


Український державний університет науки і технологій

Кафедра Транспортні вузли

«ДО ЗАХИСТУ»



Завідувач кафедри
/Микола БЕРЕЗОВИЙ/

« 15 » 12 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **27 Транспорт**

Спеціальність **275 Транспортні технології (за видами)**

Спеціалізація **275.02 Транспортні технології на залізничному транспорті**

Тема **Підвищення ефективності проектування залізничних станцій за рахунок автоматизованої побудови і оцінки планів їх колійного розвитку**

Theme **Increasing the efficiency of railway stations design through automated construction and evaluation of their track development layout**

Керівник дипломної роботи

доц.  Вячеслав МАЛАШКІН

Нормоконтролер

доц.  Вячеслав МАЛАШКІН

Студентка групи УЗ2021

 Наталія АНДРЕЯХІНА

Student

Andreiakhina Nataliia

**Український державний університет науки і технологій
Навчально-науковий інститут «Дніпровський інститут
інфраструктури і транспорту»**

Факультет Управління процесами перевезень **Кафедра** «Транспортні вузли»
Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

Освітня програма 275.02 «Транспортні технології на залізничному транспорті»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

_____ / М. І. Березовий /
(підпис)

2021 р. _____ «____»

ЗАВДАННЯ

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

отримав студент групи УЗ2021 _____ Андреяхіна Наталія Андріївна
(номер групи) (ПІБ)

1. Тема дипломного проекту (роботи): Підвищення ефективності проектування залізничних станцій за рахунок автоматизованої побудови і оцінки планів їх колійного розвитку

затверджена наказом по університету від «18» червня 2021 року № 324ст

2. Термін подання студентом закінченого проекту (роботи): «10» грудня 2021 року

3. Вихідні дані до дипломного проекту (роботи): схема станції, технологічний процес роботи станції; техніко-розпорядчий акт станції; дані про обсяги роботи станції

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

5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу):

5.1. План колійного розвитку вантажної станції

5.2. Перелік мультимедійного демонстраційного матеріалу (слайдів):

процедура проектування колійного розвитку; система інтегрованих моделей для синтезу і

оцінки колійного розвитку; схема вантажної станції; обсяги роботи вантажної станції;

автоматизоване проектування колійного розвитку станції; варіанти конструкції колійного

розвитку стрілочних горловин; метод аналізу ієрархій; структура імітаційної моделі;

ідентифікація імітаційної моделі; результати моделювання роботи станції

6 Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу дипломного проекту	Термін виконання	Кількість аркушів	Обсяг розділу, %
1. Проблеми автоматизованого проектування та оцінки колійного розвитку залізничних станцій	строк 1	–	20
2. Техніко-експлуатаційна характеристика вантажної станції	строк 1	–	15
3. Автоматизований синтез колійного розвитку станції	строк 1	1	25
4. Удосконалення конструкції колійного розвитку станції	строк 1	–	25
5. Імітаційне моделювання роботи вантажної станції	строк 2	–	15
Всього		1	100

Дата видачі завдання: « 12 » жовтня 2021 р.

Керівник дипломної роботи

_____ (підпис)

Малашкін В. В.

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Андреяхіна Н. А.

(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з змісту, переліку умовних позначень, символів, скорочень та термінів, реферату, вступу, 5 основних розділів, (викладених на 95 сторінках основного тексту, які містять 24 рисунків, 24 таблиць), висновків, одинадцяти додатків на 30 сторінках, переліку посилань з 55 найменувань та 6 листів. Повний об'єм роботи складає 129 сторінок.

Об'єктом дослідження є процес синтезу колійного розвитку залізничних станцій.

Предметом дослідження є вплив конструкції колійного розвитку на експлуатаційні показники роботи станцій.

Метою роботи є підвищення ефективності проектування залізничних станцій за рахунок автоматизованої побудови і оцінки планів їх колійного розвитку.

Методи дослідження: імітаційне моделювання, теорія графів, математична статистика, автоматизоване проектування, метод аналізу ієрархій.

В дипломній роботі проаналізовані сучасні методи і алгоритми автоматизованого проектування конструкції колійного розвитку залізничних станцій, а також визначення їх кількісної оцінки для подальшого порівняння та вибору раціонального варіанту проектного рішення. Виконана техніко-експлуатаційна характеристика роботи вантажної станції К та оцінка плану її колійного розвитку. В роботі проаналізовано обсяг залізничних вантажних перевезень по Україні та складено прогноз обсягу роботи вантажної станції К. Виконано удосконалення конструкції колійного розвитку вантажної станції на основі методу аналізу ієрархій та удосконалення техніко-технологічних параметрів станції з використанням її ергатичної моделі. Визначено економічний ефект від проведення реконструктивних заходів на станції.

Галуззю застосування результатів дипломної роботи є залізничні станції мережі залізниць України.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМАТИЗАЦІЯ, САПР, АНАЛІЗ ІЄРАРХІЙ, ЗАЛІЗНИЧНА СТАНЦІЯ, КОЛІЙНИЙ РОЗВИТОК, КІЛЬКІСНА ОЦІНКА, ЕРГАТИЧНА МОДЕЛЬ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОЦІНКИ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ.....	9
1.1 Аналіз методів формалізації колійного розвитку залізничних станцій.....	9
1.1.1 Дослідження у напрямі автоматизації технології роботи станцій та вузлів.....	12
1.2 Проблеми оцінки конструкції колійного розвитку.....	15
1.3 Аналіз методів функціонального моделювання станцій.....	22
1.4 Постановка задачі підвищення ефективності проектування колійного розвитку станцій.....	25
2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ.....	28
2.1 Спеціалізація парків станції.....	28
2.2 Технічне оснащення станції.....	29
2.3 Характеристика експлуатаційної роботи.....	31
2.3.1 Технологія роботи приймально-відправного парку станції.....	34
2.3.2 Технологія виконання маневрових операцій з подачі-прибирання вагонів на вантажні фронти.....	36
2.4 Обсяги роботи станції.....	38
3 АВТОМАТИЗОВАНИЙ СИНТЕЗ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТАНЦІЇ.....	46
3.1 Представлення схеми станції для автоматизованого проектування.....	46

					0041.160218.MP.2021.000			
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконала		Андреяхіна Н.А			Підвищення ефективності проектування залізничних станцій за рахунок автоматизованої побудови і оцінки планів їх колійного розвитку	Лит.	Лист	Листів
Керівник		Малашкін В.В.				Н	4	131
Н. контр.		Малашкін В.В.			Кафедра «Транспортні вузли»			

3.1.1 Вхідна модель.....	47
3.2 Топологічна модель станції.....	51
3.3 Параметрична модель станції.....	52
3.4 Модель горизонтальних колій.....	54
4 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТАНЦІЇ.....	57
4.1 Постановка задачі.....	57
4.2 Методика кількісної оцінки колійного розвитку залізничних станцій.....	57
4.2.1 Визначення загальної кількості стрілочних переводів на схемі станції.....	59
4.2.2 Визначення повної та будівельної довжин станційних колій.....	59
4.2.3 Визначення якісних показників схеми станції.....	63
4.2.4 Визначення раціональних варіантів конструкції колійного розвитку елементів станції.....	69
4.3 Розробка та вибір раціональних варіантів конструкції колійного розвитку.....	72
5 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ.....	79
5.1 Загальні принципи функціонального моделювання роботи станції.....	79
5.2 Вихідні дані до моделювання.....	81
5.2.1 Аналіз технічного оснащення станції і його формалізація.....	82
5.2.2 Визначення параметрів вхідного потоку.....	83
5.2.3 Визначення характеристик составів поїздів, що надходять у розформування.....	88
5.2.4 Визначення тривалості технологічних операцій, що виконуються в приймально-відправному парку.....	87
5.3 Аналіз результатів моделювання роботи станції.....	90
ВИСНОВКИ.....	92
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	94
ДОДАТОК А ВИХІДНІ ДАНІ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	100
ДОДАТОК Б АВТОМАТИЗОВАНА ПОБУДОВА МАСШТАБНОГО ПЛАНУ ПРИЙМАЛЬНО-ВІДПРАВНОГО ПАРКУ.....	101

ДОДАТОК В РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ КООРДИНАТ СТАНЦІЇ «К».....	103
ДОДАТОК Г АВТОМАТИЗОВАНА ПОБУДОВА МАСШТАБНОГО ПЛАНУ ЗЕРНОВОГО ПАРКУ.....	105
ДОДАТОК Д РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ КООРДИНАТ «ЗЕРНОВОГО» ПАРКУ «Б».....	107
ДОДАТОК Е РОЗРАХУНОК ПРОГНОЗОВАНОГО ОБСЯГУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У 2021 РОЦІ.....	109
ДОДАТОК Ж РЕЗУЛЬТАТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО АНАЛІЗУ СТАНЦІЙ- НИХ ГОРЛОВИН.....	113
ДОДАТОК И ОЦІНКА ПЛАНІВ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТІЛОЧНИХ ГОР- ЛОВИН СТАНЦІЙ.....	117
ДОДАТОК К ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЕРГАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СТАНЦІЇ.....	119
ДОДАТОК Л ПЕРЕЛІК МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО МА- ТЕРІАЛУ.....	127
ДОДАТОК М ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РО- БОТИ.....	129

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

САПР - система автоматизованого проектування

ЕОМ - електронно-обчислювальна машина

ОВМ - особа, яка виконує моделювання

ЕЦ - електрична централізація стрілок

МАІ - метод аналізу ієрархій

ВНМ - вугільнонавантажувальна машина

ВО - вагоноопрокидувач

ІМ - імітаційне моделювання

ЛД- людина-диспетчер

ЛСА - логічних схем алгоритмів

МКПРС - метод керування переміщенням рухомого складу

МКР - моделі колійного розвитку станції

ОДП - оперативно-диспетчерський персонал

ОПР - особа, яка приймає рішення

ПВП - приймально-відправний парк

ПКО - пункт комерційного огляду

ПТО - пункт технічного огляду

СМО - системи масового обслуговування

СРВ - станція розвантаження вагонів

ФМС - функціональна модель станції

ЦП - центр переводу

ВСТУП

В сучасному світі, в світі електроніки та прогресу існує необхідність в покращенні та модернізації системи управління залізничного руху. Новітні транспортні системи дозволяють забезпечити високу експлуатаційну надійність, зменшити енергоспоживання, при цьому безпека та стабільність залишаються на високому рівні.

Залізничні станції в сучасних умовах відіграють значущу роль потреб перевезення в державі. Для більш удосконаленої роботи необхідно технічно оснащени станції та підібраний алгоритм, що у поєднанні дадуть ефективне рішення для пошуку раціональних шляхів виконання завдання перевезення.

Об'єктом дослідження є процес синтезу колійного розвитку залізничних станцій.

Предметом дослідження є вплив конструкції колійного розвитку на експлуатаційні показники роботи станцій.

Метою роботи є підвищення ефективності проектування залізничних станцій за рахунок автоматизованої побудови і оцінки планів їх колійного розвитку.

Актуальність проблеми визначається необхідністю максимально можливої автоматизації проектування елементів проміжної станції, так як на побудову подібних об'єктів за допомогою стандартних наборів інструментів і примітивів, йде дуже багато часу.

Так створюють спеціальні програми, що полегшують виконання завдання. Отримують розвиток так звані SCADA-системи (*Supervisory Control And Data Acquisition*), розробки транспортної САПР, що сприяють впровадженню автоматизованих форм наскрізної розробки проектів, що охоплюють усі його етапи та дозволяють отримувати інтегровані рішення.

Завдяки програмам з'явилися способи дослідження в галузі автоматизації проектування залізничних станцій:

- 1) техніко-технологічне моделювання елементів та процесів;
- 2) технічне конструювання колійного розвитку

1 ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОЦІНКИ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ

1.1 Аналіз методів формалізації колійного розвитку залізничних станцій

Успіх сучасного виробництва залежить від впровадження та всебічного застосування високих технологій. Розвиток інформаційних технологій дозволив, значно спростити розробку креслень при проектуванні залізничних станцій.

При проектуванні залізничних станцій необхідно прийняти оптимальні рішення, які дозволять забезпечити високу пропускну та переробну спроможність залізничних станцій та вузлів, ефективність їх експлуатації. Суттєве підвищення якості проектування та підвищення продуктивності роботи проектувальників забезпечує можливість застосування системи автоматизованого проектування (САПР), яка є однією з сучасних інформаційних технологій. Застосування новітніх технологій САПР дозволяє разом з використанням стандартних та базових операцій реалізувати модулі автоматизованої побудови елементів, параметри яких є стандартними, скорочуючи час роботи над проектом, ефективно розробляти математичні моделі об'єктів, які потрібно проектувати та виконувати алгоритми проектних процедур [1]. Це є важливою складовою проектування оскільки будівництво або реконструкція станцій та вузлів, тривалий термін експлуатації даних об'єктів має високу вартість та необхідність забезпечення функціональності та надійності при експлуатації.

При вивченні та аналізі проблеми автоматизації розрахунків колійного розвитку станцій виконаних в ІК АН УРСР [2, 3] вперше розроблено схеми станцій з використанням теорії графів. На графі схеми реконструювалася необмежена кількість елементарних циклів (контурів) будь-якої схеми. На базі розрахунків ув'язаних з параметрами елементарних циклів схеми розроблено також алгоритм розрахунків координат схеми колійного розвитку станції.

Задача створення системи автоматизованого проектування станцій [4, 5] стала актуальною через зростання складності сучасних станцій і вузлів, які необхідно проектувати для сьогоденних реалій.

Важливим є забезпечення якості, технічного обґрунтування проєктних рішень, застосування нових математичних методів та новітніх технічних засобів (ЕОМ), підвищення продуктивності праці проєктувальників. Передумовами для створення САПР залізничних станцій також став розвиток методів імітаційного моделювання об'єктів транспортної інфраструктури для вирішення широкого переліку задач проєктування станцій, складовою частиною яких є оптимізація задач.

Використання при проєктуванні залізничних станцій та вузлів ЕОМ та розробка програм для розрахунків обумовлено тим, що найбільш масовими і трудомісткими є розрахунки з'єднання шляхів. Сучасне проєктування спирається на досягнення та розробки програм, що дозволяють виконувати на ЕОМ розрахунки з'єднання шляхів різного типу, окремих елементів з'єднань шляхів, комплекси взаємопов'язаних елементів будь-якої структури.

Разом з тим вивчається та вирішується проблеми. Основними є формалізація схеми станції для введення вихідних параметрів в ЕОМ (побудова моделі станції). Також важливим є вирішення проблеми розробки алгоритму моделі для розрахунку вихідних параметрів. У ЦНДІЗ, проаналізувавши варіанти формалізації схем станцій, прийшли до висновку кодування рівнянь станцій, необхідних для її розрахунку є пріоритетним, так як забезпечує більшу надійність розрахунків, універсальність програми, простоту алгоритму. Однак, у зв'язку з тим, що проєктувальником встановлювалася послідовність розрахунків, ступінь їх автоматизації нижча.

Надалі на базі зазначених принципів ЦНДІЗ розроблена методика, алгоритм і програма для розрахунків з'єднань шляхів на ЕОМ (електронна обчислювальна машина). Зазначена програма складається з керуючого блоку, котрий залежить від схеми станції, і бібліотеки модулів для розрахунку окремих типових з'єднань шляхів.

Пріоритетом даної методики являється обмеження рішень та їх контроль, а також підбір вихідних даних для найкращого рішення. Недоліком є складність підготовки даних для розрахунку.

Для успіху автоматизованого проєктування станцій важливо встановити показники, які характеризують якість конструкції їх колійного розвитку.

Значний інтерес представляють роботи Томіліної Г.С. [6, 7] з вибору раціональної конструкції горловини за рахунок зменшення довжини колій, ремонту колій та складу.

Необхідно визначити положення і параметри додаткових кривих на спускній частині гірки та на сортувальних коліях, при проектуванні. Для рішення цієї задачі на ЕОМ траса розрахункової колії задається рівнянням проекцій окремих ділянок траси на вертикальну вісь [8].

Складністю та недоліком даного розрахунку є трудомісткість і складність у визначенні параметрів. Наближене рішення такої задачі є графічний метод [9], або за даними проектів аналогічних горловин.

Враховуючи вказану невизначеність, в [10] була запропонована методика оптимізації проектування траси розрахункової крайньої колії за критерієм її мінімальної розрахункової довжини. Була сформульована умовна варіаційна задача, для рішення якої використано метод невизначених множників Лагранжа; в результаті були отримані всі невідомі кути розрахункової колії. Існуюча технологія проектування станцій орієнтована на роботу із кресленням. Креслення є носієм інформації для відтворення запроектованого об'єкта. Креслення забезпечує високу швидкість пошуку, має більшу ємність і вибір необхідної інформації.

Традиційну методику проектування можна представити у вигляді схеми, зображеної на рисунку 1.1.

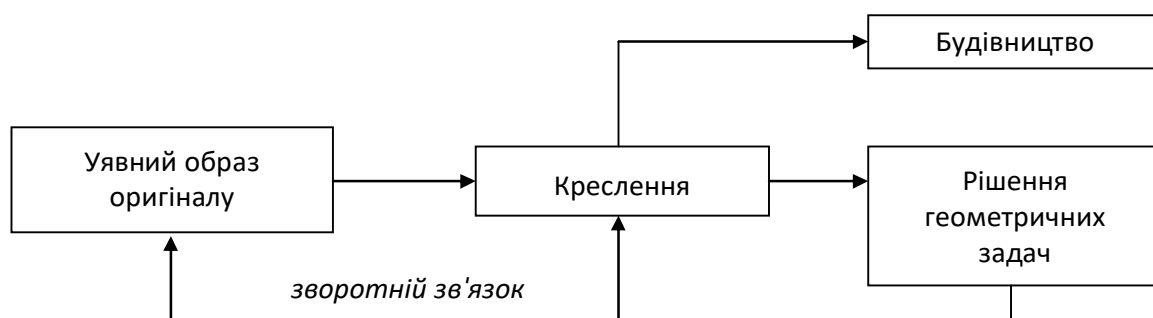


Рисунок 1.1 –Схема традиційної технології проектування

Під час взаємодії людини і ЕОМ, при автоматизованому проектуванні одержують частину проектних рішень. САПР повинна підсилювати творчі здібності

людини за рахунок можливості сучасних ЕОМ швидко переробляти значні обсяги інформації, у тому числі графічної. Автоматизоване проектування ґрунтується на математичній моделі об'єкта (рис. 1.2).

Математична модель є могутнішим та зручним інструментом для представлення планів колійного розвитку станцій та його техніко-експлуатаційної оцінки. Креслення в таких умовах відіграє допоміжну роль, за допомогою засобів комп'ютерної графіки, побудова моделі виконується автоматично або автоматизовано. Однією із задач дослідження є автоматизація побудови математичних моделей колійного розвитку станцій на базі немасштабних схем, які розробляє проектувальник, з наступним їх перетворенням у робочі креслення із значеннями всіх числових параметрів плану.

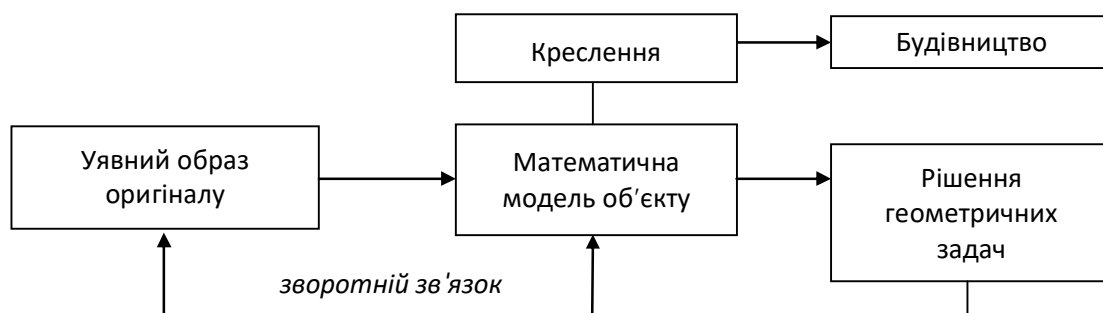


Рисунок 1.2 – Схема автоматизованого проектування

Прискорити процес проектування станцій дозволить розробка алгоритмів і методів, розрахунків її параметрів, побудова математичної моделі станції, а також за рахунок інтерактивного режиму роботи з візуалізацією результатів, використання графічного вводу немасштабних схем, побудови робочих креслень і автоматичного розрахунку всіх необхідних параметрів колійного розвитку.

1.1.1 Дослідження у напрямі автоматизації технології роботи станцій та вузлів

Під час аналізу європейських залізничних станцій було досліджено, що компанія *DB Cargo* - оператор вантажних перевезень залізниць Німеччини влітку 2021 року приступає до поетапної діджиталізації та автоматизації сортувальної станції Мюнхен-Північний, щоб надалі поширювати випробувані технології на інші

сортувальні станції країни. Про це пише ЦТС (центр транспортних стратегій) із посиленням на Залізниці світу. Впровадження цифрових технологій має підвищити пропускну спроможність станції на 40 %.

Передбачено також розробити та випробувати прототип безпілотного маневрового локомотива, який зможе повністю автоматично насувати склад на сортувальну гірку.

На спускній частині сортувальної гірки встановлять діагностичний портал з камерами, за допомогою яких у поєднанні із засобами штучного інтелекту контролюватимуть стан вантажних вагонів.

Оснащення вантажних вагонів телематичними пристроями та датчиками дозволить автоматизувати випробування гальм сформованих поїздів.

У майбутньому планується випробувати на станції Мюнхен-Північний цифрове автозчеплення *DAC* (різні конструкції такого автозчеплення в даний час випробовують на мережі *DB*).

Також ЦТС повідомляє, що *Deutsche Bahn* і Федеральне міністерство транспорту та цифрової інфраструктури Німеччини (*BMVI*) минулого року оголосили про проект створення повністю цифрового залізничного вузла в Штутгарті - відповідну угоду укладено між урядом ФРН та *Deutsche Bahn* 26 серпня. До 2025 року компанія оснастить усі станції та близько 100 км колій у Штутгарті цифровою сигналізацією, а також системами управління залізничним рухом та автоматизації поїздів.

Штутгартська ініціатива є одним із трьох пілотних проектів у «Стартовому пакеті цифровізації залізниць у Німеччині». Два інші будуть розгорнуті на високошвидкісній лінії Кельн – регіон Рейн-Майн та транспортному коридорі Скандинавія – Середземне море транс'європейської мережі *TEN-T*. Очікується, що їх реалізація дозволить збільшити пропускну спроможність та ефективність інфраструктури.

На залізницях Німеччини з 1999 р. реалізується програма створення регіональних диспетчерських центрів для управління рухом поїздів у семи філіях концерну *Deutsche Bahn AG* %: Берліні, Лейпцигу, Ганновері, Дуйсбурзі, Франкфурті,

Карлсруї та Мюнхені. Для реалізації цієї програми створено консорціум у складі фірм *Alcatel SEL AG*, *Siemens AG* та *Vossloh Information Technologies GmbH*. Основне завдання програми полягає у створенні інтегрованої системи управління. Завершено розробку програмного забезпечення для роботи диспетчерського центру, що дозволило перевести центр у Ганновері зі стадії створення в 1- у стадію експлуатації, при якій диспетчер має прямий вихід на пости електронної централізації стрілок та сигналів.

У лютому 2004 р. на залізницях Німеччини в рамках концерну *DB AG* введено в дію цифрову систему передачі даних по радіозв'язку «*Cargo Diditale Daten Kommunikation*». До системи підключено 6000 користувачів фірми *Raillion*, які забезпечені переносними терміналами нової моделі *HHP Dolphin 9500*. Радіозв'язок здійснюється через систему *GPRS* та дозволяє в реальному часі отримувати всю необхідну інформацію для виконання маневрової роботи.

На міській залізниці в Мюнхені (Німеччина) у 2004 р. введено в дію новий пост електронної централізації стрілок та сигналів (*ESTW*), що дозволить у зимовий час забезпечити рух пасажирських поїздів з інтервалом у 10 хв. Одночасно введено в дію сучасну систему автоматичного блокування. Фінансування розвитку міської залізниці Мюнхена проводиться із коштів федерального бюджету та бюджету землі Баварія.

Фірма *Siemens Transportatio System* (Німеччина) завершила розробку програмного забезпечення для тестування робочих місць на постах електронної централізації стрілок. Програмне забезпечення розроблено у двох версіях: *VICOS OS 100* для операційної системи *Windows* та *VICOS OS 500* для *UNIX/Solaris*. Додатково розроблено навчальну версію з моделюванням ситуацій у процесі навчання персоналу. Розроблене програмне забезпечення вирізняється виключно гарною візуалізацією, що створює додаткові зручності для персоналу.

1.2 Проблеми оцінки конструкції колійного розвитку

Залізнична станція являє собою складний інфраструктурний виробничо-технічний комплекс, функціонування якого визначається багато варіантністю

проектних, управлінських та технологічних рішень. Під час планування організаційно-технічних та реконструктивних заходів, що спрямованні на технологію роботи залізничних станцій і удосконалення технічного забезпечення, виникає задача отримання чіткої оцінки показників її функціонування після реалізації проекту. Вибір найбільш раціональних організаційних або реконструктивних заходів для станції включає в себе дуже складну задачу, через те, що унеможлиблюється проведення експериментів на фізичних моделях або реальних об'єктах. У зв'язку з цим для оцінки та аналізу роботи розробляються різні методи для забезпечення раціонального проектування та експлуатації станцій під час роботи в різних умовах. Критерії та методи оцінки станцій мають суттєвий зв'язок з рівнем розвитку залізничного транспорту та задачами, які постають перед проектувальниками залізничних станцій.

Залізничні станції, є головними складовими елементами при організації перевезень залізничним транспортом, які прямо впливають на підсумковий результат. Для безпечних та надійних перевезень, потрібно виконувати наступні операції:

- технічний огляд складу;
- приймальні операції;
- перевірка маси вантажу та тари вагонів;
- сортування та добірка подач вагонів по вантажних фронтах;
- подача вагонів на вантажні фронти та їх прибирання після виконання вантажних операцій;
- митний та екологічний контроль вантажів, що відправляються;
- підготовка вагонів до навантаження та очищення після вивантаження;
- оформлення перевізних документів на вагони, що відправляються, та ін.[11].

При покращенні роботи залізничних станцій, за основу можна виділити вдосконалення технології роботи та конструктивних параметрів. Під час удосконалення залізничних станцій для забезпечення безпеки руху поїздів потрібно розробляти одразу декілька варіантів реконструкції станції, пропускної спроможності, економічного та технологічного проектного рішення. При порівнянні

конкурентоспроможних варіантів, виконується оцінка варіантів із низки показників та розрахунок потужності основних технічних пристроїв, де одним з найважливіших факторів набувають вартісні показники, які складаються з експлуатаційних витрат та інвестиційних вкладень. При цьому, через розгляд обмеженої кількості можливих варіантів, допустимих ситуацій, у яких близькі до раціональних варіантів параметри проектних рішень, не увійшли до групи аналізованих конкуруючих варіантів. Постає завдання з розширення кола можливих варіантів модернізації колійного розвитку станцій. Вирішенням такої задачі є розробки методів комплексного аналізу автоматизованого синтезу, та оцінки схем колійного розвитку станцій.

Оптимальна схема колійного розвитку станції в першу чергу визначається характером експлуатаційної роботи та технологічним процесом, що забезпечує швидке та чітке виконання транспортних процесів, і лише у другу чергу місцевими умовами, такими, як рельєф, забудова тощо. При цьому обов'язково необхідно враховувати основні будівельно-технічні норми та насамперед забезпечити безпеку пасажирів та працюючих на станції залізничників. Безпека досягається відповідною конструкцією елементів станції та має бути узгоджена з її технологічним процесом, навіть якщо він буде менш потоковим.

Під час залізничного будівництва не можна економити на території при розташуванні пристроїв, оскільки це може призвести до технічно недосконалому рішенню, що може у подальшому суттєво позначитися на роботі станції. Всі підрозділи, що приймають участь у проектуванні залізничних пристроїв та споруд з їх вимогами та програмами, повинні дотримуватися принципу економічності. Тому ідеальні, класичні, рішення завжди можуть бути застосовані. Така ідеальна споруда потребує суттєвих витрат та капітальних вкладень за змістом, тому необхідні вимоги нелегко привести у відповідність, до оптимальних умов експлуатації з обов'язковим виконанням економічних показників.

Розподіл перевезень та зміна роду тяги між автомобільним та залізничним транспортом дозволить у майбутньому значно спростити конструкції колійного розвитку, пристроїв та інших споруд. Важливо те, що у розроблених варіантах

виробляється техніко-економічне порівняння, яке дозволяє прийняти обґрунтоване рішення, що, де і як має бути побудовано.

Найкращим варіантом вважається та приймається той, який за найменших витрат дає найбільший економічний ефект. Внаслідок цього порівняння у більшості випадків приймаються недосконалі у всіх відносинах проекти, а прості економічні рішення. Надмірні вимоги та запити щодо технічної досконалості часто неможливо вирішити економічно вигідно.

При перебудовах, перспектива подовження корисної довжини платформ та колій за новими вимогами повинна враховуватись при всіх роботах. Технологічний процес роботи станції вимагає забезпечення безпеки пасажирів як у найбільш потокової так і на невеликих станціях, особливо на платформах острівного типу з пасажирськими переходами на різних рівнях замість низьких проміжних платформ та двоколійних лініях. Зважаючи на те, що автоматизація на багатьох невеликих станціях підміняє та скорочує обслуговуючий персонал, безпечні підходи до платформ особливо необхідні.

Проектування колійного розвитку нової станції може здійснюватися вільніше, із всебічним забезпеченням оптимальних умов експлуатації, ніж у багатьох випадках перебудови існуючих станцій. Тому у разі докорінної перебудови станцій при електрифікації та застосуванні більш досконалих пристроїв СЦБ (централізація релейної системи з пультом-табло) необхідно шляховий розвиток станцій проектувати з урахуванням перспективи. Так, застосування нових видів тяги підвищує швидкість руху. Тому в багатьох випадках потрібна не тільки перебудова траси головних шляхів, але й інших станційних колій, що підпадають у зону розміщення споруд та пристроїв електрифікації.

Прожекторні щогли, наприклад, повинні перебувати у певних місцях на залізничних станціях та в окремих парках, щоб забезпечити освітлення станції у темну пору року. Електрична та тепловозна тяга має високі початкові прискорення, це за певних умов дозволяє компенсувати затримки, які виникли при схрещуванні маршрутів. Подібні перетини не такі страшні з погляду наслідків затримок. Будівництво контактної мережі відносно дороге, тому треба прагнути, щоб колійний

розвиток станції було перевлаштоване до електрифікації. Це стосується також застосування нових, дорожчих пристроїв СЦБ і зв'язку. Тільки таким чином можна здійснити перебудову станції з мінімальними витратами, а в більшості випадків також спростити окремі споруди.

