

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою

**ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ МАРШРУТІВ
ПРЯМУВАННЯ ПОЇЗДІВ В УМОВАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

Пояснювальна записка і розрахунки
до кваліфікаційної роботи

ВСПМП.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 221-ОПУТ-Д23
спеціальності 275 / 275.02 «Транспортні
технології» (роботу виконано самостійно,
відповідно до принципів академічної
добросовісності)
Назарій КУЗЬО

Керівник: професор, доктор техн. наук
Олександр ЛАВРУХІН

Рецензент: професор доктор техн. наук
Андрій ПРОХОРЧЕНКО

2025

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 «Транспортні технології» (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

професор, д - р техн. наук

_____ А.О. Ковальов

«_____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Назарія КУЗЬО

1 Тема «Вдосконалення системи планування маршрутів прямування поїздів в умовах автоматизації» керівник Олександр ЛАВРУХІН, д. т. н., професор затверджені розпорядженням по факультету Управління процесами перевезень від 25 лютого 2025 року № 04/25.

2 Строк подання студентом закінченої роботи 16 червня 2025 року

3 Вихідні дані; план формування вантажних поїздів, графік руху поїздів, статистичні данні щодо виконання основних експлуатаційних показників, їх аналіз.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно 1 Аналіз виконання експлуатаційної роботи на дільницях в умовах функціонування автоматичних засобів. Аналіз діючих автоматичних систем диспетчерського управління та експлуатаційної роботи. Формування моделі автоматичного введення графіку руху поїздів на дільниці як додаткові задачі АРМ ДНЦ. Організація раціонального обігу вагонів. Формування процедури визначення оптимального варіанта прокладення поїздів на графіку руху. Формування пропозицій по веденню виконання руху поїздів на основі математичного апарату Мережі Петрі. Економічна ефективність впровадження нової моделі пропуску поїздів. Здійснення інвестиційного проекту. Зниження витрат на персонал і експлуатацію вагонів. Визначення економічної ефективності впровадження моделі.

5 Перелік графічного матеріалу. 1. Назва теми. 2. Актуальність теми. Мета і задачі дослідження. 3. Діаграма виконання графіку руху поїздів. Діаграма середнього часу відправлень поїздів із запізненням. 4. Діаграма середнього часу прибуття поїздів. 5. Формування моделі автоматичного ведення графіку руху поїздів на дільниці як додаткові задачі АРМ ДНЦ. 6. Підтвердження створення

нової нитки графіка. 7. Формування цільової функції, щодо про слідування поїздів за графіком руху. 8 Рекомендований програмний інтерфейс графіка руху поїздів на дільниці. 9. Графік руху поїздів з виконанням вікна на двоколіній дільниці. 10. Нормативний графік руху поїздів на двоколіній дільниці. 11.Прогнозний графік руху на двоколіній дільниці. 12. Висновки.

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розрахунок економічної ефективності від впровадження запропонованих заходів	Гриценко Н.В. доц., к.е.н.		

7 Дата видачі завдання 24 лютого 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Дослідження ефективності експлуатаційної роботи на дільницях з урахуванням впроваджених автоматичних засобів.	26.02.2025	виконано
2 Оцінка функціонування існуючих автоматизованих систем диспетчерського управління та організації експлуатаційної діяльності.	21.03.2025	виконано
3 Удосконалення моделі автоматичного введення розкладу руху поїздів на дільниці як розширення функціоналу АРМ ДНЦ.	12.04.2025	виконано
4 Розробка процедури визначення найефективнішого варіанта прокладення поїздів у графіку руху.	20.04. 2025	виконано
5 (Пропущено в оригіналі — можливо, слід додати)	11.05. 2025	виконано
6 Розробка пропозицій щодо організації руху поїздів з використанням математичного апарату мереж Петрі.	02.06. 2025	виконано
7 Аналіз економічної доцільності впровадження запропонованих рішень.	10.06. 2025	виконано
8 Оцінка загальної рентабельності проекту.	12.06. 2025	виконано

Студент _____ Н.Я. Кузьо

Керівник _____ О.В. Лаврухін

Зміст

Вступ	5
1 Аналіз виконання експлуатаційної роботи на ділянках в умовах функціонування автоматичних засобів	9
1.1 Аналіз діючих автоматичних систем диспетчерського управління та експлуатаційної роботи	9
2 Доопрацювання моделі автоматичного введення графіку руху поїздів на ділянці як додаткові задачі АРМ ДНЦ	17
2.1 Огляд моделі	17
2.2 Організація раціонального обігу вагонів	23
2.3 Формування процедури визначення оптимального варіанта прокладення поїздів на графіку руху	25
2.4 Формування пропозицій по веденню виконання руху поїздів на основі математичного апарату Мережі Петрі	34
3. Економічна ефективність впровадження нової моделі пропуску поїздів	39
3.1 Здійснення інвестиційного проекту	39
3.2 Зниження витрат на персонал і експлуатацію вагонів	40
3.3 Визначення економічної ефективності впровадження моделі	41
3.4 Визначення загальної рентабельності проекту	46
Висновки	47
Список використаних джерел	48

					ВСПМП 300.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Кузьо Н.Я.				Вдосконалення системи планування маршрутів прямування поїздів в умовах автоматизації	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Лаврухін О.В.					і	4	53
Т. Контр.						УкрДУЗТ 4		
Н. Контр.	Лаврухін О.В.							
Затверд.	Ковальов А.О.							

Вступ

В часи загострення військового конфлікту залізниця України не тільки задовольняє потреби виробництва та населення у перевезеннях, але й ще забезпечує підтримує обороноздатність країни. Проте стан виробничо-технічної бази залізниці і технологічний рівень перевезень за багатьма параметрами не відповідають потребам суспільства та європейським стандартам якості надання залізничних послуг що може стати перешкодою для подальшого розвитку залізничних перевезень держави. Особливо це стосується сфери вантажних перевезень. Сучасні умови доставки пасажирів і вантажів по залізниці для підтримки її конкурентоспроможності вимагають розробки нових технологій перевезень, що забезпечує надання залізниці властивостей гнучкості на транспортному ринку. Створення нових технологій управління процесами поїздів за рахунок впровадження механізму адаптації до коливань рівня попиту на транспортні послуги.

Актуальність теми. В дійсних суворих умовах постають жорсткі питання ресурсозбереження, які потрібно вирішувати зменшенням одиниць транспорту при збереженні та зростанні обсягів роботи. Для раціоналізації використання вагонного парку, скорочення обігу вагона, зменшення часу простою вантажного вагона на станціях, покращення якісних та кількісних показників роботи необхідно розробляти нові та удосконалювати існуючі технології організації вагонопотоків та поїздів, що можна реалізувати шляхом удосконалення автоматичного робочого місця (АРМ) поїзного диспетчера (ДНЦ).

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської роботи є обґрунтування можливості формування раціональних варіантів пропуску поїздів по дільниці на основі удосконалення оперативного регулювання пропуску поїздів, яке надасть автоматизованій системі управління рухом поїздів необхідної гнучкості, сприятиме повного дотримання графіка руху та підвищення безпеки слідування поїздів.

Об'єкт дослідження – процес пропуску поїздів по залізничній дільниці.

Предмет дослідження – технологія регулювання рухом поїздів всіх категорій.

Наукова новизна одержаних результатів. В магістерській роботі запропоноване вдосконалення системи планування маршрутів прямування поїздів в умовах автоматизації, що на відмінність від існуючих підходів дозволяє враховувати всі можливі варіанти прямування.

Поїзний диспетчер – це відповідальний працівник управління процесами перевезень залізничного транспорту, який одноосібно керує рухом поїздів на своїй ділянці (диспетчерському колі) і несе за це повну відповідальність. Його накази про руху поїздів підлягають беззаперечного виконання працівниками, пов'язаними з ними: черговими по станціям, машиністами локомотивів тощо. Ніхто, крім ДНЦ, не має права надавати оперативні розпорядження про руху поїздів.

Мета роботи ДНЦ полягає в забезпеченні руху поїздів і місцевої роботи на дільниці у відповідності з графіком руху поїздів і оперативним планом, а також в дотриманні максимального рівня безпеки руху.

При існуючій структурі диспетчерського управління робоче місце ДНЦ фізично знаходиться в будівлі єдиного дорожнього центру управління перевезеннями, при цьому його ділянка фактично може перебувати на досить віддаленій відстані. Для контакту ДНЦ з виконавцями використовуються різні види зв'язку. Вказівки по руху поїздів черговим по станціям передаються за спеціальною селекторного (виборчого) телефонного зв'язку. Він дозволяє викликати будь-який включений в лінію пункт окремо, а також кілька (груповий виклик) або всі пункти (циркулярний виклик). Для контактів ДНЦ з машиністами поїздів використовується радіозв'язок, однак на практиці, більшість наказів машиністам (наприклад, наказ на наганання або на підвищення дільничної швидкості) передається через чергових по станціях. На багатьох дільницях, обладнаних автоблокуванням, робоче місце ДНЦ оснащується пристроями диспетчерського контролю у вигляді табло, на якому зображена схема ділянки і проміжних станцій. Спеціальна світлова індикація

сигналізує про показники сигналів і про фактичне занятість поїздами блок-ділянок і колій на станціях.

Прийнявши зміну, ДНЦ який реєструється циркулярним наказом оголошує всім черговим по станції своєї дільниці про вступ на чергування, наявності поїздів на дільниці, проводить планерну нараду. Далі, чергові по станції по черзі доповідають про вступ на чергування, роботі пристроїв СЦБ і зв'язку, наявність діючих попереджень і занятті приймально-відправних колій. Про фактичне прибуття, відправлення, про слідування поїздів та інших подіях ДНЦ дізнається з доповідями чергових по станціям або за допомогою системи диспетчерського контролю. Безпосередньо на оперативну обстановку ДНЦ впливає за допомогою диспетчерських розпоряджень, які віддаються або усно, або у вигляді письмових наказів, реєструються в спеціальному журналі форми ДУ-58. Відповідно до посадової інструкції, завантажувати диспетчера роботою, не пов'язаної з рухом поїздів заборонено.

Поточне планування - попереднє складання плану пропуску поїздів по ділянці напевний період і подальші його коригування. При цьому диспетчер переслідує мету - мінімізувати затримки поїздів і відхилення від нормативного графіка. Практично, поїзної диспетчер виконує це планування після кожного отримання про доконаною подію (наприклад, про готовність до відправлення передавального поїзда на одній зі станцій, або про раптового порушення нормальної роботи пристроїв, за чим слід порушення нормативного графіка).

Диспетчерське регулювання - своєчасна видача необхідних розпоряджень для здійснення запланованої пропуску поїздів з урахуванням всіх виникаючих змін поїзної ситуації, як: прискорення ходу поїзда порівняно з графіком, ДНЦ домовляється з машиністом поїзда про прискорене проходженні по ділянці, видає йому диспетчерське розклад і, зі свого боку, зобов'язується надати безперешкодне проходження поїздів по дільниці.

Всі ці дії виконуються паралельно, постійно накладаючись один на одного. При відхиленні поїздів від графіка з різних причин, ДНЦ в короткий час доводиться

вирішувати складні різноманітні завдання. Щоб досягти хороших результатів, диспетчер повинен весь час іти "вперед поїздів", постійно плануючи порядок їх пропуску. При цьому він повинен передбачати всі експлуатаційні події: схрещення, обгони, затримки при русі тощо. Для цього він на своєму графіку лінії ходу поїздів, визначаючи час здійснення цих подій і намічає регулювальні заходи.

Пасивні функції: ведення графіка виконаного руху, обмін підходами поїздів з сусідніми диспетчерами, передача відомостей про поїздах і вагонах на станції, заповнення додатків до графіку. На ці операції ДНЦ витрачає від 25 до 35 відсотків свого робочого часу. Звільнивши його від них (методами, зазначеними вище) можна значно підвищити ефективність його роботи або збільшити протяжність ділянки.

Крім поїзної роботи, ДНЦ організовує місцеву роботу своєї ділянки: організує просування передавальних, вивізних і збірних поїздів з вагонами, призначенням на проміжні станції дільниці, завчасно повідомляє чергових цих станціях про підходи вагонів, забезпечує навантаження порожніми вагонів, вживає заходів для якнайшвидшого вивезення завантажених вагонів і порожніх вагонів з під вивантаження дільниці до найближчої станції.

Публікації:

1. Лаврухін О.В., Никитинський М.А., Кузьо Н.Я. Використання штучного інтелекту для прогнозування та управління залізничними перевезеннями. 5-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 25–27 листопада 2024 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2024. С. 70.

