Заїзд маневрового локомотива на витяжну колію ($t_{\text{з1}}$)	$V = 15 \text{ км/год}, l_{\text{з1}} = 180 \text{ м}$	1
Заїзд маневрового локомотива з витяжної колії в приймально-відправний парк ($t_{\text{з2}}$)	$V = 15 \text{ км/год}, l_{\text{з2}} = 660 \text{ м}$	3
Витягування ВГВ на витяжну колію ()	$V = 15 \text{ км/год}, l_{\text{ваг}}, L_{\text{вит660}} + m_{\text{ВГВ}} \cdot l_{\text{ваг}} = 1110 \text{ м}$	5,1
Насув ВГВ на гірку (DSMT4)	$V = 5 \text{ км/год}, l_{\text{нас}} = 180 \text{ м}$	2,2
Розформування ВГВ (DSMT4)	$= 3,4 \text{ хв при } V = 7,5 \text{ км/год}, l_{\text{ваг}} = 1,2 \text{ хв при } v_{\text{зсг}} = 0,3, t_{\text{р зсг}} = 4 \text{ хв}$	6,2

Осаджування вагонів ВГВ у сортувальному парку ()		1,8
Перестановка в парк відправлення (тпер)	V=15 км/год, lпер	6,2
Витягування вагонів ядра з колії приймально-відправного парку на витяжну колію ()	V=15 км/год, lвит679 м	3,3
Осаджування вагонів з витяжної колії на колію приймально-відправного парку ()	V=15 км/год, lвит515 м	2,6
Заїзд маневрового локомотива за ПГВ ()	V=15 км/год, lз455 м	2,1
Витягування ПГВ на витяжну колію ()	V=15 км/год, lвит905 м	4,3
Осаджування ПГВ на колію приймально-відправного парку ()	V=15 км/год, lос1574 м	7,2
Повернення маневрового локомотива (тпов)	V=15 км/год, lпов=824 м	3,6

Відповідно до визначених норм часу та технологічної схеми обслуговування двогрупного поїзда (див. рис.3.14) вагоно-години простою вагонів кожної групи двогрупного поїзда визначаються наступним чином:

1. простій вагонів ядра в приймально-відправному парку:

$$N_{\text{тя}} = m_{\text{я}} \cdot (\text{DSMT}_4 + t_{\text{розч}} + \text{DSMT}_4 + \text{DSMT}_4 + t_{\text{оч}} + \text{DSMT}_4 + t_{\text{пов}} + t_{\text{го}} + t_{\text{вг}} + t_{\text{відпр}}) / 60 = 20 \cdot (3,3 + 2 + 3,3 + 2,6 + 0 + 7,2 + 3,6 + 24,7 + 10 + 8) / 60 = 21,57 \text{ ваг-год};$$

2. простій вагонів ВГВ:

$$N_{\text{твгв}} = m_{\text{вгв}} \cdot (\text{DSMT}_4 + t_{\text{розч}} + \text{DSMT}_4 + \text{DSMT}_4 + t_{32} + \text{DSMT}_4 + \text{DSMT}_4 + \text{DSMT}_4 + \text{DSMT}_4 + \text{DSMT}_4) / 60 = 30 \cdot (3,3 + 2 + 3,3 + 12 + 3 + 3,3 + 5,1 + 2,2 + 6,2 + 1,8) / 60 = 21,1 \text{ ваг-год};$$

3. простій вагонів ПГВ:

$$N_{\text{тпгв}} = m_{\text{пгв}} \cdot (\text{DSMT}_4 + \text{DSMT}_4 + \text{DSMT}_4 + \text{DSMT}_4 + t_{\text{пов}} + t_{\text{го}} + t_{\text{вг}} + t_{\text{відпр}}) / 60 = 30 \cdot (2,1 + 6,5 + 4,3 + 7,2 + 3,6 + 24,7 + 10 + 8) / 60 = 33,2 \text{ ваг-год}.$$

Економія простою вагонів під накопиченням $W_{\text{ек}}$ (при $\lambda = 200/1440 = 0,139$ ваг/хв) визначається за формулою (3.11) і становить:

ваг-хв \approx 18 ваг-год.

Отже сумарні вагоно-години простою становлять:

$$=21,57+21,1+33,2-18=57,87 \text{ ваг-год.}$$

Відповідно до визначених норм часу та технологічної схеми обслуговування двогрупного поїзда (див. рис.3.14) тривалість роботи маневрових локомотивів з двогрупним поїздом визначається наступним чином:

1. тривалість роботи гіркового маневрового локомотива з вагонами ВГВ:

$$Mt_{\text{ВГВ}}=(t_{31}+t_{32}+ \text{.DSMT}_4 + \text{.DSMT}_4 + \text{.DSMT}_4 + \text{.DSMT}_4 + \text{.DSMT}_4 + \text{.DSMT}_4)/60=(1+3+3,3+5,1+2,2+6,2+1,8)/60=0,38 \text{ год};$$

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

$$Mt_{\text{ПГВ}}=(\text{.DSMT}_4 + \text{.DSMT}_4 + \text{.DSMT}_4 + \text{.DSMT}_4 + t_{\text{пов}})/60=(2,1+6,5+4,3+7,2+3,6)/60=0,4 \text{ год};$$

3. тривалість маневрової роботи поїзного локомотива з вагонами ядра:

$$Mt_{\text{я}}=(\text{.DSMT}_4 + \text{.DSMT}_4)/60=(3,3+2,6)/60=0,1 \text{ год.}$$

Отже сумарна тривалість роботи маневрових локомотивів становить:

$$=0,38+0,4+0,1=0,88 \text{ год.}$$

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:

$$Mt_{\text{пл}}=(\text{.DSMT}_4 + t_{\text{розч}} + \text{.DSMT}_4 + \text{.DSMT}_4 + t_{\text{оч}} + \text{.DSMT}_4 + t_{\text{пов}} + t_{\text{го}} + t_{\text{вг}} + t_{\text{відпр}})/60=(3,3+2+3,3+2,6+0+7,2+3,6+24,7+10+8)/60=1,08 \text{ год.}$$

Відповідно до формули (2.23) повні витрати, пов'язані з варіантом 2 технології обміну груп вагонів у двогрупному поїзді, становлять:

$$E=3,67 \cdot 57,87 + 82,1 \cdot 0,88 + 148,8 \cdot 1,08 = 445,33 \text{ грн.}$$

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

$$E=3,67 \cdot 57,87 + 82,1 \cdot 0,88 = 284,63 \text{ грн.}$$

Порівнюючи витрати, пов'язані з виконанням обміну груп вагонів у двогрупному поїзді, можна зробити висновок, що варіант 2 технології обміну груп вагонів, для наведених вихідних даних, є найбільш раціональним як при необхідності, так і при відсутності зміни поїзного локомотива у двогрупному поїзді.