Великий економічний ефект досягається при скороченні числа стрілочних переводів і меншої протяжності як головних, так і приймально-відправних та другорядних колій. Це зумовлює необхідність ув'язування вимог усіх служб та відмову від їх надмірних окремих побажань. Норми проектування пристроїв СЦБ та будівельно-технічні вказівки повинні завжди враховуватися навіть, якщо вони призводять до подорожчання споруди (наприклад, застосування нових відстаней між коліями при введенні нового габариту наближення будівлі).

Окремі колії та маневрові пристрої на невеликій станції повинні бути розташовані так, щоб маневрова робота проводилася з мінімальними рейсами та часом на маневрові пересування за мінімальних витрат палива.

Вирішення експлуатаційних завдань виконуються на основі обсягів майбутніх перевезень. Ці завдання можуть бути вирішені лише тоді, коли для цього є колійний розвиток та необхідні пристрої. Тому для проектування колійного розвитку з дотриманням економічної доцільності та достатньої ємності необхідно, крім принципів, що задовольняють будівельні норми та надійні умови експлуатації, визначити загальні транспортні та експлуатаційні задачі та значення станції. Для цього мають бути встановлені параметри місцевих та транзитних перевезень та похідні від них параметри району, де розташовується станція. Це завантаження станції необхідно розділити на вантажо- та пасажиропотоки.

Транзитне завантаження станції виражається кількістю поїздів, яка може бути неоднаковою в обох напрямках. Для місцевого завантаження визначальним є обсяг та рід вантажів, що переробляються за кількістю вагонів і кількістю вантажів, а також кількості пасажирів, що здійснюють посадку, висадку або пересадку. Для вузлових станцій має бути відомий, крім цього, обсяг сортувальної роботи. Як одиниця часу, в яку ставляться всі ці дані, доцільно прийняти добу. При цьому треба враховувати, що всі види завантаження не розподіляються рівномірно протягом

усього року, а схильні до певних коливань внаслідок літніх пасажирських перевезень, сезонних сільськогосподарських перевезень тощо.

Щоб правильно запроектувати споруди довгостроковими, необхідно визначити перспективу приросту чисельності населення, розвитку виробничих підприємств і транспортні потреби району. Це називають щорічною нормою приросту. Плановий проміжок часу, що застосовується для цього, повинен бути не дуже маленьким і не дуже великим. Загалом, можна приймати цей період рівним 15-20 рокам.

Всі ці передбачувані завантаження не є абсолютно точно встановленими величинами на відміну від технічних навантажень, що точно визначаються, наприклад моста. Ця неточність збільшується при визначенні приблизно, а не розробкою перспективного планування. Завданням соціалістичного планування є підтримання пропорцій між всім народним господарством і транспортом та своєчасне запобігання виникненню диспропорцій.

Для станцій, що підлягають розвитку, необхідно скласти генеральний план на розрахунковий період часу, тобто розробити проект станції, яка відповідає наприкінці планового періоду очікуваним транспортним та експлуатаційним умовам. Основою для цього є план існуючої станції та її обсяг роботи. Для окремих проміжних етапів з економічних міркувань треба передбачати відповідне часткове розширення, чергу будівництва.

Розвиток станцій, що вживається протягом окремих етапів у вигляді укладання окремих колій або групи колій, стрілочних перекладів і з'єднань колій, платформ, розширення штучних споруд і т. д. включається в загальний комплекс органічно пов'язаних робіт при дотриманні мінімальних витрат на перебудову.

При проектуванні станційних споруд та пристроїв, як взагалі у кожному технічному рішенні, можливі багато варіантів. Це відноситься як до нових станцій при розташуванні їх на вільному місці, так і до перебудови вже існуючих станцій з розвитком або без нього. Різні варіанти виникають при розробці проекту, де необхідно враховувати чинні норми та правила проектування. Для вибору певного

варіанта існують технічні та економічні показники, за допомогою яких оптимально розподіляються капітальні вкладення.

Економічні фактори визначають:

а) одноразові капітальні вкладення, необхідні для спорудження або реконструкції будівельних споруд у вартісному вираженні (у марках) та для важливих будівельних матеріалів у кількісному вираженні (наприклад, кількість сталі);

б) необхідну щорічну собівартість збудованої споруди після введення її в експлуатацію. Вона в основному поділяється на вартість утримання та експлуатації;

в) потреба у робочій силі внаслідок будівництва споруди. У сучасних умовах треба обов'язково орієнтуватися як у будівництві, так і в експлуатації та утриманні споруд та пристроїв на мінімальне застосування робочої сили;

г) терміни будівництва, скорочення яких має велике значення для всього народного господарства;

д) розвиток виробництва та продуктивності, завдяки чому вирішується питання необхідного розвитку потужності і пропускної спроможності споруджуваної споруди.

Якщо термін служби більший, ніж абсолютний термін окупності, то споруду можна розглядати як економічне.

Поняття економічності для будівельних споруд має два значення. Спочатку може бути поставлене питання: чи має бути побудована певна споруда (наприклад, станційна споруда) у точно визначеному, бажаному місці залізничної мережі або в іншому місці, яке має бути визначене порівнянням варіантів (питання розташування). Якщо прийнято рішення про здійснення будівництва у певному місці та певного розміру, то далі може виникнути питання про окреме найбільш економічне рішення у будівельно-технічному відношенні. При цьому виходить великий обсяг розрахунків, що призводить до застосування нової обчислювальної техніки.

Для оцінки та наближеного розрахунку окремих факторів, особливо капітальних вкладень, застосовується метод системи показників. Розрізняють при цьому, з одного боку, натуральні чи вартісні показники, що дають відповідні кількості,

наприклад, будівельних витрат у натуральних одиницях, як штуки, тонни, метри тощо, або у цінах (марках). З іншого боку, існують технічні показники (вантажопідйомність, розмір, робочий об'єм циліндра тощо), техніко-економічні показники та економічні показники (рентабельність, термін окупності).

Для споруд транспорту орієнтовне значення терміну окупності становить 8-10 років, для промислових споруд - у середньому 5 років. Ці значення не затверджені законом, а є вихідні та дослідні дані, які в обґрунтованих випадках цілком можуть давати інші результати.

Вченими ДПТ у розроблено спеціальний програмний комплекс який дозволяє виконувати редагування та схеми станції у графічному редакторі *AutoCAD*; визначати якісні показники станцій та геометричні параметри (повна та корисна довжини, кількість стрілочних перекладів, сумарна довжина кривих ділянок колії та ін.); розраховувати координати основних точок плану (кінців колій, стрілочних переказів, вершин кутів повороту) колійного розвитку залізничних станцій; визначати розраховувати завантаження та маршрути руху станційних горловин. Процедура визначення показників колійного розвитку станцій базуються на сучасних методах обчислювальної та аналітичної геометрії, та навіть теорії графів.

Розроблений програмний комплекс *AutoCAD* розширить діапазон проектних рішень та істотно полегшить роботу з техніко-економічного порівняння варіантів, що розглядаються. Комплекс такого роду може бути покладено в основу сучасної системи підтримки прийняття проектних рішень.

1.3 Аналіз методів функціонального моделювання станцій

На сьогодні для забезпечення ефективності експлуатаційної роботи залізничного транспорту необхідно зменшити час перебування вагонів на станції. Для цього станції повинні мати достатню пропускну спроможність. Для вирішення задачі необхідна достовірна кількісна оцінка планованих заходів щодо удосконалення конструкції і технології роботи станцій. Одним із таких заходів є моделювання станційних процесів, що дозволить приймати найбільш раціональні рішення

для скорочення витрат станцій і отримання максимального прибутку від перевезення.

Теорія моделювання залізничних станцій одержала розвиток у роботі Персианова В.А. [12], у якій сформульовані більш за все загальні принципи утворення вузлів та станцій, викладається методологія побудови моделей функціонування. Приділяється увага у застосовуванні системного підходу до побудови моделей залізничного вузла або станції, при цьому станція або вузол розглядається як багатофункціональна система обслуговування, у яку протягом певного часу надходять заявки на обслуговування (поїзда, состави, локомотиви і ін.).

Однією з проблем, при розробці моделей станцій, зазначається вагома складність представлення схем колійного розвитку для відображення переміщень рухомого складу. При вирішенні цієї проблеми в [13] горловини станцій було запропоновано розділити на окремі секції (елементи), що дозволило достатньо точно моделювати процес посекаційного розмикання і визначати схрещення маршрутів. Недоліком методу є його громіздкість, внаслідок необхідності вводу інформації тривалості заняття окремих елементів пересуваннями різних категорій. В [14] запропонований спосіб формалізації схеми станції, який не вимагає розбивки горловин на елементи. Для відображення пересувань складається таблиця маршрутів, яка доповнюється таблицею з інформацією схрещування маршрутів. Водночас, процес складання таких таблиць досить складний та кропіткий, особливо при проектуванні та моделюванні великих станцій. Крім того, в даній моделі не враховується можливість посекаційного розмикання маршрутів.

На сортувальних гірках виконується формування і розформування поїздів, від якості роботи яких залежать багато важливих показників функціонування сортувальних станцій. Тому під час дослідження процесу сортування на гірках завжди є актуальним. Досить велика кількість наукових робіт присвячена саме розробкам моделей для сортувальних гірок, серед яких особливу увагу приділяють роботи вчених ДШТА: Бобровського В.І., Мухи Ю.О., Жуковицького І.В. Шафіта Є.М. Так, у [15-17] розроблена імітаційна модель скочування відчеплень із сортувальної гірки, а також комплекс моделюючих програм для ЕОМ. При цьому запропонована

доволі цікава модель процесу гальмування відчеплень на уповільнювачах та методика апроксимації поздовжнього профілю сортувальної гірки. Роботи [18-21] присвячені розробці моделей сортувальних гірок для дослідження різноманітних систем автоматизованого керування сортувальним процесом, та особлива увага була приділена моделюванню роботи оснащення гіркової автоматики. Результатом цих досліджень стала успішно впроваджені на ряді сортувальних станцій розробка декількох автоматизованих гіркових систем [21].

Новий об'єктно-орієнтований підхід до побудови моделі станції перекладений в [22]. При побудові моделі станція розглядається, як система масового обслуговування (СМО); поняття об'єкта в даній моделі використовується для відображення технологічних обладнань, що виконують обслуговування елементів колійного розвитку станції (канали-об'єкти) і клієнтів (сервери-об'єкти). При цьому самі об'єкти виконують роль автоматів, що володіють чітким переліком впливів і набором внутрішніх станів, що приводять до переходу автомата різні види стану. Схема колійного розвитку станції представлена двома структурами: списком зв'язків колійного розвитку і списком елементів між ними. Керування моделлю здійснюється програмою розпорядником, що виконує спостереження за наявним станом кожного об'єкта і при виникненні зовнішнього впливу міняє його стан. За результатами моделювання здійснюється побудова плану-графіка роботи станції за допомогою пакета *AutoCAD*. Розвиток засобів обчислювальної техніки, а також перехід до нової інформаційної технології керування поклали початок роботам зі створення так званих імітаційних систем. В роботі Козлова І.Т. [23] розроблена методика побудови імітаційних моделей, що дозволяє визначити пропускну спроможність транспортних систем.

У даній роботі транспортний об'єкт або станція представляється формалізованим описом його обладнань, змінних засобів і системи оперативного керування роботою. Реальну систему оперативного керування і, зокрема, визначення черговості обробки заявок в імітаційній моделі запропоновано відбивати алгоритмами, за допомогою яких вибираються рішення конфліктних ситуацій. В [23] виділено 4 типу конфліктних ситуацій і запропоновані правила їх рішення. Реалізація цих

правил являє собою досить складну задачу, яке проте, не вирішує проблему вибору черговості у всім різноманітті конфліктних ситуацій.

Так в [24, 25] для вирішення конфліктних ситуацій, що виникають при виборі черговості пересувань, пропонується набір правил, що визначають пріоритетність готування маршрутів руху.

В [26] ЛСА запропоновано використовувати для моделювання еталонної діяльності ОДП у ситуаційному тренажері чергового по станції. При цьому оцінка рівня підготовки працівника виконується на основі порівняння показників, отриманих у результаті проведеного їм тренування з показниками еталонної моделі діяльності.

Останнім часом у ДПТі ведеться інтенсивна робота зі створення ергатичних імітаційних моделей станцій. Так в роботі Бобровського В.І. [27] описується ергатична модель сортувальної станції, яка використовується в тренажері ДСП. Технологічний процес обслуговування поїздів формалізований на основі сітьових графіків обробки об'єктів на станції. При цьому певні операції (розформування, огляд, закріплення і ін.) можуть початися тільки після відповідної команди людини. У процесі моделювання людина готує маршрути проходження локомотивів та поїздів, що дає змогу максимально наблизити імітаційну модель станції до реальних умов.

У роботах [28, 29] викладена методика побудови функціональних моделей розв'язок ліній у вузлах. При цьому розв'язка розглядається як керована СМО, у якій порядок пропуску поїздів визначається диспетчером та не є постійним. З цією метою в розробленій моделі передбачені спеціальні засоби для інтерактивного керування пропуском поїздів.

При розробці моделі сортувальної гірки в [30, 31] вона також розглядалася як ергатична система, складеним елементом якої є гірковий оператор, що виконує функції керування процесом і контролю розпуску составів. З цією метою до складу моделі сортувальної гірки введена інформаційна модель, яка використовується оператором при моделюванні для передачі керуючих команд по розпуску состава і контролювання поточної ситуації. Розроблена ергатична модель може

використовуватися як для створення тренажерів для навчання гіркових операторів [30], так і для удосконалювання конструкції і технічного оснащення самих сортувальних гірок.

У роботах [28, 31, 32, 33] науковцями ДПТА розроблена загальна структура імітаційної ергатичної моделі залізничної станції, а також методика побудови її структурних підсистем. В [32] наведені також результати практичної апробації розробленої ергатичної моделі підсистеми розформування однієї з великих сортувальних станцій для рішення оптимізаційних задач.

1.4 Постановка задачі підвищення ефективності проектування колійного розвитку станцій

При оцінці проектних рішень, спрямованих на підвищення ефективності роботи залізничних станцій, виникає задача прогнозування їх техніко-експлуатаційних показників. Ефективним засобом отримання достовірного прогнозу показників роботи залізничних станцій в різних експлуатаційних умовах є ергатичні моделі, які дозволяють адекватно моделювати функціонування станцій будь-якого типу без обмежень за структурою їх технічного оснащення і складності технологічних процесів.

Аналізуючи проектні рішення необхідно звернути увагу на їх техніко-експлуатаційні показники. Для отримання прогнозу показників роботи залізничних станцій використовують ергатичні моделі, які дають можливість моделювання станцій без обмежень структури і складності технологічного процесу.

Однією з основних проблем, що виникають при побудові подібних моделей для конкретних станцій, є складність і трудомісткість підготовки даних для створення системи станційної автоматики і моделей колійного розвитку. Це пов'язано зі складністю структури відповідних підсистем станції, кожна з яких характеризується значною кількістю взаємозв'язаних елементів колійних ділянок, світлофорів, стрілочних переводів, ізолюваних секцій та ізолюваних стиків, тощо. Крім того, суттєві труднощі також викликає визначення довжин колійних ділянок, оскільки масштабні плани існуючих станцій, найчастіше взагалі відсутні.

Під час побудови моделей виникають проблеми в складності і трудомісткості підготовки даних для створення моделей колійного розвитку і системи станційної автоматики.

У цьому зв'язку доцільно використовувати розроблену на кафедрі «Транспортні вузли» систему інтегрованих математичних моделей для параметричного синтезу та аналізу станцій, взаємозв'язок між якими наведено на (рисунку 1.3)

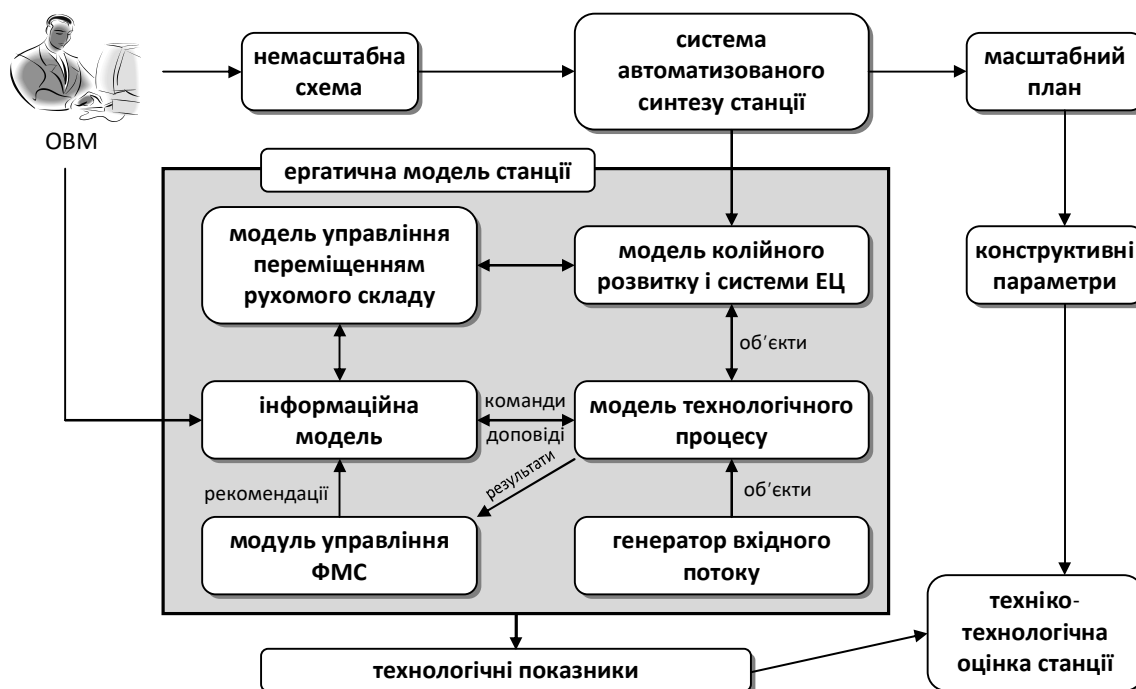


Рисунок 1.3 – Система інтегрованих моделей для параметричного синтезу і аналізу залізничних станцій

Розроблений комплекс забезпечує можливість графічного вводу в ЕОМ немасштабних схем станцій, побудови креслень і підготовки даних для побудови функціональних моделей, автоматизацію параметричного синтезу планів їх колійного розвитку, визначення конструктивних параметрів колійного розвитку та системи електричної централізації. Ергатичні функціональні моделі станцій дозволяють отримувати достовірну оцінку їх техніко-технологічних параметрів.

2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ

В сучасних умовах станція «К» переробляє близько 5 % від загального обсягу вантажообігу України. Тому підтримка відповідного рівня техніко-технологічних параметрів даної станції на потрібному рівні є актуальною задачею.

Станція К за своїм основним призначенням та характером роботи є вантажною станцією, а за обсягами і складністю роботи відноситься до станції I класу.

Безпосередньо до станції примикає одноколіїний перегін «Ч-К», який обладнаний засобами двобічного автоблокування. Також до станції примикають «Зерновий», «Вугільний» та «Рудний» парки, з яких надходять на станцію і відправляються на підприємство подачі місцевих вагонів для виконання вантажних операцій.

2.1 Спеціалізація парків станції

Колійний розвиток вантажної станції складається з чотирьох парків:

- приймально-відправного парку;
- зернового парку;
- вугільного парку;
- рудного парку.

Приймально-відправний парк складається з 5 колій, призначених для прийому вантажних поїздів, що надходять на станцію у розформування з підходу Ч та відправлення поїздів на Ч, що надходять з парків. У парній горловині парку розташований тупик №5а. Діапазон довжин колій парку від 740 до 917 м.

Зерновий парк складається з 9 колій (№ 32-39), призначених для зважування груп вагонів, підбір вагонів по родах вантажу, відбір тих вагонів, в яких фактична вага не співпадає з вказаною в документах та взятті проб зерна на лабораторні дослідження. Діапазон довжин колій у парку від 450 до 714 м.

Вугільний парк складається з 7 колій (№ 80-86), на яких накопичуються вагони після вивантаження залізорудного концентрату, вагони, що очікують вивантаження металу та вагони, що очікують навантаження вугілля. Довжина колій змінюється в діапазоні від 434 до 894 м.

Рудний парк складається з 6 колій (№ 60-65), призначених для накопичення вагонів, які розвантажують на ВО-1 та СРВ-4. Довжина колій змінюється в діапазоні від 221 до 327 м.

Мінеральні добрива накопичуються на виставочних коліях № 8, 9, 12, 17.

2.2 Технічне оснащення станції

Залежно від обсягу та характеру роботи станції мають наступне технічне оснащення:

- колійний розвиток для поїзної, маневрової, сортувальної та вантажної роботи;
- пристрої сигналізації, централізації, блокування та зв'язку;
- пристрої для сортування вагонів та маневрові засоби;
- службово-технічні будівлі та споруди;
- будівлі та споруди для обслуговування пасажирів (вокзали, каси, пасажирські платформи, приміщення для приймання, зберігання та видачі багажу та ручної поклажі, засоби сервісу та інформатизації);
- вантажні пристрої (склади, перевантажувальні платформи та майданчики для навантажувальних та великовагових вантажів, вагонні ваги, контейнерні майданчики, споруди для вантажно-розвантажувальних робіт та ін.);
- влаштування механічного закріплення та захисту від випадкового відходу вагонів зі станційних колій;
- засоби автоматизації технологічних процесів;
- засоби забезпечення техніки безпеки;
- пристрої для освітлення, протипожежної безпеки та водопостачання;
- вагонні та локомотивні депо, пункти технічного та комерційного огляду вагонів, екіпірування та технічного обслуговування локомотивів.

Станції колії називаються станційними коліями, які включають: головні, приймально-відправні, витяжні, сортувальні, гірничі, вантажно-вивантажувальні, деповські, а також ходові колії для локомотивів, сполучені колії стоянки пожежних та відновлювальних поїздів, окремих пасажирських вагонів, вагові, перевантажувальні колії. До станційних колій також відносяться колії спеціального

призначення: під'їзні колії, запобіжний глухий кут, що вловлюють глухий кут. На великих станціях шляху, призначені до виконання однорідних операцій, об'єднують у групи, звані парками колій.

Головні колії на станціях є продовженням колій прилеглих перегонів. Поїзди, що прямують через станцію без зупинки, пропускаються, як правило, головними коліями.

Для забезпечення організації прийому та відправлення поїздів, а також диспетчерського керівництва маневровою роботою, вантажна станція обладнана такими засобами зв'язку:

- двосторонній сповіщальний парковий зв'язок;
- радіозв'язок;
- внутрішньостанційний розпорядничий прямий телефонний зв'язок;

Сигнали і стрілки приймально-відправного парку станції обладнані сигналами релейного типу із центральними залежностями та пристроями електричної централізації стрілок. Колії приймально-відправного парку № 1,3 обладнані контактною мережею.

Стрілки зернового, рудного та вугільного парків станції не обладнані пристроями електричної централізації стрілок та переводяться сигналістами.

На території станції також розташоване локомотивне господарство. У локомотивному депо виконується технічне обслуговування й екіпірування всіх поїзних локомотивів – електровозів і тепловозів. На території депо виконується екіпірування маневрових тепловозів.

Для пересилання документів станція обладнана пневмопоштою.

На території парків станції розташовано 12 вантажних фронтів, характеристика яких наведена в таблиці 2.1

Для виконання маневрової роботи з обробки вантажних поїздів, подачі та прибирання вагонів на вантажні пункти, на підприємстві є парк маневрових локомотивів. Для пересування вагонів в процесі розвантаження на вантажних фронтах станцій розвантаження вагонів СРВ-1, 2, 3 є 4-вісні вагоноштовхачі з електрогідравлічним приводом в кількості 4 одиниці. На вантажному фронті станції

розвантаження вагонів СРВ-4 для пересування вагонів в процесі розвантаження використовується маневровий візок.

Таблиця 2.1- Характеристика вантажних фронтів станції

№ п/п	Вантажний фронт	Назва вантажу	Вантажна операція
1	Вагоноопрокидувач ВО-1	окатиш	вивантаження
2	Станція розвантаження вагонів СРВ-4	вугілля	вивантаження
3	Вагоноопрокидувач ВО-2	залізорудний концентрат та антрацит	вивантаження
4	Колія № 86	залізорудний концентрат, антрацит	вивантаження
5	Колія № 90	метал	вивантаження
6	Колія № 91	метал	вивантаження
7	Станція розвантаження вагонів СРВ-1	сульфат, карбамід, азафоска	вивантаження
8	Станція розвантаження вагонів СРВ-2	сульфат, карбамід, азафоска	вивантаження
9	Станція розвантаження вагонів СРВ-3	пшениця, кукурудза	вивантаження
10	Станція розвантаження вагонів СРВ-5	ячмінь	вивантаження
11	Вугільноавантажувальна машина ВНМ-1	вугілля	навантаження
12	Вугільноавантажувальна машина ВНМ-2	вугілля	навантаження

2.3 Характеристика експлуатаційної роботи

Основні показники експлуатаційної роботи залізниць визначаються за кількістю вагонів, локомотивів. Чисельність вагонів виявляється у фізичних та умовних одиницях. Фізичною одиницею вважається кожен вагон незалежно від кількості осей та вантажопідйомності. Умовними одиницями вимірюють довжину складу.

Показники експлуатаційної роботи залізниць поділяються на кількісні та якісні. Кількісні показники характеризують обсяги перевезень пасажирів і вантажів, а також роботу рухомого складу, до них відносяться:

- кількість перевезених пасажирів
- пасажирообіг, кількість завантажених та вивантажених вагонів

- вантажообіг, пробіги вагонів, локомотивів, поїздів, вантажонапряга

Навантаження та вивантаження враховують у фізичних вагонах і тоннах, вантажообіг – у тонно-кілометрах нетто (*т-км*), пасажирообіг – у пасажирокилометрах (*пас.-км*). Пробіги рухомого складу вимірюються у вагонокилометрах (*ваг.-км*), локомотиво-кілометрах (*локомотиво-км*), поїздокилометрах (*поїздо-км*).

Якісні показники характеризують використання рухомого складу. До них відносяться: швидкість руху поїздів, обіг вагона, середньодобовий пробіг і продуктивність вагонів, локомотивів, статичне та динамічне навантаження вагона, продуктивність праці та собівартість перевезень. Швидкість руху поїздів відображає рівень технічної озброєності залізниць та якість організації руху. З підвищенням швидкості руху поїздів скорочуються терміни доставки вантажів, прискорюється проїзд пасажирів, покращується використання вагонів та локомотивів, збільшується провізна спроможність ліній. При цьому залежно від структури показників швидкість буває чотирьох видів: ходова, технічна, дільнична, маршрутна. Ходова швидкість - це швидкість руху поїзда без урахування часу на зупинки, а також на розгін та уповільнення в дорозі. Технічна швидкість враховує витрати часу на розгін та уповільнення. Дільнична швидкість включає витрати часу на розгін, уповільнення та зупинки на проміжних станціях. Маршрутна швидкість є середньою швидкістю руху на напрямку з урахуванням розгонів, уповільнень, стоянок на проміжних технічних станціях та виражає відстань, що проходить поїздом за добу.

Обіг вагона є час (сут.), що витрачається вагоном з початку (закінчення) однієї навантаження до початку (закінчення) наступного навантаження. Середньодобовим пробігом вагона називається середня відстань, яку він проходить за добу.

Середньодобовим пробігом локомотива називається відстань, що проходить у середньому одним локомотивом на добу, продуктивністю локомотива - число тонно-кілометрів брутто, що у середньому однією локомотив на добу. Цей показник відображає ефективність використання локомотивного парку.

Показники експлуатаційної роботи застосовуються для оцінки та аналізу діяльності залізниць, визначення потреби у рухомому складі, а також аналізу економічних результатів роботи залізничного транспорту

Подальше підвищення ефективності експлуатаційної роботи станцій пов'язані з вирішенням наступних проблем:

1. Бізнес-інтереси організаторів перевізного процесу не співпадають із бізнес-інтересами інфраструктурних господарств (у кожного свої показники оцінки кількості та якості роботи).

2. Слабкий зв'язок планового бюджету залізниць із плановими обсягами перевізної роботи на їх полігоні та відсутність скоординованого моніторингу їх реалізації призводить до неоптимального розподілу ресурсів.

3. Нормативний графік руху вантажних поїздів, що розробляється на рік, не завжди відповідає реальним обсягам перевізної роботи, що характеризується значними коливаннями всередині планового періоду, що знижує ефективність його використання як базовий елемент у моделі розрахунку експлуатаційних витрат.

4. Відсутність автоматизованої системи контролю та управління вантажною та комерційною роботою, що призводить до непродуктивних втрат часу та додаткових експлуатаційних витрат при виконанні початково-кінцевих операцій.

5. Низька надійність планування своєчасності доставки вантажів та пасажирів через наднормативну кількість технічних та технологічних відмов, а також попереджень про обмеження швидкості руху поїздів.

6. Відсутність єдиного інформаційного простору при інтермодальних перевезеннях на полігоні транспортної мережі Росії для реалізації логістичних схем перевезення від дверей до дверей і точно в термін.

7. Низька достовірність інформації про стан об'єктів управління через велику частку її ручного введення.

Відповідно до плану формування і графіка руху поїздів станція «К» виконує наступні операції:

- приймання, відправлення та формування місцевих поїздів;
- подачу та прибирання вагонів з парків станції;
- зважування вагонів на тензометричних вагах;
- обслуговування вантажних фронтів;
- приймання та здавання вантажу, оформлення перевізних документів;

– передачу вантажів між державами через автоматизовані робочі місця агента по передачі вагонів (АПВ).

2.3.1 Технологія роботи приймально-відправного парку станції

Вагони, призначенням на станцію К, прибувають маршрутами і у складі розбірних поїздів. Нижче приведена технологія маневрових операцій з розформування поїздів, що прибувають на станцію. Розформування поїздів, які прибули на станцію виконується після завершення приймально-здавальних операцій та обробки состава поїзда по прибуттю бригадами ПТО і ПКО.

Маршрути окатишів, залізорудного концентрату і вугілля.

Окатиші або вугілля, прибуваючі під вивантаження на вагоноперекидач №1 (далі ВО-1), на станцію розвантаження вагонів №4 (далі СРВ-4) і ЗБК на вагоноперекидач № 2 (далі ВО-2) і вивантажувальну колію № 86 прибувають маршрутами по 52 вагони у складі. Обробка маршрутів може бути виконана по одному з наведених варіантів:

Локомотив подається під состав зі сторони вхідної горловини. Після випробування автогальм в групі вагонів, відповідної по довжині місткості колії «рудного» парку, на який планується перестановка групи, виконуються маневри з перестановки. Перестановка вагонів на колію «вугільного» парку з одним локомотивом виконується групами до 30 вагонів.