2. Никитинський М.А., Кузьо Н.Я. Модернізація інфраструктури залізничних станцій для покращення логістичних процесів. Студентська науково-технічна конференція (11-12 грудня 2024 р.). Тези доповідей 84 студентської конференції. Харків, 2024. С. 241.

1 Аналіз виконання експлуатаційної роботи на дільницях в умовах функціонування автоматичних засобів

1.1 Аналіз діючих автоматичних систем диспетчерського управління та експлуатаційної роботи

Полягає в розробці отримати технологію яка дозволить ДНЦ мати оперативну достовірну інформацію про стан диспетчерської дільниці (вузла). Для доцільного функціонування даної технології вона повинна бути заснована на супутниковому зв'язку і здатна вирішувати ряд актуальних завдань на графіку руху поїздів. Нові технології в режимі реального часу дозволять проінформувати ДНЦ про визначення часу прибуття, надходження, відправлення поїздів, автоматично визначати час ходу поїздів по перегону і їх пріоритети.

Моніторинг в режимі реального часу про стан руху поїздів дозволить отримати оперативну інформацію про місце знаходження рухомого складу на перегоні (кілометрі), швидкість руху, час прибуття. Завдяки новим можливостям графік руху поїздів зможе забезпечити: вищий рівень, ефективне використання пропускної і провізної спроможності дільниць.

Необхідно забезпечити, щоб поїзди дотримувались нормативного графіка руху, а також знайти ефективні, альтернативні маршрути на незаплановані поїзди. З цією метою необхідно сформувати системи підтримки прийняття рішення СППР, яка буде пов'язана з формуванням обґрунтованих рішень в умовах випадкової зміни графіку руху поїздів з неповною визначеністю ряду чинників. Успішне рішення цієї задачі може бути забезпечене тільки при ефективному поєднанні досвіду, знань, інтуїції і умінь людини приймати обґрунтовані рішення з сучасними математичними методами рішення завдань і імітаційним моделюванням даних процесів [12,17].

Відповідно до цього пропонується розробити модель, яка здатна надавати варіанти раціональних рішень у різних ситуацій для ДНЦ, заздалегідь спрогнозувати попереднє складання плану пропуску поїздів по ділянці на 3-4 години вперед і подальше його коригування. Ця модель повинна дозволити скоротити зупинки поїзда, мінімізувати час: схрещення, обгону, своєчасна видача необхідного розпорядження прискорення ходу, поїзда в порівнянні з графіком (диспетчерський розклад). ДНЦ повинен досягти у подальшому повного дотримання нормативного графіку руху поїздів.

Останні десять років існують різні АРМи ДНЦ: "Сетунь", "Нева", "Промінь", але вони не здатні виконувати низку актуальних завдань, які потрібні ДНЦ для кращого пропуску поїздів. Сьогодні СППР, яка встановлена для ДНЦ сприяє слідуванням поїздів за графіком лише на 80%, що веде збільшенню збитків на організацію перевезень в умовах конкурентного тиску з боку автотранспорту, тим самим відбувається зниження обігу поїздів.

Впровадження розробленого комплексу моделі дозволить сформувати розподілену СППР на основі супутникової навігаційної системи з перспективою подальшого формування автоматизованої технології управління руху поїздів. Створення нового управління процесами перевезень дозволить замінити автоматичне блокування на перегонах і запровадити систему безпеки руху нового покоління. Одна з переваг підключення супутникової навігаційної системи відсутність на табло ДНЦ помилкових занятість колій, що призводить до обмеження пропуску поїздів на перегін до тих пір, поки ДНЦ не з'ясує справжню ситуацію на ділянці.

Це вимагає розробки та впровадження нової моделі управління процесами перевезень, що дозволить здійснювати у режимі реального часу з супутникової навігаційної системи стеження за поїздами, інформувати ДНЦ про визначення часу прибуття, надходження, відправлення поїздів, автоматично визначати час ходу поїздів по перегону і їх пріоритети [9]. Графік руху поїздів повинен більш якісно забезпечувати: задоволення потреб у перевезеннях пасажирів і вантажів; безпеку руху поїздів; ефективне використання пропускної

і провізної здатності дільниць та переробної здатності станцій; раціональне використання рухомого складу; дотримання встановленої тривалості безперервної роботи локомотивних бригад; можливість виробництва робіт з поточного утримання та ремонту колії, споруд, пристроїв СЦБ, зв'язку і електропостачання [7]. Таким чином, виникає науково-практичне завдання обґрунтування можливості формування моделі раціонального пропуску поїздів по дільниці, що дозволить раціонально перерозподілити робочий парк вагонів за рахунок вдосконаленого графіка руху поїздів.

Зараз показники графіка руху поїздів які прослідують за розкладом становить 80%, решта з безліччю інших причин (у тому числі не залежать від залізниці) слідують із запізненнями, як наведено на рисунку 1.1, що призводить до великих фінансових витрат для залізниці [16].

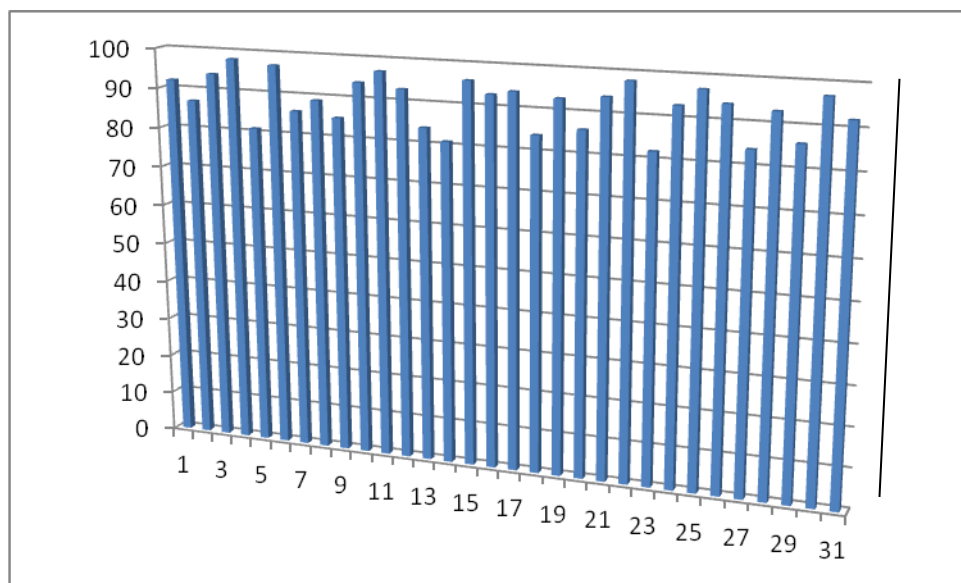


Рисунок 1.1 – Виконання графіку руху поїздів за період 31 день у відсотковому співвідношенні

Не дотримання поїздів нормативного графіка руху призводить до збою інших поїздів на ділянці, що сприяє зміні технології управління процесами перевезень, пошуку нових варіантів пропуску поїздів з мінімальним часом відставання на графіку руху.

Але не завжди ДНЦ виходить знайти оптимальні варіанти досягнення поїздом

дотримання графіка руху поїздів із-за не можливості технологічними процесами розрахувати оптимальні маршрути прямування [16].

Щодня на станціях на 15-20 хвилин відбувається прибуття і відправлення поїздів не за графіком руху, що призводить до значних простоїв вантажних вагонів і технології роботи поїздів [5]. На ділянці ДНЦ постійно ведеться позначення середньо статистичного відхилення від графіка руху відправлення та прибуття всіх категорій поїздів з станцій, що наведено на рисунках 1.2, 1.3.

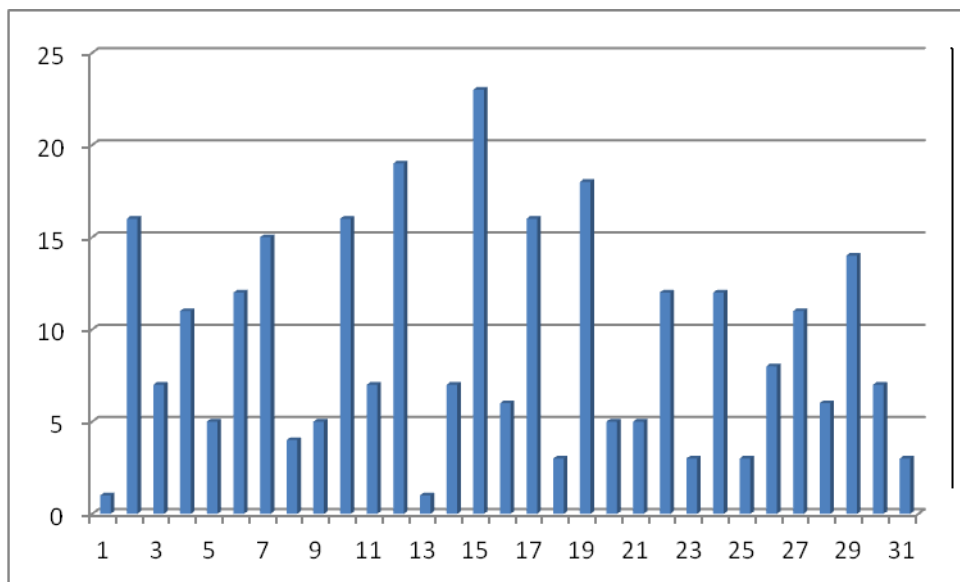


Рисунок 1.2 – Діаграма середнього часу відправлень поїздів із запізненнями зі станцій за період 31 день

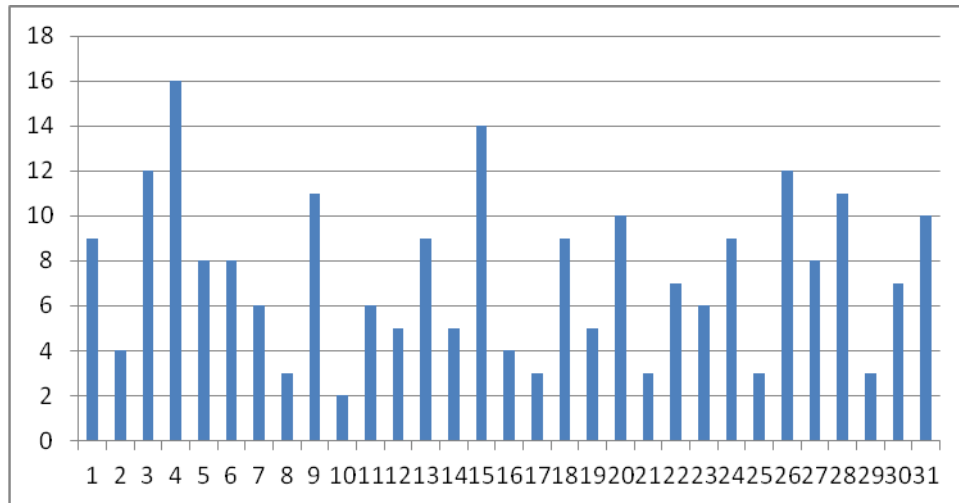


Рисунок 1.3 – Діаграма середнього часу прибуття поїздів із запізненнями на станцію за період 31 день.

Згідно зі статистикою щодня мінімум на 5% відбувається відхилення проходження поїздів не за графіком і не завжди здатність ДНЦ під час забезпечити дотримання спізнивши поїздів до свого графіку руху. Такі проблеми призводять до не своєчасного прибуття вантажних вагонів до орендаторів (навантаження, вивантаження вантажу), як наслідок: простій вагонів на перегонах і станція, найгірше накопичення вагонів, зниження прибутку від вагона із-за меншого часу їх продуктивності і обігу [19].

Зважаючи на вище викладене, тема магістерської роботи є актуальною і зорієнтованою на вирішення важливих питань удосконалення пропуску поїздів по дільниці.

Основним показником диспетчерського управління служить графік виконаного руху. Графік руху поїздів є організуючою і технологічною основою роботи всіх підрозділів залізниць, планом всієї експлуатаційної роботи. Рух поїздів строго за графіком забезпечується правильною організацією роботи і точним виконанням технологічного процесу роботи станцій, депо, тягових підстанцій, пунктів технічного обслуговування та інших підрозділів, пов'язаних з рухом поїздів. Графік руху поїздів має забезпечувати: задоволення потреб у перевезеннях пасажирів та вантажів, безпеку руху поїздів, ефективне

використання пропускної і провізної спроможності ділянок та переробної спроможності станцій, раціональне використання рухомого складу дотримання встановленої тривалості безперервної роботи локомотивних бригад, можливість виконання робіт з поточного утримання і ремонту колії, споруд, пристроїв СЦБ, і електропостачання [10].