ДОДАТОК Г

ДІАГРАМИ РОЗПОДІЛЕННЯ ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН ТРИВАЛОСТІ ЗНАХОДЖЕННЯ ПОЇЗДІВ РІЗНИХ КАТЕГОРІЙ В ПАРКАХ СТАНЦІЇ

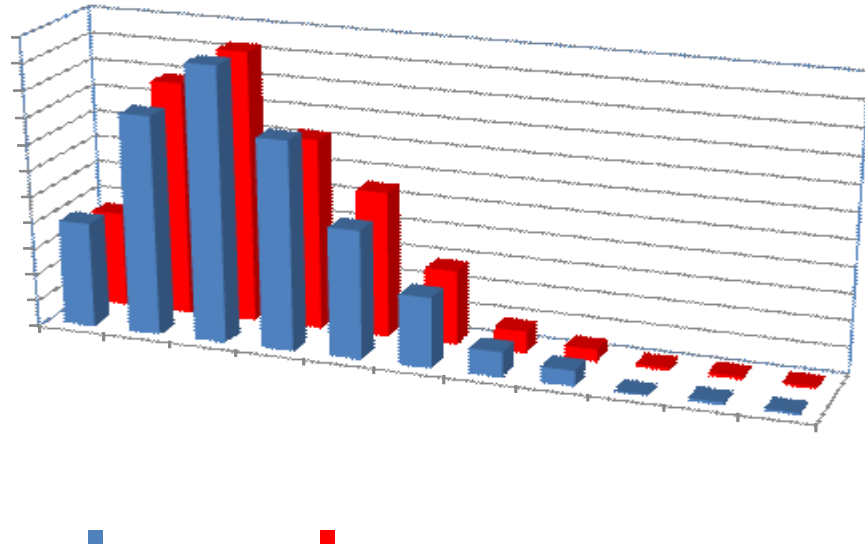


Рисунок Г.1 – Гістограми розподілення випадкової величини тривалості накопичення составів в сортувальному парку

005

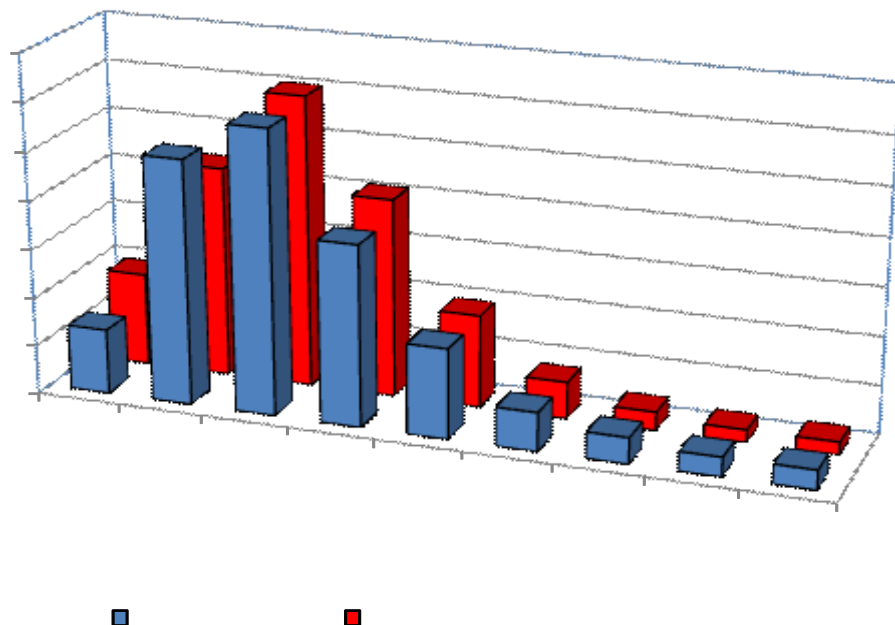


Рисунок Г.2 – Гістограми розподілення випадкової величини тривалості простою поїздів в парку відправлення

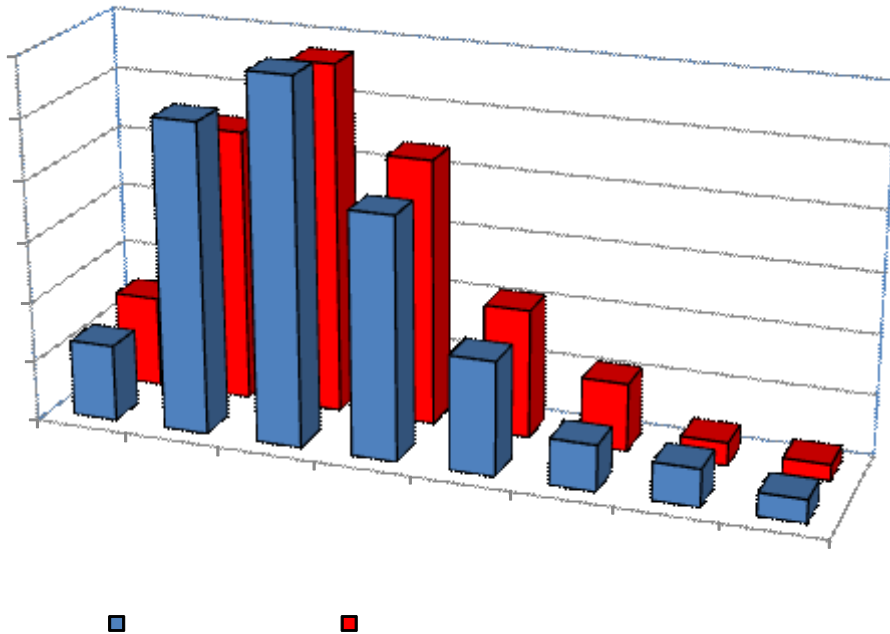


Рисунок Г.3 – Гістограми розподілення випадкової величини знаходження транзитних поїздів без зміни поїзного локомотива в приймально-відправному парку

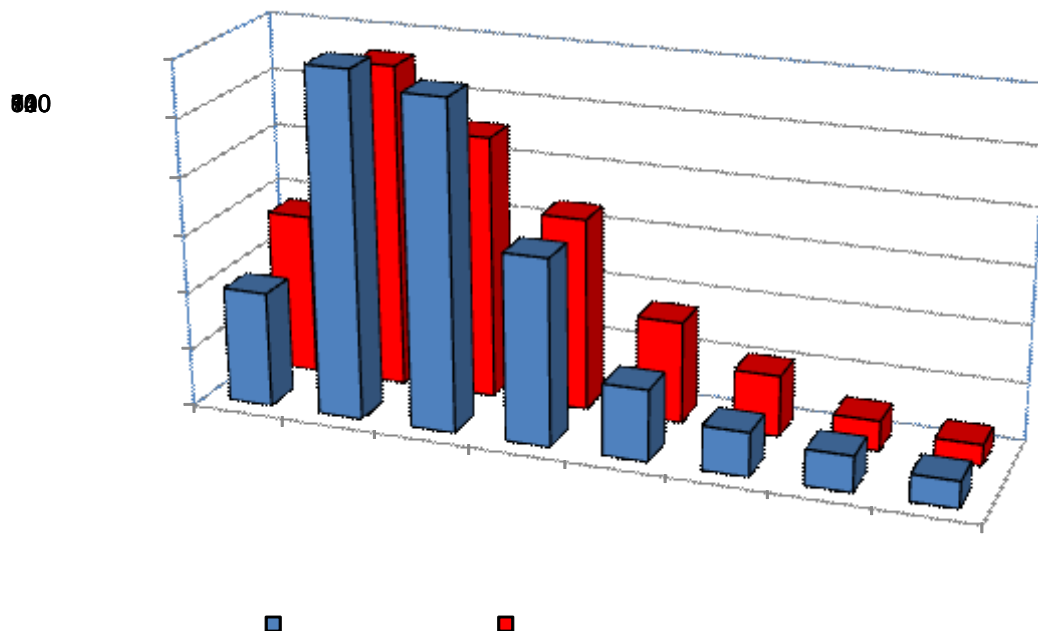


Рисунок Г.4 – Гістограми розподілення випадкової величини знаходження транзитних поїздів зі зміною поїзного локомотива в приймально-відправному парку

ДОДАТОК Д
СЕРЕДНІЙ ПРОСТІЙ ТРАНЗИТНОГО ВАГОНА З ПЕРЕРОБКОЮ НА ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЯХ

Таблиця Д.1 – Середній простій транзитного вагона з переробкою на технічних станціях