Перестановка вагонів з колій приймально-відправного парку безпосередньо на вантажні фронти ВО-1 і СРВ-4 виконується групами, відповідної фронту постановки довжини, одним локомотивом. При цьому, локомотив подається під состав зі сторони вхідної горловини і після випробування гальм відбувається перестановка шляхом витягування групи вагонів на витяжні колії № 41 або № 51 і осаджування вагонів на відповідний вантажний фронт.

Маршрути з мінеральним добривом

Мінеральне добриво, прибуваюче під вивантаження на станцію розвантаження вагонів № 1 і № 2 (далі СРВ-1 і СРВ-2), надходить маршрутами по 60 вагонів в составі. Обробка маршрутів може бути виконана по одному з наведених варіантів:

– Два виділені локомотива для даних маневрів, подаються під состав з сторони вхідної горловини. Подача локомотивів може виконуватись по одній з вільних приймально-відправних колій, по вільним виставним коліям № 12,17,19 і ходовій № 22. Після випробування автогальмі відбувається осаджування состава чи групи вагонів на виставні колії № 8 або № 9. Частина вагонів може бути переставлена на виставкові колії № 12,17;

– Локомотив подається під состав зі сторони вхідної горловини. Після випробування автогальм в групі вагонів, яка відлягає перестановці, ця група витягується на витяжні колії № 41 або № 51 і осаджуються на виставні колії № 12,17 або безпосередньо на виставні колії № 13 і № 20.

– Локомотив подається під состав зі сторони виставних колій № 7-10. Після випробування автогальм в групі вагонів, яка підлягає перестановці, ця група вагонів витягується на виставні колії № 8-10 і осаджуються на виставні колії №12,17 або безпосередньо на вивантажувальну колію № 13.

Змішані (розбірні) поїзда з зерновим вантажем.

Зернові вантажі, які прибули на станції вивантаження вагонів № 3 і № 5 (далі СРВ-3 і СРВ-5), надходять в складі змішаних поїздів з кількістю вагонів від 50 до 55. Обробку маршрутів доцільно виконувати по наступній схемі: виділений для даних маневрів локомотив подається під состав зі сторони виставних колій №7-10. Після випробування автогальмі відбувається витягування групи до 22 вагонів на витяжну колію № 10а. Після цього, маневровий состав осаджується на вагову колію № 32 таким чином, щоб вагон при тепловозі знаходився за тензометричними вагами. Зважування вагонів виконується під час зворотного напіврейсу витягування вагонів на витяжну колію № 10а. Далі методом осаджування вагонів на колії № 33-36 виконується підбір вагонів по родам вантажу та вантажним фронтам СРВ-3 і СРВ-5. Вагони, фактична вага вантажу яких не відповідає вказаному в документах, відставляють на колію № 36 до виконання всіх формальностей, які пов'язані з отриманням дозволу на вивантаження. З вагонами состава, які залишились, маневрові операції з розформування повторюються.

2.3.2 Технологія виконання маневрових операцій з подачі-прибирання вагонів на вантажні fronti

Подача вагонів на вантажний фронт ВО-1 виконується маневровим локомотивом. подача вагонів здійснюється вагонами вперед з боку стрілочного переводу № 65. Локомотив, що подає вагони, через одну із вільних колій «рудного» парку та тупик № 70 подається на один із колій під сформовану подачу, де і відбувається випробування автогальм. Після подачі вагонів на колію № 25, складач встановлює вагони в пристрій для закріплення вагонів ВО-1. Після виконання зазначених операцій починається вивантаження вагонів даної подачі, а маневровий локомотив, що подав вагони, прибирається.

На ВО-2, розташованому на колії № 88 та вантажному фронті колії № 86, відбувається вивантаження з піввагонів залізорудного концентрату і, при необхідності, інших вантажів. На ВО-2 можуть розвантажуватися напіввагони різних типів довжиною по осях автозчеплення 13,92 м.

Вагони, що вивантажують на ВО-2 і на колії № 86 накопичуються на коліях «вугільного» парку № 80 - 84 відповідно до місткості даних колій.

Перед ВО-2, з боку витяжної колії № 89, розташований розморожуючий пристрій вантажу у вагонах (надалі - «тепляк») в зимовий час, місткістю 10 вагонів. наявність цього пристрою впливає на величину подач вагонів, що подаються під вивантаження. Якщо вантажний фронт і «тепляк» вільні, то максимальне число вагонів у подачі складає 20 по довжині ділянки колії № 88. Входити в «тепляк» складачу забороняється. Формування подач вагонів на ВО-2 і колія № 86 виконується в «вугільному» парку локомотивом, що подає вагони на ВО-2 через витяжну колію № 89 або локомотивом у горловині «вугільного» парку з боку приймально-відправного парку.

Маршрут витягування вагонів з колій «вугільного» парку, при перестановці, повинен готуватися за напрямом витяжної колії № 106 або колії № 22.

Подача вагонів на вантажний фронт ВО-2 виконується маневровим локомотивом. подача вагонів здійснюється вагонами вперед. Локомотив, що подає вагони через витяжну колію № 89, прямує на одну з колій «вугільного» парку під

сформовану подачу або групу, кількість вагонів в якій перевищує або дорівнює числу вагонів у подачі, де і відбувається випробування автогальм у поданих вагонах. Після подачі вагонів на колію № 88 через витяжну колію № 89 складач з'єднає знову подані вагони з раніше поданими. Після виконання зазначених операцій триває вивантаження вагонів, а маневровий локомотив, що подає вагони, прибирається.

Прибирання вагонів з вантажного фронту ВО-2 виконується маневровим локомотивом. Локомотив, що прибирає вагони, подається на колію № 88 і після закінчення вивантаження 20 вагонів або всіх вагонів, що залишилися на вантажному фронті кількістю до 20-ти, витягує вагони за напрямком колії № 106 для того, щоб не переривати вантажні операції на ВО-2. Перед витягуванням вагонів відбувається випробування автогальм з наступним осаджуванням порожніх вагонів на шляху «вугільного» парку для відбору з числа вивантажених вагонів придатних під навантаження вугілля на вагононавантажувальній машині.

Якщо взяття проб для лабораторних аналізів виконується безпосередньо на колії № 21, то переміщення вагонів у процесі взяття проб може виконуватися як штовхачем, так і локомотивом. Після взяття проб дальній від штовхача вагон повинен бути встановлений маневровим локомотивом на позицію вивантаження, тому що штовхач тільки штовхає, а не тягне. Якщо переміщення вагонів при взятті проб виконувалося штовхачем, то після цих операцій штовхач прибирається в тупик № 40, а на колію № 21 для установки вагонів подається маневровий локомотив.

Відмінністю процесу виконання вантажних операцій на СРВ-5 є відсутність штовхача, тому ці функції виконує маневровий локомотив. Локомотивом переміщуються вагони як у процесі взяття проб зерна (при необхідності), так і в процесі вивантаження вагонів. При переміщенні вагонів у процесі вивантаження на СРВ-3 і СРВ-5 маневровими локомотивами, маневрами керує складач поїздів виключно за вказівкою працівників СРВ.

Більш кращим варіантом прибирання вагонів з вантажних фронтів СРВ-3 і СРВ-5 є прибирання безпосередньо на колії приймально-відправного парку. При цьому після прибирання штовхача з колії № 21 СРВ-3 в тупик № 40 на колію

подається локомотив і після випробування автогальм витягує вагони на шлях № 10а і осаджує на один із колій приймально-відправного парку. Аналогічним чином відбувається прибирання вагонів з колії № 39 СРВ-5 локомотивом, який здійснив подачу вагонів.

2.4 Обсяги роботи станції

Відмінною ознакою сучасних умов роботи залізниці є суттєва нерівномірність обсягів виконуваної роботи, як між роками, так і між місяцями. Нерівномірність перевезень значно впливає на роботу станції та показники її функціонування.

Для визначення розрахункових обсягів роботи вантажної станції «К» були проаналізовані основні показники роботи станції за останні 4 роки, які наведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Динаміка зміни обсягів роботи станції

Рік	Вид вантажу, ваг. за добу								Всього
	Ока-тиші	Ву-гілля	ЗРК	Метал	Міне-рали	Пше-ниці	Куку-рудза	Ячмінь	
2017	111	25	203	35	104	70	34	68	650
2018	126	18	238	42	98	84	24	70	700
2019	140	39	243	55	102	84	55	62	780
2020	148	33	267	46	139	92	46	89	860

Спрогнозуємо обсяг роботи у 2021 році. Для цього використаємо метод інтерполяції. Данні про зміну вагонопотоку К на станції по роках експлуатації t (дивитись таблицю 2.3).

Функцію вагонопотоку запишемо у вигляді функції:

$$\Delta B(t) = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2, \quad (2.1)$$

де ΔB – зміна вагонопотоку;

t – пройдений час після початкового моменту;

a – коефіцієнт.

Таблиця 2.3 - Зміна вагонопотоку К по роках експлуатації t

Зміна вагонопотоку для вантажів	Пройдений час після початкового моменту, t		
	1	2	3
Окатиші	15	24	37
Вугілля	-7	3	10
ЗРК	35	40	80
Метал	7	13	11
Мінерали	-6	9	20
Пшениця	14	9	25
Кукурудза	-10	14	16
Ячмінь	2	4	11

Складемо систему рівнянь:

– для окатишу:

$$\begin{cases} a_0 + a_1 \cdot 1 + a_2 \cdot 1^2 = 15, \\ a_0 + a_1 \cdot 2 + a_2 \cdot 2^2 = 24, \\ a_0 + a_1 \cdot 3 + a_2 \cdot 3^2 = 37. \end{cases}$$

Звідки: $a_0=10$, $a_1=3$, $a_2=2$.

Тоді інтерполяційний багаточлен буде мати вигляд:

$$\Delta B(t) = 10 + 3t + 2 \cdot t^2$$

Знайдемо, на скільки у 2021 році зміниться вантажопотік окатишу у порівнянні з 2017 роком ($t = 4$)

$$\Delta B(t) = 10 + 3 \cdot 4 + 2 \cdot 4^2 = 54$$

Тоді прогнозований обсяг перевезень окатишу у 2021 році складатиме

$$B = B_0 + \Delta B, \quad (2.2)$$

де B – розмір вагопотоку у 2021 році;

B_0 – розмір вагопотоку у 2017 році.

$$B = 111 + 54 = 165 \text{ ваг.}$$

Прогнозований обсяг перевезень по родах вантажу наведений у Додатку Е, на рисунку 1.4, а результати розрахунків наведені в таблиці 2.4

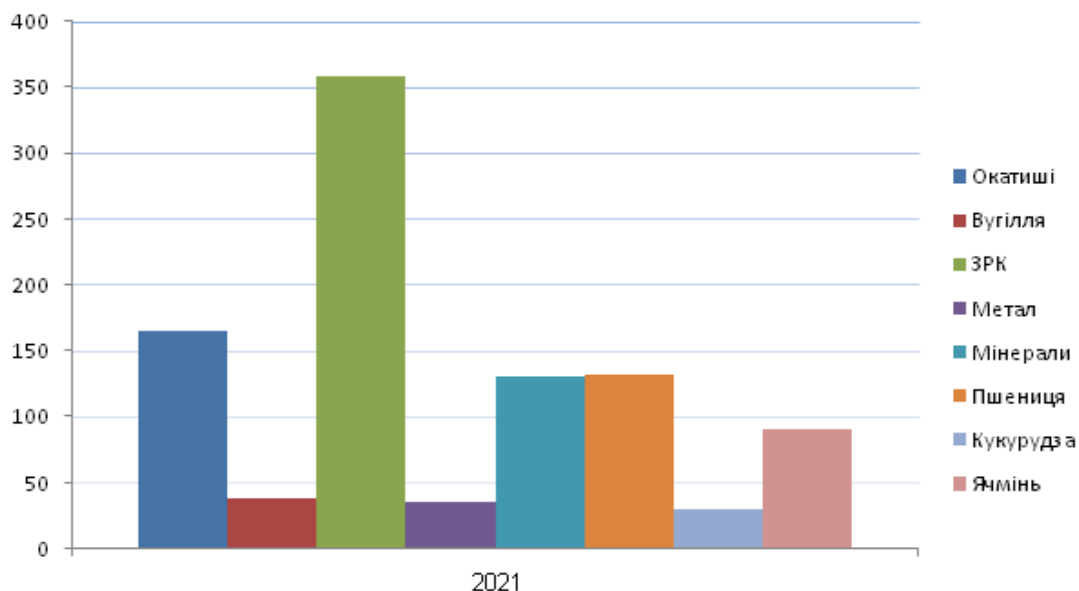


Рисунок 1.4 – Прогнозований обсяг перевезень по родах вантажу у 2021 році

Таблиця 2.4 – Прогнозований обсяг перевезень по родах вантажу у 2021 році

Прогнозований обсяг перевезень у 2021 році	Вид вантажу, ваг. за добу								Всього
	Окаатиші	Вугілля	ЗРК	Метал	Мінерали	Пшениця	Кукурудза	Ячмінь	
B	165	39	358	36	131	132	30	91	982

Аналіз приведених даних показує, що спостерігається тенденція росту обсягів перевезень.

Динаміка зміни обсягів роботи станції наведена на рисунку 1.5

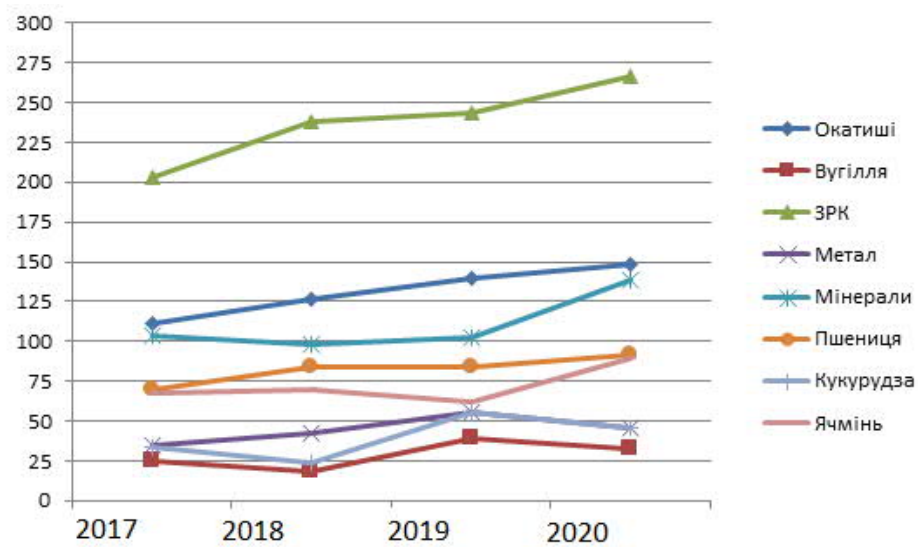


Рисунок 1.5 – Прогнозований обсяг перевезень по родах вантажу у 2021 році

Розрахункова маса вантажного поїзда в основному залежить від сили тяги поїзного локомотива і від керівного ухилу на ділянці. Тому, визначимо вагу вантажного поїзда:

$$Q = \frac{F_{кр} - (w'_0 + i_p)P}{w''_0 + i_p}, \quad (2.3)$$

де $F_{кр}$ - розрахункове значення дотичної сили тяги, кгс;

P - розрахункова маса локомотива, т;

w'_0 - основний питомий опір руху локомотива, кгс/т;

w''_0 - основний питомий опір руху состава, кгс/т;

i_p - розрахунковий підйом, ‰;

Питомі опори руху локомотива і поїзда визначаються відповідно по формулах:

$$w'_0 = 1,9 + 0,01V_p + 0,0003V_p^2, \quad (2.4)$$

$$w_0'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1V_p + 0,0025V_p^2}{q_0}, \quad (2.5)$$

де V_p - швидкість на розрахунковому підйомі, км/г;

q_0 - навантаження від осі вагона на рейку, тс.

Довжина поїзда з урахуванням довжини локомотива визначається по формулі:

$$L_{\Pi} = m_{\text{ваг}} l_{\text{ваг}} + l_{\text{лок}}, \quad (2.6)$$

де m_c - число вагонів в складі;

$l_{\text{ваг}}$ - довжина вагона по осям автозчіпки, м;

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

Число вагонів у складі поїзда може обмежуватися корисною довжиною приймально-відправних колій чи силою тяги локомотива. Тому прийняте число вагонів у складі поїзда повинне відповідати мінімальному з двох розрахованих значень:

$$m_{\text{ваг}} = \min(m_F; m_L), \quad (2.7)$$

де m_F - состав поїзда, розрахований виходячи з сили тяги локомотива;

m_L - состав поїзда, розрахований виходячи з корисної довжини колії.

Число вагонів в складі поїзда, що обмежується силою тяги локомотива визначається за формулою (2.8)

$$m_F = \frac{Q}{q_{\text{ваг}}} \quad (2.8)$$

де Q - вага поїзда, t ;

$q_{\text{ваг}}$ - вага вагона, t .

Число вагонів в составі поїзда з урахуванням корисної довжини колії визначається за формулою (2.9)

$$m_L = \frac{L_{\text{кор}} - l_{\text{лок}} - a}{l_{\text{ваг}}}, \quad (2.9)$$

де $L_{\text{кор}}$ - корисна довжина колії, 917 м.

a - допуск на неточність установки поїзда в межах корисної довжини колії, 10 м.

Вихідні дані прийняті згідно з Додатком А, таблиця А.2, необхідні для визначення маси і довжини вантажних поїздів, приведені в таблиці 2.5

Таким чином, довжина вантажного поїзду не перевищує корисної довжини приймально-відправних колій і в наступних розрахунках значення m_c приймається рівним 55 вагонів.

Таблиця 2.5 - Дані і норми до визначення маси і довжини поїзда

параметри	позначення	значення
		Б-Р
довжина вагона, м	$l_{\text{ваг}}$	15,0
середня вага вагона, т	$q_{\text{ваг}}$	65,0
навантаження від осі вагона на рейку, т	q_0	15,0
серія поїзного локомотива	-	ВЛ-80
довжина локомотива, м.	$l_{\text{лок}}$	27,52
маса локомотива, т	P	184,0
дотикова сила тяги, кгс	$F_{\text{кр}}$	46500
розрахунковий ухил, ‰	i_p	10,8
швидкість на розрахунковому ухилі, км/г	V_p	43,3

Результати розрахунків маси та довжини поїздів, що обертаються по ділянці наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Результати розрахунків маси та довжини поїздів

Параметри	К-Ч
$w'_0, кгс/м$	2,90
$w''_0, кгс/м$	1,50
$Q, т$	3575
$m_F, ваг.$	55
$m_L, ваг.$	58
$m_c, ваг.$	55
$L_{п}, м$	852,52

Число поїздів, що поступають на станцію та відправляються з неї визначається за формулою

$$N = \frac{n}{m_{\text{ваг}}}, \quad (2.10)$$

де n – розрахунковий вагонопотік.

Тобто, кількість поїздів дорівнює:

$$N = \frac{982}{55} = 17,85 \text{ приймаємо } 18 \text{ поїздів}$$

Необхідна пропускна здатність лінії, що примикає до станції, визначається за формулою:

$$N_{п} = \alpha (N_{в} + N_{\text{пас}} \varepsilon_{\text{пас}} + N_{\text{зб}} (\varepsilon_{\text{зб}} - 1)), \quad (2.11)$$

де α - коефіцієнт резерву пропускної здатності ($\alpha=1,15\dots1,20$);

$N_{в}$ - кількість вантажних поїздів на даній лінії ;

$N_{\text{пас}}$ - кількість пасажирських поїздів на лінії ($N_{\text{пас},0}$);

$N_{\text{зб}}$ - кількість збірних поїздів на лінії ($N_{\text{зб},0}$);

$\varepsilon_{\text{пас}}, \varepsilon_{\text{зб}}$ - коефіцієнт зйому вантажних поїздів відповідно пасажирськими та збірними поїздами ($\varepsilon_{\text{пас}}=1,3\dots1,5$; $\varepsilon_{\text{зб}}=1,5\dots2,0$).

Значення $N_{в}$, розраховане за формулою (2.10)

$$N_n=1, 2*18=21,6 \text{ пари поїздів.}$$

Приймаємо 22 пари поїздів.

Кількість головних колій на лінії, що примикає до станції, і технічні засоби регулювання інтервалів між поїздами приймаються в залежності від розрахованої необхідної пропускної спроможності.

Для прогнозованих обсягів роботи станції існуючого оснащення перегону Ч-К достатньо.

3 АВТОМАТИЗОВАНИЙ СИНТЕЗ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТАНЦІЇ

3.1 Представлення схеми станції для автоматизованого проектування

Під час аналізу математичних моделей колійного розвитку залізничного транспорту, методи прямого синтезу його оптимальної конструкції у теперішній час недостатньо розвинені. У зв'язку з чим, система моделей повинна підтримувати ітераційні процеси вдосконалення вихідного варіанту станції на основі послідовного багатократного рішення задач аналізу та синтезу.

Розглянемо геометричні моделі станції (ГМ), яка використовується для забезпечення графічного вводу у ЕОМ їх немасштабних схем, автоматизації параметричного синтезу планів колійного розвитку, побудови креслень та підготовки даних для функціонального моделювання.

Для вирішення поставленої задачі синтезу планів колійного розвитку станцій, необхідна геометрична модель, яка використовується на окремих його етапах, а також методи їх перетворення. В основі моделей закладені представлення схем станцій у вигляді оргграфів, вершинам та дуг, які ставляться у відповідні параметри [34].

Вхідна модель станції повинна забезпечувати можливість графічного вводу немасштабної схеми разом з його візуальним контролем, який дозволяє уникнути трудомісткого ручного кодування та виключити появу помилок. Графічне введення повинне доповнюватися параметризацією окремих елементів, які виконуються з використанням принципу замовчування (замість нерегламентованих параметрів використовуються їх найбільш ймовірні значення – марки стрілочних переводів, радіуси кривих, вставки та інше). Вхідна модель повинна забезпечувати можливість її автоматичного перетворення на внутрішню модель станції.

Внутрішня модель станції має відображати склад елементів станції (шляхи, сигнали, стрілочні переведення, граничні стовпчики, сполучені криві та ін.), їх взаємний взаємозв'язок та розташування, а також необхідні розміри. Дана модель призначена для автоматичного розрахунку основних параметрів колійного розвитку; вона включає канонічну модель станції та модель її горизонтальних шляхів та використовується для розрахунку плану колійного розвитку.

Канонічна модель відображає топологічну структуру станції та може бути представлена у вигляді виваженого орграфу. Вершинами орграфу ставляться у відповідність характерні точки плану колійного розвитку станції, а кожна його дуга відповідає ділянці шляху між вказаними точками. Горизонтальні шляхи станції представлені вершинами деревоподібного графа, ребра якого поставлені у відповідність задані міжколії.

Після закінчення розрахунків внутрішня модель перетворюється на вихідну, що відображає не тільки взаємне розташування елементів колійного розвитку станції у просторі, а й їхню геометричну форму та розміри. Вихідна ГМ варта візуалізації результатів розрахунку плану в інтерактивному режимі, і навіть для побудови креслень. Крім того, на базі даних вихідний ГМ визначаються будівельні та повні довжини колій, за допомогою яких можуть бути визначені показники якості проекту. Вихідна модель може бути основою для вирішення широкого кола завдань, в тому числі і для функціонального моделювання станцій з метою отримання їхньої техніко-технологічної оцінки.

Загалом інтегроване сімейство ГМ має забезпечити ітераційний процес синтезу раціональних планів станцій із заданими властивостями та найкращими характеристиками. З цією метою має бути передбачена можливість інтерактивної зміни моделей; при цьому редагування схеми станції (структурний синтез) виконується лише на рівні вхідних ГМ, а окремі її параметри (параметричний синтез) – на рівні внутрішньої ГМ. Зазначені моделі повинні мати універсальність, дозволяючи виконувати конструювання та розрахунок станцій, а також побудову їх масштабних планів для аналізу роботи за допомогою методів імітаційного моделювання.

3.1.1 Вхідна модель

Розробка схеми станції та створення її вхідної моделі характеризується найбільшим рівнем взаємодії проектувальника та ЕОМ. Тому на етапі введення в ЕОМ схеми колійного розвитку залізничної станції структура її математичної моделі має бути основою для побудови ефективного графічного редактора, орієнтованого на вирішення цієї задачі [35].

На даному етапі схема колійного розвитку представляється у вигляді

множини графічних об'єктів $\Omega_{\text{ВХ}}$. При цьому виділені такі типи об'єктів: ділянка колії e , центр стрілочного перекладу s , вершина кута повороту c , номер колії w , міжколії m , сигнал I . Кожному об'єкту ставиться у відповідності тип, екранні координати характерних точок $p = (x, y)$ та список конструктивних параметрів.

Ділянка колії (об'єкт *LINE*) описується такою структурою:

$$e = \{p_{\text{еп}}, p_{\text{ек}}, \mu_e, l\}, \quad (3.1)$$

де $p_{\text{еп}}, p_{\text{ек}}$ - початкова і кінцева точки відрізка;

μ_e – метод визначення довжини ділянки e ;

l - параметр, що характеризує довжину ділянки e .

Довжина ділянки колії e визначається відповідності до встановленого методу ($\mu_e \in [0; 6]$):

0 – довжина визначається автоматично з урахуванням аналізу схеми;

1 – довжина визначається за різницею координат суміжних точок;

2 – довжина визначається чисельним значенням l ;

3 – довжина визначається шириною міжколії l ;

4, 5, 6 – довжина визначається за умови забезпечення корисної довжини l даного шляху парку, відповідно в парному, непарному та в обох напрямках.

Центри стрілочних переводів (об'єкти *SWITCH*) та вершини кутів повороти кривих (об'єкти *CURVE*) описуються структурами:

$$s = \{p_s, N_s, m_s, T_s, c_s\}, \quad (3.2)$$

$$c = \{p_c, N_c, r_c, \mu_c, \alpha_c, N_T\}, \quad (3.3)$$

де p_s, p_c – екранні координати, відповідно, центру стрілочного переводу та вершини кута повороту;

N_c, N_s – відповідно, номер стрілочного переводу та вершини кута повороту кривої;

m_s – марка хрестовини;

T_s – тип рейки;

c_s – наявність електричної централізації;

μ_s – метод визначення кута (0 – визначається автоматично на основі аналізу схеми; 1 – задано чисельне значення; 2 – скорочене з'єднання);

a_c – величина кута повороту;

N_T – номер розрахункової вершини для розрахунку параметрів кінцевого з'єднання.

Номери колій та міжколії (об'єкти *WAY* та *MIDWAY*) представляються структурами

$$w = \{p_w, N_w\}, \quad (3.4)$$

$$m = \{p_m, g_m\}, \quad (3.5)$$

де p_w, p_m – координати точки вставки номера колії та міжколії;

N_w – номер колії;

g_m – ширина міжколії.

Сигнали (об'єкти *SIGNAL*) описуються структурою

$$q = \{p_q, N_q, d_q, k_q\}, \quad (3.6)$$

де p_q – координати вставки сигналу;

N_q – номер сигналу;

d_q – напрямок дії сигналу (0 – у напрямі, протилежному напрямку орієнтації

дуг, 1 – у напрямі орієнтації дуг);

k_q – тип сигналу (0 – щогловий, 1 – карликовий, 2 – карликовий спарений та ін.).

У пам'яті ЕОМ кожен графічний об'єкт представляється за допомогою асоціативного списку:

$$((a_1 \cdot t_1)(a_2 \cdot t_2) \dots (a_N \cdot t_N)), \quad (3.7)$$

де $a_1 \dots a_N$ – ключі, що є цифровий код параметрів, які входять у структури $t_1 \dots t_N$ – пов'язані з ключами дані.

У цілому нині математична модель є список графічних об'єктів, які записуються порядку введення схеми в ЕОМ.

Для реалізації процедур автоматизованого синтезу колійного розвитку станції найбільш підходящими є графічні моделі, основані на зважених орграфах. Базовою в системі графічної моделі є внутрішня модель станції, яка має найбільш складну структуру. До її складу входять канонічна, топологічна та параметрична моделі, а також модель горизонтальних колій станції. Топологічна модель відображає склад елементів станції (колії, стрілочні переводи, з'єднувальні криві тощо), їхнє взаємне розташування та взаємозв'язок. Параметрична модель містить данні про форму та геометричні розміри відповідних елементів. Зазначені дві моделі складають канонічну модель, яка необхідна не лише для розрахунку станції, але й у подальшому використовується для її функціонального моделювання.

Канонічна модель плану колійного розвитку має забезпечувати такі параметри:

- 1) контроль вхідних даних введеної інформації;
- 2) має мати можливість редагування окремих параметрів схеми;
- 3) має забезпечуватись аналіз, автоматичне розпізнавання типових елементів схем колійного розвитку та вибір програмних модулів для розрахунку;
- 4) побудова вихідної моделі комплексний розрахунок плану колійного

розвитку.

Під час аналізу типових структурних моделей, для відтворення процедур автоматизованого синтезу колійного розвитку станцій, найбільш вагомим є ГМ, в основі якої закладені зважені орграфи. У складі канонічної моделі станції мають бути топологічні та параметричні схеми моделювання. Топологічна модель відображає колії, стрілочні переводи, криві, тобто всі елементи станції, та їх взаємне розташування. До параметричної моделі належить інформація про геометричні розміри та форми відповідних елементів.

3.2 Топологічна модель станції

Модель являє собою орієнтований граф $G = (V, E)$, у якому виділені три підмножини вершини: V^S, V^C та V^W . Вершини $v_i \in V^S$ є центрами стрілочних переводів, вершини $v_j \in V^C$ – вершинами кутів повороту кривих (ВКП), вершини $v_k \in V^W$ – кінцями колій (КК). Дуга графа $e = (v, u)$ зазначається упорядкованою парою, яка складається з початкової v та кінцевої u вершин, її напрямок задано від вершини v до вершини u . Прийнято, що всі дуги орієнтовані зліва праворуч.

Ступінь вершини орієнтованого графа $\deg v$ визначається числом інцидентних до неї дуг:

$$\deg v = d^+(v) + d^-(v), \quad (3.8)$$

де $d^+(v) + d^-(v)$ – відповідно напівступені виходу та заходу вершини v , які визначаються як множина всіх дуг, що виходять із вершини v та заходять у неї:

$$d^+(v) = |\Gamma(v)| \text{ та } d^-(v) = |\Gamma^{-1}(v)| \quad (3.9)$$

де $\Gamma(v)$ – множина вершин, які є кінцевими вершинами дуг, у яких початковою є вершина v ;

$\Gamma^{-1}(v)$ – множина вершин, які є початковими вершинами дуг, у яких кінцевою є вершина v .

Напівступені вершин $v_i \in V^S$ орієнтованого графа G дозволяють ідентифікувати тип вершини (ЦП – $\deg v = 3$, ВК – $\deg v = 2$, КК – $\deg v = 1$), а також визначити напрямок укладання відповідних стрілочних переводів. При цьому очевидно, що максимальний напівступінь кожної вершини не перевищує двох.