Вихідні дані для розробки графіка руху поїздів: часи ходу поїздів по перегонах, норми часу на розгін і уповільнення, нормативи тривалості стоянок поїздів на проміжних станціях для виконання технічних і комерційних операцій, нормативи обороту локомотивів в депо для виконання технічного обслуговування та розрахункові мінімальні інтервали між поїздами при прийомі, відправлення і проходження їх через станції (станційні інтервали), а також інтервали між поїздами.

В експлуатаційній роботі залізниць розрізняють такі види графіків руху поїздів: нормативний графік, варіантний графік, графік виконаного руху.

Нормативний графік руху поїздів розробляється і складається щорічно технологами відділу розробки графіків руху поїздів служби перевезень залізниць. Новий нормативний графік починається у другій половині травня до початку кампанії літніх пасажирських перевезень. На дільницях з різними обсягами пасажирських перевезень у літній та зимовий періоди після закінчення літніх пасажирських перевезень вводиться графік з коригуванням на зиму. На основі нормативного графіка складаються книги розкладів поїздів.

Варіантні графіки руху поїздів розробляються на ділянках, де надаються вікна для ремонтних і будівельних робіт, що впливають на умови пропуску поїздів і розміри руху поїздів (у парах). Варіантні графіки діють як на тривалий період так і на конкретні дати надання «вікон». Варіантний графік повинен забезпечувати пропуск встановлених середньодобових розмірів руху поїздів на ділянці в іншому випадку спільно з департаментом перевезень вирішується питання про відхилення вагонопотоків на період надання «вікон» на паралельні ходи. Для ділянок на які відхиляються вагонопотоку з дільниць де надаються «вікна» також розробляються варіантні графіка руху поїздів [4].

Графік виконаного руху ведеться на спеціальному бланку поїзним ДНЦ або автоматично з використанням програми. Відображає виконання всіма службами залізниці встановленого нормативного або варіантного графіка руху поїздів. На основі аналізу програми розраховуються якісні та кількісні показники роботи дільниці.

Графік руху поїздів який буде розроблений моделлю впроваджений у програмний інтерфейс комп'ютера, який знаходиться на робочому столі ДНЦ підключений до локальної мережі залізниці і супутникової навігаційної системи. Унікальність моделі полягає в тому, що її можна встановити на будь-якій ділянці з будь-яким колійним розвитком і системи автоматики. Вона може функціонувати без зміни колійного розвитку, головне наявність технічної зв'язку з супутникової навігаційної системи і встановлених GPS-контролерів на рухомому складі.

Отже пропонується розробити модель автоматичного введення графіку руху поїздів яка здатна створити нову технологію пропуску поїздів по дільниці, щоб ДНЦ отримував оперативну достовірну інформацію про стан диспетчерської дільниці (вузла) у режимі реального часу та міг на декілька годин вперед створити прогностичний графік руху поїздів за допомогою супутникової навігаційної системи та СППР. Нові технології в режимі реального часу дозволять проінформувати ДНЦ про визначення часу прибуття, надходження, відправлення поїздів, автоматично визначати час ходу поїздів по перегону і їх пріоритети [11].

Технічна реалізація системи супутникового моніторингу залізничних перевезень включає наступні компоненти:

- транспортний засіб, обладнаний GPS або ГЛОНАСС контролером або трекером, який отримує дані від супутників і передає їх на серверний центр за допомогою супутникового зв'язку .

- серверний центр з програмним забезпеченням для прийому, зберігання, обробки і аналізу даних.

- рекомендований комп'ютер для ДНЦ, провідний моніторинг.

Більшість GPS контролерів і трекерів мають схожі функціональні можливості з точністю до 1 метра можуть:

- обчислювати власне місце розташування, швидкість і напрямок руху на підставі сигналів супутників систем глобального позиціонування GPS;
- підключати зовнішні датчики через аналоговий або цифрові входи;
- зчитувати дані з бортового обладнання, що має послідовний порт або більше спеціалізований інтерфейс CAN;
- зберігати певний обсяг даних у внутрішній пам'яті на період відсутності зв'язку, передавати отримані дані на серверний центр, де відбувається їх обробка.

Процес моніторингу залізничних перевезень на дільниці наведено на рисунку 1.4.

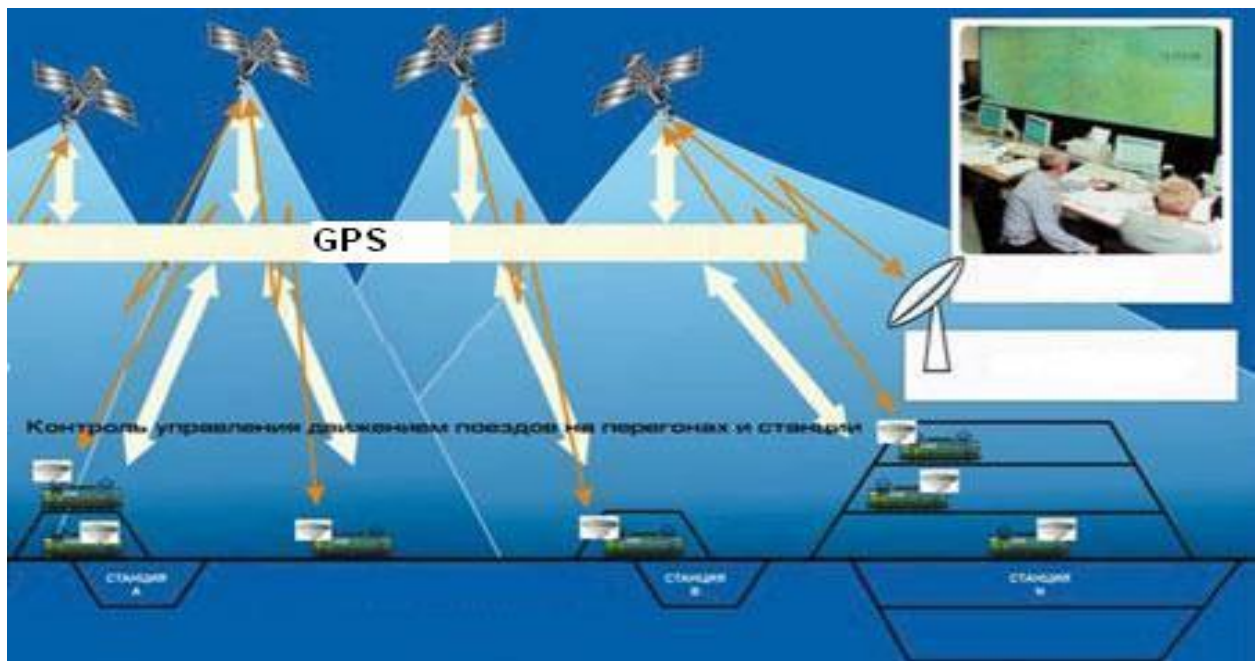


Рисунок 1.4 - Дільниця ДНЦ обладнана супутниковим зв'язком.

Моніторинг в режимі реального часу про стан руху поїздів дозволить отримати оперативну інформацію про місце знаходження рухомого складу на перегоні (кілометрі), швидкість руху, час прибуття, що сприяє пошуку ДНЦ швидких, правильних, оптимальних рішень пропуску поїздів. Завдяки новим можливостям графік руху поїздів зможе забезпечити: вищий рівень, ефективне використання пропускної і провізної спроможності дільниць[13].

Відповідно до цього пропонується розробити модель, яка здатна надавати варіанти раціональних рішень у різних ситуацій для ДНЦ, заздалегідь спрогнозувати попереднє складання плану пропуску поїздів по ділянці на 3-4 години вперед і подальше його коригування.

Отже пропонується сформувати модель «автоматичного введення графіка руху поїздів на дільниці», яка здатна слідкувати у режимі реального часу з супутникової навігаційної системи про стан руху поїздів, формалізувати процес пошуку раціональних варіантів пропуску поїздів по дільниці за допомогою удосконаленої СППР, що сприяє зменшенню експлуатаційних витрат в умовах використання оперативного регулювання составів при плануванні графіка руху на основі математичних апаратів. СППР, яка здатна побудувати прогнозний графік руху поїздів на кілька годин вперед буде інформувати ДНЦ про можливі ворожі маршрути та інших не стикувань на графіку руху.

2 Доопрацювання моделі автоматичного введення графіку руху поїздів на дільниці як додаткові задачі АРМ ДНЦ

2.1 Огляд моделі

Рекомендований програмний інтерфейс дозволить ДНЦ спостерігати на графіку руху поїздів все що відбувається на дільниці в режимі реального часу та при необхідності вносити коригування в діючий графік.

Вибираючи будь-яку нитку графіка поїзда на моніторі у рекомендованому програмному інтерфейсі ДНЦ зможе побачити в який час фактично відправився поїзд з останньою станції (зупинки). Якщо ДНЦ потрібно буде переглянути повну інформацію прибуття і відправлення поїзда на дільниці з усіма зупинками буде достатньо натиснути на номер поїзда, з'явиться потрібна йому інформація, що наведено у формулі:

$$t_{\text{нитка}S} = t_{\text{зуп}} + t_{\text{перег}} + t_{ij}, \quad (2.1)$$

де $t_{\text{зуп}}$ – час на зупинку поїзда, хв.

$t_{\text{перег}}$ – час ходу поїзда по перегону, хв.

t_{ij} – безліч часу на зупинки та прослідування по перегонам, хв.

Якщо поїзд згідно з графіком руху не відправляється зі станції в потрібний час лунає тривожний звук і на графіку руху на місці, де стоїть поїзд поруч виходить значок попередження . Отримавши тривожне повідомлення ДНЦ відразу звертає свою увагу на поїзд і при необхідності зв'язується з локомотивної бригадою або черговим по станції [9,12]. Дана функція буде зручна коли ДНЦ веде одночасно декілька поїздів і свою увагу не може приділяти одночасно всім поїздам.

Наводимо інші позначення (значки) і кнопки на графіку руху поїздів:

- Ділянка підключена до супутникової навігаційної системи, всі прилади автоматики працюють нормально;

 - СППР. Вона зможе при необхідності скласти прогнозний графік руху поїздів враховуючи правила технічної експлуатації і при необхідності налаштувати для ДНЦ індивідуальні вимоги руху поїздів;

 - Кожну секунду проходить моніторинг і визначення місце положення поїздів

по ділянці, після чого видається на графік руху у режимі реального часу;

 - Повідомляє ДНЦ про інтервал руху між поїздами;

 - Попереджає заздалегідь про ворожі маршрути, можливих загроз зіткнень рухомих складів. Цей значок з'явиться на графіку руху коли виникатиме загроза безпеки руху поїздів;

 - Критична помилка. Повідомляє коли запропонована нитка графіка не відповідає правилам технічної експлуатації і заважає іншим маршрутам слідувати за графіком. Також функція не допустить не в жодному випадку зіткнення поїздів на дільниці.

ДНЦ зможе повертати графік руху за часом як вперед так і назад для більш якісного стеження за поїздами і бути в курсі з точністю до секунди про те, що відбувається на його дільниці. Тим самим збільшується якісні показники роботи і виконання повного графіка руху поїздів. Далі розглянемо як саме модель буде виконувати умови поставлені ДНЦ[10].

Коли ДНЦ потрібно буде допомога СППР, щоб прийняти найбільш ефективне рішення пропуску поїздів на дільниці йому досить буде натиснути на відповідну кнопку у рекомендованому програмному інтерфейсі і отримати розроблений моделю відповідь на поставлене питання. Проблем у ДНЦ можете бути багато, в одному випадку потрібно буде знайти оптимальний варіант пропуску вантажного поїзда не в збиток пасажирських поїздів, пропустити поїзд з диспетчерським розкладом не зачіпаючи інших або коли після проведення вимушеного вікна відновити проходження поїздом по дільниці згідно графіку

руху поїздів[5].ДНЦ задає моделі номери поїздів, який пріоритет між іншими поїзда для пошуку кращої нитки графіка для проїзду поїзда до вказаної станції (роздільного пункту).Розглянемо ситуацію, коли пріоритет є у одного поїзда №3407 наведено у формулі:

$$S \times t_{ниткаS} + (S_{3407} \times t_{ниткаS}) + S \times t_{ниткаS} = M_{ст} , \quad (2.2)$$

де S- поїзд (любої категорії та призначення),

$t_{ниткаS}$ - час на виконання проїзду передбаченим графіком руху поїздів, хв.,

$M_{ст}$ - станція (роздільний пункт).

