

Український державний університет науки і технологій

Кафедра Транспортні вузли

«ДО ЗАХИСТУ»



Завідувач кафедри
/Микола БЕРЕЗОВИЙ/

« 14 » 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 експлуатаційної надійності вантажної станції Б шляхом вибору її раціональних параметрів**

Theme **Increasing the operational reliability of the freight station B by choosing its rational parameters**

Керівник дипломної роботи

доц.  Вячеслав МАЛАШКІН

Нормоконтролер

доц.  Вячеслав МАЛАШКІН

Студент групи УЗ2021

 Олександр ВАСІЮРА

Student

Vasiura Oleksandr

**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 У32021 Васюра Олександр Сергійович
(номер групи) (ПІБ)

1. Тема дипломного проекту (роботи): Підвищення експлуатаційної надійності
вантажної станції Б шляхом вибору її раціональних параметрів

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)

1. План вантажної станції Б

Перелік мультимедійного демонстраційного матеріалу (слайдів)

титульний слайд; мета, об'єкт, предмет дослідження; параметри колійного розвитку
вантажних станцій; показники роботи вантажних станцій; схема вантажної станції Б;
удосконалення колійного розвитку станції Б; параметри вхідного потоку; параметри
системи обслуговування; принципи побудови імітаційної моделі станції; визначення
раціональних параметрів вантажної станції; кінцевий слайд

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 обґрунтування раціональних параметрів залізничних станцій	строк 1	–	20
2. Техніко-експлуатаційна характеристика станції та аналіз технологічного процесу роботи з вантажними поїздами	строк 1	1	10
3. Удосконалення конструкції вантажної станції з використанням методів автоматизованого синтезу колійного розвитку	строк 2	–	20
4. Дослідження вхідного потоку поїздів та тривалості виконання операцій з їх обслуговування	строк 2	–	25
5. Підвищення експлуатаційної надійності залізничної станції за рахунок удосконалення її технології роботи і технічного оснащення	строк 3	–	25
Всього		1	100

Дата видачі завдання: « 12 » жовтня 2021 р.

Керівник дипломної роботи

_____ (підпис)

Малашкін В. В.

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Васюра О. С.

(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з реферату, змісту, переліку умовних позначок, символів, скорочень та термінів, вступу, 5 основних розділів, які містять 21 рисунок, 10 таблиць, висновків, 4 додатків, переліку посилань з 91 найменування. Повний обсяг роботи складає 97 сторінок.

Об'єктом дослідження є процес функціонування вантажної станції.

Метою дослідження є підвищення експлуатаційної надійності вантажної станції за рахунок визначення її раціональних техніко-технологічних параметрів.

Методи дослідження: математична статистика, кореляційний аналіз, регресійний аналіз, теорія графів, теорія скінчених автоматів, сітьове планування та управління, імітаційне моделювання.

В роботі виконано аналіз наукових робіт стосовно проблеми підвищення надійності функціонування залізничних станцій та методів імітаційного моделювання їх роботи. Виконана техніко-експлуатаційна характеристика роботи вантажної станції Б. Запропоновано декілька варіантів удосконалення колійного розвитку вказаної станції, технології обробки вантажних поїздів та використання додаткового технічного оснащення. Для оцінки ефективності запропонованих рішень використана імітаційна модель залізничної станції. В роботі розглянуто її структуру, виконано її ідентифікацію. За результатами імітаційного моделювання визначено економічний ефект від впровадження ефективного варіанту використання раціональних техніко-технологічних параметрів залізничної станції.

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

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВАНТАЖНА СТАНЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ, КОЛІЙНИЙ РОЗВИТОК, ТЕХНОЛОГІЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ.