З теорії графів відомо, що сума напівступенів виходу всіх вершин графа дорівнює сумі напівступенів заходу та дорівнює числу його дуг [39]:

$$\sum_{i=1}^n d^+(v_i) = \sum_{i=1}^n d^-(v_i) = m, \quad (3.10)$$

де n, m – відповідно число вершин та дуг графа G .

Це ствердження використовується для вхідного контролю даних про схему станції.

Для розділення множини вершин графа G на підмножини V^S, V^C, V^W кожному з них виділені групи номерів, які не перетинаються: $N^S = \{1, 2, \dots, 99\}$, $N^W = \{101, 102, \dots, 199\}$, $N^C = \{201, 202, \dots, 299\}$.

Для зручності аналізу схем станцій прийнято, що першим у списку для вершин $v_i \in V^S$ із напівступенем виходу $d^+(v_i) = 2$ (протишорстні переводи) вказується номер вершини u_1 , із якою ця стрілка (вершина v_i) зв'язана по прямій колії (звичайний перевід) або по правій колії (симетричний перевід); іншим у списку вказується номер іншої вершини u_2 , суміжної з v_i .

Для вершин $v_i \in V^C$ з напівступенем виходу $d^+(v_i) = 1$ (ВКП, ЦП пошорстних стрілок) другий елемент списку відсутній; для вершин $v_i \in V^W$ з напівступенем виходу $d^+(v_i) = 0$ (КК) відсутні обидва елементи списку.

3.3 Параметрична модель станції

Оргграф $G = (V, E)$ є зваженим, кожна вершина підмножин V^S, V^C, V^W характеризується деяким вектором параметрів (відповідно X^S, X^C, X^W). Зокрема, для вершин $v_i \in V^S$ (ЦП) повинні бути задані: номер колії w , тип стрілочного переводу τ_c , його напрямок S та, при необхідності, довжини прямих вставок f_p, f_b до вершин, суміжних з v_i ($X^S = \{w, \tau_c, S, f_p, f_b\}$).

Для кожної вершини v_i , розташованої на одній з горизонтальних колій, повинно бути вказано ненульовий номер w цієї колії. Належність вершини деякій горизонтальній колії дозволяє в подальшому визначити її ординату ($Y(v_i) = Y(w)$), використовуючи задані значення ширини міжколій. Якщо деяка вершина v_i не належить не одній горизонтальній колії, ті для неї приймається $w=0$.

Тип стрілочного переводу τ_c являє собою ($\tau_c=0, 1, \dots$), під яким даний стрілочний перевід записаний у таблиці характеристик. Характеристики стрілочного переводу містять марку хрестовини $1/N$, тип рейки, основні розміри (a, b), кут стрілки α , його тригонометричні функції, а також вставку k_0 .

Напрямок стрілочного переводу S дозволяє розрізнити лівосторонні ($S=0$) та правосторонні ($S=1$) стрілочні переводи.

Окрім перерахованих параметрів, в особливих випадках указують також данні про прямі вставки, які укладаються праворуч від цього стрілочного перекладу в напрямку прямої (f_p) та/або бокової (f_b) колій. Як правило, вказані прямі вставки визначаються автоматично за схемою взаємного розташування стрілок та у вихідних даних не задаються.

Їх необхідно вказувати лише в наступних випадках:

- при необхідності прийняти величину L , відмінну від конструктивної, яку встановлено інструкцією для даної схеми взаємного розташування стрілок;
- при необхідності задати довжину однієї з колій парку для переходу з лівої горловини до правої (при розрахунку координат).

У цих двох випадках вставка, що задається, являє собою позитивне число в

межах $0 < f < 9999$.

В окремих випадках, коли величина вставки f визначається шириною деякого міжколійя g , яку не можна визначити зі схеми як різницю ординат горизонтальних колій, як, наприклад, на рисунку 3.1. У цих випадках замість вставки f задається величина необхідного міжколійя g із знаком мінус ($g < 0$). Якщо ж у зазначених випадках величина міжколійя не буде задана, то за замовчуванням буде прийняте стандартне значення $g = 5,3$ м.



Рисунок 3.1- Схеми взаємного розташування стрілочних переводів, що вимагають явного завдання ширини міжколійя g

Якщо ж необхідну ширину міжколійя можна визначити як різницю ординат горизонтальних колій (рис 3.2), то величина g , навпроти, не повинна задаватися (варто вказати $f=0$).

Нарешті, у випадках, коли величина вставки повинна бути визначена як різниця координат суміжних точок, замість вставки вказується число 9999. Звичайно, це має місце, коли відстань між суміжними стрілочними переводами визначається з умови замкнутості деякого контуру в схемі, а також коли воно залежить від заданої довжини однієї з колій парку.



Рисунок 3.2 - Схеми взаємного розташування стрілочних переводів, у яких ширина міжколійя g визначається автоматично

Перераховані можливості забезпечують необхідну гнучкість при проектуванні колійного розвитку станції.

Для вершин $v_i \in V^C$ (ВКП) повинні бути задані номер колії w , радіус кривої R , при необхідності довжина прямої вставки f до вершини, суміжної з v_i , а також, в окремих випадках, кут повороту ($X^C = \{w, R, f, \alpha\}$).

Пряма вставка f , що укладається між ВКП і вершиною NP , задається в тих же випадках і за тими ж правилами, що і для стрілок. Крім того, вставка повинна бути задана, коли ВКП знаходиться на скороченому кінцевому з'єднанні і без неї зі схеми не можна визначити загальну довжину з'єднання; при цьому варто задати потрібну конструктивну вставку.

Кут повороту кривої α необхідно задавати тільки у випадку, якщо він знаходиться на скороченому кінцевому з'єднанні і при цьому величина кута не може бути знайдена зі схеми як сума утворюючих його стрілочних кутів. Кут задається в градусах, хвилинах і секундах із знаком (знак плюс, якщо поворот колії від початкового напрямку проти годинникової стрілки). При цьому необхідно дотримуватися прийнятого напрямку кодування схеми – зліва праворуч.

Нарешті, для вершин $v_i \in V^w$ (КК) може задаватися відстань f до вершини, суміжної з v_i , у випадках, коли довжина відповідної колії задана в схемі станції ($XW = \{w, f\}$). Звичайно, це має місце, коли на схемі станції деяка колія, яка закінчується точкою КК, має цілком визначену довжину (наприклад, тупикова колія заданої довжини). У всіх інших випадках приймається $f=0$ і тоді відповідна колія на плані вирівнюється по крайньому лівому кінцю схеми.

Кінцевий вигляд канонічної моделі для схеми станції, зображено на рисунку 3.3.

3.4 Модель горизонтальних колій

Колії станції можуть бути представлені за допомогою деревоподібного графа $D=(W, H)$, де W – множина вершин – горизонтальних колій станції (парку, горловини), H – множина ребер, які відповідають міжколійям, що розділяють зазначені колії [36].

Кожна колія станції w у графі D характеризується вектором параметрів:

$$R = (w, Y, C_n, \tau_p, \eta, V_{\text{доп}}, \sigma), \quad (3.11)$$

де w – номер колії;

Y – ордината колії;

C_n – категорія колії (головна, приймально-відправна, інша);

τ_p – тип рейки;

η – умови укладання стрілочних переводів (нормальні, скрутні);

$V_{\text{доп}}$ – припустима швидкість руху;

σ – спеціалізація колії.

Один із вузлів дерева, що відповідає колії із заданою ординатою, є його коренем r .

На рисунку 3.3 наведена схема станції. На схемі наведена нумерація точок для подальшого кодування та розрахунку: модель горизонтальних колій – Додаток Б, результати розрахунку (координати точок, криві, вставки) – Додаток В, модель горизонтальних колій зернового парку «Б» – Додаток Г, результати розрахунку зернового парку «Б» (координати точок, криві, вставки) – Додаток Д

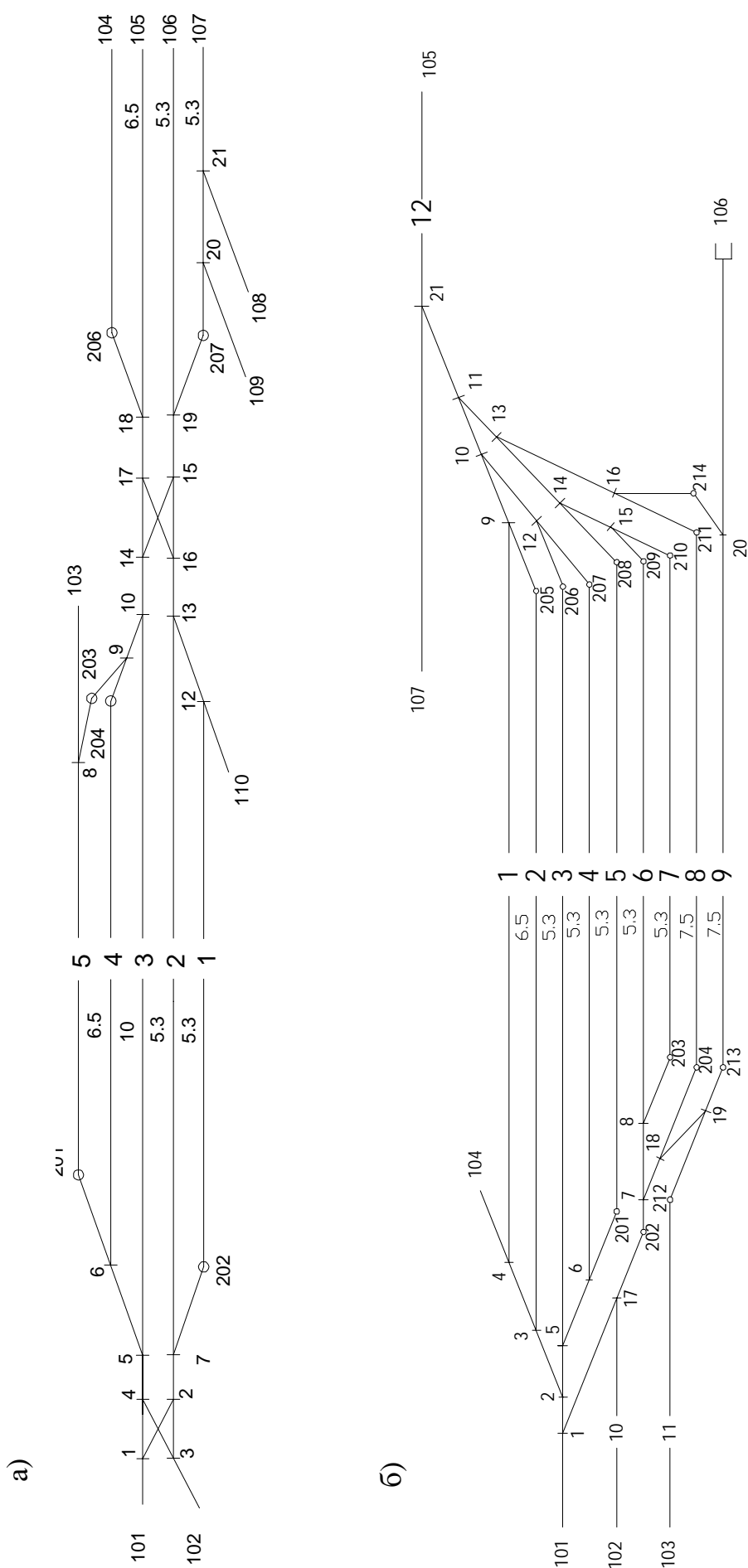


Рисунок 3.3 - Схема станції:

а) приймально-відправний парк «А»; б) зерновий парк «Б»

4 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТАНЦІЙ

4.1 Постановка задачі

Приймально-відправний парк складається з 5 колій, призначених для прийому, відправлення та формування вантажних поїздів. Колії приймально-відправного парку № 1,3 обладнані контактною мережею. Схема приймально-відправного парку станції наведена на рисунку 4.1

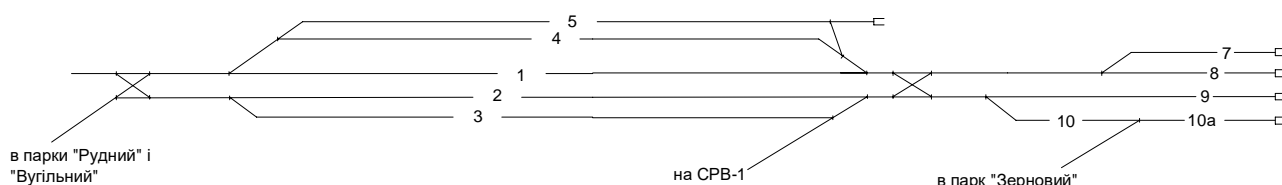


Рисунок 4.1 – Схема приймально-відправного парку станції

У 2021 році поїздопотік на станції буде дорівнювати 18 *ваг./добу*, згідно з [37] потрібно 4 колії для прийому поїздів, 4 колії для відправлення. Накопичення вагонів буде відбуватися на коліях відправлення. Тобто потрібне колійне оснащення приймально-відправного парку станції 8 колій.

У зв'язку з недостатнім колійним розвитком приймально-відправного парку виникає необхідність його удосконалення за рахунок встановлення додаткових 3 колій, що забезпечить можливість переробки розрахункових об'ємів роботи станції.

4.2 Методика кількісної оцінки колійного розвитку залізничних станцій

В сучасних умовах проекти станцій розробляються відповідно до Державних будівельних норм [38] і інших нормативних документів. На попередньому етапі схеми станцій намічають виходячи з розрахункових обсягів роботи і місцевих умов, які вирішальним образом впливають на вибір тієї або іншої схеми колійного розвитку. На підставі порівняння відібраних варіантів схем ухвалюється остаточне рішення. При цьому оцінка проводиться шляхом порівняння техніко-економічних

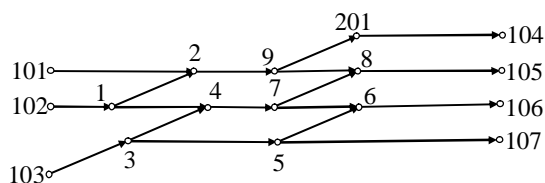
показників проектних варіантів з найбільш економічними із числа раніше запроєктованих або вже побудованих станційних об'єктів. Основним критерієм оцінки служать приведені витрати.

Наявність єдиного критерію порівняння схем веде найчастіше до неправильної оцінки того або іншого фактора, який при певних обставинах здобуває більшу вагу. Якісним показникам приділяється другорядна роль, як правило, вони враховуються інтуїтивно, що є суттєвим недоліком.

Можливість сформувати множину можливих варіантів схем станцій надають запропоновані система структурно-параметричних моделей та методи автоматизованого синтезу колійного розвитку залізничних станцій. Але, разом з цим, відсутність спеціалізованих систем підтримки прийняття рішень, направлених на отримання рекомендацій щодо вибору конкурентоспроможних варіантів, знижує кількість розглянутих проектних рішень та якість їх аналізу.

У цьому зв'язку поставлена задача визначення достовірних значень конструктивних параметрів та якісних показників планів колійного розвитку залізничних станцій. Отримані результати дозволять проектувальнику провести поглиблений аналіз і обґрунтування розроблених варіантів проектних рішень та відібрати найкращі з них. Така постановка задачі дозволить значно збільшити кількість розглянутих варіантів та підвищити якість їх оцінки.

Вихідними даними для аналізу схем станцій служать їх канонічні моделі у вигляді орієнтованих графів, доповнені координатами основних точок плану (КК, ЦП і ВК), а також значеннями кутів повороту для ВК, отриманих на етапі автоматизованого проектування планів колійного розвитку станцій. Для прикладу, на рисунку 4.2 наведені орієнтований граф G горловини залізничної станції та її канонічна модель.



N	NP	NB	S	T	X	Y
1	4	2	0	2	0	0
2	9	0	0	2	47.70	5.30
3	4	5	1	2	0.29	-5.30
4	7	0	0	2	47.99	0
5	107	6	0	2	91.24	-5.30
6	106	0	0	2	138.94	0
7	6	8	0	2	90.95	0
8	105	0	0	2	138.65	5.30
9	8	201	0	2	90.65	5.30

N	NP	X	Y
101	2	-50.00	5.30
102	1	-50.00	0
103	3	-64.53	-12.50
104	0	190.00	10.60
105	0	190.00	5.30
106	0	190.00	0
107	0	190.00	-5.30

N	NP	R	A	A'	A''	X	Y
201	104	200	6	20	25	138.35	10.60

Рисунок 4.2 – Орієнтований граф G горловини станції та її канонічна модель

4.2.1 Визначення загальної кількості стрілочних переводів на схемі станції.

У відповідності до п.3.3 у орієнтованому графі схеми станції $G=(V, E)$ виділено три підмножини вершин V^S, V^C, V^W . Для визначення кількості стрілочних переводів, які використовуються в плані станції, достатньо підрахувати всі вершини $v_i \in V^S$ та проаналізувати два параметра в кожній такій вершини v_i : тип стрілки τ_c та її сторонність S (див. п.3.3). Наприклад, для стрілочної горловини, що зображена на рис. 4.2, буде отриманий наступний результат:

Таблиця 4.1 – Кількість та параметри стрілочних переводів

Тип рейки	Сторонність	Кількість
P65	лівосторонній	8
P65	правосторонній	1
Разом		9

4.2.2 Визначення повної та будівельної довжин станційних колій.

Повна довжина колій $L_{\text{пов}}$ плану станції відповідає сумі довжин всіх дуг $e \in E$ орграфа G , тобто

$$L_{\text{пов}} = \sum_{n=1}^d L_n, \quad (4.1)$$

де L_n – довжина n -ої дуги e_n орієнтованого графа;

d – загальна кількість дуг орграфа G .

Кожна дуга орієнтованого графу має початкову v і кінцеву u вершини і для визначення її довжини використовується вираз

$$L = \sqrt{(x_v - x_u)^2 + (y_v - y_u)^2}, \quad (4.2)$$

де x, y – координати вершини.

Дуги орієнтованого графу містяться в списку $E = \{g_1, g_2, \dots, g_k\}$, k – кількість дуг в списку. Формування списку E виконується з використанням алгоритму пошуку всіх можливих простих шляхів, початкові v_i та кінцеві v_j вершини яких відповідають вершинам КК, тобто $v_i \in V^w$ і $v_j \in V^w$, $i \neq j$. При цьому вершини v_i не мають вхідних дуг $d^-(v_i) = 0$, а вершини v_j – вихідних $d^+(v_j) = 0$.

При обході орієнтованого графу перевіряється можливість побудови на ньому шляху від вершини v_i до вершини v_j . З цією метою для вершини v_i будується дерево маршрутів [39], де кожному вузлу відповідає певна вершина графа G . Перехід від вершини до вершини при формуванні дерева маршрутів здійснюється відповідно до їх зв'язків, починаючи з вершини v_i .

Процедура пошуку окремого простого шляху на графі G є рекурентною; при цьому для всіх вузлів дерева маршрутів перевіряється можливість побудови шляху від поточної вершини (вузла) до вершини v_j . Для вершин (вузлів), які відповідають протишерстним стрілкам ($d^-(v) = 0$, $d^+(v) = 2$), перевіряється можливість досягнення вершини v_j у випадку їх встановлення як по прямому напрямку, так і з відхиленням набік.

В процесі пошуку простих шляхів на орграфі G при переході від вершин v_i до вершин v_{i+1} перевіряється наявність дуги $e_n = (v_i, v_{i+1})$ в списку E . У випадку якщо дана дуга в списку відсутня, то вона додається до нього ($g_k = e_n$, $k = k + 1$),

інакше дуга до списку не додається, а подальший пошук з вершини v_{i+1} припиняється.

Послідовність формування списку E при обході вершин орграфу G (рис. 4.2) наведена на рисунку 4.3.

Після закінчення формування списку E виконується розрахунок $L_{\text{пов}}$, шляхом сумування довжин всіх дуг включених до списку. При цьому якщо серед цих дуг знаходяться суміжні (кінцева вершина однієї дуги є початковою вершиною іншої) з спільною вершиною $v_i \in V^c$ (ВК), то їх сумарна довжина ΣL коригується

$$\Sigma L = L_n + L_{n+1} - 2T + K, \quad (4.3)$$

де L_n, L_{n+1} – довжини суміжних дуг e_n і e_{n+1} ;

T – тангенс кривої спільної вершини ВК;

K – довжина кривої спільної вершини ВК.

Для визначення T і K використовуються параметри R та φ (див. п.3.3) і вирази

$$T = R \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right), \quad K = \frac{\pi R \varphi}{180}. \quad (4.4)$$

Так, наприклад, для схеми на рис. 4.2 суміжними дугами є дуги $e_n = (9, 201)$ і $e_{n+1} = (201, 104)$ зі спільною вершиною 201. При параметрах вершини $R=300$ м та $\alpha = (6+20/60+25/3600) = 6,340278^\circ$ значення $T=11,077$ м і $K=22,132$ м.

Довжини суміжних дуг e_n і e_{n+1} складають

$$L_n = \sqrt{(90,65 - 138,35)^2 + (5,30 - 10,60)^2} = 47,994 \text{ м}$$

$$L_{n+1} = \sqrt{(138,35 - 190,00)^2 + (10,60 - 10,60)^2} = 51,65 \text{ м.}$$

Отже загальна довжина цих дуг дорівнює

$$\Sigma L_{n,n+1} = 47,994 + 51,65 - 2 \cdot 11,077 + 22,132 = 99,532 \text{ м.}$$

Отримане значення довжини вказаних суміжних дуг враховується при визначенні $L_{\text{пов}}$.

початкова вершина пошуку	ланцюг	початкова вершина дуги	кінцева вершина дуги	список E
101	101→2	101	2	{101,2}
	101→2→9	2	9	{101,2} {2,9}
	101→2→9→8	9	8	{101,2} {2,9} {9,8}
	101→2→9→8→105	8	105	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105}
	101→2→9→201	9	201	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201}
	101→2→9→201→104	201	104	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104}
102	102→1	102	1	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104} {102,1}
	102→1→4	1	4	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104} {102,1} {1,4}
	102→1→4→7	4	7	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104} {102,1} {1,4} {4,7}
	102→1→4→7→6	7	6	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104} {102,1} {1,4} {4,7} {7,6}
	102→1→4→7→6→106	6	106	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104} {102,1} {1,4} {4,7} {7,6} {6,106}
	102→1→4→7→8	7	8	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104} {102,1} {1,4} {4,7} {7,6} {6,106} {7,8}
	102→1→2	1	2	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104} {102,1} {1,4} {4,7} {7,6} {6,106} {7,8} {1,2}
103	103→3	103	3	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104} {102,1} {1,4} {4,7} {7,6} {6,106} {7,8} {1,2} {103,3}
	103→3→4	3	4	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104} {102,1} {1,4} {4,7} {7,6} {6,106} {7,8} {1,2} {103,3} {3,4}
	103→3→5	3	5	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104} {102,1} {1,4} {4,7} {7,6} {6,106} {7,8} {1,2} {103,3} {3,4} {3,5}
	103→3→5→107	5	107	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104} {102,1} {1,4} {4,7} {7,6} {6,106} {7,8} {1,2} {103,3} {3,4} {3,5} {5,107}
	103→3→5→6	5	6	{101,2} {2,9} {9,8} {8,105} {9,201} {201,104} {102,1} {1,4} {4,7} {7,6} {6,106} {7,8} {1,2} {103,3} {3,4} {3,5} {5,107} {5,6}

Рисунок 4.3 – Послідовність формування списку дуг E графа G

Будівельна довжина станційних колій $L_{\text{буд}}$ на відміну від $L_{\text{пов}}$ не містить довжин стрілочних переводів і визначається за формулою

$$L_{\text{буд}} = L_{\text{пов}} - \sum_{i=0}^m n_i \cdot l_{\text{стр } i}, \quad (4.5)$$

де n_i – кількість стрілочних переводів i -го типу;

$l_{\text{стр } i}$ – довжина стрілки i -го типу;

m – кількість типів стрілочних переводів.

В результаті розрахунків повної $L_{\text{нов}}$ і будівельної $L_{\text{буд}}$ довжин станційних колій схеми, зображеної на рис. 4.2, отримані наступні результати

$$L_{\text{нов}} = 1026,523 \text{ м}, \quad L_{\text{буд}} = 604,864 \text{ м}.$$

4.2.3 Визначення якісних показників схеми станції.

Якісні показники проектних рішень важко врахувати при розрахунку приведених витрат по варіантам. Але при відборі конкурентоспроможних варіантів проектних рішень з множини нехтувати розглянутими даними показниками не рекомендується. Порівняння варіантів з рівнозначними приведеними витратами проектувальник здійснює користуючись якісними показниками розроблених проектних рішень, як правило, інтуїтивно, керуючись власним досвідом. Тому кінцевий результат може бути недостовірним. У цьому зв'язку постає задача отримання якісних показників проектного рішення, які адекватно відповідатимуть конструкції колійного розвитку станції. Для оцінки даних показників і їх порівняння вони повинні бути представлені конкретними числовими значеннями.

До якісних показників можна віднести:

- найбільшу кількість одночасних переміщень в горловині станції $n_{\text{п}}$;
- розподіл кількості стрілок на одному маршруті руху $M[n_{\text{сп}}]$ і $\sigma[n_{\text{сп}}]$
- розподіл суми кутів повороту стрілок на одному маршруті руху $M[\alpha_{\text{сп}}]$ і $\sigma[\alpha_{\text{сп}}]$;

– розподіл суми кутів повороту кривих на одному маршруті руху $M[\alpha_{кр}]$ і $\sigma[\alpha_{кр}]$;

– розподіл довжин маршрутів руху $M[l_{мр}]$ і $\sigma[l_{мр}]$;

Задачу пошуку найбільшої кількості одночасних переміщень в горловині станції n_{II} можна вирішити як задачу про максимальний потік на транспортній мережі, рішення якої полягає в знаходженні такого потоку на транспортній мережі, щоб сума потоків із джерела s в стік t буде максимальною [41].

Перетворення вихідного орієнтованого графу станції G відбувається за рахунок додавання до нього двох вершини – джерела v_s і стоку v_t . Вершина v_s з'єднується дугами з вершинами $v_i \in V^W$ які відповідають початковим вершинам маршрутів руху, а v_t з'єднується дугами з вершинами $v_j \in V^W$ – кінцевими вершинами маршрутів руху. Формування списків початкових B та кінцевих F вершин маршрутів руху покладається на проектувальника.

Наприклад, для схеми стрілочної горловини на рис. 4.2 задані початкові вершини маршрутів руху 101, 102 і 103, а кінцеві – 104, 105, 106 і 107. У цьому випадку модифікований оргграф G' вказаної горловини станції буде мати вигляд, зображений на рисунку 4.4.

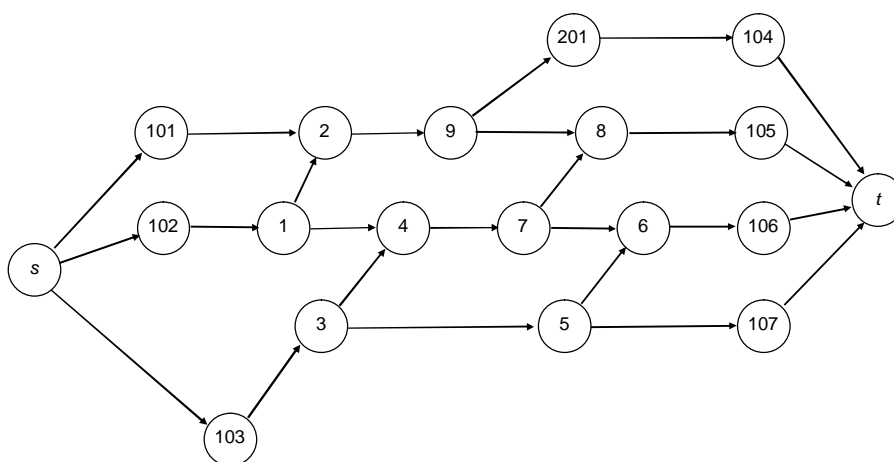


Рисунок 4.4 – Модифікований орієнтований граф G'

В процесі перетворення орграфа G орієнтація дуг зберігається, що дозволяє виключити цикли на графі. Далі дугам графа G' присвоюється пропускна здатність $r=1$, що гарантує у процедурі пошуку максимального потоку використання кожної дуги лише один раз. Отримане значення максимального потоку p_{\max} на графі G' буде відповідати найбільшій кількості одночасних пересувань n_{Π} в горловині станції, тобто $n_{\Pi} = p_{\max}$.

Для визначення максимального потоку p_{\max} на графі G' застосовується алгоритм Томаса Кормена [40]:

1) Всім дугам транспортній мережі присвоїти нульовий потік $p_i=0$, $i=1, 2, z$, де z – загальна кількість дуг на мережі.

2) В залишковій транспортній мережі знайти найкоротший шлях з джерела v_s в стік v_r . Залишковою називається така мережа, яка містить тільки дуги з резервом пропускної здатності $h_i > 0$, $h_i = r_i - p_i$. Визначення шляху виконується за допомогою алгоритму пошуку в глибину [39]. Якщо такого шляху не знайдено, то рішення завершено.

3) Через знайдений шлях пропустити максимально можливий потік. Для цього на ньому визначити дугу з мінімальним резервом пропускної здатності h_{\min} . Далі потік p_i кожної дуги знайденого шляху збільшити на h_{\min} , тобто $p_i = p_i + h_{\min}$. В процесі модифікації залишкової мережі дуги, для яких $h_i = 0$ з мережі виключити.

4) Якщо $h_{\min} \neq 0$, то збільшити p_{\max} на h_{\min} , тобто $p_{\max} = p_{\max} + h_{\min}$. Перейти до кроку 2.

Для прикладу, на рисунку 4.5 наведена послідовність рішення задачі про максимальний потік на графі G' (рис. 4.4). Таким чином, найбільша кількість одночасних переміщень в горловині станції складає $n_{\Pi} = 3$.

Якісні показники кількість стрілок $n_{\text{сп}}$, сума кутів повороту стрілок $\alpha_{\text{сп}}$ і кривих $\alpha_{\text{кр}}$ на одному маршруті є дуже важливими, оскільки їх значення впливають на експлуатаційні витрати варіанту проектного рішення, пов'язаними із зношуванням

верхньої будови колії. Очевидно, що між якісними показниками і експлуатаційними витратами існує прямий пропорційний зв'язок – при збільшенні значень показників збільшуються експлуатаційні витрати на утримання стрілочних переводів і верхньої будови станційних колій.

Значення показників $n_{сп}$, $\alpha_{сп}$ і $\alpha_{кр}$ визначається у два етапи. На першому етапі формується список M всіх можливих маршрутів на схемі станції між початковими вершинами списку B і кінцевими вершинами списку F . Вказана процедура використовує алгоритм пошуку шляху в глибину.