Або коли пріоритет для двох та більше поїздів, що наведено у формулі

$$S \times t_{ниткаS} + ((S_{3407} \times t_{ниткаS}) + (S_{3409} \times t_{ниткаS})) + S \times t_{ниткаS} = M_{ст} , \quad (2.3)$$

Відзначимо, що для кожного поїзда кінцева або наступна станція проходження буде різною, а може однією. Залежно від плану формування поїзда або від вказівки ДНЦ,у будь-якому випадку для поїзда указанного в дужках нитка графіка буде самою кращою в співвідношенні швидкості, часу проходження перегонів і можливих зупинок для швидкого прибуття на свою станцію[19].

Пошук нової нитки графіку для пріоритетного поїзда проводиться по формулі

$$t_{ниткаS} = \tau + t_{перез} + t_{зуп} , \quad (2.4)$$

де τ – інтервали руху, хв. $\tau \geq 3$ хв.

Час ходу поїзда по кожному перегону розраховується окремо згідно довжини, швидкості руху його і інших вимог правил технічної безпеки, що наведено у формулі

$$t_{перег} = t_{зуп} + l_{перег} / v, \quad (2.5)$$

де v - швидкість руху, км/год.

$l_{перег}$ — довжина перегону (відстань між станціями), км.

Час на зупинку поїзда на станції визначається за формулою

$$t_{зуп} = (t_y + t_z + t_p)^{M_{cm}}, \quad (2.6)$$

де t_p - час на розгін, хв.

t_z – повна зупинка поїзда, хв.

t_y - час на уповільнення, хв.

Після того як модель створила нову нитку графіка для поїзда необхідно перевірити чи не заважає вона іншим ниткам графіка. Підсумковий розрахунок дуже важливий як для не порушення графіка руху інших поїздів так і дотримання правил технічної експлуатації, особливо не допустити зіткнення поїздів, що наведено по формулі:

$$t_{ниткаS1} \neq t_{ниткаS2}, \quad (2.7)$$

де S_1 – нитка графіка руху поїзда S_1 , хв.,

S_2 – нитка графіка руху поїзда S_2 , хв.

Якщо буде умова, що наведено у формулі

$$t_{ниткаS_1} = t_{ниткаS_2}, \quad (2.8)$$

модель почне заново розраховувати нову нитку графіка до тих пір, поки не будуть дотримані всі умови поставлені ДНЦ. При користуванні СППР ДНЦ може застосовувати базу даних яка вже є у наявності на дільниці, так і сам встановлювати час на зупинки, виконання операції тощо [15].

Після того як буде створена нова нитка графіка вона з'явиться на графіку руху поїздів зеленого кольору щоб ДНЦ звернув на неї увагу, біля неї вийде вікно у рекомендованому програмному інтерфейсі, де він зможе підтвердити або скасувати обраний моделлю раціональний варіант пропуску поїзда або поїздів, що наведено у рисунку 2.1.

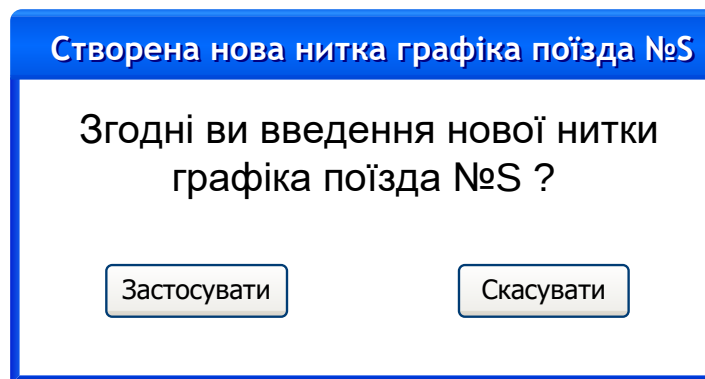


Рисунок 2.1 - Підтвердження створення нової нитки графіка

Кожну секунду на графіку руху поїздів оновлюється інформація про стеження поїздів на ділянці. Відповідна кнопка є у програмному інтерфейсі моделі , якщо ДНЦ зауважив не точності і не вірна занятість перегону на графіку руху, йому необхідно звернутися технічним фахівцям для проведення перевірки з обладнанням, як наведено у формулах

$$t_{ниткаS} = t_m + t_{перез} + t_{зуп}, \quad (2.9)$$

де t_T – не вірна інформація про стан руху поїздів, хв.

Також може бути помилка про зупинку поїзда, як наведено у формулі

$$t_{зуп} = t_m + t_z + t_m, \quad (2.10)$$

Важливим елементом графіка є станційні інтервали, тобто мінімальні проміжки часу, необхідні для виконання операцій на окремих пунктах прийому, відправлення і пропуску поїздів [14]. Всі інтервали на ділянці ДНЦ може виставити самостійно згідно з правилами технічної експлуатації, використовуючи кнопку  на програмному інтерфейсі $\tau=1$ хв.

Одним з важливих умов виконання графіка руху є безпека руху поїздів. У програмному інтерфейсі є кнопка , яка попереджає заздалегідь про ворожі маршрути, можливих загроз зіткнень рухомих складів. Цей значок з'явиться на графіку руху коли виникатиме загроза безпеки руху поїздів, а саме вірогідність зіткнення поїздів або коли один поїзд буде наздоганяти інший, що наведено по формулі:

$$t_{ниткаS} > \tau, \quad (2.11)$$

Критична помилка  виникає коли зменшені інтервали руху, підвищена швидкість руху від допустимої на ділянці, не правильні дії ДНЦ при роботі з програмним інтерфейсом[14]. Всі ці дії не правильного керівництва управління поїздами може бути не дотримання безпеки руху поїздів, що може призвести до катастрофи, що наведено у формулі

$$a \geq \tau, \quad (2.12)$$

де a - кількість хвилин для різних інтервалів руху.

В умовах безпеки руху поїздів мінімальний інтервал має складатися не менше 3 хвилин, також необхідно щоб поїзд прямував з швидкістю яка встановлена на перегоні, що наведено у формулі

$$v \geq v_n, \quad (2.13)$$

де v_n —підвищена швидкість рухомого складу у режимі реального часу, км/год.

2.2 Організація раціонального обігу вагонів

Модель зможе не тільки шукати раціональні варіанти пропуску поїздів на дільниці але і знаходити оптимальні рішення в пошуку кращого обороту вантажних вагонів і меншої кількості порожніх пробігів до навантаження .

Перед ДНЦ складне завдання сформулювати як можна швидше вагони до відправлення поїзда, щоб було менше простоїв при цьому, вагони повинні приїхати до вантажоодержувачу заздалегідь при узгодженості точного часу для їх розвантаження і подальшого завантаження для іншим клієнтам. Перед ДНЦ складається завдання працювати не тільки в інтересах своєї ділянки але і в інтересах залізниці в цілому.

Щоб створити новий процес перевезень ДНЦ необхідно знати тип кожного вагона, його попит від клієнтів на станціях, час роботи локомотивної бригади, точний час навантаження і вивантаження вагона, час на технічні та експлуатаційні перевірки вагонів [5].

Необхідно мати інформацію про простій під однієї вантажною операцією, простій на одній технічній станції, простій без переробки та простій з переробкою. Тільки після детальної інформації про вантажні вагони ДНЦ зможе шукати раціональні варіанти накопичення вагонів, щоб забезпечити максимальний прибутковий обіг вагонів, що наведено в формулі (2.14)

$$S = (B_n + M_{стп}) + (B_n + M_{стп}) + (B_n + B_n + M_{стп}) + (t_{навантп} + t_{розвп}) + (t_{розвп} t_{навантп}), \quad (2.14)$$

Формулюємо цільову функцію по формулі

$$P = (S) \rightarrow \Delta t_{\min}, \quad (2.15)$$

де B_n —один вантажний вагон, n - номер вагону,

$M_{стп}$ — перша або кінцева станція призначення вагону для його формування,

розформування, перевірка технічного стану то що. Також замість станції можуть бути под'їзні колії,

$t_{навантп}$ — час на навантаження одного вагону, хв.,

$t_{розвп}$ — час на розвантаження одного вагону, хв.

Вагони n_1, n_2 мають якнайшвидше бути накопичені для формування поїзда і його відправлення. Тим самим відбувається ефективний оборот вагонів їх продуктивність, робочі години локомотивної бригади, прибутку залізниці [6].

Інша задача моделі полягає вибирати правильний пріоритет між вагонами які везуть для перевезення швидкопсувних вантажів і вагонами з іншими вантажами. Щоб правильно налагодити такий процес перевезень ДНЦ повинен:

1) У моделі при плані формування поїзда вказати номер составу наприклад від 1301-1498.

2) У доступні ДНЦ інформації щодо кількості вагонів з швидкопсувними

вантажами зробити їх накопичення. Після того, як буде сформований поїзд (з максимальною кількістю вантажних вагонів, згідно з правилами технічної експлуатації) виконати пошук раціональної нитки графіка для проходження поїзда без зупинок (за винятком зупинок згідно з графіком руху), що наведено у формулах

$$S_{1307} = (B_{n_1} + M_{cnn}) + (B_{n_2} + M_{cnn}) + (B_{n_1} + B_{n_2} + M_{cnn}) + (t_{навантн} + t_{розвнн}) + (t_{розвнн} + t_{навантн}), \quad (2.16)$$

$$P = (S_{1307}) \rightarrow \Delta t_{min}, \quad (2.17)$$

де S_{1307} – вантажний поїзд, який має нумераціє поїзда 1307.

3) При виборі оптимального маршруту ДНЦ необхідно буде вибрати ту нитку графіка, при якій вагони що слідують через станції або під'їзні колії будуть затребувані іншими станціями саме на навантаження, після їх вивантаження [10].

2.3 Формування процедури визначення оптимального варіанта прокладення поїздів на графіку руху

Розглянемо ситуацію на двох колійної ділянці, коли ДНЦ потрібно пропустити швидкий пасажирський поїзд №8 відстав від свого нормативного графіка руху [7].

Завдання моделі полягає знайти найбільш раціональну, оптимальну нитку на графіку руху поїздів для досягнення свого графіка поїзда №8, за умови не зміни руху інших поїздів на дільниці.

З цією метою доцільно сформувати цільову функцію, що вказує які змінні залежать від графіку руху поїздів, що наведено по формулі

$$P = (t_{\text{зн}}, t_{\text{сх}}, t_{\text{об}}, t_{\text{перез}}) \rightarrow \Delta t_{\text{мін}}, \Delta t \rightarrow 0, \quad (2.18)$$

де $t_{\text{зн}}$ – час на зупинку поїзда, хв.

$t_{\text{сх}}$ – час на схрещування поїзда, хв.

$t_{\text{об}}$ – час на обгін поїзда, хв.

Поїзд №8 буде прагнути досягненню нормативного графіка руху до тих пір, поки він його не буде дотримуватися $\Delta t = 0$. ДНЦ поїзду №8 дає пріоритет між іншими поїздами на ділянці та вказує моделі, що в першу чергу необхідно прокласти оптимальний маршрут поїзда №8 з мінімальним часом досягнення графіка руху поїздів та не допустити уникнення ворожих маршрутів, що наведено у формулі

$$t_{\text{нитка}S} = S \times t_{\text{нитка}S} + (S_8 \times t_{\text{нитка}S}) + S \times t_{\text{нитка}S}, \quad (2.19)$$

де $t_{\text{нитка}S}$ - час на виконання проїзду передбаченим графіком руху поїздів, хв.

S_8 – швидкий пасажирський поїзд №8.

Далі моделі полягає задача знайти по яким вимогам треба створювати нову нитку графіка, щоб дотримувати правила технічної експлуатації. ДНЦ вводить дані у модель ділянки, що всі інтервали будуть не менше 3 хвилин та при необхідності зменшує час на зупинки поїзда [11]. Після цієї інформації починається процес створення оптимальної нитки графіка руху поїздів, що наведено у формулі

$$t_{\text{нитка}S} = \tau + t_{\text{перез}} + t_{\text{зуп}}, \quad (2.20)$$

Час ходу поїзда по кожному перегону розраховується окремо згідно довжини, швидкості руху поїзда і інших інструкцій правил технічної безпеки, як зазначено у формулі

$$t_{\text{перез}} = t_{\text{зуп}} + l_{\text{перез}} / v, \quad (2.21)$$

Особливу увагу треба приділити час на зупинки поїзда, у розглянутому прикладі ми взяли пасажирський швидкий поїзд який потребує зупинкам на станція для висадки і посадки пасажирів, технічного огляду, зміни локомотива та інше [6]. На це в кожній станції приділяється різний час зупинки, ми введемо в модель мінімальний час стоянки поїзда 15 хвилин в умовах зміни локомотива та на інших станціях мінімальний час буде 4 хвилини. Однак залишимо для ДНЦ при необхідності самому вибирати час стоянки поїзда на кожній станції окремо.