		Придніпровська залізниця						Одеська залізниця					
		Джанкой		Запоріжжя-Ліве		Нижньодніпророськ Вузол		Кривий Ріг Сортувальний		Знам'янка-Сортувальна		Одеса Застава І	
Рік	Простій транзитного вагона з переробкою, год	план	факт	план	факт	план	факт	план	факт	план	факт	план	факт
2008	Загальний	9,22	9,89	14,40	14,35	10,58	10,46	14,00	18,09	10,48	10,21	10,53	11,68
	1. В парку прибуття	0,76	0,75	1,82	1,82	1,00	1,03	1,86	2,59	1,35	1,25	2,32	2,67
	2. Розформування	0,32	0,32	0,34	0,34	0,39	0,39	0,50	0,61	0,3	0,3	0,7	0,7
	3. Під накопиченням	5,79	6,35	9,69	9,64	6,12	6,10	5,04	8,6	6,26	6,11	4,39	5,32
	4. Формування	0,5	0,5	0,33	0,33	0,60	0,60	3,99	0,66	0,75	0,75	0,7	0,7
	5. В парку відправлення	1,85	1,97	2,22	2,22	2,35	2,22	2,61	5,63	1,82	1,80	2,42	2,29
2009	Загальний	9,3	9,9	14,40	13,78	9,56	9,87	15,33	15,95	10,52	10,29	11,87	11,94
	1. В парку прибуття	0,76	0,76	1,00	1,42	1,10	0,93	1,88	2,35	1,39	1,41	2,26	1,74
	2. Розформування	0,32	0,33	0,23	0,34	0,39	0,39	0,5	0,59	0,3	0,3	0,7	0,7
	3. Під накопиченням	5,79	6,16	10,00	9,46	5,25	5,72	9,7	10,84	6,56	5,84	5,79	6,48
	4. Формування	0,50	0,50	0,08	0,33	0,64	0,41	1,07	0,7	0,75	0,83	0,7	0,8
	5. В парку відправлення	1,93	2,15	3,09	2,23	2,18	1,99	2,18	1,57	1,52	1,91	2,42	2,22
2010	Загальний	10,39	10,81	14,40	13,89	9,49	10,50	15,0	15,88	10,95	10,37	11,87	11,46
	1. В парку прибуття	0,89	0,86	1,00	1,93	1,10	1,10	2,11	2,55	1,41	1,41	2,66	2,01
	2. Розформування	0,32	0,32	0,23	0,34	0,39	0,39	0,45	0,59	0,3	0,3	0,7	0,69
	3. Під накопиченням	5,79	6,01	10,00	8,85	5,25	6,03	8,1	9,67	6,56	5,52	5,39	5,61
	4. Формування	1,44	1,44	0,08	0,33	0,64	0,64	1,76	0,72	0,75	0,82	0,7	0,8
	5. В парку відправлення	1,95	2,18	3,09	2,44	1,99	2,34	2,58	2,35	1,93	2,32	2,42	2,35

ДОДАТОК Е
ВИХІДНІ ДАНІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ВПЛИВУ ГЛИБИНИ ПРОГНОЗУ
НА ТЕХНІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ГОЛОВНОЇ СТАНЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАПРЯМКУ

Таблиця Е.1 – Вихідні дані

Показник	Значення показника
Період моделювання, діб	365
Потужність вагонопотоку призначення В на станції А, ваг/добу	200
Потужність вагонопотоку призначення С на станції А, ваг/добу	200
Потужність вагонопотоку призначення С на станції В, ваг/добу	200
Склад поїзда, ваг	50
Тривалість з'єднання груп вагонів в складі групового поїзду, год	0,2
Тривалість обміну груп в складі групового поїзду, год	0,6
Тривалість простою локомотива від поїзда у розформування, год	3,0
Тривалість простою транзитного одногрупного поїзда на станції В, год	1,2
Витратна ставка на 1 вагоно-годину, грн	3,67
Витратна ставка на 1 локомотиво-годину маневрової роботи, грн	82,1
Витратна ставка на 1 локомотиво-годину поїзних локомотивів, грн	148,8

Таблиця Е.2 – Результати моделювання при відсутності зміни поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів та технології обміну груп вагонів у приймально-відправному парку

Показник	Вимірник	Значення показника										
		Глибина прогнозу $T_{пл}$, год										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_{AB}	шт	238	570	956	1247	1357	1421	1442	1452	1453	1453	1453

Кількість сформованих поїздів	K_{AC}	шт	214	580	990	1263	1370	1424	1451	1457	1459	1459	1459
	K_{ABC}	шт	2461	1763	967	403	186	68	20	4	1	1	1
	K_{BC}	шт	1428	1426	1420	1387	1331	1395	1416	1426	1427	1427	1427
Простій під накопиченням	AB	тис. ваг-год	106,25	115,33	143,18	175,81	193,62	208,07	210,61	212,69	213,49	213,49	213,49
	AC	тис. ваг-год	109,14	119,52	147,01	176,66	192,75	204,56	211,88	216,66	216,08	216,08	216,08
	BC	тис. ваг-год	214,85	215,75	213,61	211,17	209,40	210,07	215,56	215,03	214,63	214,63	214,63
Середній простій вагона під накопиченням	AB	год	1,46	1,59	1,97	2,42	2,66	2,86	2,9	2,92	2,94	2,94	2,94
	AC	год	1,50	1,64	2,01	2,42	2,64	2,80	2,9	2,97	2,96	2,96	2,96
	BC	год	3,00	3,00	2,99	2,96	2,93	2,94	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Загальний простій вагонів	ст. А	тис. ваг-год	502,17	514,65	562,3	618,67	650,4	675,48	684,87	691,57	691,75	691,75	691,75
	ст. В	тис. ваг-год	643,65	618,94	580,27	542,53	521,31	518,53	522,63	521,89	521,48	521,48	521,48
	напрямок	тис. ваг-год	1145,82	1133,59	1142,57	1161,20	1171,71	1194,01	1207,50	1213,46	1213,23	1213,23	1213,23
Тривалість роботи маневрового локомотива	ст. А	тис. лок-год	2,09	1,95	1,8	1,68	1,64	1,62	1,61	1,6	1,6	1,6	1,6
	ст. В	тис. лок-год	3,78	3,12	2,37	1,81	1,57	1,49	1,45	1,44	1,44	1,44	1,44
Тривалість простою поїзних локомотивів	ст. А	тис. лок-год	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	ст. В	тис. лок-год	7,51	7,45	7,18	6,83	6,61	6,5	6,47	6,47	6,47	6,47	6,47
Витрати на організацію вагонопотоків	ст. А	тис. грн	2144,94	2179,28	2340,10	2538,71	2651,58	2741,69	2775,36	2799,69	2800,30	2800,30	2800,30
	ст. В	тис. грн	3790,28	3635,91	3392,36	3156,34	3026,30	2992,64	3000,08	2996,10	2994,49	2994,49	2994,49
	напрямок	тис. грн	5935,22	5815,19	5732,46	5695,05	5677,88	5734,33	5775,44	5795,79	5794,79	5794,79	5794,79

Таблиця Е.3 – Результати моделювання при зміні поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів та технології обміну груп вагонів у приймально-відправному парку

Показник	Вимірник	Значення показника											
		Глибина прогнозу Тпл, год											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
K_{AB}	шт	238	570	956	1247	1357	1421	1442	1452	1453	1453	1453	1453
K_{AC}	шт	214	580	990	1263	1370	1424	1451	1457	1459	1459	1459	1459