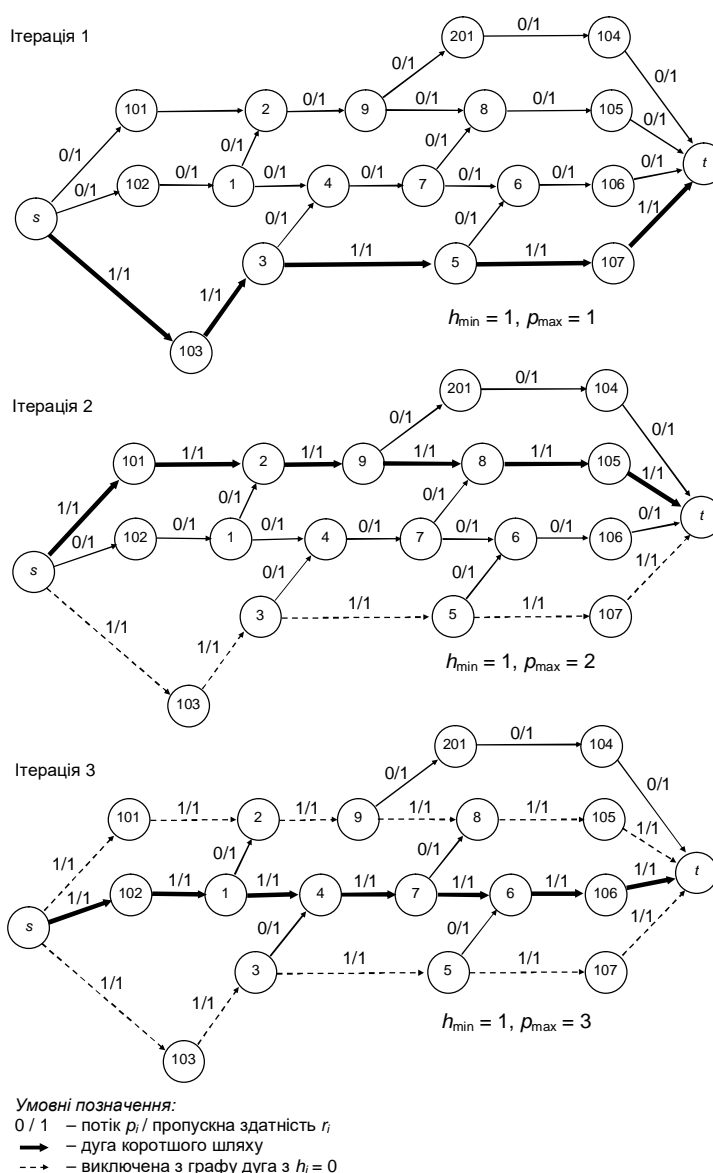


Рисунок 4.5 – Вирішення задачі про максимальний потік

Кожен маршрут списку M представлений структурою:

$$M_i = \{I_m, v_{\text{п}}, v_{\text{к}}, V\}, \quad i = 1, 2, \dots, n_m, \quad (4.6)$$

де I_m – ідентифікатор маршруту;

$v_{\text{п}}, v_{\text{к}}$ – початкова та кінцева вершини маршруту;

V – список номерів N_j вершин, включених до маршруту;

n_m – загальні кількість маршрутів в списку M .

Необхідно зауважити, що при формуванні списку V , для вершин $v_j \in V^{\delta}(\text{ЦП})$, що встановлені з відхиленням набік, номер N_j позначається знаком «-». Так, в результаті пошуку всіх можливих маршрутів руху між початковими вершинами 101, 102 та 103 і кінцевим – 104, 105, 106 та 107 на схемі горловини (рис. 4.2) буде отриманий наступний список маршрутів M , який наведений в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Список маршрутів на схемі горловини

ідентифікатор маршруту I_m	початкова вершина $v_{\text{п}}$	кінцева вершина $v_{\text{к}}$	список проміжних вершин маршруту V
1	101	104	2, - 9, 201
2	101	105	2, 9, 8
3	102	104	- 1, - 2, - 9, 201
4	102	105	1, 4, - 7, - 8
5	102	105	- 1, - 2, 9, 8
6	102	106	1, 4, 7, 6
7	103	105	3, - 4, - 7, - 8
8	103	106	3, - 4, 7, 6
9	103	106	- 3, - 5, - 6

На другому етапі виконується аналіз вершин списку V знайдених маршрутів $M_i \in M$ та розрахунок числових характеристик (математичне очікування, середньоквадратичне відхилення) випадкових величин $n_{\text{сп}}, \alpha_{\text{сп}}, \alpha_{\text{кр}}$ [42]

$$M[x] = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad \sigma[x] = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M[x])^2}{n}, \quad (4.7)$$

де $M[x], \sigma[x]$ – математичне очікування та середньоквадратичне відхилення випадкової величини x ;

n – обсяг вибірки.

Значення $n_{\text{сп}}$ для кожного маршруту визначається підрахунком кількості вершин в списку V , для яких $|N_j| \in [1; 99]$. Сума кутів повороту стрілочних переводів $\alpha_{\text{сп}}$ на маршруті руху визначається сумуванням стрілочних кутів α_j для вершин списку V з $N_j < 0$. При цьому значення α_j залежить від типу стрілочного переводу S (див. п. 3.3). Сума кутів повороту кривих $\alpha_{\text{кр}}$ на маршруті руху визначається сумуванням кутів φ_j (див. п.3.3) для вершин списку V з $|N_j| \in [201; 299]$.

Так, розрахунок числових характеристик величин $n_{\text{сп}}$, $\alpha_{\text{сп}}$, $\alpha_{\text{кр}}$ за формулами (4.7) для схеми горловини (рис. 4.2) приведе до наступного результату:

$$\begin{aligned} M[n_{\text{сп}}] &= 3,44 & \sigma[n_{\text{сп}}] &= 0,73 \\ M[\alpha_{\text{сп}}] &= 10,57^\circ & \sigma[\alpha_{\text{сп}}] &= 4,74^\circ \\ M[\alpha_{\text{кр}}] &= 1,41^\circ & \sigma[\alpha_{\text{кр}}] &= 2,80^\circ \end{aligned} \quad (4.7)$$

Конструкція колійного розвитку станції або її окремої горловини повинна забезпечувати мінімальний пробіг рухомого складу по заданому маршруту руху. Для оцінки якості конструкції горловини або станції використовуються показники $M[l_{\text{мп}}]$ і $\sigma[l_{\text{мп}}]$. Значення довжини $l_{\text{мп}}$ маршруту руху M_i визначається за допомогою його параметрів $v_{\text{п}}$, $v_{\text{к}}$ і V (4.6). При цьому відстань між $v_{\text{п}}$ і $v_{\text{к}}$ відповідає сумі відстаней між їх проміжними вершинами. Відстань між суміжними вершинами визначається за допомогою виразу (4.2). Так, розрахунок розподілу довжин маршрутів руху за формулами (4.7) для схеми горловини (рис. 4.2) приведе до наступного результату:

$$M[l_{\text{мп}}]=168,96 \text{ м} \quad \sigma[l_{\text{мп}}]=3,06 \text{ м} \quad l_{\text{мп}} \in [162,02; 170,94]$$

4.2.4 Визначення раціональних варіантів конструкції колійного розвитку елементів станцій.

На заключному етапі процесу проектування нової або реконструкції існуючої станції буде отримана множина проектних рішень $\Theta = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k\}$, де кожне рішення γ_b характеризується набором критеріїв ψ_d , тобто $\gamma_b = f(\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m)$. При значній кількості k проектних рішень γ_b постає складна задача відбору кращих (конкурентоспроможних) варіантів з усієї сукупності, тобто формування множини $\Theta^* = \{\gamma_1^*, \gamma_2^*, \dots, \gamma_q^*\}$. Як правило, вказану процедуру виконує особа, яка приймає рішення (ОПР) або група спеціалістів, спираючись на власний досвід. У цьому зв'язку, з метою прискорення процедури відбору конкурентоспроможних варіантів проектних рішень на основі комплексної оцінки планів колійного розвитку елементів залізничних станцій в дисертаційній роботі розроблено відповідну методичку, яка базується на принципах теорії прийняття рішень та методах аналізу ієрархій [43,44,45].

Метод аналізу ієрархій (МАІ) призначений для рішення багатокритеріальних задач з кінцевою множиною можливих векторів. Його застосування засноване на експертній інформації про відносну важливість критеріїв у вигляді матриці парних порівнянь. МАІ був запропонований американським математиком Т. Сааті [44,45]. У теперішній час МАІ широко застосовується у теорії практиці багатокритеріального вибору.

Відбір кращих варіантів проектних рішень γ у відповідності до МАІ передбачає виконання наступних етапів:

1) структурування проблеми вибору у вигляді ієрархії «мета \rightarrow критерії \rightarrow альтернативи» (рис. 4.6);

2) побудова множини матриць парних порівнянь критеріїв \bar{A} ;

3) визначення нормованих коефіцієнтів важливості критеріїв K_i ;

4) розрахунок комплексного вагового коефіцієнту ω_i та відбір кращої альтернативи.

Основним елементом для представлення рівня взаємовпливу критеріїв у

МАІ є матриця парних порівнянь [43]

$$\bar{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (4.8)$$

де a_{ij} – число, яке показує у скільки раз вага критерію A_i більше ваги критерію A_j .

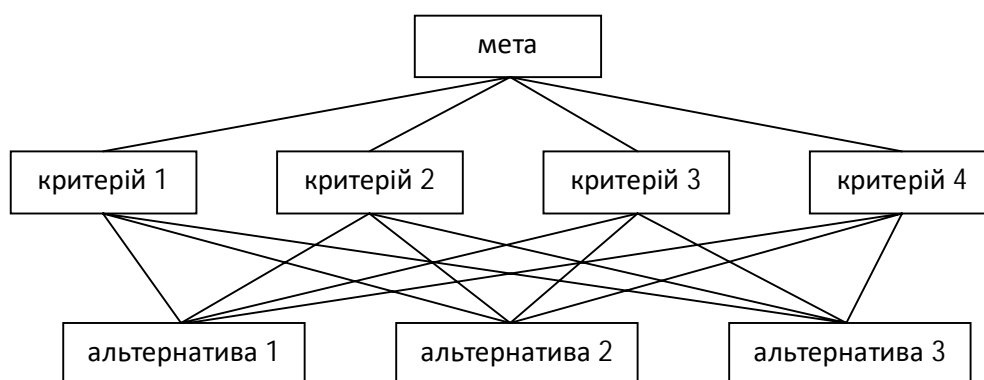


Рисунок 4.6 – Ієрархія МАІ

Існує декілька методів формування матриці парних порівнянь:

- оціночний метод, який базується на використанні статистичних спостережень [46];
- метод експертних оцінок, в якому ОПР за допомогою встановленої бальної шкали оцінює важливість критеріїв [47];
- параметричний метод, який базується на припущенні, що ОПР може вказати єдине серед трьох лінгвістичних значень критерію, яке йому відповідає [48].

З урахуванням того, що значення кожного критерію ψ_d відомі заздалегідь до процедури відбору кращого рішення γ_b , найбільш прийнятним є метод рангових оцінок, розроблений Ротштейном А.П. [49].

Матриця парних порівнянь у відповідності до МАІ повинна відповідати наступним вимогам:

1) Всі елементи матриці парних порівнянь \overline{A} невід'ємні, а її діагональні елементи дорівнюють одиниці, тобто $a_{ij} > 0$, $a_{ii} = 1$ для всіх номерів $i, j = 1, 2, \dots, n$.

2) Матриця парних порівнянь зворотно симетрична, тобто $a_{ij} = 1/a_{ji}$ для всіх номерів $i, j = 1, 2, \dots, n$.

3) Матриця парних порівнянь сумісна, тобто рівності $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$ мають місце для всіх номерів $i, j = 1, 2, \dots, n$.

4) Ваговий вектор $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ є власним вектором, який відповідає максимальному власному значенню λ_{\max} матриці \overline{A} .

Для виявлення суперечливості результатів, які отримані при формуванні матриці парних порівнянь використовується кількісна оцінка – індекс погодженості I . Індекс погодженості – кількісна оцінка суперечливості результатів порівнянь, який надає інформацію про ступінь порушення погодженості і визначається за допомогою виразу

$$I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (4.9)$$

Індекс погодженості I порівнюється з випадковим індексом I^* , який був отриманий Томасом Саати [44, 45] випадковим чином по шкалі від 1 до 9 зворотно симетричної матриці з відповідними зворотними величинами елементів.

Середній показник I^* наведений у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Значення середнього показника I^* в залежності від розміру n матриці порівнянь

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I^*	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,40	1,45	1,49

Значення відношення $\frac{I}{I^*} \leq 0,1$ вважається припустимим. В іншому випадку потрібно перебудувати матрицю порівнянь.

Нормований коефіцієнт важливості критеріїв K_i визначається як

$$K_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{-n}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{-n}}, \quad (4.10)$$

Власне значення матриці λ_{\max} визначається за допомогою виразу

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot K_j, \quad (4.11)$$

Процес визначення глобальних пріоритетів для альтернативи i можна інтерпретувати як величину корисності β_j

$$\beta_j = \sum_{i=1}^n K_j \cdot k_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (4.12)$$

де k_{ij} – відносна значимість альтернативи j з урахуванням значимості критерію i .

Таким чином, глобальний пріоритет визначається як сума приватних пріоритетів. Визначені глобальні пріоритети являють собою ваги відносно цільових критеріїв. Вони характеризують альтернативи, які враховуються на нижчому рівні, по оцінці ОПР і сприяють досягненню головної мети.

4.3 Розробка та вибір раціональних варіантів конструкції колійного розвитку

Кожний можливий варіант конструкції колійного розвитку залізничної станції або її елементів γ_b має набір параметрів $\gamma_b = f(\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_d)$ – конструктивних

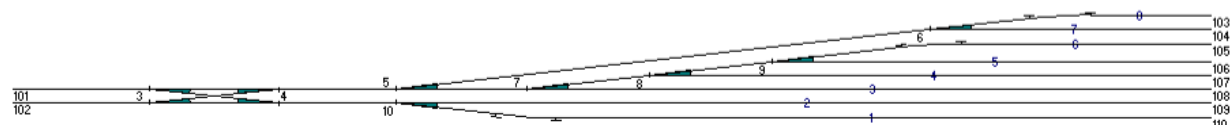
та якісних. Список можливих критеріїв якості при пошуку раціонального варіанту (або декількох варіантів) колійного розвитку залізничної станції наведений в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Критерії якості проектного рішення

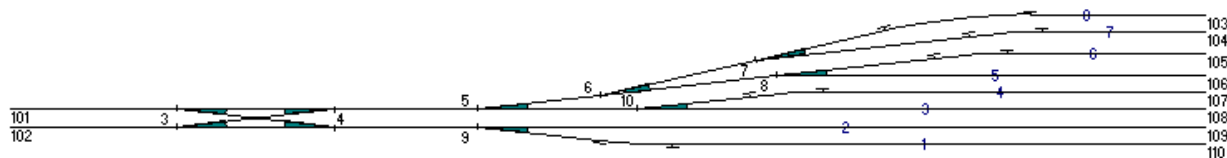
Критерій	Позначення	Характеристика
ψ_1	$L_{\text{буд}}$	будівельна довжина колій
ψ_2	$M[n_{\text{СП}}]$	середня кількість стрілок по маршруту руху
ψ_3	$M[\alpha]$	середнє значення суми кутів повороту від стрілок та кривих по маршруту руху
ψ_4	$M[l_{\text{Мр}}]$	середнє значення довжини маршруту руху

Намічені варіанти колійного розвитку стрілочної вхідної горловини з 8 колій наведені на рисунку 4.7. Приведені варіанти відрізняються сукупністю критеріїв ψ_d , числові значення яких наведені в таблиці 4.5.

При визначенні раціонального варіанту (або декількох варіантів) формується множина матриць парних порівнянь \overline{A} по кожному з критеріїв ψ_d . При цьому у відповідну позицію матриці (ij) вписується відношення $a_{ij} = \frac{y_i}{y_j}$ (де y_i, y_j – відповідно числові значення i -го і j -го критеріїв), якщо значення i -го критерію потрібно мінімізувати у отриманій сукупності раціональних рішень γ_b (наприклад, кількість стрілочних переводів $N_{\text{стр}}$); у обернену позицію матриці вноситься значення $a_{ji} = \frac{y_j}{y_i}$. У випадку коли значення i -го критерію необхідно максимізувати (наприклад, максимальна кількість одночасних переміщень в горловині станції n_n) – значення a_{ij} і a_{ji} в матриці парних порівнянь потрібно обміняти. Результати розрахунків матриць парних порівнянь для всіх критеріїв наведені у таблицях 4.6 - 4.9.



варіант 2



варіант 3

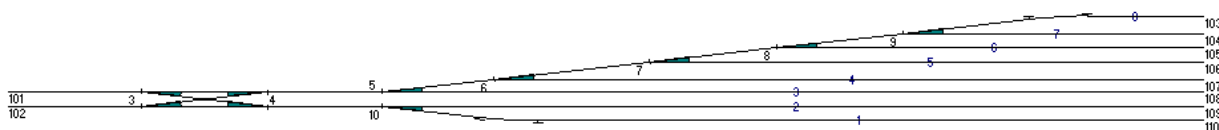


Рисунок 4.7 – Варіанти конструкції колійного розвитку стрілочної вхідної горловини

Таблиця 4.5 – Значення критеріїв якості по варіантам

Варіант γ_b	Значення критеріїв Ψ_d			
	$L_{\text{буд}}$, км	$M[n_{\text{сп}}]$, шт.	$M[\alpha]$, град.	$M[l_{\text{мр}}]$, м
1	1831,0218	4,57	22,19	290,54
2	1408,9812	4,43	24,84	251,51
3	1897,5779	5,00	23,25	269,68

Таблиця 4.6 – Матриця парних порівнянь для критерію $L_{\text{буд}}$

	1	2	3	вектор пріоритетів	K_i
1	1,00	0,77	1,04	0,927	0,3062
2	1,30	1,00	1,35	1,205	0,3981
3	0,96	0,74	1,00	0,895	0,2957
Разом				3,027	1,000

Таблиця 4.7– Матриця парних порівнянь для критерію $M[n_{cn}]$

	1	2	3	вектор пріоритетів	K_i
1	1,00	0,97	1,09	1,02	0,3395
2	1,03	1,00	1,13	1,052	0,3502
3	0,91	0,89	1,00	0,932	0,3103
Разом				3,004	1,000

Таблиця 4.8 – Матриця парних порівнянь для критерію $M[a]$

	1	2	3	вектор пріоритетів	K_i
1	1,00	1,12	1,05	1,055	0,3512
2	0,89	1,00	0,94	0,942	0,3136
3	0,95	1,07	1,00	1,007	0,3352
Разом				3,004	1,000

Для перевірки суперечливості результатів розраховані власні значення матриць парних порівнянь λ_{\max} та індекси погодженості I . Результати розрахунків наведені в таблиці 4.10.

Таблиця 4.9 – Матриця парних порівнянь для критерію $M[l_{mp}]$

	1	2	3	вектор пріоритетів	K_i
1	1,00	0,87	0,93	0,93	0,3094
2	1,16	1,00	1,07	1,074	0,3573
3	1,08	0,93	1,00	1,002	0,3333
Разом				3,006	1,000

Таблиця 4.10 – Результати перевірки суперечливості матриць парних порівнянь

Критерій	λ_{\max}	I	I^*	$\frac{I}{I^*}$	Висновок
$L_{\text{буд}}$	3,102	0,0510	0,58	0,088	не суперечать
$M[n_{cn}]$	3,016	0,0082	0,58	0,014	не суперечать
$M[\alpha]$	3,013	0,0065	0,58	0,011	не суперечать
$M[l_{mp}]$	3,021	0,0105	0,58	0,018	не суперечать

За результатами розрахунків матриці парних порівнянь визначений комплексний ваговий вектор коефіцієнтів (табл. 4.11).

Таблиця 4.11 – Результати розрахунку комплексного вагового вектору

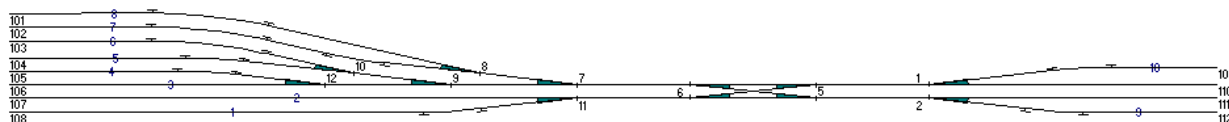
Вар.	$L_{\text{буд}}$	$M[n_{\text{сп}}]$	$M[\alpha]$	$M[l_{\text{мп}}]$	вектор пріоритетів	ω_i
1	0,306	0,340	0,351	0,309	0,224	0,3242
2	0,398	0,350	0,314	0,357	0,250	0,3618
3	0,296	0,310	0,335	0,333	0,217	0,314
Разом					0,691	1,000

Таким чином, в результаті порівняння варіантів колійного розвитку стрілочної горловини можна зробити наступний висновок:

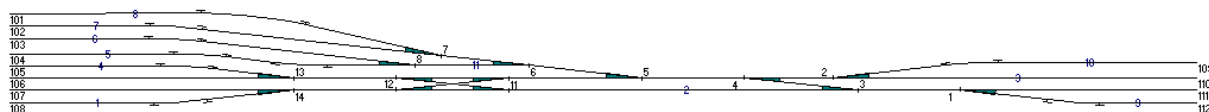
- 1) найкращим є варіант 2 ($\omega_2 = 0,3618$);
- 2) найгіршим є варіант 3 ($\omega_3 = 0,314$);
- 3) конкурентними по відношенню до найкращого є варіант 1 ($\omega_1 = 0,3242$).

Намічені варіанти колійного розвитку стрілочної вихідної горловини з 8 колій наведені на рисунку 4.8.

варіант 4



варіант 5



варіант 6

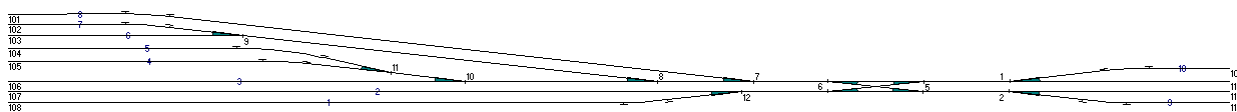


Рисунок 4.8 - Варіанти конструкції колійного розвитку стрілочної вихідної горловини

Приведені варіанти відрізняються сукупністю критеріїв ψ_d , числові значення яких наведені в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Значення критеріїв якості по варіантам

Варіант γ_b	Значення критеріїв ψ_d			
	$L_{\text{буд}}$, км	$M[n_{\text{сп}}]$, шт.	$M[\alpha]$, град.	$M[l_{\text{мр}}]$, м
4	1712,9607	5,43	27,36	341,31
5	1823,1626	5,67	26,92	368,59
6	2580,0839	5,71	23,98	437,09

За результатами розрахунків матриць парних порівнянь, які наведені в Додатку И, визначений комплексний ваговий вектор коефіцієнтів (табл. 4.13).

Таблиця 4.13 – Результати розрахунку комплексного вагового вектору

Вар.	$L_{\text{буд}}$	$M[n_{\text{сп}}]$	$M[\alpha]$	$M[l_{\text{мр}}]$	вектор пріоритетів	ω_i
4	0,280	0,385	0,317	0,369	0,233	0,3392
5	0,298	0,327	0,322	0,342	0,221	0,3216
6	0,422	0,288	0,361	0,289	0,233	0,3392
Разом					0,687	1,000

Таким чином, в результаті порівняння варіантів колійного розвитку стрілочної горловини можна зробити наступний висновок:

- найкращим є варіант 4 та 6 ($\omega_4 = 0,3392$ та $\omega_6 = 0,3392$)
- конкурентними по відношенню до найкращого є варіант 5 ($\omega_5 = 0,3216$)

За допомогою методу аналізу ієрархій були отримані кількісні оцінки варіантів проектних рішень, на основі яких були відібрані раціональні варіанти.

В загальному вигляді немасштабна схема станції з реконструкцією буде мати вигляд (рисунок 4.9).

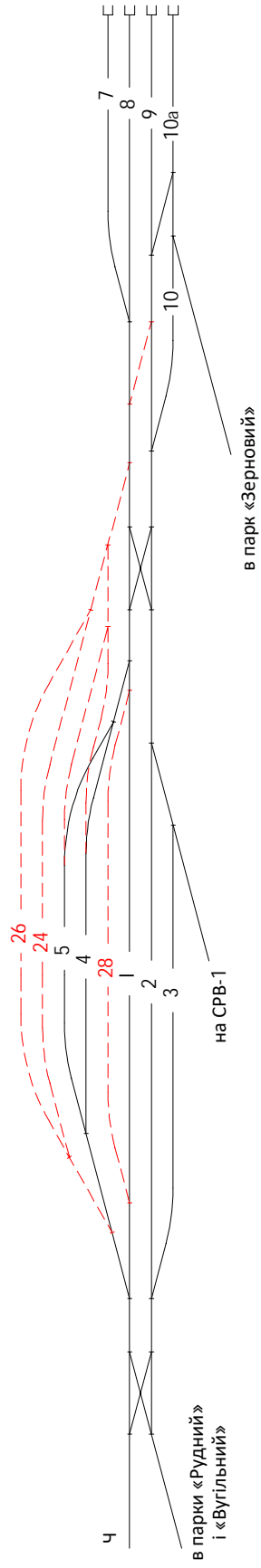


Рисунок 4.9 – Схема станції з реконструкцією

5 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ

5.1 Загальні принципи функціонального моделювання роботи станції

Ефективним засобом аналізу та оцінки показників функціонування станцій, їх техніко-технологічних і економічних параметрів є імітаційне моделювання станційних процесів [32, 50, 51, 52,53]. Цей метод широко використовується в наукових дослідженнях і може забезпечити моделювання технологічних процесів (ТП) станцій з будь-яким ступенем деталізації. Однією з основних проблем, що виникають при створенні моделей залізничних станцій, є імітація діючих систем управління, основною ланкою яких є людина-диспетчер (ЛД). Очевидно, що без адекватного моделювання вказаних систем одержання достовірної кількісної оцінки показників функціонування станцій неможливе.

У цьому зв'язку використовується функціональна модель станції (ФМС), яка орієнтована на рішення задачі оцінки техніко-технологічних параметрів станцій.

ФМС будується на основі ергатичної моделі, що дозволяє усунути зазначені вище недоліки. З урахуванням цієї обставини в роботі сформульовані принципи побудови ергатичних моделей, призначених для визначення техніко-експлуатаційних параметрів станцій:

- наявність у ФМС інформаційній моделі станції, яка володіє засобами для оцінки поточної ситуації і передачі управлінських рішень ОВМ у ФМС;
- вибір черговості обслуговування і маршрутів руху транспортних об'єктів особою, яка здійснює моделювання;
- імітація пересувань рухомого состава по станції з відображенням в інформаційній моделі;
- максимальне прискорення системного часу у випадках, коли технологічний процес строго формалізований і не вимагає втручання ОВМ;
- автоматичний перехід у реальний масштаб системного часу на період прийняття рішень ОВМ.

До складу ФМС включені моделі колійного розвитку станції (МКР), керування переміщенням рухомого складу (МКПРС), технологічного процесу (МТП) і

інформаційна модель (ІМ). Структура ФМС та схема взаємодії моделей наведені на рисунку 5.1.

Необхідно зазначити, що в моделі МКПРС і ІМ, використаний новий підхід, метою якого є мінімізація часу, необхідного для формалізації технічного оснащення конкретної станції. Це суттєво прискорить тиражування ФМС для станцій залізничної мережі України.

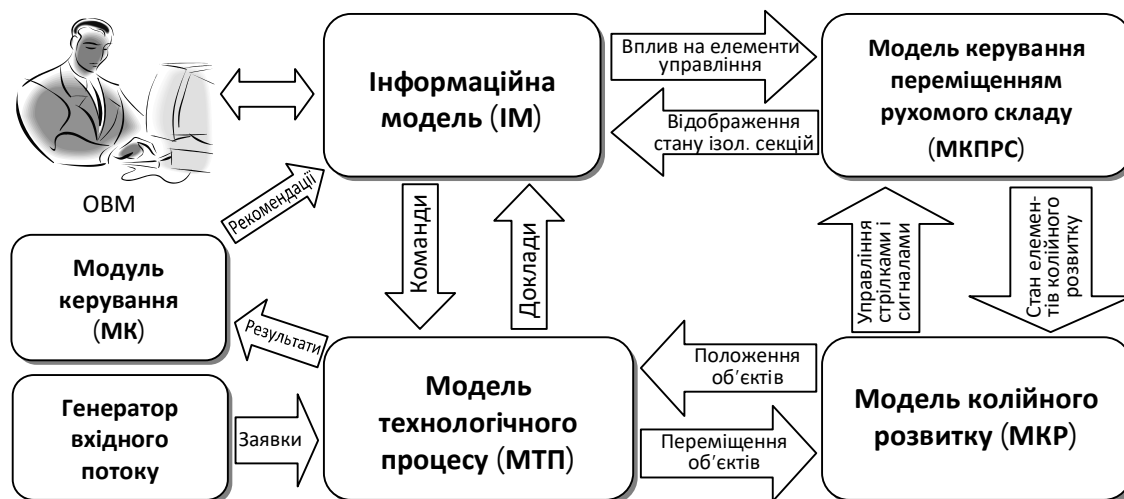


Рисунок 5.1 – Структура функціональної моделі залізничної станції

При ергатичному моделюванні залізничних станцій з метою його прискорення, основну частину моделювання технологічного процесу виконує ЕОМ. Однак, при виникненні конфліктних ситуацій, що вимагають прийняття управлінських рішень (вибір колій прийому поїзда, вибір черговості обслуговування составів, вибір локомотива і т.д.), ці дії покладають на ОВМ. У цьому зв'язку ФМС повинна в інтерактивному режимі забезпечити ОВМ можливість контролю поточної ситуації, прийняття рішень і передачі керуючих команд. З цією метою до складу ФМС введена інформаційна модель, яка використовується ОВМ для реалізації вказаних функцій.

Інформаційна модель включає сукупність даних, необхідних ОВМ для контролю та керуванням об'єктами в моделі станції. У цьому зв'язку ІМ для ФМС прийнятно-відправного парку вантажної станції України (дивись рисунок 5.2, а) представлена у вигляді мнемосхеми парку і набору елементів візуального контролю та керування (дивись рисунок 5.2, б).