Після того як модель створила нову нитку графіка для поїзда №8 необхідно перевірити чи не заважає вона іншим ниткам графіка, як наведено у формулі

$$t_{\text{нитка8}} \neq t_{\text{ниткаS}}, \quad (2.22)$$

де $t_{\text{нитка8}}$ – нитка графіка поїзда №8, хв.

Також слід перевірити, чи не буде загрози зіткнення поїздів, як наведено у формулі

$$t_{\text{нитка8}} = t_{\text{ниткаS}}, \quad (2.23)$$

Якщо буде умова, що наведена у формулі 2.23 модель почне заново розраховувати нову нитку графіка.

На випадок коли новий графік поїзда №8 не заважає іншим пасажирським поїздам у ДНЦ на графіку руху відображається нова нитка графіка пасажирського поїзда №8 [19]. На рисунку 1.6 графік руху поїздів дільниці А-Т, де станції «А», «Б», «К», «Т» є дільничними станціями. Згідно з графіком руху у поїзда №8 зупинка на станції «К» триває 2 хвилини, порівняльні показники впровадження чи ні впровадження моделі наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Порівняльні показники впровадження чи ні впровадження моделі, на прикладі модельованої ситуації

Дії	До впровадження моделі, хв.	Після впровадження моделі, хв.
Повідомлення про затримку поїзда №8.	1	Автоматично
Пошук нової оптимальної нитки графіка поїздів №8, №1224.	3	Автоматично
Час простою поїзда №8 на станції «К».	28	23
Час простою поїзда №1224 на станції «К».	~ 15	7
Час простою поїзда №2005 на станції «К».	8	8
Прослідкування поїзда №8 через станцію «А» із запізненням.	~ 20	0
Підсумки.	75	38

Дільниця А-Т 02.10.11 15:47

Назва роздільних пунктів
Число колій на дільниці

ГРАФІК РУХУ ПОЇЗДІВ

Час відправлення 12:18 (02.10.11)

12 13 14 15 16

А
Б
К
Т

2 2 2 2

6011 2005 3104 177 8 1224 6018 3017 1214

3104 6011 2005 1224 6018 6011 177

8 6018 6018 6011 6011 2005

1224 6018 1214 6011

Відмінна здатність моделі пропонувати оптимальні варіанти складання раціонального часу виконання вікон на перегонах. Допустимо ДНЦ необхідно

закрити перегін на декілька годин за заявкою служби колій для обслуговування та поточного утримання дистанції колій [4]. Щоб знайти раціональне час закриття перегону або окремих колій перегону моделі необхідно враховувати робочий час ремонтної бригади (припустимо буде з 8 години до 17 години дня), час коли по перегону їде мінімальна кількість пасажирських поїздів і всі інші. Тим самим не допустити відхилення від графіка руху поїздів на час проведення вікон і після них [10]. При пошуку виконання вікна ДНЦ ставить в моделі часовий діапазон роботи

бригади на перегоні наприклад на 1.5 години.

З цією метою доцільно сформулювати цільову функцію, що вказує які змінні залежать від проведення вікна на перегоні, як наведено у формулі

$$P_{\epsilon} = (S_{1-699,6000-6999}, S, t_{нитка}, t_{перез},) \rightarrow \Delta t_{\min}, \Delta t \rightarrow 0, \quad (2.24)$$

де $P_{\epsilon} = t_{\epsilon}$ – час проведення вікна, хв.

$S_{1-699,6000-6999}$ – пасажирські поїзди.

Кожна ділянка і перегін може бути унікальним своїм колійним розвитком, пропускної спроможності поїздів, пропонується розробити чіткі дії системи на виконання поставленого завдання на будь-якому перегоні, як наведено у формулі

$$\left(\begin{array}{l} P_{\epsilon} = (S_{1-699,6000-6999} + t_{нитка} + t_{перез}) < t_{\epsilon} \\ P_{\epsilon} = (S + t_{нитка} + t_{перез}) < t_{\epsilon} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} P_{\epsilon} < t_{\epsilon} \\ P_{\epsilon} < t_{\epsilon} \end{array} \right), \quad (2.25)$$

На рисунку 2.3 за заявкою служби колії необхідно ДНЦ зробити вікно на перегоні А-Т. Модель виконала пошук оптимально часу проведення вікна з 12:30 до 13:50. Тим самим не відбувається жодних відхилень проходження

поїздів за графіком руху [19]. Як ми можемо побачити приміський поїзд № 6011 прямує по нормативному графіку руху як і інші поїзда на перегоні.

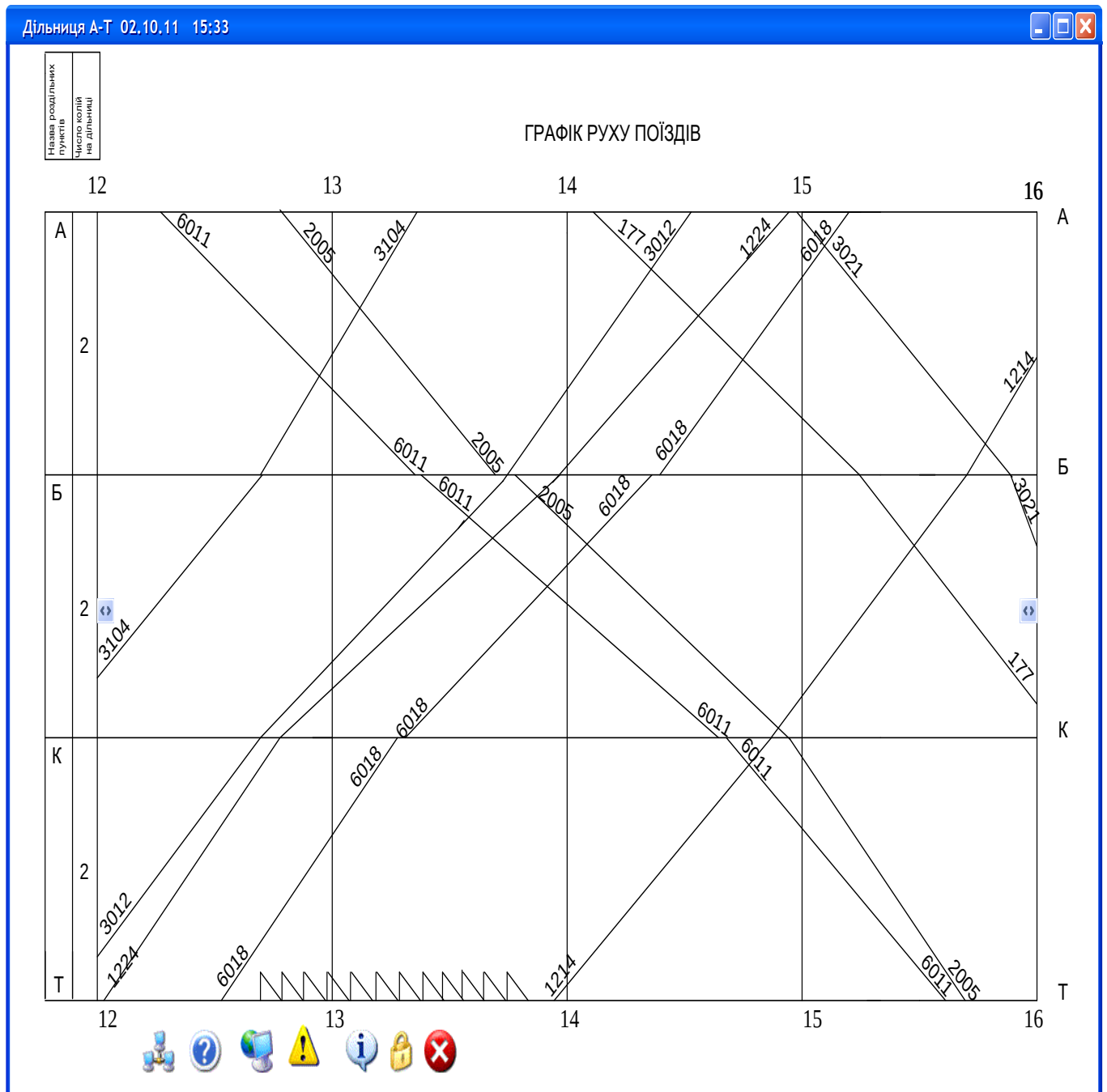


Рисунок 2.3 - Графік руху поїздів з виконанням вікна на двоколійної дільниці «А-Т» з часом прослідування поїздів з 12:00 до 16:00 години

Відмінна особливість моделі вміти робити прогнозний графік руху поїздів на кілька годин вперед в умовах постійної зміни місце знаходження поїздів. Ця

функція допоможе ДНЦ наперед розглядати можливі затримки поїздів від графіка руху і при необхідності змінити поїзду роботу в кращому напрямку заздалегідь [13]. Це допоможе не тільки успішно ДНЦ виконувати свої обов'язки, а також запобігати фінансові збитки від простоїв вагонів і збою поїздів від нормативного графіку руху по ділянці [3]. При відправленні поїзда диспетчерським розкладом ДНЦ зможе оптимально розрахувати час роботи локомотива та локомотивних бригад мінімізавши час на їх простої для досягнення кращої експлуатаційної продуктивності.

Розглянемо докладно ситуацію як модель буде прогнозувати графік руху. Будувати графік у програмному інтерфейсі ДНЦ буде відбуватися цілодобово вона 2 години вперед від поточного часу, як наведено у формулі

$$t_{\text{прог}} = (t_{\text{нумкаS}} + S + t_{\text{зуп}} + t_{\text{перез}} + t_{\text{в}} + \tau + t_{\text{ном}})^n + 2 \times (t_{\text{нумкаS}} + S + t_{\text{зуп}} + t_{\text{перез}} + t_{\text{в}} + \tau + t_{\text{ном}})^n, \quad (2.26)$$

де $t_{\text{пот}}$ — поточний час.

n —кількість поїздів які рухаються по дільниці.

Крім того якщо в ході прогнозування графіка руху поїздів система помітить відхилення поїзда від свого графіка подасть звукове повідомлення і на місці, де відбудеться ворожі маршрути чи можливе зіткнення поїзда вийде значок . Після попередження ДНЦ необхідно буде вжити заходи для уникнення небезпечної ситуації на дільниці і знайти раціональні варіанти пропуску поїздів , як наведено у формулі

$$t_{\text{прогS}} = (t_{\text{нумкаS}} + S)^n \approx 2 \times (t_{\text{нумкаS}} + S)^n, \quad (2.27)$$

де $t_{\text{прогS}}$ — прогнозний графік руху поїздів. хв.

Дані дії дозволять повністю скоротити уникнення не дотримання графіка руху поїздів, а головне знати поїзну ситуації на кілька годин вперед [17]. Унікальність функції моделі полягає в тому, що не потрібно основних налаштувань для конкретної ділянки окремо, а може працювати на будь-якій ділянці з будь-яким колійним розвитком. За допомогою прогнозного графіка руху поїздів ДНЦ зможе заздалегідь при необхідності виділити час на проведення вікна на перегоні, окремої колії перегону для досягнення максимальної пропускної здатності дільниці. Єдині вимоги наявність обладнання та потрібного програмного забезпечення [15]. Отже після побудови прогнозного графіка руху ДНЦ зможе погодиться з поїзної обстановкою на ділянці (при дотриманні графіка руху, правила технічної експлуатації, попереджень) так і поставити моделі завдання переглянути (звести інший) графік руху для кращої пропускної здатності дільниці [8]. Кожен випадок буде унікальний і вимагає від ДНЦ детального аналізу графіку руху, щоб ухвалити єдине раціональне рішення.

Розглянемо прогнозний графік руху поїздів на 2 години вперед, як наведено на рисунках 2.4, 2.5.