Кількість сформованих поїздів	K_{ABC}	шт	2461	1763	967	403	186	68	20	4	1	1	1
	K_{BC}	шт	1428	1426	1420	1387	1331	1395	1416	1426	1427	1427	1427
Простій під накопиченням	AB	тис. ваг-год	106,25	115,33	143,18	175,81	193,62	208,07	210,61	212,69	213,49	213,49	213,49
	AC	тис. ваг-год	109,14	119,52	147,01	176,66	192,75	204,56	211,88	216,66	216,08	216,08	216,08
	BC	тис. ваг-год	214,85	215,75	213,61	211,17	209,40	210,07	215,56	215,03	214,63	214,63	214,63
Середній простій вагона під накопиченням	AB	год	1,46	1,58	1,97	2,42	2,66	2,86	2,90	2,93	2,94	2,94	2,94
	AC	год	1,50	1,64	2,01	2,42	2,64	2,80	2,90	2,97	2,96	2,96	2,96
	BC	год	3,00	3,00	2,99	2,96	2,93	2,94	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Загальний простій вагонів	ст. А	тис. ваг-год	502,17	514,65	562,03	618,67	650,40	675,48	684,87	691,57	691,75	691,75	691,75
	ст. В	тис. ваг-год	643,65	618,94	580,27	542,53	521,31	518,53	522,63	521,89	521,48	521,48	521,48
	напрямок	тис. ваг-год	1145,82	1133,59	1142,30	1161,20	1171,71	1194,01	1207,50	1213,46	1213,23	1213,23	1213,23
Тривалість роботи маневрового локомотива	ст. А	тис. лок-год	2,09	1,95	1,8	1,68	1,64	1,62	1,61	1,6	1,6	1,6	1,6
	ст. В	тис. лок-год	3,78	3,12	2,37	1,81	1,57	1,49	1,45	1,44	1,44	1,44	1,44
Тривалість простою поїзних локомотивів	ст. А	тис. лок-год	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	ст. В	тис. лок-год	0,36	0,36	0,35	0,35	0,33	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,36
Витрати на організацію вагонопотоків	ст. А	тис. грн	2144,94	2179,28	2340,10	2538,71	2651,58	2741,69	2775,36	2799,69	2800,30	2800,30	2800,30
	ст. В	тис. грн	2725,58	2581,02	2376,96	2191,30	2091,59	2077,18	2089,93	2086,83	2085,12	2085,12	2085,12
	напрямок	тис. грн	4870,52	4760,30	4717,06	4730,01	4743,18	4818,87	4865,29	4886,51	4885,42	4885,42	4885,42

Таблиця Е.4 – Результати моделювання при відсутності зміни поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів та технології обміну груп вагонів у парку прийому

Показник	Вимірник	Значення показника											
		Глибина прогнозу $T_{пл}$, год											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Кількість сформованих поїздів	K_{AB}	шт	238	570	958	1247	1357	1421	1442	1452	1453	1453	1453
	K_{AC}	шт	214	580	993	1263	1370	1424	1451	1457	1459	1459	1459
	K_{ABC}	шт	2461	1763	962	403	186	68	20	4	1	1	1

	K_{BC}	шт	2673	2307	1894	1624	1517	1463	1436	1430	1428	1428	1428
Простій під накопиченням	AB	тис. ваг-год	106,25	115,33	143,70	175,67	193,62	208,07	210,61	212,69	213,49	213,49	213,49
	AC	тис. ваг-год	109,14	119,52	147,07	176,89	192,75	204,56	211,88	216,66	216,08	216,08	216,08
	BC	тис. ваг-год	214,99	214,36	213,47	213,26	214,46	211,60	216,00	215,26	214,85	214,85	214,85
Середній простій вагона під накопиченням	AB	год	1,46	1,59	1,98	2,42	2,66	2,86	2,90	2,93	2,94	2,94	2,94
	AC	год	1,49	1,64	2,01	2,42	2,64	2,80	2,90	2,97	2,96	2,96	2,96
	BC	год	1,61	1,86	2,25	2,63	2,83	2,89	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Загальний простій вагонів	ст. А	тис. ваг-год	502,17	514,65	562,56	618,77	650,40	675,48	684,87	691,57	691,75	691,75	691,75
	ст. В	тис. ваг-год	637,03	602,53	563,44	538,26	529,56	521,71	523,61	522,31	521,72	521,72	521,72
	напрямок	тис. ваг-год	1139,2	1117,18	1126,00	1157,03	1179,96	1197,19	1208,48	1213,88	1213,47	1213,47	1213,47
Тривалість роботи маневрового локомотива	ст. А	тис. лок-год	2,09	1,95	1,79	1,68	1,64	1,62	1,61	1,60	1,60	1,60	1,60
	ст. В	тис. лок-год	2,68	2,32	1,91	1,64	1,53	1,47	1,45	1,44	1,44	1,44	1,44
Тривалість простою поїзних локомотивів	ст. А	тис. лок-год	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	ст. В	тис. лок-год	9,02	8,27	7,43	6,87	6,65	6,54	6,49	6,47	6,47	6,47	6,47
Витрати на організацію вагонопотоків	ст. А	тис. грн	2144,94	2179,28	2341,96	2539,07	2651,58	2741,69	2775,36	2799,69	2800,30	2800,30	2800,30
	ст. В	тис. грн	3900,78	3632,50	3329,15	3132,18	3058,85	3009,14	3005,65	2998,56	2995,60	2995,60	2995,60
	напрямок	тис. грн	6045,72	5811,78	5671,11	5671,25	5710,43	5750,83	5781,01	5798,25	5795,90	5795,90	5795,90

Таблиця Е.5 – Результати моделювання при зміні поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів та технології обміну груп вагонів у парку прийому

Показник	Вимірник	Значення показника											
		Глибина прогнозу $T_{пл}$, год											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Кількість сформованих поїздів	K_{AB}	шт	238	570	958	1247	1357	1421	1442	1452	1453	1453	1453
	K_{AC}	шт	214	580	993	1263	1370	1424	1451	1457	1459	1459	1459
	K_{ABC}	шт	2461	1763	962	403	186	68	20	4	1	1	1
	K_{BC}	шт	2673	2307	1894	1624	1517	1463	1436	1430	1428	1428	1428

Простій під накопиченням	АВ	тис. ваг-год	106,25	115,33	143,70	175,67	193,62	208,07	209,61	212,69	213,49	213,49	213,49
	АС	тис. ваг-год	109,14	119,52	147,07	176,89	192,75	204,56	211,88	216,66	216,08	216,08	216,08
	ВС	тис. ваг-год	214,99	214,36	213,47	213,26	214,46	211,60	216,00	215,26	214,85	214,85	214,85
Середній простій вагона під накопиченням	АВ	год	1,46	1,59	1,98	2,42	2,66	2,86	2,90	2,93	2,94	2,94	2,94
	АС	год	1,49	1,64	2,02	2,42	2,64	2,80	2,90	2,97	2,96	2,96	2,96
	ВС	год	1,61	1,86	2,25	2,63	2,82	2,89	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Загальний простій вагонів	ст. А	тис. ваг-год	502,17	514,65	562,56	618,77	650,40	675,48	684,87	691,57	691,75	691,75	691,75
	ст. В	тис. ваг-год	637,03	602,53	563,44	538,26	529,56	521,71	523,61	522,31	521,72	521,72	521,72
	напрямок	тис. ваг-год	1139,20	1117,18	1126,00	1157,03	1179,96	1197,19	1208,48	1213,88	1213,47	1213,47	1213,47
Тривалість роботи маневрового локомотива	ст. А	тис. лок-год	2,09	1,95	1,79	1,68	1,64	1,62	1,61	1,60	1,60	1,60	1,60
	ст. В	тис. лок-год	2,68	2,32	1,91	1,64	1,53	1,47	1,45	1,44	1,44	1,44	1,44
Тривалість простою поїзних локомотивів	ст. А	тис. лок-год	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	ст. В	тис. лок-год	0,67	0,58	0,47	0,41	0,38	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Витрати на організацію вагонопотоків	ст. А	тис. грн	2144,94	2179,28	2341,96	2539,07	2651,58	2741,69	2775,36	2799,69	2800,30	2800,30	2800,30
	ст. В	тис. грн	2657,74	2487,49	2294,75	2170,10	2125,43	2090,18	2093,92	2088,44	2086,02	2086,02	2086,02
	напрямок	тис. грн	4802,68	4666,77	4636,71	4709,17	4777,01	4831,87	4869,28	4888,13	4886,32	4886,32	4886,32