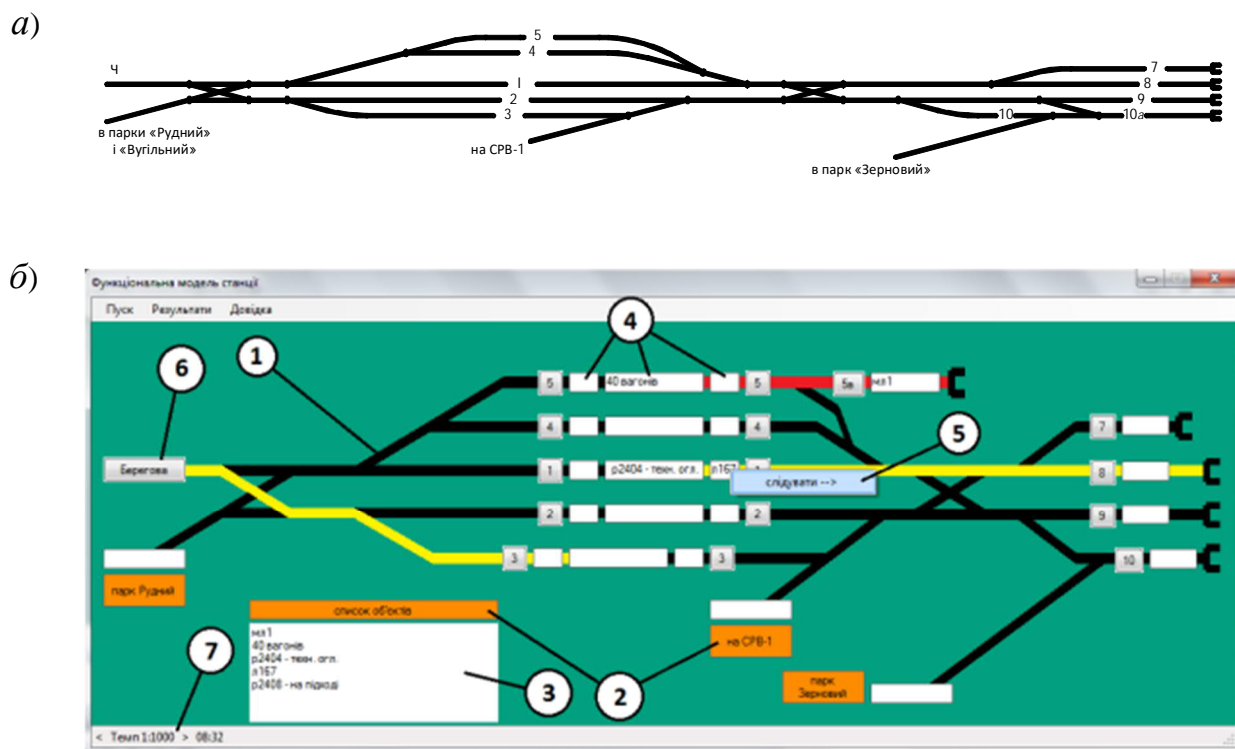


Рисунок 5.2 – Функціональна ергатична модель приймально-відправного парку вантажної станції: а) колійний розвиток парку прийому; б) інформаційна модель

При моделюванні роботи станції з метою спрощення контролю її поточного стану до ІМ введена додаткова інформаційна модель у вигляді плану-графіку виконаної роботи (рисунок 5.3). У цьому зв'язку використане програмне забезпечення «Построитель сетки плана-графика работы станции», який дозволяє автоматизувати процедуру формування подібної інформаційної моделі.

5.2 Вихідні дані до моделювання

Для рішення практичних задач, спрямованих на підвищення ефективності роботи залізничних станцій, ергатична модель повинна максимально відповідати реальному об'єкту (станції, окремому парку і т.д.) і відображати як його технічне оснащення, так і технологію роботи. З цією метою необхідно виконати попередню ідентифікацію розробленої моделі з наступною оцінкою її адекватності. Для рішення вказаної задачі, а також для апробації методики моделювання виконано комплексне обстеження приймально-відправного парку «А» (ПВП) однієї з вантажних станцій України. За результатами обстеження формалізовані технічне оснащення і

технологічний процес роботи ПВП, розроблена відповідна інформаційна модель, а також визначені чисельні характеристики розподілу випадкових величин, які характеризують вхідний потік поїздів і систему їх обслуговування в ПВП. На підставі цих даних була виконана ідентифікація моделі.

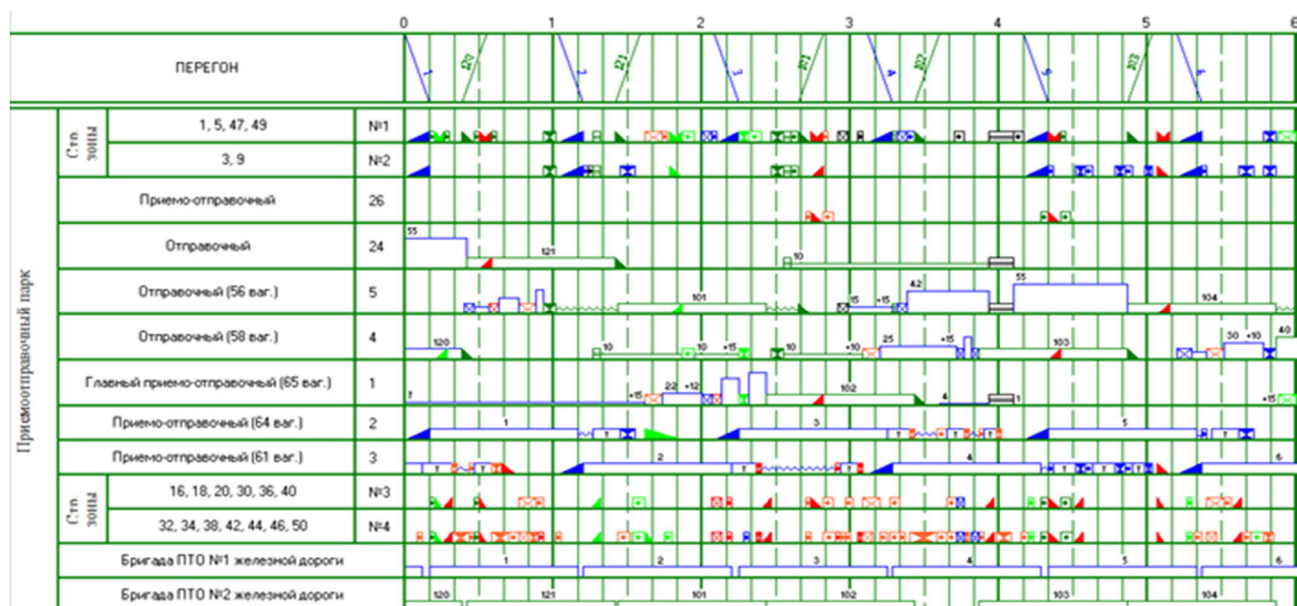


Рисунок 5.3 – Фрагмент інформаційної моделі у вигляді плану-графіка виконаної роботи

5.2.1 Аналіз технічного оснащення станції і його формалізація

До технічного оснащення залізничної станції в першу чергу можна віднести її колійний розвиток і систему станційної автоматики.

Колійний розвиток ПВП вантажної станції К (рисунок 5.3) складається з 8 колій, які призначені для:

- прибуття поїздів у розформування;
- накопичення порожніх та навантажених вагонів;
- відправлення сформованих поїздів.

Тупикові колії № 7 і № 9 використовуються для відстою поїзних локомотивів та заїзду маневрових локомотивів під состави при їх перестановці.

До ПВП станції примикають чотири підходи:

- підхід Ч (перегін між ПВП і сусідньою станцією);

- парки «Рудний» і «Вугільний»;
- станція розвантаження вагонів № 1 (СРВ-1);
- парк «Зерновий».

У правій частині парку розташована витяжна колія №10а, до якої примикає парк «Зерновий». В даному парку виконується процес розформування составів з зерновими вантажами методом осаджування.

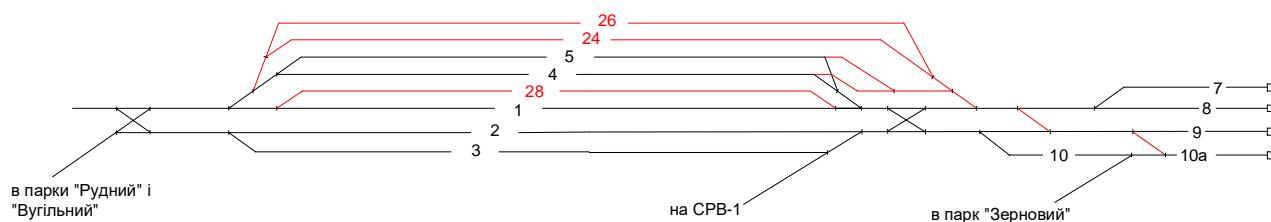


Рисунок 5.3 – Схема приймально-відправного парку вантажної станції

На основі аналізу схеми парку (рис. 5.3) та з урахуванням методики, викладеної в розділі 4, виконано параметризований синтез колійного розвитку ПВП вантажної станції К. На основі отриманої вихідної моделі станції формалізована конструкція ПВП «А» і побудована відповідна модель його колійного розвитку (див. п.3.3). Основні принципи і порядок формалізації моделі колійного розвитку (МКР) викладені в роботі [54].

Для побудови моделі керування переміщенням рухомого складу (МКПРС) приймально-відправного парку «А» виконано аналіз функціонування елементів станційної автоматики і телемеханіки та їх формалізація на етапі автоматизованого синтезу колійного розвитку ПВП. На основі даних вихідної моделі станції (розділ 4) побудована МКПРС.

5.2.2 Визначення параметрів вхідного потоку

Приймально-відправний парк станції є системою масового обслуговування, вхідними заявками якої є поїзди або маневрові состави, що в нього прибувають. У цьому зв'язку для моделювання потоку заявок необхідно виконати статистичну обробку моментів прибуття, напрямків та категорій поїздів.

В ПВП прибувають поїзди різних категорій або маневрові состави з

чотирьох підходів. Інтенсивність вхідного потоку заявок характеризується середньою величиною інтервалу їх надходження. Інтервал між заявками з кожного напрямку є випадковою величиною з деяким законом розподілу. Гістограми розподілу інтервалів між поїздами або маневровими составами для всіх підходів наведені на рисунку 5.4.

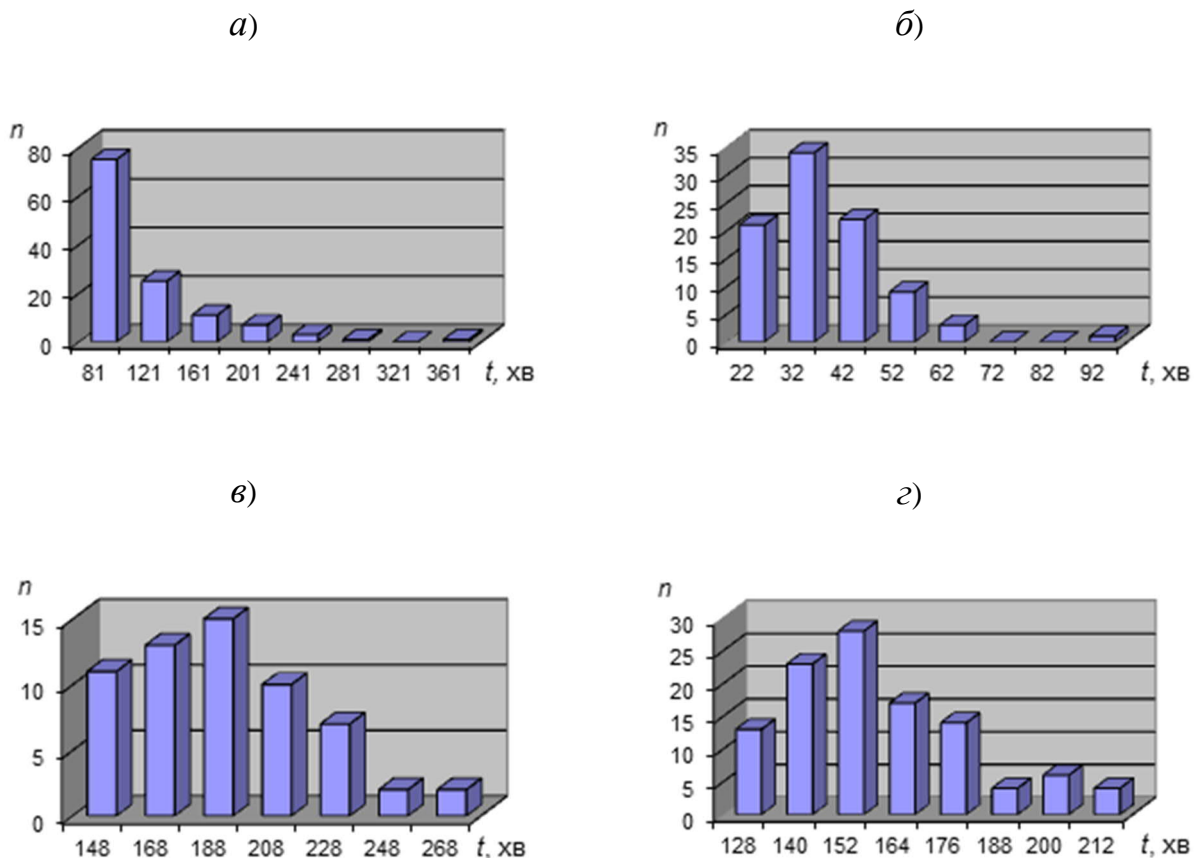


Рисунок 5.4 – Гістограми розподілу випадкової величини інтервалу між поїздами (маневровими составами), що прибувають з:

а) підходу ст. Ч; б) парку «Рудний»; в) СРВ-1; г) парку «Зерновий»

За характером розподілу висунута гіпотеза про те, що інтервали між поїздами (маневровими составами) розподілені за законом Ерланга. Перевірка гіпотези про закон розподілу випадкових величин інтервалів виконана за допомогою критерію згоди Пірсона χ^2

$$\chi^2 = n \sum_{i=1}^r \frac{(p_i^* - p_i)^2}{p_i}, \quad (5.1)$$

де p_i – теоретична ймовірність попадання випадкової величини в i -й розряд, що розрахована за прийнятою гіпотезою про закон розподілу;

n – загальна кількість спостережень.

Результати перевірки висунутих гіпотез приведені в таблиці 5.1. Перевірка гіпотези за критерієм Пірсона показала, що немає підстав відхиляти гіпотезу про розподіл інтервалів між поїздами по закону Ерланга.

Таблиця 5.1 – Перевірка гіпотези про розподіл випадкової величини інтервалу між вимога за законом Ерланга

Підхід	I_{\min} , хв	I_{\max} , хв	\bar{I} , хв.	σ_I , хв.	k	χ^2_I	$\chi^2_{кр}$	Результат
ст. Ч	1	40	1,67	9,46	1	3,21	11,10	гіпотеза підтверджена
парк «Рудний»	2	6	0,78	1,98	2	5,47	11,10	гіпотеза підтверджена
СРВ-1	28	55	79,00	1,08	3	4,77	9,50	гіпотеза підтверджена
парк «Зерновий»	16	12	51,73	1,66	3	6,43	11,10	гіпотеза підтверджена

Ймовірність прибуття вимог кожної з можливих категорій визначається за формулою

$$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_i}, \quad (5.2)$$

де N_{ij} – середньодобова кількість поїздів j -ї категорії, що прибувають з i -го підходу.

Результати статистичної обробки вхідних потоків вимог наведені у таблиці.

5.2.3 Визначення характеристик составів поїздів, що надходять у розформування

Основними параметрами составів є кількість вагонів у них $N_{\text{ваг}}$ і кількість відчепів $N_{\text{в}}$. Як показав аналіз результатів спостереження над роботою ПВП кількість вагонів у составі поїзда є випадковою величиною.

Таблиця 5.2 – Результати статистичної обробки вхідних потоків вимог

Підхід	Характеристики інтервалів між поїздами			Ймовірності категорій вимоги		
	\bar{I} , хв	k	I_{min} , хв	розформ.	маршрут	ман. сост.
ст. Берегова	91,67	1	41	0,3	0,7	-
парк «Рудний»	30,78	2	12	-	-	1,0
СРВ-1	179,00	3	128	-	-	1,0
парк «Зерновий»	151,73	3	116	-	-	1,0

В таблиці 5.3 наведено статистичний ряд і параметри розподілу випадкової величини $N_{\text{ваг}}$ кількості вагонів у складі поїздів, що прибувають у розформування в ПВП вантажної станції.

Таблиця 5.3 – Розрахунки параметрів розподілу випадкової величини кількості вагонів у складі поїзда $N_{\text{ваг}}$

Розряд x , ваг	m	p	np	Параметри
26 – 32	4	0,031	1,54	$x_{\text{min}} = 26$ ваг. $x_{\text{max}} = 62$ ваг. $\bar{x} = 49,52$ ваг. $D[x] = 87,97$ ваг. ² $\sigma[x] = 9,38$ ваг. $\chi^2 = 7,51$
32 – 38	3	0,079	3,94	
38 – 44	6	0,168	8,42	
44 – 50	8	0,242	12,12	
50 – 56	13	0,235	11,74	
56 – 62	16	0,245	12,24	

За характером розподілу випадкової величини $N_{\text{ваг}}$ висунута гіпотеза про її розподіл за нормальним законом. Критичне значення критерію Пірсона $\chi_{\text{кр}}^2 = 7,80$. Таким чином, гіпотеза може бути прийнята так як $7,51 < 7,80$. Гістограма і графік нормального розподілу для випадкової величини $N_{\text{ваг}}$ наведено на рисунку 5.5.

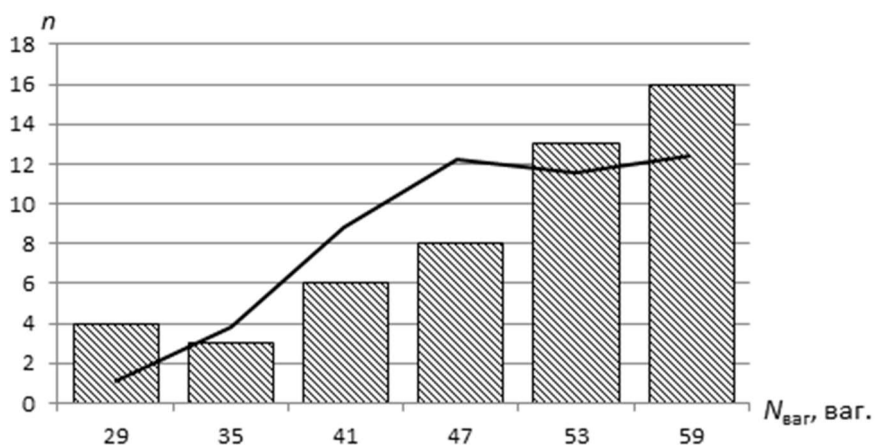


Рисунок 5.5 – Гістограма і графік нормального розподілу
для випадкової величини $N_{\text{ваг}}$

Статистичний ряд і параметри розподілу випадкової величини $N_{\text{в}}$ кількості відчепів у складі поїздів, що прибувають у розформування на станцію наведені в таблиці 5.4.

За характером розподілу випадкової величини $N_{\text{в}}$ висунута гіпотеза про її розподіл за нормальним законом. Критичне значення критерію Пірсона $\chi_{\text{кр}}^2 = 7,80$. Таким чином, гіпотеза може бути прийнята так як $7,51 < 7,80$. Гістограма і графік нормального розподілу для випадкової величини $N_{\text{в}}$ наведено на рисунку 5.6.

5.2.4 Визначення тривалості технологічних операцій, що виконуються в приймально-відправному парку

В приймально-відправному парку станції К з поїздами, що прибувають у розформування, виконуються операції, які передбачені технологічним процесом її роботи. Для адекватної імітації технологічного процесу необхідно визначити параметри розподілу випадкових величин тривалості цих операцій. З метою отримання характеристик законів розподілу випадкових величин тривалості обслуговування була виконана статистична обробка результатів хронометражних спостережень за роботою ПВП.

Таблиця 5.4 – Розрахунки параметрів розподілу випадкової величини кількості відчепів у складі поїзда N_B

Розряд x , відч	m	p	np	Параметри
4 – 8	4	0,078	3,92	$x_{\min} = 4$ відч. $x_{\max} = 25$ відч. $\bar{x} = 14,64$ відч. $D[x] = 21,99$ відч. ² $\sigma[x] = 4,69$ відч. $\chi^2 = 0,63$
8 – 12	10	0,208	10,42	
12 – 16	18	0,327	16,37	
16 – 20	11	0,259	12,97	
20 – 24	6	0,104	5,18	
24 – 28	1	0,023	1,15	

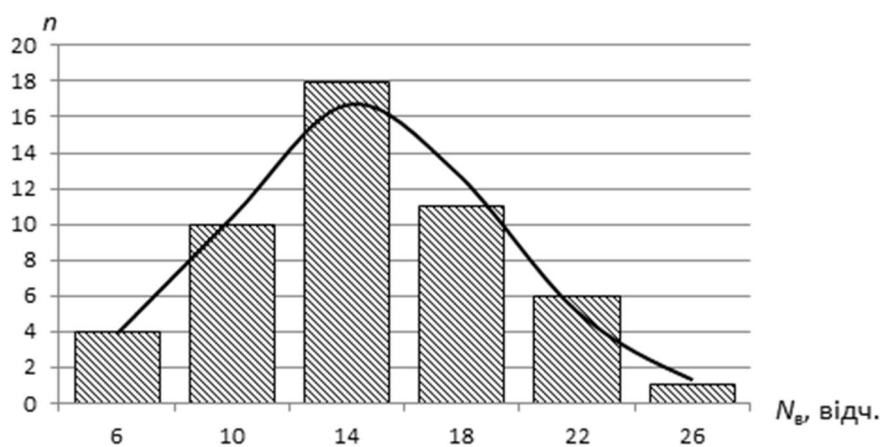


Рисунок 5.6 – Гістограма і графік нормального розподілу для випадкової величини N_B

Після прибуття поїзда в ПВП виконується закріплення состава поїзда. Закріплення виконується зі сторони вхідної горловини парку. Процес закріплення включає видачу ДСП команди на закріплення (звичайно надається завчасно і не впливає на тривалість закріплення), прохід сигналіста вздовж состава, взяття і укладання гальмових башмаків та доповідь сигналіста про закінчення операції закріплення. Тривалість доповіді d складає близько 0,3 хв і має незначний розкид. Тривалість, що припадає на укладання одного гальмового башмака τ_3 , є випадковою величиною і залежить від великої кількості випадкових факторів (місце зупинки поїзда, розташування башмаків вздовж колії, довжина вагонів, погодні умови, швидкість руху сигналіста та ін.).

Для визначення закону та параметрів розподілу величини τ_3 виконано статистичну обробку значень:

$$\tau_{3i} = \frac{t_{3i} - d}{n_{\sigma i}}, \quad (5.3)$$

де t_3 – відповідно тривалість закріплення состава i -го поїзда;

n_{σ} – кількість гальмівних башмаків, що укладається під состав.

Статистична обробка результатів спостережень показала, що випадкова величина τ_3 має нормальний розподіл з параметрами $M[\tau_3]=0,97xв$, а $D[\tau_3]=0,095xв^2$.

Після закріплення состава та його огороження виконується технічний та комерційний огляд. Технічний огляд у ПВП виконується однією бригадою ПТО, що складається з двох груп. Зняття огороження состава та доповідь про закінчення технічного огляду виконується після завершенню огляду обома групами. Таким чином, середня тривалість огляду одного вагона групою ПТО може бути визначена за формулою

$$\tau_{то i} = \frac{N_{\text{ваг}} t_i}{k_{\text{гр}}}, \quad (5.4)$$

де $N_{\text{ваг}}$ – кількість вагонів у составі поїзда»;

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

t_i – тривалість огляду одного вагона бригадою ПТО.

Статистична обробка результатів спостережень показала, що випадкова величина t_i має нормальний розподіл з параметрами $M[t_i] = 0,98 xв$, а $D[t_i] = 0,18 xв^2$.

Операції, що виконуються під час прибирання гальмових башмаків подібні до операцій по закріпленню составів. В результаті статистичної обробки

результатів спостережень визначено, що середня тривалість, яка припадає на прибирання одного гальмового башмака розподілена за нормальним законом з параметрами $M[\tau_{\text{приб}}]=0,87 \text{ хв}$, $D[\tau_{\text{приб}}]=0,091 \text{ хв}^2$.

Результати статистичної обробки основних технологічних операцій в приймально-відправному парку станції наведені в додатку К.

5.3. Аналіз результатів моделювання роботи станції

Апробація розробленої методики оптимізації була виконана при виборі раціональних черговості виконання організаційно-технічних заходів в приймально-відправному парку вантажної станції, схема якого наведена на рис. 5.3. Був розглянутий ряд можливих реконструктивних і організаційних заходів.

Електрифікація кожної колії в приймально-відправному парку «А» скорочує тривалість виконання маневрів з рухомим складом при підготовці його до відправлення і тим самим збільшую переробну спроможність станції. При цьому не завжди доцільно електрифікувати всі колії парку тому, що це дає змогу отримати істотний приріст переробної спроможності, значно більший розрахункових розмірів руху. З цією метою доцільність варіантів електрифікації колій необхідно підтвердити економічно. Розглянемо такі варіанти електрифікації колій в приймально-відправному парку «А»:

- 1) Електрифікація колій №2
- 2) Електрифікація колій №2,4
- 3) Електрифікація колій №2,4,5
- 4) Електрифікація колій №2,4,28
- 5) Електрифікація колій №2,4,5,28
- 6) Електрифікація колій №2,4,5,24,26,28.

Для одержання техніко-експлуатаційних показників, які характеризують функціонування ПВП по кожному з намічених варіантів, виконане моделювання роботи парку з використанням розробленої ергатичної моделі ПВП станції. Для кожного варіанта при певних початкових умовах виконана серія експериментів, за результатами яких визначені середні значення показників функціонування ПВП, у

т.ч.: середній час знаходження вагонів на станції T_n , переробна спроможність станції N_n , завантаження виконавців технологічних операцій.

Для визначення значення N_n експерименти з моделлю по кожному варіанту Ω_j виконувалися при різній інтенсивності вхідного поїздопоток. При цьому максимально можливе значення переробної спроможності N_n визначалося по експерименту із граничним значенням λ^* , при якому був досягнутий критичний рівень насичення системи обслуговування ПВП [55]. Граничне значення інтенсивності λ^* фіксувалося, коли при його подальшому збільшенні добова кількість обслужених поїздів у ПВП не змінювалася.

Результати моделювання наведені в таблиці 5.5

Таблиця 5.5 – Результати моделювання роботи приймально-відправного парку «А» при електрифікації колій

варіанти	Характеристика варіантів	N_n	T_n
1	Електрифікація колій №2	958	20,4
2	Електрифікація колій №2,4	980	20,1
3	Електрифікація колій №2,4,5	990	19,6
4	Електрифікація колій №2,4,28	988	19,6
5	Електрифікація колій №2,4,5,28	1002	19,2
6	Електрифікація колій №2,4,5,24,26,28.	1026	18,7

Для визначення раціонального варіант удосконалення із сукупності можливих необхідно виконати їх техніко-економічне обґрунтування та обрати той варіант, для якого наведені річні витрати будуть мінімальними. А на даному етапі очевидно, що варіант 1 розглядати не доцільно тому, що він не забезпечує переробку розрахункових обсягів роботи станції ($N_2 < N_{\text{доб}}$).

ВИСНОВКИ

1. При огляді літератури, розглядалися, які методи взагалі існують для представлення конструкцій колійного розвитку. Раніше проектували таким чином, вирішували геометричні задачі, щоб вирахувати координати точок і параметрів. В роботі пропонується використати один елемент, це математична модель. Ця модель дозволить уникнути об'ємних розрахунків. Конструкцію представляють у вигляді формувань зв'язків, матриць або графів. Програма швидко все перераховує у разі зміни взаємозв'язків конструкцій. Це дозволяє виконувати більший обсяг роботи за короткий період часу.

2. До проблем оцінки конструкції впливають людські фактори, помилки при оцінюванні, відсутність знання технологій роботи. У роботі пропонується в якості кількісної оцінки, використати підхід методу аналізу ієрархій, тобто оцінити конструкцію горловини за такими параметрами як, кількість стрілок, будівельна довжина, кількість схрещування паралельних маршрутів.

3. В постановці задачі методика імітаційного моделювання роботи станцій повинна бути продовженням процесу оцінки. У процесі отримання готової конструкції, пропонується декілька етапів. А саме, розробити немасштабну схему; за допомогою засобів автоматизації її запроектувати; отримати масштабний план. І цю модель можна ще використати в якості вихідних даних для ергатичної моделі. Після цього зчитуємо показники та обираємо кожного із запропонованих варіантів і отримуємо техніко-економічну оцінку, тобто станція задовольняє наші потреби чи ні.

4. Прогнозували обсяг з використанням методів найменших квадратів. В результаті залізорудний концентрат має більший обсяг перевезень за добу серед усіх типів вантажу. Використовуючи методи автоматизованого проектування, виконали синтез колійного розвитку вантажної станції. Програмне забезпечення, яке використовувалось для розрахунку параметрів основних точок плану, було розроблено на кафедрі Транспортні вузли. З використанням засобів автоматизованого проектування, було отримано масштабний план станції.

5. Вказуючи на недостатність колій у приймально-відправному парку, була поставлена задача удосконалити конструкцію. Для цього використовували засоби автоматизованого проектування для вибору кращого варіанта за допомогою методу аналізу ієрархій. Спроектуювавши горловини порахували основні показники. Порівнювали між собою набір показників за кожним із варіантів та вираховували ваговий коефіцієнт по окремо взятих показників, за допомогою методу аналізу ієрархій були отримані кількісні оцінки варіантів проектних рішень, на основі яких були відібрані раціональні варіанти і побудовані на масштабному листі, які відділенні червоним кольором. Для того, щоб імітаційна модель правильно працювала, необхідно задати правильні результати. З цією метою зібрали статистичні дані по станції і розрахували числові характеристики випадкових величин, отримали закон розподілу і показники цих випадкових величин. При розглянутих варіантів будуть використовуватися 28, 24, 26 колії. Для визначення сукупності можливих варіантів розглядалося забезпечування тим або іншим варіантом, відповідній пропускній або переробної спроможності. І час надходження вагонів на під'їзні колії або в парку. Переглядаючи всі варіанти не підійшов тільки варіант номер 1 оскільки не забезпечує необхідну переробну спроможність. Найкращим варіантом опинився номер 6, у ньому максимальна переробна спроможність і відповідно скорочений час знаходження вагонів на коліях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Огарь А.Н., Лючков Д.С., Щурова Е.С. Автоматизированное проектирование железнодорожных станций и узлов: Конспект лекций. – Харьков: Укр-ГАЗТ, 2008. – Ч. 2. – 78 с.
2. Мирошниченко В.М. О машинном представлении схем крупных железнодорожных станций // Сб. Кибернетика и транспорт. - М.: Наука, 1968. - с. 178 - 206.
3. Мирошниченко В.М. Некоторые вопросы автоматизации проектирования железнодорожных станций с помощью ЭЦВМ: Автореф. дис...канд. техн. наук: 434/ ХИИТ. - К., 1969. - 25 с.
4. Акулиничев В.М. Проблемы автоматизации проектирования ж.д. станций и узлов / В.М. Акулиничев, В.И. Бодюл, В.В. Голубев // Вопросы проектирования и технология транспортных узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 674. - М.: МИИТ, 1980. - с. 3 - 9.
5. Акулиничев В.М. Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций и узлов / В.М. Акулиничев, М.М. Алаев // Межвуз. сб. научн. тр. - Вып.735. - М.: МИИТ, 1983. - с. 3 - 14.
6. Томилина Г.С. Схемы горловин участковых станций с минимальными затратами на ремонт стрелочных переводов и подвижного состава // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Гомель: БелИИЖТ, 1987. - с. 74 - 78.
7. Томилина Г.С. Необходимые условия для автоматизации проектирования станций. // Вопросы совершенствования системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 214/54. - Ташкент: ТашИИТ, 1989. - с. 29 - 30.
8. Родимов Б.А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок / Б.А. Родимов, В.Е. Павлов, В.Д. Прокинова - М.: Транспорт, 1980. - 96 с.