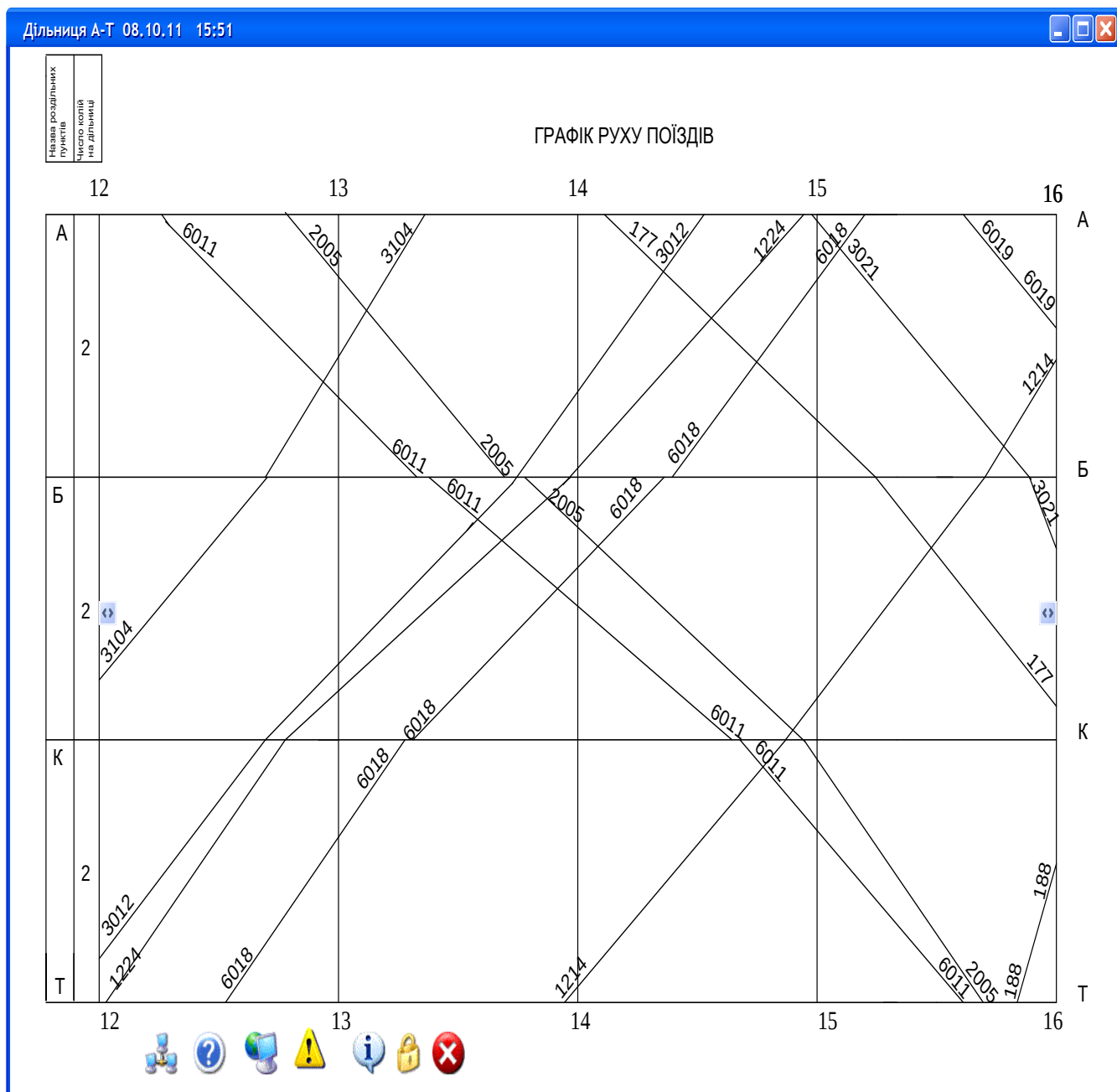


Рисунок 2.4 - Нормативний графік руху поїздів на двоколійної дільниці «А- Т» з часом прослідування поїздів з 12:00 до 16:00 години.

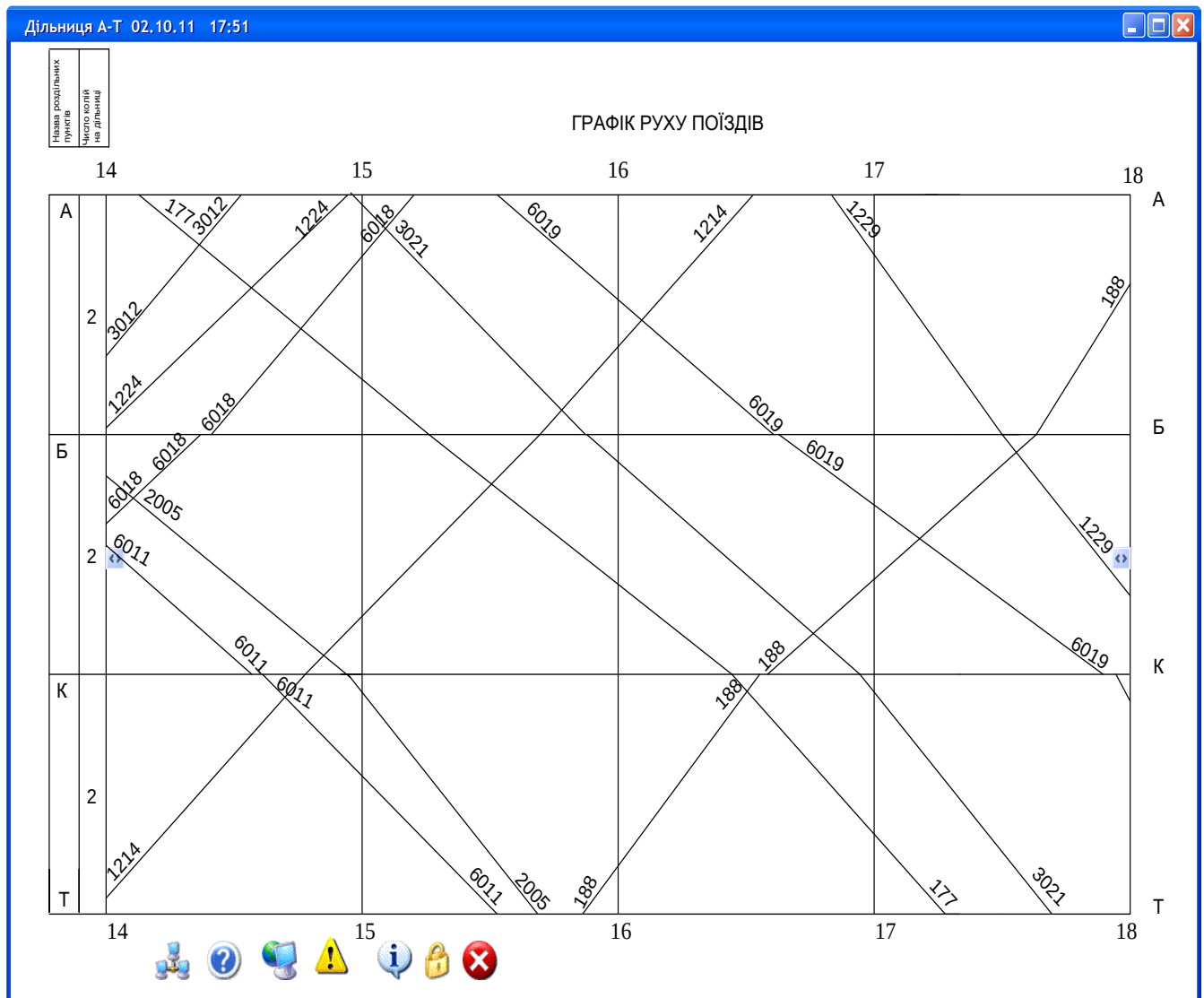


Рисунок 2.5 - Прогнозний графік руху поїздів на двоколійній дільниці «А-Т» з часом прослідування поїздів з 14:00 до 18:00 години.

На залізниці досить багато дільниць де є двоколійні перегони, а потім одноколійні перегони. Існуючі системи безпеки руху поїздів не завжди правильно надають інформацію про вільність перегонів (автоблокування, напівавтоматичне блокування).

Найчастіше ДНЦ сумніваючись про помилкову занятість перегону змушений відправляти працівників СЦБ і витратити час на простої своєї роботи і пропуску поїздів, щоб призводить до не передбачуваних фінансових витрат залізниці [9].

В розробку моделі входить модуль, який здатний запобігати зіткнення поїздів на перегоні. При створенні графіка руху поїздів дотримуються часові значення, колійний розвиток перегону, але можливі випадки коли поїзди прямуватимуть не за графіком, тим самим збільшуючи ймовірність зіткнення. Система супутникової навігаційної системи в режимі реального часу оновлює на графіку руху поїздів інформація про місце положення поїздів і зможе швидко повідомити ДНЦ і запобігти зіткненням поїздів, сформувавши нову нитку графіка, як наведено у формулі:

$$t_{перез1} = (t_{ниткаS} + S + t_{об} + t_{cx} + t_{zn} = t_{ниткаS} + S + t_{об} + t_{cx} + t_{zn}) + t_{ниткаS}, \quad (2.28)$$

де $t_{перез}$ – час ходу поїздів по одноколійній дільниці, хв.

Якщо модель не замітить жодних порушень дотримання графіка руху не які дії вживатися не будуть, як наведено у формулі

$$t_{перез1} = (t_{ниткаS} + S + t_{об} + t_{cx} + t_{zn} \neq t_{ниткаS} + S + t_{об} + t_{cx} + t_{zn}), \quad (2.29)$$

2.4 Формування пропозицій по веденню виконання руху поїздів на основі математичного апарату Мережі Петрі

Один з варіантів знаходження оптимальних варіантів пропуску поїздів на дільниці використання математичного апарату Мережі Петрі. Метою є визначення цілеспрямованості використання методології Мережі Петрі при моделюванні графіка руху поїздів, яке дозволить поліпшити пропуск поїздів по дільниці. Згідно з математичним апаратом за визначенням Мережі Петрі є сукупність об'єктів (дії з рухом поїздів) [1].

З початку необхідно вказати математичні змінні в Мережі Петрі, які на графіку руху поїздів будуть служити керівництвом при проходженні рухомого складу, як наведено у формулі

$$\Pi = (P, T, \mu), \quad (2.30)$$

де $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ - кінцеве безліч позицій;

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ - кінцеве безліч переходів;

μ - вектор маркування Мережі Петрі.

Модель системи приймає команди від ДНЦ (обслуговує заявки) та шукає відповідні рішення поставленої задачі, проведена в Мережі Петрі містить 5 позицій 7 переходів:

$P = \{P1, P2, P3, P4, P5\}$,

$T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7\}$.

Елементами безліч переходів P_c наступні події: станції, під'їзні колії. Елементами безліч переходів T є операції пов'язані з часом ходу поїздів по перегону $t_{\text{перг}}$ [2]. Вектор маркування μ означає умова здійснення події t що має місце виконано або подія може відбутися, тобто поїзд вже проїхав по перегону або може прослідкувати, як №59, №119, №1207, що наведено на рисунку 2.6.

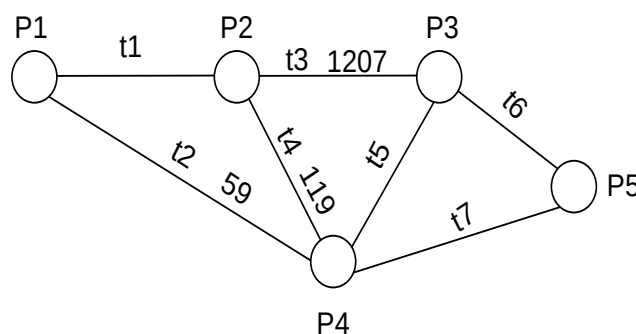


Рисунок 2.6 - Модель процесу обслуговування дільниці ДНЦ за допомогою математичного апарату Мережі Петрі.

Розглянемо модельовану ситуацію на ділянці ДНЦ, у якій потрібно максимально швидко пропустити поїзд з пошуком раціонального варіанта прокладення маршруту між станціями (сукупність спрацьовувань переходів). Перехід може спрацювати, якщо виконані всі умови реалізації відповідної події [20]. Виконання умови в Мережі Петрі відображається розміткою відповідного місця, тобто розміщенням в ньому одного або декількох маркерів (фішок) згідно з ємністю умови. Щоб спрацював перехід створилася нова нитка графіка руху поїздів треба вибрати оптимальний варіант проходження поїзда, перегін повинен бути вільним, повинно бути витрачено мінімальну кількість часу ходу поїзда без можливих майбутніх затримок.