Таблиця Е.6 – Результати моделювання при відсутності зміни поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів та застосуванні адаптивної технології

Показник	Вимірник	Значення показника											
		Глибина прогнозу $T_{пл}$, год											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Кількість сформованих поїздів	K_{AB}	шт	238	570	958	1247	1357	1421	1442	1452	1453	1453	1453
	K_{AC}	шт	214	580	993	1263	1370	1424	1451	1457	1459	1459	1459
	K_{ABC}	шт	2461	1763	962	403	186	68	20	4	1	1	1
	K_{BC}	шт	1428	1429	1446	1437	1436	1429	1425	1426	1428	1428	1428
	АВ	тис. ваг-год	106,25	115,33	143,7	175,67	193,62	208,07	210,61	212,69	213,49	213,49	213,49

Простій під накопиченням	АС	тис. ваг-год	109,14	119,52	147,07	176,89	192,75	204,56	211,88	216,66	216,08	216,08	216,08
	ВС	тис. ваг-год	214,78	214,15	213,25	213,08	214,46	211,60	215,81	215,03	214,85	214,85	214,85
Середній простій вагона під накопиченням	АВ	год	1,46	1,58	1,98	2,42	2,66	2,86	2,90	2,93	2,94	2,94	2,94
	АС	год	1,50	1,64	2,02	2,42	2,64	2,80	2,90	2,97	2,96	2,96	2,96
	ВС	год	3,00	2,99	2,98	2,98	3,00	2,96	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Загальний простій вагонів	ст. А	тис. ваг-год	502,17	514,65	562,56	618,77	650,4	675,48	684,87	691,57	691,75	691,75	691,75
	ст. В	тис. ваг-год	568,72	555,47	539,70	528,30	525,35	519,94	522,95	521,89	521,72	521,72	521,72
	напрямок	тис. ваг-год	1070,89	1070,12	1102,26	1147,07	1175,75	1195,42	1207,82	1213,46	1213,47	1213,47	1213,47
Тривалість роботи маневрового локомотива	ст. А	тис. лок-год	2,09	1,95	1,79	1,68	1,64	1,62	1,61	1,60	1,60	1,60	1,60
	ст. В	тис. лок-год	2,96	2,51	2,00	1,68	1,55	1,48	1,45	1,44	1,44	1,44	1,44
Тривалість простою поїзних локомотивів	ст. А	тис. лок-год	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	ст. В	тис. лок-год	6,94	6,81	6,68	6,56	6,52	6,48	6,47	6,47	6,47	6,47	6,47
Витрати на організацію вагонопотоків	ст. А	тис. грн	2144,94	2179,28	2341,96	2539,07	2651,58	2741,69	2775,36	2799,69	2800,30	2800,30	2800,30
	ст. В	тис. грн	3363,22	3257,47	3138,77	3052,56	3024,74	2994,80	3000,70	2996,10	2995,60	2995,60	2995,60
	напрямок	тис. грн	5508,16	5436,75	5480,73	5591,63	5676,33	5736,49	5776,06	5795,79	5795,90	5795,90	5795,90

Таблиця Е.7 – Результати моделювання при зміні поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів та застосуванні адаптивної технології

Показник	Вимірник	Значення показника											
		Глибина прогнозу $T_{пл}$, год											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Кількість сформованих поїздів	K_{AB}	шт	238	570	958	1247	1357	1421	1442	1452	1453	1453	1453
	K_{AC}	шт	214	580	993	1263	1370	1424	1451	1457	1459	1459	1459
	K_{ABC}	шт	2461	1763	962	403	186	68	20	4	1	1	1
	K_{BC}	шт	1428	1429	1446	1437	1436	1429	1425	1426	1428	1428	1428
Простій під накопиченням	АВ	тис. ваг-год	106,25	115,33	199,08	175,67	193,62	208,07	210,61	212,69	213,49	213,49	213,49
	АС	тис. ваг-год	109,14	119,52	147,07	176,89	192,75	204,56	211,88	216,66	216,08	216,08	216,08

	BC	тис. ваг-год	214,78	214,15	213,25	213,08	214,46	211,60	215,81	215,03	214,85	214,85	214,85
Середній простій вагона під накопиченням	AB	год	1,46	1,59	1,98	2,42	2,66	2,86	2,90	2,93	2,94	2,94	2,94
	AC	год	1,49	1,64	2,01	2,42	2,64	2,80	2,90	2,97	2,96	2,96	2,96
	BC	год	3,00	3,00	2,98	2,98	3,00	2,96	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Загальний простій вагонів	ст. А	тис. ваг-год	502,17	514,65	562,56	618,77	650,4	675,48	684,87	691,57	691,75	691,75	691,75
	ст. В	тис. ваг-год	568,72	555,47	539,70	528,30	525,35	519,94	522,95	521,89	521,72	521,72	521,72
	напрямок	тис. ваг-год	1070,89	1070,12	1102,26	1147,07	1175,75	1195,42	1207,82	1213,46	1213,47	1213,47	1213,47
Тривалість роботи маневрового локомотива	ст. А	тис. лок-год	2,09	1,95	1,79	1,68	1,64	1,62	1,61	1,60	1,60	1,60	1,60
	ст. В	тис. лок-год	2,96	2,51	2,00	1,68	1,55	1,48	1,45	1,44	1,44	1,44	1,44
Тривалість простою поїзних локомотивів	ст. А	тис. лок-год	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	ст. В	тис. лок-год	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Витрати на організацію вагонопотоків	ст. А	тис. грн	2144,94	2179,28	2341,96	2539,07	2651,58	2741,69	2775,36	2799,69	2800,30	2800,30	2800,30
	ст. В	тис. грн	2383,23	2297,97	2199,03	2129,99	2108,43	2083,02	2091,30	2086,82	2085,12	2085,12	2085,12
	напрямок	тис. грн	4528,17	4477,25	4540,99	4669,06	4760,02	4824,71	4866,66	4886,51	4885,42	4885,42	4885,42

ДОДАТОК Ж
РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ КРИТЕРІЮ
ЕКОНОМІЇ ВИТРАТ Ω ТА РІЗНИХ ЗНАЧЕННЯХ ВПЛИВАЮЧИХ
ФАКТОРІВ

Таблиця Ж.1 – Експлуатаційні показники роботи станцій напрямку при $N_{AB} = N_{AC}$ та відсутності зміни поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів

Техніко-експлуатаційні показники		$N_{AB} - N_{AC} - N_{BC}$, ваг						
		100-100-100		200-200-200		300-300-300		
		існуючий ПФП	опера- тивне коригу- вання	існуючий ПФП	опера- тивне коригу- вання	існуючий ПФП	опера- тивне коригу- вання	
1		2	3	4	5	6	7	
$N_{BC} = N_{AB}$								
Кількість сформованих поїздів, шт		K_{AB}	726	113	1453	787	2162	1595
		K_{AC}	738	148	1459	905	2130	1750
		K_{ABC}	2	1205	1	1220	1	947
		K_{BC}	728	506	1427	1099	2151	1846
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А		559,14	364,75	691,75	542,48	816,05	713,82
	ст. В		367,65	3664,53	521,48	521,54	671,11	673,20
	напрямо к		926,79	729,28	1213,23	1064,02	1487,16	1387,02
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	$M_{тман А}$	0,81	1,05	1,6	1,85	2,36	2,55	
	$M_{тман В}$	0,73	1,73	1,44	2,39	2,16	2,84	
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год	$M_{тплА}$	0,44	0,44	0,87	0,87	1,29	1,29	
	$M_{тплВ}$	3,25	4,09	6,47	6,80	9,58	9,65	
Річні витрати Е, тис. грн.	ст.А	2183,742	1490,052	2800,303	2272,414	3380,413	3020,700	
	ст.В	1893,504	2088,962	2994,494	3122,177	4065,428	4140,685	
	напрямо к	4077,246	3579,014	5794,797	5394,591	7445,841	7161,385	
Економія витрат ΔE відносно норматив-ного ПФП, тис. грн			498,232		400,206		284,456	
$N_{BC} > N_{AB}$								
Техніко-експлуатаційні показники		$N_{AB} - N_{AC} - N_{BC}$						
		100-100-200		100-100-300		200-200-300		
1		2	3	4	5	6	7	

Кількість сформованих поїздів, шт	КАВ	726	113	726	113	1453	787
	КАС	738	148	738	148	1459	905
	КАВС	2	1205	2	1205	1	1220
	КВС	1433	1097	2129	1729	2127	1755
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А	559,14	364,75	559,14	364,75	691,75	266,98
	ст. В	433,43	437,31	496,64	502,37	584,16	275,50
	напрямок	992,57	802,06	1055,78	867,12	1275,91	592,83

Продовження таблиці Ж.1

1		2	3	4	5	6	7
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	Мтман А	0,81	1,05	0,81	1,05	1,6	1,85
	Мтман В	1,12	2,08	1,5	2,44	1,82	2,76
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год	МтплА	0,44	0,44	0,44	0,44	0,87	0,87
	МтплВ	3,43	3,61	3,6	3,57	6,64	6,67
Річні витрати Е, тис. грн.	ст. А	2183,742	1490,052	2183,742	1490,052	2800,303	2272,414
	ст. В	2192,458	2313,257	2481,362	2574,656	3282,246	3394,102
	сумарні	4376,200	3803,309	4665,104	4064,708	6082,549	5666,515
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн			572,891		600,396		423,034
NBC<NAB							
Техніко-експлуатаційні показники		NAB – NAC – NBC					
		200-200-100		300-300-100		300-300-200	
1		2	3	4	5	6	7
Кількість сформованих поїздів, шт	КАВ	1453	787	2162	1595	2162	1595
	КАС	1459	905	2130	1750	2130	1750
	КАВС	1	1220	1	947	1	947
	КВС	715	535	727	547	1455	1177
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А	691,75	542,48	816,05	713,82	816,05	713,82
	ст. В	454,46	449,86	536,35	527,43	606,38	607,02
	напрямок	1146,21	992,34	1352,40	1241,25	1422,43	1320,84

Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	Mtман А	1,6	1,85	2,36	2,55	2,36	2,55
	Mtман В	1,05	2,05	1,37	2,11	1,77	2,47
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год	MtплА	0,87	0,87	1,29	1,29	1,29	1,29
	MtплВ	6,29	7,33	9,22	10,14	9,41	9,68
Річні витрати Е, тис. грн.	ст. А	2800,303	2272,414	3380,413	3020,700	3380,413	3020,700
	ст. В	2689,936	2909,718	3453,603	3617,847	3770,562	3870,332
	напрямок	5490,239	5182,132	6834,016	6638,547	7150,975	6891,032
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн			308,107		195,469		259,943

Таблиця Ж.2 – Експлуатаційні показники роботи станцій напрямку при $NAB \neq NAC$ та відсутності зміни поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів

Техніко-експлуатаційні показники		NAB – NAC – NBC, ваг					
		100-200-100		100-300-100		200-100-200	
		існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання	існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання	існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання
1	2	3	4	5	6	7	
NBC=NAB							
Кількість сформованих поїздів, шт	КАВ	727	147	727	188	1453	612
	КАС	1456	704	2171	1402	729	201
	КАВС	2	1333	1	1402	1	1369
	КВС	724	506	716	537	1439	1045
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А	620,49	444,27	688,86	519,38	623,12	441,56
	ст. В	413,91	413,10	450,92	457,98	478,13	482,89
	напрямок	1034,40	857,37	1139,78	977,36	11001,25	924,45
		1,2	1,47	1,59	1,86	1,2	1,47

Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	Мтман А						
	Мтман В	0,73	1,91	0,72	1,91	1,45	2,44
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год	МтплА	0,66	0,66	0,87	0,87	0,65	0,65
	МтплВ	4,11	4,92	4,97	5,64	5,59	5,90
Річні витрати Е, тис. грн.	ст.А	2473,441	1848,499	2788,439	2187,826	2482,881	1838,933
	ст.В	2190,376	2405,493	2452,878	2677,095	2705,702	2850,530
	напрямок	4663,817	4253,992	5241,317	4864,921	5188,583	4689,463
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн			409,825		376,396		499,12
NBC=NAB							
Техніко-експлуатаційні показники		NAB - NAC - NBC					
		200-300-200		300-100-300		300-200-300	
1		2	3	4	5	6	7
Кількість сформованих поїздів, шт	КАВ	1453	851	2162	1251	2162	1507
	КАС	2151	1656	731	235	1443	970
	КАВС	1	1097	0	1406	0	1127
	КВС	1440	1122	2123	1660	2146	1784
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А	752,09	625,51	686,21	517,47	753,55	353,91
	ст. В	564,14	561,82	584,56	591,67	630,76	273,27
	напрямок	1316,23	1187,33	1270,77	1109,14	1384,31	626,36
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	Мтман А	1,98	2,20	1,59	1,87	1,98	2,21
	Мтман В	1,45	2,29	2,14	3,12	2,15	2,98
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год	МтплА	1,08	1,08	0,87	0,87	1,08	1,08
	МтплВ	7,3	7,61	7,89	7,96	8,75	8,86

Продовження таблиці Ж.2

1		2	3	4	5	6	7
	ст.А	3083,923	2637,243	2778,164	2181,876	3089,237	2643,908
	ст.В	3275,359	3382,472	3495,711	3611,401	3794,276	3861,977

Річні витрати Е, тис. грн.	сумарн і	6359, 282	6019, 715	6273, 875	5793, 277	6883, 513	6505, 885
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн			339,567		480,598		377, 628
NBC>NAB							
Техніко-експлуатаційні показники		NAB - NAC - NBC					
		100-200-200		100-200-300		200-100-300	
1		2	3	4	5	6	7
Кількість сформованих поїздів, шт	КАВ	727	147	727	147	1453	612
	КАС	1456	704	1456	704	729	201
	КАВС	0	1333	2	1333	1	1369
	КВС	1439	1142	2131	1760	2132	1643
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А	620, 49	444,27	620, 49	444, 27	623, 12	441, 58
	ст. В	477, 39	487,31	543, 54	549, 21	539, 95	544, 32
	напрямо к	1097,88	931,58	1164,03	993, 48	1163,07	985, 88
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	Мтман А	1,2	1,47	1,2	1,47	1,2	1,47
	Мтман В	1,12	2,27	1,5	2,63	1,83	2,79
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год	МтплА	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65
	МтплВ	4,29	4,55	4,46	4,49	5,77	5,81
Річні витрати Е, тис. грн.	ст.А	2473, 441	1848, 499	2473, 441	1848, 499	2482, 881	1838, 933
	ст.В	2482, 253	2652, 606	2782, 007	2899, 746	2989, 684	3091, 064
	сумарн і	4955, 694	4501, 105	5255, 448	4748, 245	5472, 565	4929, 997
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн			454,589		507, 203		542, 568
NBC<NAB							
Техніко-експлуатаційні показники		NAB - NAC - NBC					
		200-300-300		200-100-100		300-100-200	
1		2	3	4	5	6	7
Кількість сформованих поїздів, шт	КАВ	1453	851	1453	612	2162	1251
	КАС	2151	1656	729	201	731	235
	КАВС	1	1097	1	1369	0	1406
	КВС	2146	1767	724	471	1425	985
	ст. А	752, 09	625,51	623, 12	441, 56	686,21	517, 47

Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. В		629,12	627,38	415,5	399,55	519,57	512,25
	напрямок		1381,21	1252,89	1038,62	841,11	1205,78	1029,72
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	Мтман А		1,98	2,20	1,2	1,47	1,59	1,87
	Мтман В		1,83	2,66	1,05	2,10	1,76	2,74

Продовження таблиці Ж.2

1		2	3	4	5	6	7
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год	МтплА	1,08	1,08	0,65	0,65	0,87	0,87
	МтплВ	7,48	7,51	5,41	6,77	7,72	8,14
Річні витрати Е, тис. грн.	ст.А	3083,923	2637,243	2482,881	1838,933	2778,164	2181,876
	ст.В	3571,983	3637,280	2416,966	2646,097	3199,715	3315,820
	напрямок	6655,906	6274,523	4899,847	4485,030	5977,879	5497,696
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн			381,383		414,817		480,174
NBC<NAB							
Техніко-експлуатаційні показники		NAB - NAC - NBC					
		300-100-100		300-200-200		300-200-100	
1		2	3	4	5	6	7
Кількість сформованих поїздів, шт	КАВ	2162	1251	2162	1445	2162	1445
	КАС	731	235	1443	985	1443	985
	КАВС	0	1406	0	1167	0	1167
	КВС	716	453	1440	1122	717	511
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А	686,21	517,47	753,55	624,68	753,55	624,68
	ст. В	450,60	444,81	563,82	565,08	500,10	485,69
	напрямок	1136,81	962,28	1317,37	1189,76	1253,65	1110,37
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	Мтман А	1,59	1,87	1,98	2,21	1,98	2,21
	Мтман В	1,37	2,42	1,76	2,62	1,37	2,27
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год	МтплА	0,87	0,87	1,08	1,08	1,08	1,08
	МтплВ	7,54	8,96	8,58	8,94	8,4	9,54

Річні витрати Е, тис. грн.	ст.А	2778, 164	2181, 876	3089, 237	2634, 722	3089, 237	2634, 722
	ст.В	2888, 183	3164, 569	3490, 461	3619, 926	3197, 081	3388, 061
	напрямо к	5666, 347	5346, 445	6579, 698	6254, 648	6286, 318	6022, 783
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн			319, 902		325, 050		263, 535

Таблиця Ж.3 – Експлуатаційні показники роботи станцій напрямку при NAB=NAC та зміні поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів

Техніко-експлуатаційні показники		NAB - NAC - NBC, ваг						
		100-100-100		200-200-200		300-300-300		
		існуючий ПФП	опера-тивне коригування	існуючий ПФП	опера-тивне коригування	існуючий ПФП	опера-тивне коригування	
1		2	3	4	5	6	7	
NBC=NAB								
Кількість сформованих поїздів, шт		КАВ	726	90	1453	653	2162	1386
		КАС	738	141	1459	852	2130	1668
		КАВС	2	1235	1	1407	1	1238
		КВС	728	529	1427	1117	2151	1879
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А	559, 14	363,68	691, 75	532, 64	816, 05	697, 90	
	ст. В	367, 65	333,22	521, 48	499, 45	671, 11	666, 02	
	напрямо к	926, 79	696,90	1213, 23	1032, 09	1487, 16	1363, 92	
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год		Мтман А	0,81	1,05	1,6	1,88	2,36	2,61
		Мтман В	0,73	1,76	1,44	2,54	2,16	3,08
		МтпЛА	0,44	0,44	0,87	0,87	1,29	1,29

Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год		МтплВ	0,18	0,13	0,36	0,28	0,54	0,47
Річні витрати Е, тис. грн.		ст.А	2183,742	1486,608	2800,303	2239,356	3380,413	2967,012
		ст.В	1436,262	1387,416	2085,121	2083,188	2719,978	2767,229
		напрямок	3620,004	2874,024	4885,424	4322,544	6100,391	5734,242
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн				745,980		562,88		366,149
NBC>NAB								
Техніко-експлуатаційні показники		NAB - NAC - NBC						
		100-100-200		100-100-300		200-200-300		
		існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання	існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання	існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання	
Кількість сформованих поїздів, шт		КАВ	726	90	726	90	1453	653
		КАС	738	141	738	141	1459	852
		КАВС	2	1235	2	1235	1	1407
		КВС	1433	1236	2129	2004	2127	1916
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А		559,14	363,68	559,14	363,68	691,75	532,64
	ст. В		433,43	424,71	496,64	513,04	584,16	593,86
	напрямок		992,57	788,39	1055,78	876,72	1275,91	1126,50
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год		Мтман А	0,81	1,05	0,81	1,05	1,6	1,88
		Мтман В	1,12	2,15	1,50	2,56	1,82	2,96

Продовження таблиці Ж.3

1		2	3	4	5	6	7	
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год		МтплА	0,44	0,44	0,44	0,44	0,87	0,87
		МтплВ	0,36	0,31	0,53	0,50	0,53	0,48
Річні витрати Е, тис. грн.		ст.А	2183,742	1486,608	2183,742	1486,608	2800,303	2239,356
		ст.В	1735,730	1781,366	2025,028	2167,789	2372,816	2494,084

	напрямо к	3919, 472	3267, 974	4208, 770	3654, 397	5173, 119	4733, 440	
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн			651,498		554, 373		439, 679	
NBC<NAB								
Техніко-експлуатаційні показники		NAB - NAC - NBC						
		200-200-100		300-300-100		300-300-200		
		існую- чий ПФП	опера- тивне коригу- вання	існую- чий ПФП	опера- тивне коригу- вання	існую- чий ПФП	опера- тивне коригу- вання	
Кількість сформованих поїздів, шт		КАВ	1453	653	2162	1386	2162	1386
		КАС	1459	852	2130	1668	2130	1668
		КАВС	1	1407	1	1238	1	1238
		КВС	715	482	727	1238	1455	1112
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А		691,75	532, 64	816, 05	697, 90	816, 05	697, 90
	ст. В		454,46	407, 90	536, 35	475, 94	606, 38	578, 37
	напрямо к		1146, 21	940, 54	1352, 40	1173, 84	1422, 43	1276, 27
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год		Мтман А	1,6	1,88	2,36	2,61	2,36	2,61
		Мтман В	1,05	2,18	1,37	2,29	1,77	2,67
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год		МтплА	0,87	0,87	1,29	1,29	1,29	1,29
		МтплВ	0,18	0,12	0,18	0,11	0,36	0,28
Річні витрати Е, тис. грн.		ст.А	2800, 303	2239, 356	3380, 413	2967, 012	3380, 413	2967, 012
		ст.В	1780, 543	1693, 854	2108, 153	1950, 620	2425, 112	2383, 359
		напрямо к	4580, 846	3933, 211	5488, 566	4917, 632	5805, 525	5350, 371
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн				647,635		570,934		455,154