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

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

11. Вернигора Р. В., Малашкин В. В., Пугач А. В. Перспективы взаимодействия железных дорог и промышленных предприятий: Тезисы Международной научно-практической конференции (Моршин, 23-25 февраля 2012 г.) – Д.: ДНУЖТ, 2012. – 84 с.

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

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

14. Пилипченко П. А. Структурное моделирование работы сортировочной станции // Применение математических методов и ЭВМ в эксплуатации железных дорог: Сб. научн. тр. - Вып. 497. - М.: МИИТ. - 1975. - с. 60 - 61.

15. Муха Ю. А., Бобровский В. И. Моделирование на ЭЦВМ процесса скатывания отцепов с сортировочной горки // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. - Вып. 90/6. - Днепропетровск, 1969. - с. 53 - 63.

16. Муха Ю.А., Бобровский В.И., Попов С.А. Цифровая модель процесса роспуска составов на автоматизированных сортировочных горках // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. - Вып. 181/10. - Днепропетровск. - 1976. - с. 23 - 40.

17. Муха Ю.А., Бобровский В.И. Алгоритмы и библиотека программ для моделирования на ЭВМ «Наири - К» сортировочного процесса на горках // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. - Вып. 194/11. - Днепропетровск, 1977. - с. 53 - 102.

18. Шафит Е.М., Самков А.Н. Моделирование функционирования системы автоматического управления сортировочным процессом с управляющей ЦВМ // Вопросы автоматического управления и применения средств вычислительной техники на железнодорожных станциях: Труды ДИИТа - Вып. 149/5. – Днепропетровск. – 1973. - с. 3-7.

19. Шафит Е.М., Косорига Ю.А. Оценка эффективности функционирования устройств горочной автоматики на основе стохастического моделирования // Автоматизир. системы управления технологическими процессами на ж.д. станциях: Труды ДИИТа - Вып. 211/9 - Днепропетровск. - 1980 - с.56-61.

20. Шафит Е.М., Жуковицкий И.В., Рыбцов В.Н. Принципы построения децентрализованных систем АРС для сортировочных горок большой мощности // Автоматизированные информационно-управляющие вычислительные системы на сортировочных станциях железнодорожного транспорта: Труды ДИИТа. - Вып. 289/18 – Днепропетровск. – 1993. - с. 28-35

21. Шафит Е.М., Жуковицкий И.В., Косолапов А.А. Принципы построения интегрированной автоматизированной системы управления технологическими процессами на сортировочной станции // Информ.-управляющие системы на ж.д.трансп. - 1996. - №1/2. - с. 36-41.

22. Ульяненкова Н. В., Храбров В. В. Современные тенденции рационального использования технического оснащения грузовой станции // Транспорт: Наука, техника, управление. - ВИНТИ. - 1999. - № 5. - с. 65 - 66.

23. Козлов И. Т. Пропускная способность транспортных систем. - М.: Транспорт, 1985. - 214 с.

24. Таль К.К. Основные вопросы применения методов моделирования при проектировании станции и узлов. // Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 47. - М.: ЦНИИС - 1971. - с. 56 - 96.

25. Таль К.К. О классификации методов моделирования, используемых для расчета станций и узлов. // Вопросы проектирования и расчета железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 90. - М.: ЦНИИС, 1976. - с. 74 - 90.

26. Сапунов Н.А., Кожевников А.И., Столяров А.С. Улучшить подготовку дежурных по станциям // Железнодорожный транспорт. – 1997. - №1. – с. 16-19.

27. Бобровский В.И., Вернигора Р. В. Функциональное моделирование железнодорожных станций в тренажерах оперативно-диспетчерского персонала // Мат. моделювання. - 2000. - №2(5). - с. 68 – 71.

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

29. Бобровский В.И. Моделирование системы управления пропуском поездов через пересечения // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. пр. - Вип. 33. - Харків: ХарДАЗТ, 1998. - с. 71 – 79.

30. Бобровский В.И. Имитационное моделирование распуска составов в тренажерах горючих операторов // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. - 2001. - № 4. - с. 112.

31. Бобровский В.И. Эргатические модели сортировочных горок // Інформаційно - управляючі системи на залізничному транспорті. - 2001. - №5. - с. 7 - 11.

32. Бобровский В.И. Технично-економічне управління залізничними станціями на основі ергатических моделей / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Інформаційно–управляючі системи на залізничному транспорті. – 2000. – №6. – С. 30-42.

33. Бобровский В.И., Козаченко Д.Н., Вернигора Р. В. Эргатические модели железнодорожных станций. // Зб. наук. праць КУЕТТ: Серія «Транспортні системи і технології», Вип. 5. – К.: КУЕТТ, 2004. – с. 80-86.

34. Бобровский, В. И. Модели, методы и алгоритмы автоматизированного проектирования железнодорожных станций [Текст]: монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин. – Дн-вск: Издво Маковецкий, 2010. – 156 с.

35. Малашкін, В. В. Система автоматизованого синтезу колійного розвитку залізничних станцій / В. В. Малашкін // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях : зб. наук. праць / Нац. техн. ун-т "Харк. політехн. ін-т". – Харків, 2015. – Вип. 14 (1123). – С. 106–113.

36. Бобровский В.И. Структурные модели путевого развития железнодорожных станций для автоматизированного проектирования // Информационно - управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 1997. - №3. - с. 58 - 63.

37. Проектирование железнодорожных станций и узлов / Справ. и метод. руководство / Под ред. Козлова А.М., Гусевой К.Г. - М.: Транспорт, 1981. - 592 с.

38. ДБН В.2.3-19-2008 Споруди транспорту залізниці колії 1520 мм. Норми проектування.

39. Кристофидис Н. Теория графов. Алгоритмический подход. - М.: Мир, 1978.

40. Кормен Т. Алгоритмы: построение и анализ. - М.: Вильямс, 2006. – 1296 с.

41. Малашкін, В. В. Інтелектуальна система кількісної оцінки конструкції колійного розвитку залізничних станцій / В. В. Малашкін // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси : зб. наук. праць. / Нац. техн. ун-т "Харк. політехн. ін-т". – Харків. 2015. – Вип. 11 (1120). – С. 128–134.

42. Шторм, Р. Теория вероятностей, математическая статистика, статистический контроль качества [Текст] / Р. Шторм. – М.: Мир, 1970. – 368 с.

43. Ногин В. Принятие решений при многих критериях. Учебно-методическое пособие. – СПб.: Издательство «ЮТАС», 2007. – 104 с.

44. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.

45. Saaty Thomas L. The Hierarchon: A Dictionary of Hierarchies. – Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 1992. –с. 496.

46. Сваровский С.Т. Аппроксимация функций принадлежности значений лингвистической переменной//Математические вопросы анализа данных. – Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1980. – с.127-131.

47. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решения на основе нечетких моделей: примеры использования. – Рига:«Знание», 1990. – 184 с.

48. Кузьмин В.Б. Параметрическое отношение лингвистических значений переменных и ограничений // Модели выбора альтернатив в нечеткой среде. – Рига, 1980, с.75-76.

49. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации; Винница “Универсум-Винница”, 1999-320с.

50. Нагорный Е. В., Алешинский Е. С. Моделирование функционирования комплекса “Сортировочная станция - прилегающие участки ” с помощью сетей Петри // Информационно - управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 2000. - № 2. - с. 98 - 103.

51. Персианов В. А. Расчет железнодорожных узлов методом моделирования их работы на ЭЦВМ / В. А. Персианов, Н. С. Усков, И. Е. Четыркина // Транспортные узлы. – М.: Транспорт. – 1996. – С.420-446.

52. Яновський П. О. Методика визначення тривалості знаходження вагонів на технічних станціях в умовах функціонування автоматичної системи моделювання та аналізу експлуатаційної роботи залізниць / П. О. Яновський // Залізнич. транспорт України .– 2008. – №2 .– С.25-28.

53. VirtuOS – Simulieren von Bahnbetrieb / König Helmut // ETR: Eisenbahntechn. Rdsch. – 2001. 50. – № 1-2, – С. 44-47.

54. Вернигора Р.В. Повышение эффективности функционирования железнодорожных станций как эргатических систем: Дисс. канд. техн. наук: 05.22.20. – Днепропетровск, 2008. – 230 с.

55. Тишкин Е.М., Климанов В.С. Закономерности насыщения устройств сортировочных станций вагонами //Вестник ВНИИЖТа. – 1980. - №2 – с.6-9.

ДОДАТОК А

ВИХІДНІ ДАННІ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Таблиця А.1 – Розміри роботи станції по видам вантажу

Рік	Вид вантажу, ваг. за добу								Всього
	Окагиші	Вугілля	ЗРК	Метал	Мінерали	Пшениця	Кукурудза	Ячмінь	
2017	111	25	203	35	104	70	34	68	650
2018	126	18	238	42	98	84	24	70	700
2019	140	39	243	55	102	84	55	62	780
2020	148	33	267	46	139	92	46	89	860

Таблиця А.2 - Дані до визначення маси і довжини поїзда

параметри	позначення	значення
		Б-Р
довжина вагона, <i>м</i>	$l_{\text{ваг}}$	15,0
середня вага вагона, <i>т</i>	$q_{\text{ваг}}$	65,0
навантаження від осі вагона на рейку, <i>т</i>	q_0	15,0
серія поїзного локомотива	-	ВЛ-80
розрахунковий ухил, ‰	i_p	10,8
швидкість на розрахунковому ухилі, <i>км/г</i>	V_p	43,3

ДОДАТОК Б
АВТОМАТИЗОВАНА ПОБУДОВА МАСШТАБНОГО ПЛАНУ
ПРИЙМАЛЬНО-ВІДПРАВНОГО ПАРКУ

Б.1 Канонічна модель станції

*Стрілочні переводи

*N	P	B	W	S	T	LP	LB	№	X	Y
1	4	2	1	1	2	0	0	0	0	0
2	7	0	2	1	2	0	0	0	0	0
3	4	2	2	1	2	0	0	0	0	0
4	5	0	1	0	2	0	0	0	0	0
5	10	6	1	0	2	9999	0	0	0	0
6	201	204	4	1	2	0	0	0	0	0
7	13	202	2	1	2	901	0	0	0	0
8	103	203	5	1	2	120	0	0	0	0
9	10	0	0	1	2	0	0	0	0	0
10	14	0	1	1	2	0	0	0	0	0
12	13	0	3	1	2	0	0	0	0	0
13	16	0	2	0	2	0	0	0	0	0
14	17	15	1	1	2	0	0	0	0	0
15	19	0	2	1	2	0	0	0	0	0
16	15	17	2	0	2	0	0	0	0	0
17	18	0	1	0	2	0	0	0	0	0
18	105	206	1	0	2	780.64	0	0	0	0
19	106	207	2	1	2	782.64	0	0	0	0
20	21	0	10	0	2	0	0	0	0	0
21	107	0	10	0	2	383	0	0	0	0

*Вершини кутів повороту

*N	P	B	W	R	LP	A	A'	A''	№	X	Y
201	8	0	5	200	0	0	0	0	0	0	0
202	12	0	3	200	0	0	0	0	0	0	0
203	9	0	0	200	10	-6	20	25	0	0	0
204	9	0	4	200	0	0	0	0	0	0	0
206	104	0	7	200	299	0	0	0	0	0	0
207	20	0	10	200	100	0	0	0	0	0	0

*Кінці колій

*N	P	B	W	LP	X	Y
101	1	0	1	0	0	0
102	3	0	0	0	0	-10
103	0	0	5	0	0	0
104	0	0	7	0	0	0
105	0	0	1	0	0	0
106	0	0	2	0	0	0

110	12	0	0	0	0	-10
107	0	0	10	0	0	0
109	20	0	0	0	0	-10
108	21	0	0	0	0	-10

*Опорна стрілка

*ЦСПХ У

1 0 0

*Міжколія

*Нижн. ВерхЕ

3 2 5.3

2 1 5.3

1 4 10

4 5 6.5

1 7 6.5

10 2 6.5

ДОДАТОК В

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ КООРДИНАТ СТАНЦІЇ «К»

Таблиця координат схеми

1	0.0000	0.0000
2	47.6994	-5.3000
3	0.0000	-5.3000
4	47.6994	0.0000
5	90.6534	0.0000
6	180.6522	10.0000
7	90.6534	-5.3000
8	906.6591	16.5000
9	986.2166	4.1179
10	1023.2775	0.0000
12	975.5781	-10.6000
13	1023.2774	-5.3000
14	1066.2314	0.0000
15	1113.9308	-5.3000
16	1066.2314	-5.3000
17	1113.9308	0.0000
18	1156.8848	0.0000
19	1156.8848	-5.3000
20	1342.2732	-11.8000
21	1390.2661	-11.8000
201	239.1514	16.5000
202	138.3527	-10.6000
203	951.2985	11.5400
204	933.2787	10.0000
206	1215.3840	6.5000
207	1215.3840	-11.8000
101	-50.0000	0.0000
102	-64.8280	-12.5032
103	1042.4711	16.5000
104	1525.4612	6.5000
105	1953.3368	0.0000
106	1955.3368	-5.3000
110	910.1686	-17.8678
107	1788.4932	-11.8000
109	1276.8638	-19.0678
108	1324.8567	-19.0678

Таблиця відстаней між точками схеми

1	4	47.6994	16.0754
1	2	47.9929	16.3689
2	7	42.9540	12.5000
3	4	47.9929	16.3689
3	2	47.6993	16.0753
4	5	42.9540	12.5000
5	10	932.6241	901.0001
5	6	90.5527	59.5136
6	201	58.8592	31.9700
6	204	752.6265	725.7374
7	13	932.6240	901.0000
7	202	47.9929	21.1037
8	103	135.8120	120.0000
8	203	44.9142	19.2161
9	10	37.2890	6.2500
10	14	42.9540	12.5000
12	13	47.9929	16.9539
13	16	42.9540	12.5000
14	17	47.6994	16.0754
14	15	47.9929	16.3689
15	19	42.9540	12.5000
16	15	47.6994	16.0754
16	17	47.9929	16.3689
17	18	42.9540	12.5000
18	105	796.4520	780.6400
18	206	58.8592	31.9700
19	106	798.4520	782.6400
19	207	58.8592	31.9700
20	21	47.9929	16.9539
21	107	398.2270	383.0000
201	8	667.5077	641.2035
202	12	837.2253	810.3362
203	9	35.6981	10.0000
204	9	53.2636	26.3745
206	104	310.0772	299.0000
207	20	126.8892	100.0000
101	1	50.0000	34.7730
102	3	65.2270	50.0000
110	12	65.8120	50.0000
109	20	65.8120	50.0000
108	21	65.8120	50.0000

Таблиця елементів кривих схеми

201	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317
202	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317
203	5° 39' 35''	200	9.8861	19.7562
204	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317
206	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317
207	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317

ДОДАТОК Г

АВТОМАТИЗОВАНА ПОБУДОВА МАСШТАБНОГО ПЛАНУ ЗЕРНОВОГО
ПАРКУ

Канонічна модель станції

*Стрілочні переводи

*N	P	B	W	S	T	LP	LB	№	X	Y
1	2	17	3	1	2	0	0	0	0	0
2	5	3	3	0	2	0	0	0	0	0
3	4	205	2	1	2	0	0	0	0	0
4	104	9	1	1	2	0	700	0	0	0
5	206	6	3	1	2	0	0	0	0	0
6	201	207	4	0	2	0	0	0	0	0
7	8	18	6	1	2	0	0	0	0	0
8	209	203	6	1	2	0	0	0	0	0
9	10	0	1	1	2	9999	0	0	0	0
21	105	0	12	0	2	0	0	0	0	0
10	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0
11	21	0	0	0	2	0	0	0	0	0
12	10	0	0	1	2	0	0	0	0	0
13	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0
14	13	0	0	0	2	0	0	0	0	0
15	14	0	0	1	2	0	0	0	0	0
16	13	0	0	0	2	0	0	0	0	0
17	202	0	10	0	2	0	0	0	0	0
18	204	19	0	1	2	0	0	0	0	0
19	213	0	0	1	2	0	0	0	0	0
20	106	214	9	0	2	0	10	0	0	0

*Вершини кутів повороту

*N	P	B	W	R	LP	A	A'	A''	№	X	Y
201	208	0	5	200	0	0	0	0	0	0	0
202	7	0	6	200	10	0	0	0	0	0	0
203	210	0	7	200	0	0	0	0	0	0	0
204	211	0	8	200	0	0	0	0	0	0	0
205	9	0	2	200	0	0	0	0	0	0	0
206	12	0	3	200	0	0	0	0	0	0	0
207	12	0	4	400	0	0	0	0	0	0	0
208	14	0	5	400	0	0	0	0	0	0	0
209	15	0	6	200	0	0	0	0	0	0	0
210	15	0	7	200	0	0	0	0	0	0	0
211	16	0	8	200	0	0	0	0	0	0	0
212	19	0	11	200	0	0	0	0	0	0	0
213	20	0	9	200	0	0	0	0	0	0	0
214	16	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0

*Кінці колій

*N	P	B	W	LP	X	Y
101	1	0	3	0	0	0
102	17	0	10	0	0	0
103	212	0	11	0	0	0
104	0	0	0	0	0	0
105	0	0	12	0	0	0
106	0	0	9	0	0	0
107	21	0	12	0	0	0

*Опорна стрілка

*ЦСП X Y

1 0 0

*Міжколія

*Нижн Верх E

2 1 6.5

1 12 25

3 2 5.3

4 3 5.3

5 4 5.3

6 5 5.3

7 6 5.3

8 7 7.5

10 3 6.5

9 8 7.5

11 6 5.3

ДОДАТОК Д
РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ КООРДИНАТ «ЗЕРНОВОГО»
ПАРКУ «Б»

Таблиця координат схеми

1	0.0000	0.0000
2	37.2890	0.0000
3	84.9884	5.3000
4	143.4876	11.8000
5	74.5780	0.0000
6	122.2774	-5.3000
7	179.4023	-15.9000
8	227.3952	-15.9000
9	875.1116	11.8000
21	1100.1085	36.8000
10	1015.3483	27.3821
11	1063.0476	32.6821
12	968.5259	16.8469
13	1026.6681	24.4966
14	979.8458	13.9614
15	934.4733	-1.6801
16	991.4150	12.3436
17	58.4992	-6.5000
18	216.4632	-20.0179
19	263.2855	-30.5531
20	843.8678	-36.2000
201	169.9767	-10.6000
202	143.0981	-15.9000
203	275.0945	-21.2000
204	294.6007	-28.7000
205	816.6124	5.3000
206	816.9059	0.0000
207	870.0966	-5.3000
208	870.6855	-10.6000
209	871.2744	-15.9000
210	877.8501	-21.2000
211	872.3563	-28.7000
212	179.1087	-21.2000
213	314.1069	-36.2000
214	902.8229	-29.6493
101	-50.0000	0.0000
102	-50.0000	-6.5000
103	-50.0000	-21.2000
104	208.8970	19.0678

Таблиця відстаней між точками схеми

1	2	37.2890	6.2500
1	17	58.8592	27.2352
2	5	37.2890	6.2500
2	3	47.9929	16.9539
3	4	58.8592	27.8202
3	205	731.6240	704.7349
4	104	65.8120	50.0000
4	9	731.6240	700.0000
5	206	742.3279	715.4387
5	6	47.9929	16.9539
6	201	47.9929	21.1037
6	207	747.8193	687.5623
7	8	47.9929	16.9539
7	18	37.2890	6.2500
8	209	643.8792	605.8447
8	203	47.9929	21.1037
9	10	141.0997	110.0607
21	105	49.8914	34.6644
10	11	47.9929	16.9539
11	21	37.2890	6.2500
12	10	47.9929	16.9539
13	11	37.2890	6.2500
14	13	47.9929	16.9539
15	14	47.9929	16.9539
16	13	37.2890	6.2500
17	202	85.1195	58.8153
18	204	78.6184	51.7292
18	19	47.9929	16.3689
19	213	51.1342	24.8300
20	106	306.1322	290.3202
20	214	59.3179	10.0000
201	208	700.7087	645.1865
202	7	36.3042	10.0000
203	210	602.7556	558.1725
204	211	577.7556	533.1725
205	9	58.8592	31.9700
206	12	152.5531	125.6640
207	12	100.8901	40.6331
208	14	111.8894	51.6323

105	1150.0000	36.8000	209	15	64.7789	26.7444
106	1150.0000	-36.2000	210	15	59.8933	10.5754
107	-50.0000	36.8000	211	16	125.9348	76.6169
			212	19	84.6948	57.8056
			213	20	529.7609	503.4567
			214	16	98.0407	48.7228
			101	1	50.0000	34.7730
			102	17	108.4992	92.6872
			103	212	229.1087	218.0315
			107	21	1150.1085	1134.2965

Таблиця елементів кривих схеми

201	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317
202	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317
203	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317
204	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317
205	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317
206	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317
207	12° 40' 50''	400	44.4450	88.5270
208	12° 40' 50''	400	44.4450	88.5270
209	12° 40' 50''	200	22.2225	44.2635
210	19° 1' 15''	200	33.5059	66.3952
211	19° 1' 15''	200	33.5059	66.3952
212	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317
213	6° 20' 25''	200	11.0772	22.1317
214	19° 1' 15''	200	33.5059	66.3952

ДОДАТОК Е
РОЗРАХУНОК ПРОГНОЗОВАНОГО ОБСЯГУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
У 2021 РОЦІ

– для вугілля:

$$\begin{cases} a_0 + a_1 \cdot 1 + a_2 \cdot 1^2 = -7, \\ a_0 + a_1 \cdot 2 + a_2 \cdot 2^2 = 3, \\ a_0 + a_1 \cdot 3 + a_2 \cdot 3^2 = 10. \end{cases}$$

Звідки $a_0 = -20$, $a_1 = -14,5$, $a_2 = -1,5$.

Тоді інтерполяційний багаточлен буде мати вигляд:

$$\Delta B(t) = -20 + 14,5t - 1,5 \cdot t^2$$

Знайдемо, на скільки у 2021 році зміниться вантажопотік вугілля у порівнянні з 2017 роком ($t = 4$):

$$\Delta B(t) = -20 + 14,5 \cdot 4 - 1,5 \cdot 4^2 = 14$$

Тоді прогнозуемий обсяг перевезень окатишу у 2021 році складатиме:

$$B = 25 + 14 = 39 \text{ ваг.}$$

– для залізородного концентрату:

$$\begin{cases} a_0 + a_1 \cdot 1 + a_2 \cdot 1^2 = 35, \\ a_0 + a_1 \cdot 2 + a_2 \cdot 2^2 = 40, \\ a_0 + a_1 \cdot 3 + a_2 \cdot 3^2 = 80. \end{cases}$$

Звідки $a_0 = 65$, $a_1 = -47,5$, $a_2 = 17,5$.

Тоді інтерполяційний багаточлен буде мати вигляд:

$$\Delta B(t) = 65 + (-47,5)t + 17,5 \cdot t^2$$

Знайдемо, на скільки у 2021 році зміниться вантажопотік вугілля у порівнянні з 2017 роком ($t = 4$):

$$\Delta B(t) = 65 - 47,5 \cdot 4 + 17,5 \cdot 4^2 = 155$$

Тоді прогнозований обсяг перевезень залізородного концентрату у 2021 році складатиме:

$$B = 203 + 155 = 358 \text{ ваг.}$$

– для металу:

$$\begin{cases} a_0 + a_1 \cdot 1 + a_2 \cdot 1^2 = 7, \\ a_0 + a_1 \cdot 2 + a_2 \cdot 2^2 = 13, \\ a_0 + a_1 \cdot 3 + a_2 \cdot 3^2 = 11. \end{cases}$$

Звідки $a_0 = -7$, $a_1 = 18$, $a_2 = -4$.

Тоді інтерполяційний багаточлен буде мати вигляд:

$$\Delta B(t) = -7 + 18t - 4 \cdot t^2$$

Знайдемо, на скільки у 2021 році зміниться вантажопотік вугілля у порівнянні з 2017 роком ($t = 4$):

$$\Delta B(t) = -7 + 18 \cdot 4 - 4 \cdot 4^2 = 1$$

Тоді прогнозований обсяг перевезень металу у 2021 році складатиме:

$$B = 35 + 1 = 36 \text{ ваг.}$$

– для мінералів:

$$\begin{cases} a_0 + a_1 \cdot 1 + a_2 \cdot 1^2 = -6, \\ a_0 + a_1 \cdot 2 + a_2 \cdot 2^2 = 9, \\ a_0 + a_1 \cdot 3 + a_2 \cdot 3^2 = 20. \end{cases}$$

Звідки $a_0 = -25$, $a_1 = 21$, $a_2 = -2$.

Тоді інтерполяційний багаточлен буде мати вигляд:

$$\Delta B(t) = -25 + 21t - 2 \cdot t^2$$

Знайдемо, на скільки у 2021 році зміниться вантажопотік вугілля у порівнянні з 2017 роком ($t = 4$):

$$\Delta B(t) = -25 + 21 \cdot 4 - 2 \cdot 4^2 = 27$$

Тоді прогнозований обсяг перевезень мінералів у 2021 році складатиме:

$$B = 104 + 27 = 131 \text{ ваг.}$$

– для пшениці:

$$\begin{cases} a_0 + a_1 \cdot 1 + a_2 \cdot 1^2 = 14, \\ a_0 + a_1 \cdot 2 + a_2 \cdot 2^2 = 9, \\ a_0 + a_1 \cdot 3 + a_2 \cdot 3^2 = 25. \end{cases}$$

Звідки $a_0=40$, $a_1=-36,5$, $a_2=10,5$.

Тоді інтерполяційний багаточлен буде мати вигляд:

$$\Delta B(t) = 40 - 36,5t + 10,5 \cdot t^2$$

Знайдемо, на скільки у 2021 році зміниться вантажопотік пшениці у порівнянні з 2017 роком ($t = 4$):

$$\Delta B(t) = 40 - 36,5 \cdot 4 + 10,5 \cdot 4^2 = 62$$

Тоді прогнозований обсяг перевезень пшениці у 2021 році складатиме:

$$B = 70 + 62 = 132 \text{ ваг.}$$

– для кукурудзи:

$$\begin{cases} a_0 + a_1 \cdot 1 + a_2 \cdot 1^2 = -10, \\ a_0 + a_1 \cdot 2 + a_2 \cdot 2^2 = 14, \\ a_0 + a_1 \cdot 3 + a_2 \cdot 3^2 = 16. \end{cases}$$

Звідки $a_0 = -56$, $a_1 = 57$, $a_2 = -11$.

Тоді інтерполяційний багаточлен буде мати вигляд:

$$\Delta B(t) = -56 + 57t - 11 \cdot t^2$$

Знайдемо, на скільки у 2021 році зміниться вантажопотік вугілля у порівнянні з 2017 роком ($t = 4$):

$$\Delta B(t) = -56 + 57 \cdot 4 - 11 \cdot 4^2 = -4$$

Тоді прогнозований обсяг перевезень кукурудзи у 2021 році складатиме:

$$B = 34 - 4 = 30 \text{ ваг.}$$

– для ячміню:

$$\begin{cases} a_0 + a_1 \cdot 1 + a_2 \cdot 1^2 = 2, \\ a_0 + a_1 \cdot 2 + a_2 \cdot 2^2 = 4, \\ a_0 + a_1 \cdot 3 + a_2 \cdot 3^2 = 11. \end{cases}$$

Звідки $a_0 = 5$, $a_1 = -5,5$, $a_2 = 2,5$.

Тоді інтерполяційний багаточлен буде мати вигляд:

$$\Delta B(t) = 5 - 5,5t + 2,5 \cdot t^2$$

Знайдемо, на скільки у 2021 році зміниться вантажопотік ячміню у порівнянні з 2017 роком ($t = 4$):

$$\Delta B(t) = 5 - 5,5 \cdot 4 + 2,5 \cdot 4^2 = 23$$

Тоді прогнозований обсяг перевезень ячміню у 2021 році складатиме:

$$B = 68 + 23 = 91 \text{ ваг.}$$

Прогнозований вагонопотік у 2021 році дорівнює:

$$\sum B = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 + B_7 + B_8$$

Тобто,

$$\sum B = 165 + 39 + 358 + 36 + 131 + 132 + 30 + 91 = 982 \text{ ваг.}$$

ДОДАТОК Ж

РЕЗУЛЬТАТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО
АНАЛІЗУ СТАНЦІЙНИХ ГОРЛОВИН**Схема 1**

СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ

Р65 1/9 левост. 4

Р65 1/9 правост. 6

Всего стрелок: 10

КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Сумма углов поворота кривых: 19,0208 град.

Общая длина кривых: 66,3952 м.

Полная длина: 2299,5318 м.

Строительная длина: 1831,0218 м.

Длина горловины: 334,5501 м.

МАРШРУТЫ ДВИЖЕНИЯ

Всего маршрутов движения: 28

Параллельных передвижений: 2 (вариантов: 14)

Распределение стрелок на маршруте: $M[n]=4,57$ $S[n]=1,05$

Распределение сумм углов поворота стрелок на маршруте:

 $M[\text{Астр}] = 15,85$ $S[\text{Астр}] = 6,60$

Распределение сумм углов поворота кривых на маршруте:

 $M[\text{Акр}] = 6,34$ $S[\text{Акр}] = 0,00$

Диапазон длин маршрутов: 166,65 .. 407,42 = 240,77 м

 $M[L] = 290,54$ $S[L] = 75,36$ **Схема 2**

СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ

Р65 1/9 левост. 5

Р65 1/9 правост. 5

Всего стрелок: 10

КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Сумма углов поворота кривых: 38,0417 град.

Общая длина кривых: 132,7905 м.