Коли поїзд слідує по ділянці з станції P1 до станції P3 (яка є діляночною), завдання ДНЦ складається пропустити поїзд як можна швидко але виникає питання через які перегони зробити маршрут скорішим. Щоб знайти раціональний, оптимальний варіант проходження поїзда через станцію P2 або P4 необхідно звернути увагу на змінні які залежать від ходу поїзда по перегонах. Через супутникову навігаційну систему в режимі реального часу відображається на графіку руху місце положення всіх поїздів на ділянці [2]. При знаходженні оптимального варіанту пропуску поїзда через Мережі Петрі враховується: завантаженість перегону, час ходу по всіх перегонах, уникнення ворожих маршрутів, схрещування поїздів, тощо.

Щоб перегін між станціями був вільний необхідно щоб виконувалась умова функції інцидентності (F), що задає зв'язок між елементами множин P, T, і для (P, T, F) виконані наступні умови:

- 1) Нитки графіку не перетинаються, як наведено у формулі:

$$P \cap T = \emptyset, \quad (2.31)$$

- 2) Будь-яка нитка графіку мережі інцидентна хоча б одній станції та поїзда, як наведено по формулі

$$(F \neq \emptyset) \times (\forall x \in P \cup T, \exists y \in P \cup T \dots), \quad (2.32)$$

де $\forall$ - час на заняття перегону іншими поїздами (за напрямком руху);
 x - час на зупинку поїзда;
 $\exists$ - час на схрещування поїзда;
 y - час на обгін поїзда.

3) Для задовільного пошуку нового маршруту мережі дільниці позначається через безліч його вхідних елементів і безліч його вихідних елементів, як наведено у формулі

$$\forall P1, P3... \in P : (P1 \times P2 \times P3)^{\mu} \cdot (P1 \times P4 \times P3)^{\mu} \rightarrow P3, \quad (2.33)$$

Припустимо що система розрахувала раціональний варіант про слідування поїзда з станції P1 до P3, через P4. Таким чином μ вектор маркування Мережі Петрі буде розташовуватись на перегоні P1-P4 та P4-P3, сприяє здійсненню події t що має місце виконано або подія може відбутися, тобто поїзд вже проїхав по перегону або може прослідувати [1]. За допомогою математичного апарата Мережі Петрі можна розрахувати будь-який раціональний маршрут прямування поїзда маючи інформацію про розташування станцій, час хода по перегонам якщо в режимі реального часу стежити про місце знаходження поїзда.

На рисунку 2.7 наведено, що маршрут вантажного поїзда №3019 який прямуватиме до станції P3 прокладений оптимально через перегони P1-P4 і P4-P3, так як завантаження поїздами перегонів P1-P2 і P2-P3 більше, ніж P1-P4 і P4-P3. Раціональне використання пропускної здатності дільниці веде до зниження часу ходу поїзда №3019.

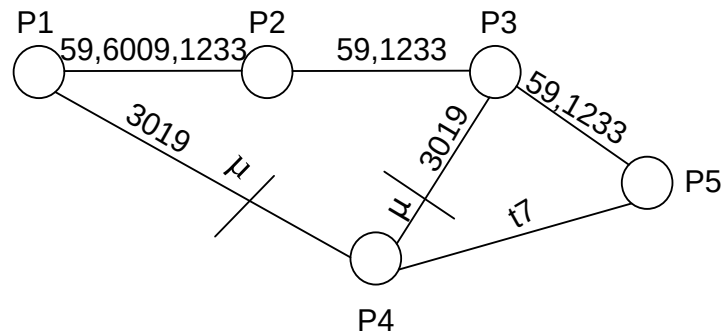


Рисунок 2.7 - Модель процесу обслуговування дільниці ДНЦ на основі математичного апарату Мережі Петрі.

Модельована схема пропуску поїздів у програмному інтерфейсі буде зображено на графіку руху таким чином, як наведено на рисунку 2.8.

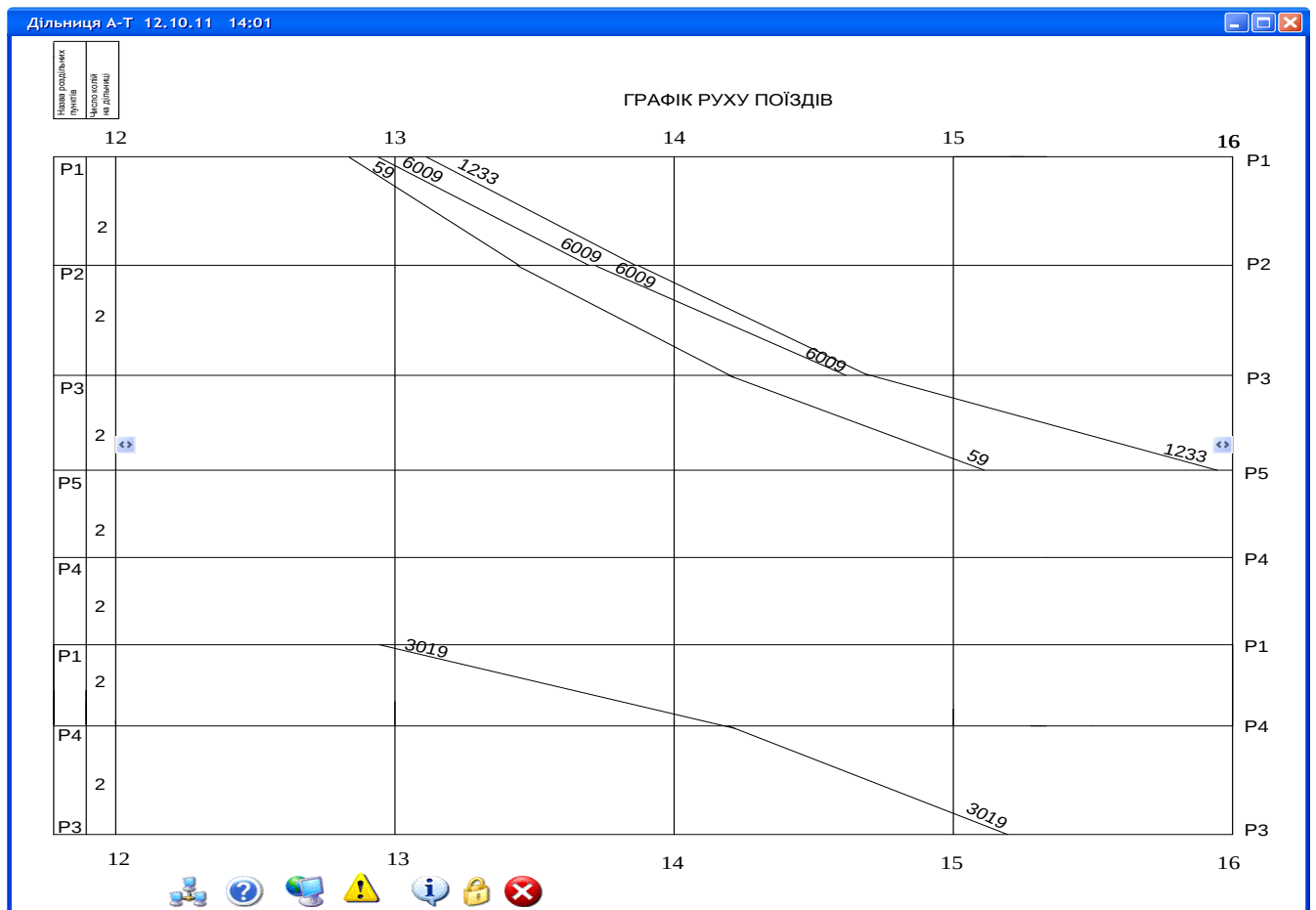


Рисунок 2.8 - Графік руху поїздів, який розроблений математичним апаратом Мережі Петрі на двоколінійній дільниці з часом про слідування поїздів з 12:00 до 16:00 години

3. Економічна ефективність впровадження нової моделі пропуску поїздів

3.1 Здійснення інвестиційного проекту

У магістерської роботи передбачається здійснення реального інвестиційного проекту, метою якого є розробка та впровадження моделі автоматичного введення графіку руху поїздів на дільниці. Розрахунковий період для прийняття господарських рішень складає п'ять років [22].

Для досягнення мети роботи, тобто визначення найбільш раціонального використання фінансів для підключення, а потім утримання супутникової навігаційної системи необхідно розрахувати: економічний ефект, загальну рентабельність тощо, для визначення на скільки вигідно буде для залізниці впровадження супутникової навігаційної системи.

Вартість впровадження системи на кожній ділянці буде різна. Вона залежить від пропуску поїздів, кількості обслуговуючого персоналу, кількості GPS контролера стеження на рухомому складі тощо.

Вихідні дані для визначення економічної привабливості можливих варіантів господарських заходів наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для обрання найбільш вигідного для залізниці господарського рішення

Показники	
1	2
1 Кількість поїздів у рік.	22265
2 Придбання однієї супутникової тарілки, грн.	2000
3 Придбання одного GPS контролера , грн.	300
4 Кількість супутникових тарілок, шт.	1
5 Кількість GPS контролерів .	80
6 Підключення однієї тарілки, грн.	1000
7 Підключення одного GPS контролера, грн.	50
8 Вартість електроенергії, грн. за 1 кВт-год.	0.62
9 Вартість програмного забезпечення, грн.	20000
10 Експлуатаційна, технічна підтримка, грн. у рік.	139200

Продовження таблиці 3.1

1	2
11 Життєвий цикл проекту, роки.	5
12 Дисконтна ставка комерційних банків за депозитними вкладами, %.	15
13 Очікуваний рівень інфляції, %.	6
14 Розрахунковий рік	останній

3.2 Зниження витрат на персонал і експлуатацію вагонів

З впровадженням супутникової навігаційної системи на ділянці необхідно буде скоротити кількість працівників служби пристроїв сигналізації, централізації, блокування. Також необхідно на ділянці найняти двох нових спеціалістів, які організують забезпечення залізниці обслуговувати нове обладнання та далі будуть працювати на ній. Зі звільненням працівників кількість виплат залізниці на заробітну плату та утримання служби пристроїв сигналізації, централізації знизиться мінімум на 25%, однак зростуть витрати на новий персонал, покупку обладнання супутникової навігаційної системи і подальше її обслуговування на ділянці].

З впровадженням нового управління процесами перевезень простій на перегоні і станцій вантажних вагонів (без переробки, з переробкою) істотно зменшиться. Обіг вантажних вагонів збільшиться тим самим дозволить залізниці не тільки заощаджувати але і отримати додатковий дохід. Відбудуться зниження витрат на зарплату локомотивної бригади, за рахунок зниження вимушених простоїв на ділянці, тим самим вони будуть отримувати оплату за виконану роботу (перевозити вантажі). Такі переваги скоротять залізниці великі грошові витрати на експлуатацію, а головне принесуть ще більше прибутку від вантажних поїздів за рахунок більшої кількості перевезення вантажів.

3.3 Визначення економічної ефективності впровадження моделі

Економічний ефект від здійснення впровадження моделі пропуску поїздів визначається згідно з умовами використання обладнання за розрахунковий період по формулі

$$\Delta \mathcal{E}_T = \mathcal{E}_{T_2} - \mathcal{E}_{T_1} = \sum_{t=1}^n (P_{t_1} - Z_{t_1}) \times a_t = \sum_{t=1}^n (P_{t_2} - Z_{t_2}) \times \alpha_t, \quad (3.1)$$

де $\mathcal{E}_{T_1}$ – економічний ефект що отримує залізниця без впровадження моделі до розрахункового року;

$\mathcal{E}_{T_2}$ – економічний ефект що отримує залізниця з впровадженням моделі до розрахункового року;

P_{t_1} – доходи від перевезень за розрахунковий період без впровадження моделі;

P_{t_2} – доходи від перевезень за розрахунковий період з впровадження моделі;

Z_{t_1}, Z_{t_2} – затрати на перевезення без впровадження та з впровадження моделі;

α_t - коефіцієнт приведення результатів і затрат до розрахункового року;

n – кількість років розрахункового періода.