Таблиця Ж.4 – Експлуатаційні показники роботи станцій напрямку при NAB≠NAC та зміні поїзного локомотива на станції обміну груп вагонів

Техніко-експлуатаційні показники		NAB – NAC – NBC, ваг						
		100-200-100		100-300-100		200-100-200		
		існуючий ПФП	опера- тивне коригу- вання	існуючий ПФП	опера- тивне коригу- вання	існуючий ПФП	опера- тивне коригу- вання	
1	2	3	4	5	6	7		
NBC=NAB								
Кількість сформованих поїздів, шт		КАВ	727	107	727	145	1453	541
		КАС	1456	677	2171	1383	729	183
		КАВС	2	1400	1	1370	1	1458
		КВС	724	537	716	577	1439	1083
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг- год	ст. А		620,49	441,59	688,86	516,25	623,12	437,56
	ст. В		413,91	391,34	450,92	444,25	478,13	444,16
	напрямо к		1034,40	832,93	1139,78	960,50	1101,25	881,72
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год		М _{тман А}	1,2	1,48	1,59	1,87	1,2	1,49
		М _{тман В}	0,73	1,98	0,72	1,98	1,45	2,52
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год		М _{тплА}	0,66	0,66	0,87	0,87	0,65	0,65
		М _{тплВ}	0,18	0,13	0,18	0,14	0,36	0,27
Річні витрати Е, тис. грн.		ст.А	2473,441	1839,739	2788,440	2177,351	2482,881	1825,699
		ст.В	1605,625	1618,565	1740,691	1814,301	1926,913	1877,521
		напрямо к	4079,066	3458,304	4529,131	3991,652	4409,794	3703,221
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн				620,762		537,479		706,573
NBC=NAB								
Техніко-експлуатаційні показники		NAB - NAC - NBC						
		200-300-200		300-100-300		300-200-300		
		існуючий ПФП	опера- тивне коригу- вання	існуючий ПФП	опера- тивне коригу- вання	існуючий ПФП	опера- тивне коригу- вання	

					вання		вання
Кількість сформованих поїздів, шт	КАВ	1453	727	2162	1087	2162	1302
	КАС	2151	1594	731	190	1443	907
	КАВС	1	1283	0	1615	0	907
	КВС	1440	1134	2123	1777	2146	1876
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А	752,09	613,46	686,21	509,21	753,55	613,11
	ст. В	564,14	542,74	584,56	578,51	630,76	619,33
	напрямок	1316,23	1156,20	1270,77	1087,72	1384,31	1232,44
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	Мтман А	1,98	2,24	1,59	1,91	1,98	2,26
	Мтман В	1,45	2,44	2,14	3,31	2,15	3,22

Продовження таблиці Ж.4

1		2	3	4	5	6	7
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год	МтплА	1,08	1,08	0,87	0,87	1,08	1,08
	МтплВ	0,36	0,28	0,53	0,44	0,54	0,47
Річні витрати Е, тис. грн.	ст.А	3083,923	2596,094	2778,164	2155,003	3089,237	2596,638
	ст.В	2242,658	2234,747	2400,067	2461,224	2571,498	2607,035
	напрямок	5326,581	4830,841	5178,231	4616,227	5660,735	5203,673
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн			495,74		562,004		457,062
NBC>NAB							
Техніко-експлуатаційні показники		NAB – NAC – NBC					
		100-200-200		100-200-300		200-100-300	
		існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання	існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання	існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання
Кількість сформованих поїздів, шт	КАВ	727	107	727	107	1453	541
	КАС	1456	677	1456	677	729	183
	КАВС	2	1400	2	1400	1	1458
	КВС	1439	1235	2131	1983	2132	1851
ст. А		620,49	441,59	620,49	441,59	623,12	277,18

Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. В		477,39	476,71	543,54	559,32	539,95	160,38
	напрямок		1097,88	918,30	1164,03	1000,91	1163,07	538,40
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	Мтман А		1,2	1,48	1,2	1,48	1,2	1,49
	Мтман В		1,12	2,36	1,5	2,77	1,83	2,93
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год	МтплА		0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65
	МтплВ		0,36	0,31	0,53	0,50	0,53	0,46
Річні витрати Е, тис. грн.	ст.А		2473,441	1839,739	2473,441	1839,739	2482,881	1825,699
	ст.В		1897,502	1989,613	2197,256	2353,615	2210,895	2285,568
	напрямок		4370,943	3829,352	4670,697	4193,354	4693,776	4111,267
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн				541,591		477,343		582,509
NBC<NAB								
Техніко-експлуатаційні показники			NAB – NAC – NBC					
			200-300-300		200-100-100		300-100-200	
			існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання	існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання	існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання
Кількість сформованих поїздів, шт	КАВ		1453	727	1453	541	2162	1087
	КАС		2151	1594	729	183	731	190
	КАВС		1	1283	1	1458	0	1615
	КВС		2146	1872	724	392	1425	969

Продовження таблиці Ж.4

1		2	3	4	5	6	7	
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А		752,09	613,46	623,12	437,56	686,21	509,21
	ст. В		629,12	624,52	415,50	339,07	519,57	467,32
	напрямок		1381,21	1237,98	1038,62	776,63	1205,78	976,53
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год	Мтман А		1,98	2,24	1,2	1,49	1,59	1,91
	Мтман В		1,83	2,85	1,05	2,14	1,76	2,89
	МтплА		1,08	1,08	0,65	0,65	0,87	0,87

Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год		МтплВ	0,54	0,47	0,18	0,10	0,36	0,24
Річні витрати Е, тис. грн.		ст.А	3083,923	2596,094	2482,881	1825,699	2778,164	2155,003
		ст.В	2539,281	2595,225	1638,176	1434,599	2104,071	1988,164
		напрямок	5623,204	5191,319	4121,057	3260,298	4882,235	4143,167
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн				431,885		860,759		739,068
NBC<NAB								
Техніко-експлуатаційні показники		NAB - NAC - NBC						
		300-100-100		300-200-200		300-200-100		
		існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання	існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання	існуючий ПФП	опера-тивне коригу-вання	
Кількість сформованих поїздів, шт		КАВ	2162	1082	2162	1249	2162	1249
		КАС	731	189	1443	915	1443	915
		КАВС	0	1614	0	1433	0	1433
		КВС	716	321	1440	1074	717	415
Тривалість знаходження вагонів, тис. ваг-год	ст. А		686,21	505,10	753,55	609,52	753,55	609,52
	ст. В		450,60	367,62	563,82	527,14	500,10	423,44
	напрямок		1136,81	872,72	1317,37	1136,66	1253,65	1032,96
Тривалість роботи маневрового локомотива, тис. лок-год		Мтман А	1,59	1,91	1,98	2,26	1,98	2,6
		Мтман В	1,37	2,52	1,76	2,81	1,37	2,44
Тривалість простою поїзного локомотива, тис. лок-год		МтплаА	0,87	0,87	1,08	1,08	1,08	1,08
		МтплВ	0,18	0,08	0,36	0,27	0,18	0,10
Річні витрати Е, тис. грн.		ст.А	2778,164	2139,274	3089,237	2583,465	3089,237	2583,465
		ст.В	1792,539	1567,786	2267,682	2205,232	1974,302	1769,485
		напрямок	4570,703	3707,060	5356,919	4788,697	5063,539	4352,950
Економія витрат ΔЕ відносно норматив-ного ПФП, тис. грн				863,643		568,222		710,589