Полная длина: 1877,4912 м.

Строительная длина: 1408,9812 м.

Длина горловины: 249,6577 м.

МАРШРУТЫ ДВИЖЕНИЯ

Всего маршрутов движения: 28

Параллельных передвижений: 2 (вариантов: 14)

Распределение стрелок на маршруте: $M[n]=4,43$ $S[n]=0,73$

Распределение сумм углов поворота стрелок на маршруте:

$$M[\text{Астр}] = 16,91 \quad S[\text{Астр}] = 7,47$$

Распределение сумм углов поворота кривых на маршруте:

$$M[\text{Акр}] = 7,93 \quad S[\text{Акр}] = 2,75$$

Диапазон длин маршрутов: 166,65 .. 322,89 = 156,24 м

$$M[L] = 251,51 \quad S[L] = 49,12$$

Схема 3

СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ

R65 1/9 левост. 3

R65 1/9 правост. 7

Всего стрелок: 10

КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Сумма углов поворота кривых: 12,6806 град.

Общая длина кривых: 44,2635 м.

Полная длина: 2366,0879 м.

Строительная длина: 1897,5779 м.

Длина горловины: 345,3499 м.

МАРШРУТЫ ДВИЖЕНИЯ

Всего маршрутов движения: 28

Параллельных передвижений: 2 (вариантов: 14)

Распределение стрелок на маршруте: $M[n]=5,00$ $S[n]=1,60$

Распределение сумм углов поворота стрелок на маршруте:

$$M[\text{Астр}] = 16,91 \quad S[\text{Астр}] = 6,51$$

Распределение сумм углов поворота кривых на маршруте:

$$M[\text{Акр}] = 6,34 \quad S[\text{Акр}] = 0,00$$

Диапазон длин маршрутов: 166,65 .. 418,29 = 251,63 м

$M[L] = 269,68$ $S[L] = 86,51$

Схема 4

СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ

R65 1/9 левост. 4

R65 1/9 правост. 8

Всего стрелок: 12

КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Сумма углов поворота кривых: 76,0833 град.

Общая длина кривых: 265,5809 м.

Полная длина: 2275,1727 м.

Строительная длина: 1712,9607 м.

Длина горловины: 333,0918 м.

МАРШРУТЫ ДВИЖЕНИЯ

Всего маршрутов движения: 21

Параллельных передвижений: 2 (вариантов: 18)

Распределение стрелок на маршруте: $M[n]=5,43$ $S[n]=0,73$

Распределение сумм углов поворота стрелок на маршруте:

$M[\text{Астр}] = 14,68$ $S[\text{Астр}] = 5,84$

Распределение сумм углов поворота кривых на маршруте:

$M[\text{Акр}] = 12,68$ $S[\text{Акр}] = 5,75$

Диапазон длин маршрутов: 253,61 .. 367,75 = 114,14 м

$M[L] = 341,31$ $S[L] = 35,12$

Схема 5

СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ

R65 1/9 левост. 5

R65 1/9 правост. 9

Всего стрелок: 14

КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Сумма углов поворота кривых: 63,4028 град.

Общая длина кривых: 221,3174 м.

Полная длина: 2479,0766 м.

Строительная длина: 1823,1626 м.

Длина горловины: 377,7976 м.

МАРШРУТЫ ДВИЖЕНИЯ

Всего маршрутов движения: 21

Параллельных передвижений: 2 (вариантов: 14)

Распределение стрелок на маршруте: $M[n]=5,67$ $S[n]=0,69$

Распределение сумм углов поворота стрелок на маршруте:

$M[\text{Астр}] = 16,48$ $S[\text{Астр}] = 6,77$

Распределение сумм углов поворота кривых на маршруте:

$M[\text{Акр}] = 10,44$ $S[\text{Акр}] = 4,32$

Диапазон длин маршрутов: 328,30 .. 402,38 = 74,08 м

$M[L] = 368,59$ $S[L] = 25,55$

Схема 6

СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ

R65 1/9 левост. 6

R65 1/9 правост. 6

Всего стрелок: 12

КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Сумма углов поворота кривых: 50,7222 град.

Общая длина кривых: 177,0540 м.

Полная длина: 3142,2959 м.

Строительная длина: 2580,0839 м.

Длина горловины: 488,8396 м.

МАРШРУТЫ ДВИЖЕНИЯ

Всего маршрутов движения: 21

Параллельных передвижений: 2 (вариантов: 18)

Распределение стрелок на маршруте: $M[n]=5,71$ $S[n]=1,16$

Распределение сумм углов поворота стрелок на маршруте:

$M[\text{Астр}] = 14,68$ $S[\text{Астр}] = 5,84$

Распределение сумм углов поворота кривых на маршруте:

$M[\text{Акр}] = 9,30$ $S[\text{Акр}] = 3,92$

Диапазон длин маршрутов: 253,61 .. 513,85 = 260,24 м

$M[L] = 437,09$ $S[L] = 83,61$

ДОДАТОК И

ОЦІНКА ПЛАНІВ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СТРІЛОЧНИХ ГОРЛОВИН СТАНЦІЙ

Таблиця И.1 – Матриця парних порівнянь для критерію $L_{\text{буд}}$

	4	5	6	вектор пріоритетів	K_i
4	1,00	1,06	1,51	1,17	0,384
5	0,94	1,00	1,42	1,1	0,361
6	0,66	0,71	1,00	0,777	0,255
Разом				3,047	1

Таблиця И.2 – Матриця парних порівнянь для критерію $M[n_{\text{сп}}]$

	4	5	6	вектор пріоритетів	K_i
4	1,00	1,04	1,51	1,163	0,385
5	0,96	1,00	1,01	0,988	0,327
6	0,66	0,99	1,00	0,87	0,288
Разом				3,021	

Таблиця И.3 – Матриця парних порівнянь для критерію $M[\alpha]$

	4	5	6	вектор пріоритетів	K_i
4	1,00	0,98	0,88	0,952	0,3168
5	1,02	1,00	0,89	0,967	0,3218
6	1,14	1,12	1,00	1,086	0,3614
Разом				3,005	

Таблиця И.4 – Матриця парних порівнянь для критерію $M[l_{\text{мр}}]$

	1	2	3	вектор пріоритетів	K_i
1	1,00	1,08	1,28	1,114	0,3694
2	0,93	1,00	1,19	1,032	0,3422
3	0,78	0,84	1,00	0,87	0,2885
Разом				3,016	

Для перевірки суперечливості результатів розраховані власні значення матриць парних порівнянь λ_{max} та індекси погодженості I . Результати розрахунків наведені в таблиці И.5.

Таблиця И.5 – Результати перевірки суперечливості матриць парних порівнянь

Критерій	λ_{\max}	I	I^*	$\frac{I}{I^*}$	Висновок
$L_{\text{буд}}$	3,210	0,1048	0,58	0,081	не суперечать
$M[n_{\text{сп}}]$	3,100	0,0500	0,58	0,086	не суперечать
$M[\alpha]$	3,020	0,0102	0,58	0,018	не суперечать
$M[l_{\text{мп}}]$	3,066	0,0330	0,58	0,057	не суперечать

За результатами розрахунків матриці парних порівнянь визначений комплексний ваговий вектор коефіцієнтів (таблиця И.6).

Таблиця И.6 – Результати розрахунку комплексного вагового вектору

Вар.	$L_{\text{буд}}$	$M[n_{\text{сп}}]$	$M[\alpha]$	$M[l_{\text{мп}}]$	вектор пріоритетів	ω_i
4	0,280	0,385	0,317	0,369	0,233	0,3392
5	0,298	0,327	0,322	0,342	0,221	0,3216
6	0,422	0,288	0,361	0,289	0,233	0,3392
Разом					0,687	1,000

Таким чином, в результаті порівняння варіантів колійного розвитку стрілочної горловини можна зробити наступний висновок:

- найкращим є варіант 4 та 6 ($\omega_4 = 0,3392$ та $\omega_6 = 0,3392$)
- конкурентними по відношенню до найкращого є варіант 5 ($\omega_5 = 0,3216$).

ДОДАТОК К

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЕРГАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СТАНЦІЇ

Основними технологічними операціями, які виконуються в приймально-відправному парку вантажної станції є закріплення, технічний огляд та прибирання гальмівних башмаків. Разом з цим в зерновому парку «Б» виконується розформування составів. Для адекватного імітаційного моделювання вказаних операцій необхідно визначити їх числові характеристики.

Статистичний ряд і параметри розподілу випадкової величини τ_3 тривалості закріплення составів поїздів, що прибувають на станцію наведені в таблиці К.1.

Таблиця К.1 – Розрахунки параметрів розподілу випадкової величини τ_3

Розряд x , хв.	m	p	np	Параметри
0,0 – 0,5	4	0,089	6,24	$x_{\min} = 0,4$ хв. $x_{\max} = 1,9$ хв. $\bar{x} = 0,979$ хв. $D[x] = 0,126$ хв. ² $\sigma[x] = 0,355$ хв. $\chi^2 = 1,67$
0,5 – 1,0	35	0,435	30,45	
1,0 – 1,5	26	0,405	28,33	
1,5 – 2,0	5	0,071	4,98	

За характером розподілу випадкової величини τ_3 висунута гіпотеза про її розподіл за нормальним законом. Критичне значення критерію Пірсона $\chi_{\text{кр}}^2 = 3,80$. Таким чином, гіпотеза може бути прийнята так як $1,67 < 3,80$. Гістограма і графік нормального розподілу для випадкової величини τ_3 наведено на рисунку К.1.

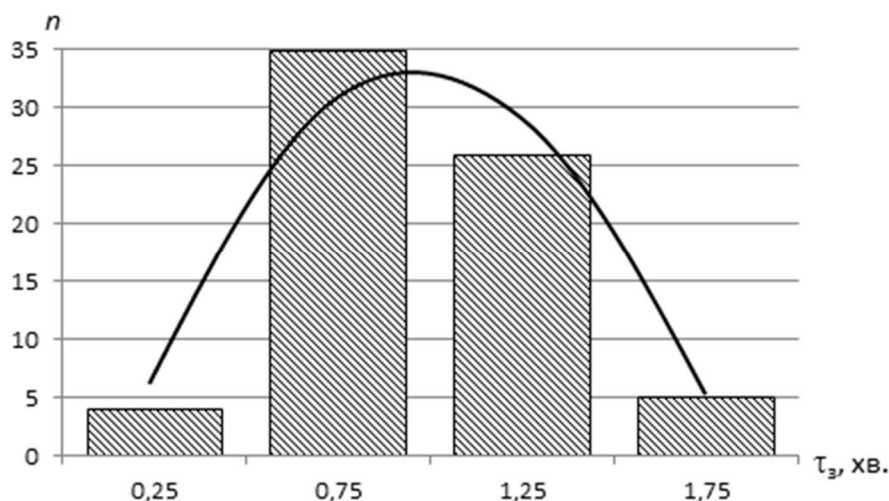


Рисунок К.1 – Гістограма і графік нормального розподілу
для випадкової величини τ_3

Статистичний ряд і параметри розподілу випадкової величини t тривалості огляду вагона в складі поїздів, що прибувають на станцію наведені в таблиці К.2.

Таблиця К.2 – Розрахунки параметрів розподілу випадкової величини t

Розряд x , хв.	m	p	np	Параметри
0,0 – 0,5	11	0,160	11,23	$x_{\min} = 0,3\text{хв.}$ $x_{\max} = 2,0\text{хв.}$ $\bar{x} = 0,907\text{хв.}$ $D[x] = 0,168\text{хв.}^2$ $\sigma[x] = 0,410\text{хв.}$ $\chi^2 = 0,05$
0,5 – 1,0	31	0,429	30,04	
1,0 – 1,5	23	0,336	23,54	
1,5 – 2,0	5	0,074	5,19	

За характером розподілу випадкової величини t висунута гіпотеза про її розподіл за нормальним законом. Критичне значення критерію Пірсона $\chi_{\text{кр}}^2 = 3,80$. Таким чином, гіпотеза може бути прийнята так як $0,05 < 3,80$. Гістограма і графік нормального розподілу для випадкової величини t наведено на рисунку К.2.

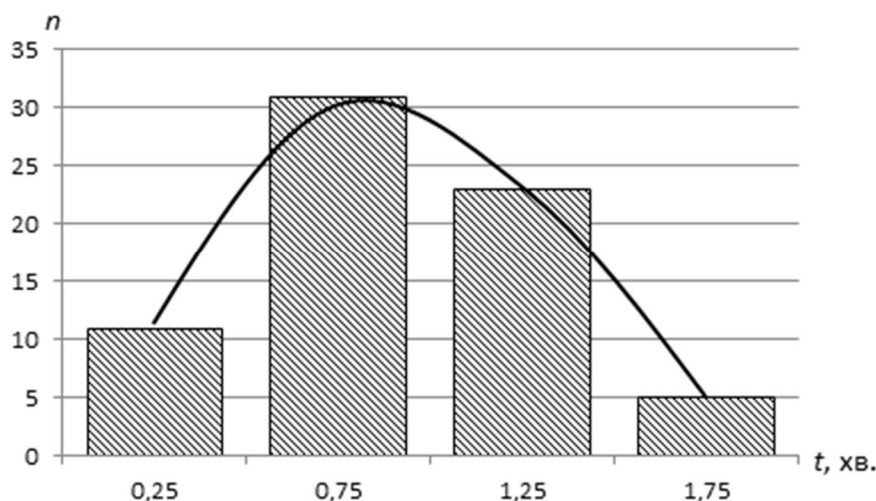


Рисунок К.2 – Гістограма і графік нормального розподілу
для випадкової величини t

Статистичний ряд і параметри розподілу випадкової величини $t_{\text{приб}}$ тривалості гальмівних башмаків наведені в таблиці К.3.

Таблиця К.3 – Розрахунки параметрів розподілу випадкової величини $t_{\text{приб}}$

Розряд x , хв.	m	p	np	Параметри
0,0 – 0,3	2	0,043	3,01	$x_{\min} = 0,2\text{хв.}$ $x_{\max} = 1,3\text{хв.}$ $\bar{x} = 0,814\text{хв.}$ $D[x] = 0,090\text{хв.}^2$ $\sigma[x] = 0,300\text{хв.}$ $\chi^2 = 1,00$
0,3 – 0,6	16	0,194	13,59	
0,6 – 0,9	24	0,375	26,28	
0,9 – 1,2	21	0,288	20,19	
1,2 – 1,5	7	0,099	6,93	

За характером розподілу випадкової величини $t_{\text{приб}}$ висунута гіпотеза про її розподіл за нормальним законом. Критичне значення критерію Пірсона $\chi_{\text{кр}}^2 = 6,00$. Таким чином, гіпотеза може бути прийнята так як $1,00 < 3,80$. Гістограма і графік нормального розподілу для випадкової величини $t_{\text{приб}}$ наведено на рисунку К.3.

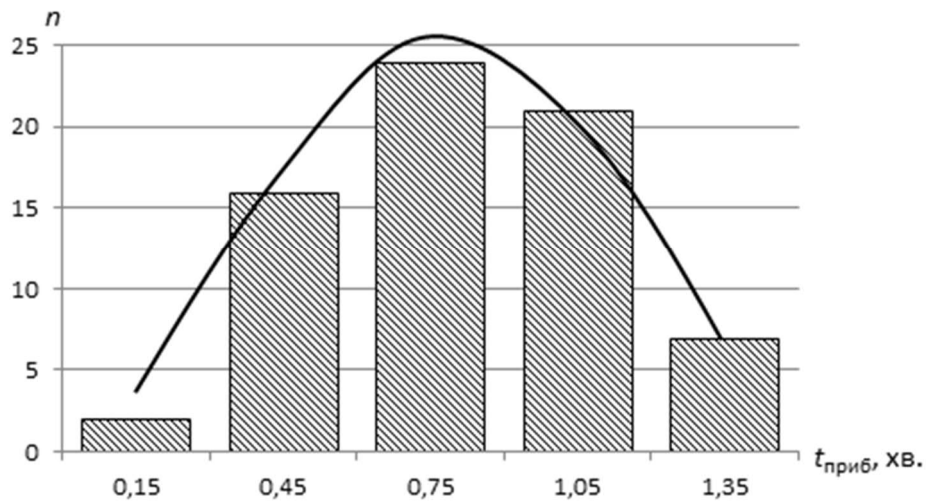


Рисунок К.3 – Гістограма і графік нормального розподілу
для випадкової величини $t_{\text{приб}}$

Тривалість розформування T_p составів в парку «Б» залежить не тільки від кількості вагонів в маневровому составі $N_{\text{ваг}}$, але і від кількості відчепів N_b в ньому. Для встановлення зв'язку між даними величинами виконані натурні спостереження на станції за процесом розформування составів, результати яких наведені в таблиці К.4.

Таблиця К.4 – Результати натурних спостережень за процесом розформування составів в зерновому парку «Б»

№	N_b	$N_{\text{ваг}}$	T_p	№	N_b	$N_{\text{ваг}}$	T_p	№	N_b	$N_{\text{ваг}}$	T_p
1	25	29	17	13	19	26	14	25	20	28	15
2	11	25	13	14	28	28	16	26	25	25	13
3	25	25	13	15	28	28	16	27	21	27	14
4	18	22	11	16	7	22	11	28	20	25	13
5	18	23	11	17	20	29	16	29	10	23	11
6	6	30	19	18	21	29	16	30	22	21	10
7	28	21	11	19	22	22	11	31	6	24	13
8	21	26	14	20	24	24	12	32	7	26	14
9	6	26	15	21	10	26	14	33	14	26	13
10	6	25	14	22	21	30	17	34	17	28	15
11	23	23	12	23	25	30	17	35	15	29	16
12	20	21	10	24	5	22	13	-	-	-	-

ДОДАТОК Л

(обов'язковий)

ПЕРЕЛІК МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

Український державний університет науки і технологій
Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту

**Підвищення ефективності
проектування залізничних станцій
за рахунок автоматизованої
побудови і оцінки планів їх
колісного розвитку**

Виконала: студентка групи УЗ2021 Андреяхіна Н. А.
Керівник: доцент кафедри Транспортні вузли Малашкін В. В.

Рисунок Л.1 – Слайд 1 мультимедійного демонстраційного матеріалу

Метою роботи є підвищення ефективності проектування залізничних станцій за рахунок автоматизованої побудови і оцінки планів їх колійного розвитку.

Об'єктом дослідження є процес синтезу колійного розвитку залізничних станцій.

Предметом дослідження є вплив конструкції колійного розвитку на експлуатаційні показники роботи станцій.

Рисунок Л.2 – Слайд 2 мультимедійного демонстраційного матеріалу



Рисунок Л.3 – Слайд 3 мультимедійного демонстраційного матеріалу



Рисунок Л.4 – Слайд 4 мультимедійного демонстраційного матеріалу

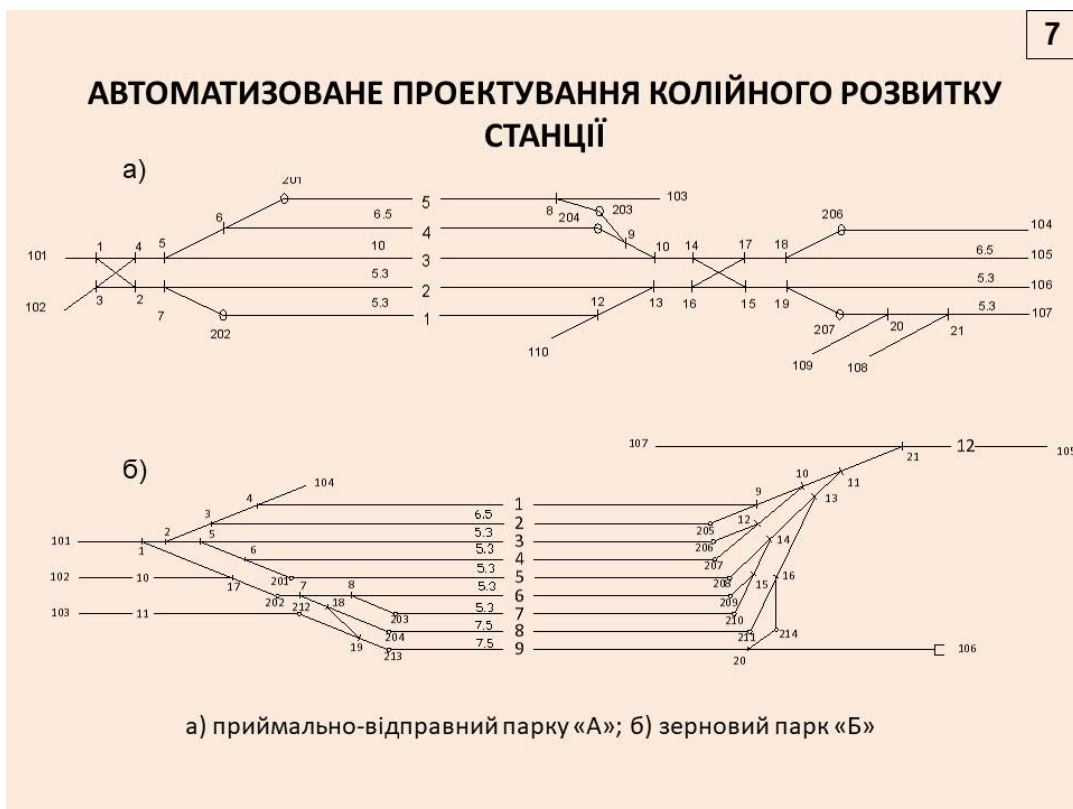


Рисунок Л.7 – Слайд 7 мультимедійного демонстраційного матеріалу

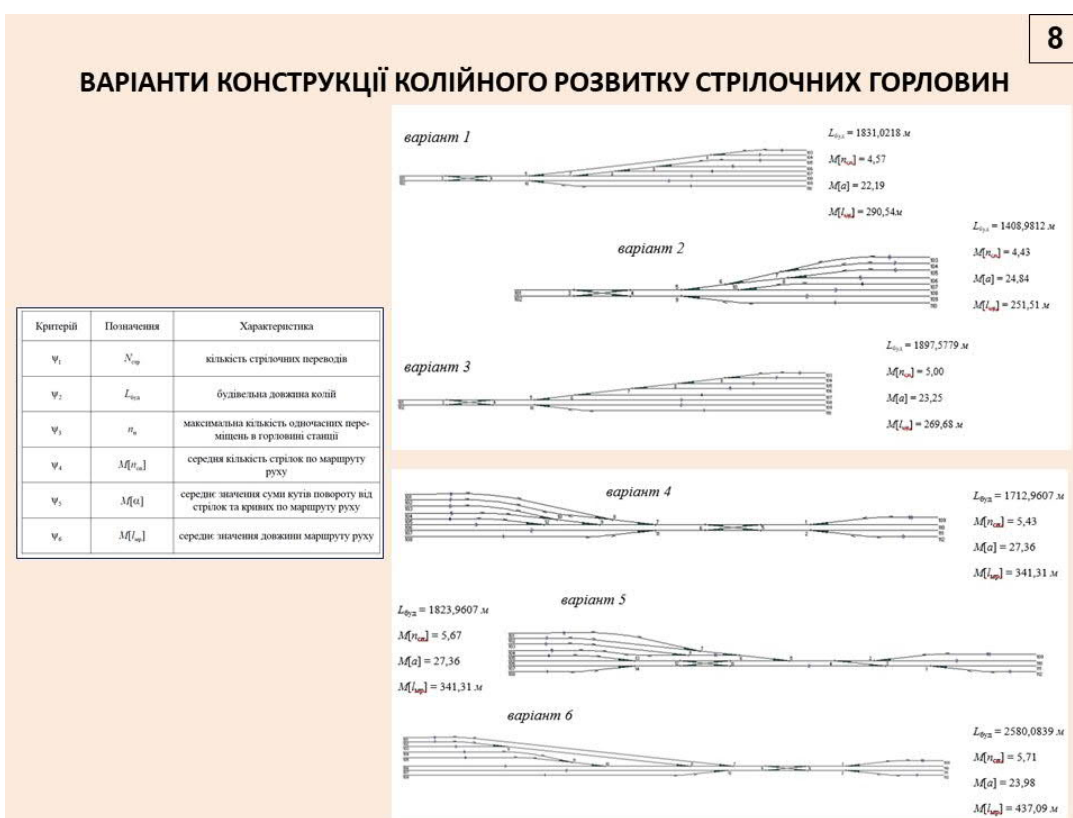


Рисунок Л.8 – Слайд 8 мультимедійного демонстраційного матеріалу

МЕТОД АНАЛІЗА ІЄРАРХІЙ

Метод аналізу ієрархій (МАІ) призначений для рішення багатокритеріальних задач з кінцевою множиною можливих векторів.

МАІ передбачає виконання наступних етапів:

- структурування проблеми вибору у вигляді ієрархії «мета → критерії → альтернативи»;
- побудова множини матриць парних порівнянь критеріїв;
- визначення коефіцієнтів важливості критеріїв;
- розрахунок комплексного вагового коефіцієнту та відбір кращої альтернативи.

Вар.	$L_{\text{б\ddot{u}д}}$	$M_{\text{[п\ddot{u}д]}}$	$M_{\text{[σ]}}$	$M_{\text{[ш\ddot{u}д]}}$	вектор пріоритетів	Ω_j
1	0,306	0,340	0,351	0,309	0,224	0,3242
2	0,398	0,350	0,314	0,357	0,250	0,3618
3	0,296	0,310	0,335	0,333	0,217	0,314
Разом					0,691	1,000

найкращим є варіант 2

Вар.	$L_{\text{б\ddot{u}д}}$	$M_{\text{[п\ddot{u}д]}}$	$M_{\text{[σ]}}$	$M_{\text{[ш\ddot{u}д]}}$	вектор пріоритетів	Ω_j
4	0,280	0,385	0,317	0,369	0,233	0,3392
5	0,298	0,327	0,322	0,342	0,221	0,3216
6	0,422	0,288	0,361	0,289	0,233	0,3392
Разом					0,687	1,000

найкращим є варіант 4 та 6

Рисунок Л.9 – Слайд 9 мультимедійного демонстраційного матеріалу

СТРУКТУРА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ



а) колійний розвиток парку прийому; б) інформаційна модель

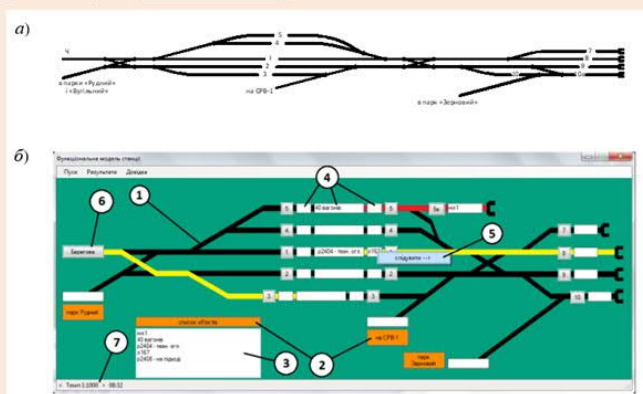


Рисунок Л.10 – Слайд 10 мультимедійного демонстраційного матеріалу

11

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

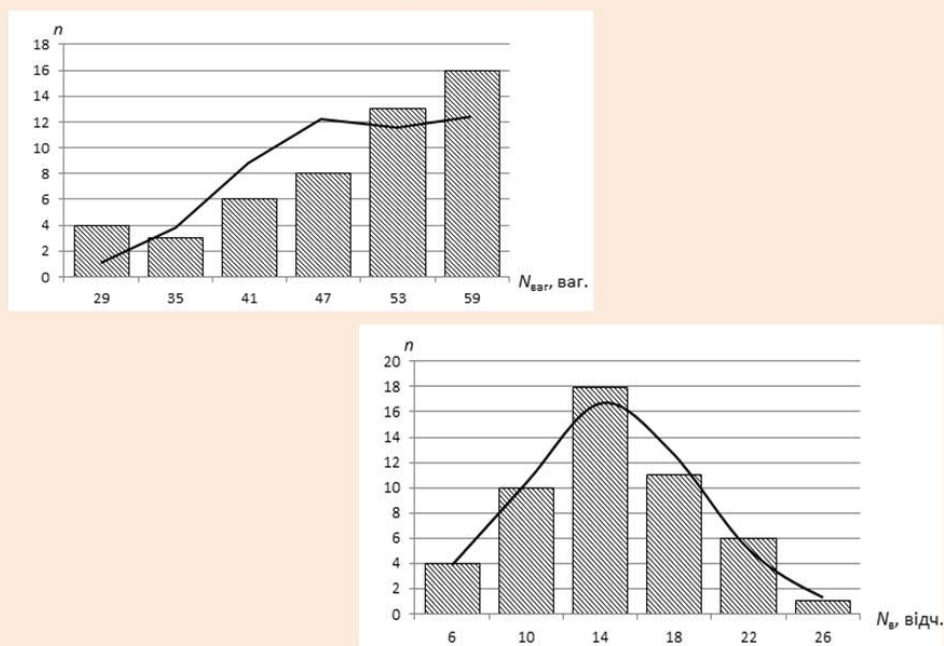
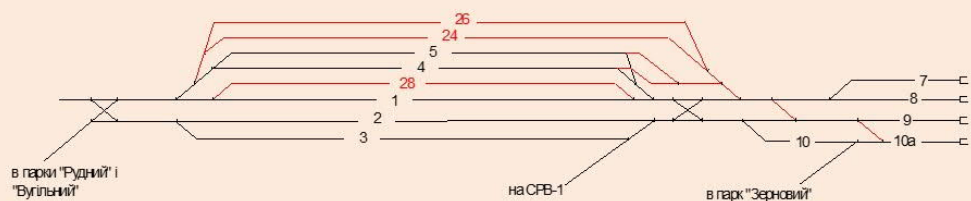


Рисунок Л.11 – Слайд 11 мультимедійного демонстраційного матеріалу

12

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СТАНЦІЇ



варіанти	Характеристика варіантів	$N_{\text{п}}$	$T_{\text{п}}$
1	Електрифікація колій №2	958	20,4
2	Електрифікація колій №2,4	980	20,1
3	Електрифікація колій №2,4,5	990	19,6
4	Електрифікація колій №2,4,28	988	19,6
5	Електрифікація колій №2,4,5,28	1002	19,2
6	Електрифікація колій №2,4,5,24,26,28.	1026	18,7

Рисунок Л.12 – Слайд 12 мультимедійного демонстраційного матеріалу

ДОДАТОК М

(обов'язково)

ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Таблиця М.1 – Відомість матеріалів дипломної роботи, наданих до захисту

№ з/п	Матеріал ДМР, наданий до захисту	Аркушів	Найменування матеріалу
1	Підвищення ефективності проектування залізничних станцій за рахунок автоматизованої побудови і оцінки планів їх колійного розвитку	129	Пояснювальна записка
2	План вантажної станції К	1	Лист 1
3	Мультимедійний демонстраційний матеріал до дипломної магістерської роботи	12	Презентація