Оскільки впровадження моделі пропуску поїздів не вплине на доходи залізниці ($P_{t_1}=P_{t_2}$), то формула 3.1 прийме вигляд формули

$$\Delta \mathcal{E}_T = \sum_{t=1}^n \mathcal{E}_t = \sum_{t=1}^n (Z_{t_1} - Z_{t_2}) \times \alpha_t, \quad (3.2)$$

Затрати різних років періоду реалізації проекту до розрахункового року здійснюється множенням їх вартісної оцінки за кожний рік на коефіцієнт

приведення α_t , що відповідає даному року [21].

Затрати різних років здійснення нової системи пропуску поїздів приводяться до останнього року його життєвого циклу, тобто визначаються в майбутній вартості грошей (компаундування), то коефіцієнт приведення визначається за формулою

$$\alpha_t = \left(\frac{1 + E}{1 + I + R} \right)^{t_k - t_p}, \quad (3.3)$$

де E – середня річна ставка комерційних банків за депозитними внесками (дисконтна ставка), в частках одиниці;

R – ставка, що враховує ступінь впровадження моделі проекту, в частках одиниці;

I – річний рівень інфляції, що прогнозується на період впровадження моделі;

t_p – порядковий номер розрахункового року;

t_k – порядковий номер року, грошові потоки якого приводяться до розрахункового року.

$$a_4 = \left(\frac{1 + 0,14}{1 + 0,07 + 0,03} \right)^4 = 1,15$$

$$a_3 = \left(\frac{1 + 0,14}{1 + 0,07 + 0,03} \right)^3 = 1,11$$

$$a_2 = \left(\frac{1 + 0,14}{1 + 0,05 + 0,03} \right)^2 = 1,08$$

$$a_1 = \left(\frac{1 + 0,14}{1 + 0,07 + 0,03} \right)^1 = 1,04$$

$$a_0 = \left(\frac{1+0,14}{1+0,07+0,03} \right)^0 = 1$$

Розрахунок величини економічного ефекту від впровадження нової моделі пропуску поїздів з урахуванням фактору часу доцільно звести до табличної форми, що наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Розрахунок значення економічного ефекту

Показники	Роки				
	2024	2025	2026	2027	2028
1	2	3	4	5	6
1 Кількість пасажирських поїздів, рік.	6679	6679	6679	6679	6679
2 Кількість вантажних поїздів, рік.	15586	15586	15586	15586	15586
3 Час простою пасажирського поїзда на станції, вагоно-годин.	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
4 Час простою пасажирського поїзда на перегоні, вагоно-годин.	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
5 Час простою вантажного поїзда на станції, годин.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6 Час простою вантажного поїзда на перегоні, годин.	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
7 Витрати на простій одного пасажирського поїзда на станції, грн.	1150.88	1150.88	1150.88	1150.88	1150.88
8 Витрати на простій одного	1276,19	1276,19	1276,19	1276,19	1276,19

пасажирського поїзда на перегоні, грн.					
9 Витрати на простій одного вантажного поїзда на станції, грн.	2144,23	2144,23	2144,23	2144,23	2144,23
10 Витрати на простій одного вантажного поїзда на перегоні, грн.	2142,5	2142,5	2142,5	2142,5	2142,5

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
11 Витрати на простій всіх пасажирських поїздів на станції, тис. грн.	2 562	2 562	2 562	2 562	2 562
12 Витрати на простій всіх пасажирських поїздів на перегоні, тис. грн.	2 841	2 841	2 841	2 841	2 841
13 Витрати на простій всіх вантажних поїздів на станції, тис. грн.	6 683	6 683	6 683	6 683	6 683
14 Витрати на простій всіх вантажних поїздів на перегоні, тис. грн.	6 814	6 814	6 814	6 814	6 814
15 Основна заробітна плата, річний фонд, тис. грн. рік.	169.6	169.6	169.6	169.6	169.6
16 Експлуатаційні, технічні витрати грн. рік.	128.0	128.0	128.0	128.0	128.0
17 Разом витрат тис. грн..	19 197,6	19 197,6	19 197,6	19 197,6	19 197,6
З впровадженням нової моделі пропуску поїздів					
18 Кількість пасажирських поїздів, рік.	6679	6679	6679	6679	6679

19 Кількість вантажних поїздів, рік.	15586	15586	15586	15586	15586
20 Час простою пасажирського поїзда на станції, вагоно-годин.	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
21 Час простою пасажирського поїзда на перегоні, вагоно-годин.	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
22 Час простою вантажного поїзда на станції, годин.	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
23 Час простою вантажного поїзда на перегоні, годин.	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022
24 Витрати на простій всіх пасажирських поїздів на станції, грн.	38,36	38,36	38,36	38,36	38,36
25 Витрати на простій одного пасажирських поїздів на перегоні, грн.	39,88	39,88	39,88	39,88	39,88
26 Витрати на простій простій всіх вантажних поїздів на станції, тис.грн.	107,2	107,2	107,2	107,2	107,2
27 Витрати на простій всіх вантажних поїздів на перегоні, тис. грн.	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4
28 Одноразові витрати на впровадження моделі тис. грн.	200.0	-	-	-	-
29 Основна заробітна плата, тис. грн. рік	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
фонд, тис. грн. рік.					
34 Експлуатаційні, технічні витрати грн. рік.	50.2	50.2	50.2	50.2	50.2
35 Разом витрат тис. грн..	773,04	773,04	773,04	773,04	773,04
36 Економічний ефект, тис. грн.	18 424,56	18 424,56	18 424,56	18 424,56	18 424,56
37 Коефіцієнт приведення витрат різних років до розрахункового року.	1.15	1,11	1.08	1.04	1
38 Економічний ефект з врахуванням фактору часу тис. грн.	21188,24	20451,26	19898,52	19161,54	18424,56
39 Економічний ефект наростаючим підсумком, тис. грн.	21188,24	41639,5	61538,02	80699,56	99124,12

В цілому економічний ефект є позитивний з появи нової моделі пропуску поїздів, залізниця почне значно заощаджувати на витратах і на п'ятий рік функціонування розмір економії складе 99124,12 тис. грн. [11].

Висновки

1. У магістерській роботі було розглянуто питання вдосконалення системи планування маршрутів прямування поїздів в умовах автоматизації. Новий підхід управління процесами перевезень здійснюється за допомогою супутникової навігаційної системи, яка дозволяє в режимі реального часу отримувати інформацію про місце перебування поїздів на ділянці. Разом з тим була удосконалена діюча СППР, яка інтегрована разом із супутниковою навігацією у програмне забезпечення на робочому місці ДНЦ. Нові технології пропуску поїздів на ділянці дозволять більш раціонально використовувати пропускну здатність перегонів, а також значно підвищити безпеку проходження поїздів.

2. Вдосконалення діючого підходу управлінням поїздів дозволить ДНЦ знаходити нові швидкі маршрути проходження поїздів за найкоротший час без зупинки інших рухомих складів. Зниження часу простою вагонів збільшить їх обіг і продуктивність, що призведе до збільшення вантажних перевезень і привабливості залізничного транспорту. Разом з тим знизиться час простоїв локомотивних бригад, які раніше змушені були зупинятися із-за помилок роботи пристроїв сигналізації, централізації, блокування чи не раціонального прямування маршруту. Після впровадження нової технології за рухом поїздів значно збільшиться безпека працівників служби СЦБ, зв'язку зі зменшенням роботи на перегонах у відкритих місцях поблизу проходження поїздів.

3. З впровадженням вдосконаленої технології автоматичного введення графіку руху поїздів на дільниці управління за рухомим складом за графіком буде виконано на 100%, що забезпечує надання залізниці властивостей гнучкості на транспортному ринку. Підвищення якості послугу залізничним транспортом приверне більше кількість клієнтів, що призведе даний вид перевезень до ефективної конкуренто здібності з іншими видами транспорту.

4. Розрахунок величини економічного ефекту від впровадження доопрацьованого підходу пропуску поїздів з урахуванням фактору часу довів його ефективність у розмірі 99124,12 тис. грн. на п'ятий рік експлуатації.

Список використаних джерел

- 1.Балашевич, В.А. Математические методы в управлении производством [Текст] / В. А. Балашевич. - М. : Высшая школа, 1976. – 334 с.
- 2.Акулиничев, В.М. Применение математических методов и вычислительной техники в эксплуатации железных дорог [Текст] : учеб, пособие / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, В. А. Шульженко;под общ. ред. В.М. Акулиничева. - М.: Транспорт, 1973. – 208 с.
3. Системы диспетчерской централизации [Текст] :довідник / Д. В. Гавзов, О. К. Дрейман, В. А. Конов, А. Б. Никитин. - М.: Транспорт, 2002. – 407 с.
4. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст] :ЦРБ/0004, - К. : Транспорт України, 2002. - 127 с.
5. Кочнев, Ф.П. Организация движения на железнодорожном транспорте [Текст] / Ф.П. Кочнев. - М. : Транспорт, 1979. - 121 с.
6. Заглядимов, Д.П. Организация движения на железнодорожном транспорте [Текст] / Д.П. Заглядимов. - М. : Транспорт, 1985. - 129 с.
7. Каретников, А.Д. График движения поездов [Текст] : учеб. / А.Д. Каретников, Н.А. Воробьев. - М.: Транспорт, 1979. – 148 с.
8. Сотников, И.Б.Эксплуатация железных дорог (в примерах и задачах) [Текст] / И. Б. Сотников. - М. : Высшая школа, 1985. – 183 с.
9. Тихомиров, И.В.Организация движения на железнодорожном транспорте [Текст] / И. В. Тихомиров. - М. : Высшая школа, 1979. – 162 с.
10. Кудрявцев, В.А.Организация и управление движением на железнодорожном транспорте [Текст] / В. А. Кудрявцев. - М. : Академия, 2006. - 178 с.
11. Боровикова, М.С.Организация движения на железнодорожном транспорте[Текст] /М.С. Боровикова, А. Кудрявцев. - М. : Транспортная книга, 2009. -120 с.

12. Никитинський М.А., Кузьо Н.Я. Модернізація інфраструктури залізничних станцій для покращення логістичних процесів. Студентська науково-технічна конференція (11-12 грудня 2024 р.). Тези доповідей 84 студентської конференції. Харків, 2024. С. 241.

13. Атамкулов, Е.Д. Железнодорожный транспорт Казахстана: перевозочный процесс [Текст] : учеб. пособие / Е. Д. Атакумов, К. К. Жангаскин. Алматы: МТИА, 2004. - 137 с.

14. Новиков, М.А. Проектирование автоматической блокировки на железных дорогах [Текст] / М. А. Новиков. - М. : Транспорт, 1979. – 152 с.

15. Перникис, Б.Д. Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах СЦБ [Текст] : учеб. пособие / Б. Д. Перникис, Р.Ш. Ягудин. М.: Транспорт, 1984. -188 с.

16. Гоманков, Ф.С. Технология и организация перевозок на железнодорожном транспорте [Текст] / Ф. С. Гоманков. - М. : Транспорт, 1994. – 208 с.

17. Грунтов, П. С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте [Текст] : учеб. пособие / П. С. Грунтов, Т. В. Дьяков, А.М.Макаровичкин; под. общ. ред. П. С. Грунова. – М. : Транспорт, 1994. - 543 с.

18. Правдин, Н. В. Железнодорожные станции и узлы [Текст] : учеб. / Н. В. Правдин, В. Г. Шубко. - М. : Транспорт, 2002. – 386 с.

19. Соловейчик, М. З. Организация пассажирских перевозок [Текст] / М .З. Соловейчик. -М. : Транспорт, 1983. – 143 с.

20. Лаврухін О.В., Никитинський М.А., Кузьо Н.Я. Використання штучного інтелекту для прогнозування та управління залізничними перевезеннями. 5-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 25–27 листопада 2024 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2024. С. 70.

21. Бочаров, В.В. Инвестиционный менеджмент[Текст]/ В.В. Бочаров - С.Пб.: Питер, 2000. - 160 с.

22. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті [Текст] : навч. посібник/ Є.І. Балака, О.І. Зоріна, Н.М. Колесникова, І.М. Писаревський. - Х.: УкрДАЗТ / ІППК, 2005. – 210с

АКТ

перевірки кваліфікаційної роботи магістра на наявність ознак академічного
плагіату

Відповідно до даних сервісу Strikeplagiarism.com кваліфікаційна робота
«Вдосконалення системи планування маршрутів прямування поїздів в умовах
автоматизації», автор – КУЗЬО Назарій Ярославович, містить 23,23 %
текстових збігів.

Ознаки академічного плагіату – відсутні.

Перевірку виконала:

доцент кафедри управління

вантажною і комерційною роботою _____  Ганна БАУЛІНА

14.06.2025 р.