	5
3.1 Представлення схеми станції для автоматизованого проектування	39
3.2 Топологічна модель станції	39
3.3 Параметрична модель станції	41
3.4 Модель горизонтальних колій станції	44
3.5 Формалізація і автоматизований синтез скорочених з'єднань	45
3.6 Удосконалення конструкції колійного розвитку станції	48
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВХІДНОГО ПОТОКУ ПОЇЗДІВ ТА ТРИВАЛОСТІ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ З ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ	52
4.1 Визначення параметрів вхідного потоку поїздів на станцію	52
4.2 Визначення параметрів системи обслуговування	59
5 ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ЇЇ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ І ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	62
5.1 Постановка задачі дослідження	62
5.2 Основні принципи імітаційного моделювання роботи станції	64
5.3 Вихідні дані та умови дослідження	68
5.4 Результати моделювання роботи станції та їх аналіз	69
5.5 Економічне обґрунтування раціональних техніко-технологічних параметрів станції	71
ВИСНОВКИ	76
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	78
ДОДАТОК А ВИХІДНІ ДАНІ	88
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНУ СТАНЦІЇ	90
ДОДАТОК В ПЕРЕЛІК МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ	91
ДОДАТОК Г ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	97

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АСК – автоматизована система керування

ВКП – вершина кута повороту

ГМПП – геометрична модель плану колійного розвитку

ДН-2 – Криворізька дирекція залізничних перевезень

ДС – начальник станції

ДСП – черговий по станції

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

ЗПП – запірно-пломбовий пристрій

ІМ – інформаційна модель

ІС – ізольована секція

КК – кінець колії

ЛД – людина диспетчер

ЛСА – логічна схема алгоритмів

МЗД – модель заняття колійних ділянок

МКП – модель керування переміщенням рухомого складу

МКР – модель колійного розвитку

МТП – модель технологічного процесу станції

НРР – навантажувально-розвантажувальні роботи

ОВМ – особа, що виконує моделювання

ОДП – оперативно-диспетчерський персонал

ОПЦ – оператор поста централізації

ПВС – промислова вантажна станція

ПК – під'їзна колія

ПТО – пункт технічного огляду

СА – скінчений автомат

СГ – сортувальна гірка

СМО – система масового обслуговування

СП – сортувальний парк

СТЦ – станційний технологічний центр

СУОП – система управління охороною праці

ТП – технологічний процес

ФМС – функціональна модель станції

ЦП – центр стрілочного переводу

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку економіки України залізничний транспорт зберіг за собою роль основного перевізника, продовжуючи виконувати понад 80% вантажних та близько 40% пасажирських перевезень. В умовах жорсткої конкуренції з іншими видами транспорту перед залізницями постає складна задача постійної підтримки ринкової привабливості за рахунок підвищення якості транспортного обслуговування та зменшення його вартості.

Залізничні станції є одним з основних елементів в системі організації перевізного процесу, тому рішення поставленої задачі потребує реалізації ефективних заходів, спрямованих на комплексне удосконалення їх роботи, адже від чіткої та злагодженої роботи залізничних станцій залежить досить багато у виробничій діяльності дирекцій, залізниць та Укрзалізниці в цілому. Згідно з [1] потрібно удосконалювати існуючі та створювати нові технології роботи залізничних станцій. В цьому зв'язку підвищення надійності функціонування залізничних станцій за рахунок використання їх раціональних техніко-технологічних параметрів представляє собою важливу науково-практичну задачу.

Об'єктом дослідження є процес функціонування залізничних станцій.

Предметом досліджень є вплив конструкції та технології роботи залізничних станцій на техніко-експлуатаційні та техніко-економічні показники їх функціонування.

Метою дослідження є підвищення надійності функціонування залізничних станцій за рахунок використання раціональних техніко-технологічних параметрів на основі науково обґрунтованих методів комплексної оцінки їх технічного забезпечення та технології роботи.

В роботі розглядаються актуальні питання техніко-економічного управління залізничними станціями з метою використання раціонального технічного оснащення і технології обслуговування вантажних поїздів. Для досягнення мети використовується метод імітаційного моделювання процесу функціонування вантажної станції за допомогою ЕОМ.

1 ПРОБЛЕМИ ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ОЦІНКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ

1.1 Аналіз сучасного стану вантажних станцій

У великих містах до складу залізничних вузлів, як правило, входять вантажні станції загального користування. Ці станції мають великі механізовані транспортно-складські комплекси, на яких в основному зосереджена переробка тарно-штучних, великовагових вантажів і контейнерів. Вони мають значний колійний розвиток, що включає приймально-відправні, сортувальні і сортувально-відправні колії. Такі станції обслуговують одержувачів і відправників вантажів і, як правило, проводять більшу роботу з подачі і прибирання вагонів з під'їзних колій, які примикають.

Найважливіший показник експлуатаційної діяльності вантажних станцій – час простою місцевого вагона під однією вантажною операцією. На більшості вантажних станцій загального користування вагони простоюють 40 годин і більш. Поелементний аналіз їх простою показує, що більше ніж дві третини часу простою припадає на міжопераційні інтервали, тобто є непродуктивним. Це пояснюється в основному відсутністю раціональних технологічних схем роботи таких станцій. Їх розвиток і реконструкція часто не передбачають удосконалення технології переробки місцевого вагонопотоку і вантажної роботи на місцях загального користування.

В сучасних умовах вантажні станції загального користування в основному розташовані на наскрізних лініях, найчастіше з інтенсивним транзитним і пасажирським рухом. Вони розміщені як у містах з населенням в 1 млн. і більш, так і в містах з населенням від 500 тисяч до мільйона в різних регіонах нашої країни з різними видами промислового виробництва і економічним потенціалом міст, що обслуговуються. Аналіз схем таких станцій показав наступне. До 50 % станцій найбільших міст ведуть значну місцеву роботу. Для них характерно потужний колійний розвиток з угрупованням колій у самостійні парки. На таких вантажних станціях парки колій, як правило, розташовані паралельно, а транспортно-складський комплекс розмішений або паралельно комплексу парків (у цьому випадку на ряді станцій частина колій транспортно-складського комплексу наскрізні) або, що зустрічається значно рідше, послідовно відносно одного з основних парків і має тупикову схему колійного розвитку.

Для інших станцій, приблизно з однаковим обсягом транзитної і місцевої роботи, характерна наявність об'єднаних парків колій із крайнім розташуванням головних колій і паралельним розташуванням тупикового транспортно-складського комплексу стосовно об'єданого парку з боку, протилежної пасажирському будинку.

Найбільш характерними категоріями колій на вантажних станціях є приймально-відправні, сортувальні і сортувально-відправні колії.

Корисна довжина приймально-відправних колій розподілена в інтервалі 100 – 1200 м, причому максимум щільності розподілу довжини припадає на інтервал 800 – 900 м, 28 % приймально-відправних колій дозволяють забезпечити приймання і відправлення поїздів установленої довжини для передаточних поїздів (850 м або 53 фізичних вагона). Наявність великої кількості коротких приймально-відправних колій пояснюється історичним розвитком таких станцій і малою довжиною передаточних поїздів, що обертаються між сортувальними і вантажними станціями вузлів.

Близько 40% сортувальних колій мають корисну довжину 300 – 500 м. Мала довжина колій обумовлена довжиною вантажно-розвантажувальних фронтів.

Основне призначення сортувально-відправних колій визначає довжину колій цієї категорії. Майже половина цих колій має довжину в інтервалі 800 – 900 м, що дозволяє вантажним станціям загального користування, які мають сортувально-відправні колії, накопичувати наскрізні, дільничні, вивізні поїзди та поїзди інших категорій установленої довжини. Тому не випадково максимум довжини як приймально-відправних, так і сортувально-відправних колій припадає на інтервал 800 – 900 м. На відміну від довжини приймально-відправних колій, довжина сортувально-відправних колій не буває менше 400 м, а 90% таких колій мають довжину 600 м і більше.

У цей час на вантажних станціях найбільших міст близько 57 % приймально-відправних і 70 % сортувально-відправних колій мають довжину 700 – 900 м, 40% сортувальних колій – 300 – 500 м, що дозволяє приймати і відправляти місцеві поїзди приблизно з 50 вагонів. Діаграми розподілу корисної довжини колій вантажних станцій та її дисперсія наведена на рисунку 1.1.

Необхідно зазначити, що на переважній кількості вантажних станцій в парках є колії одного призначення різної корисної довжини. Розкид їх довжин може досягати

500 м для приймально-відправних колій 300 м для сортувально-відправних і сортувальних колій. Це пояснюється структурою парків і характерними рисами стрілочних вулиць, а також спеціалізацією колій парків (у першу чергу в сортувальному і сортувально-відправному парках) по категоріях поїздів і групам призначень вагонів. Так, для приймання і відправлення передаточних поїздів у вузлах використовуються порівняно короткі колії, а в приймально-відправних парках для організації транзитного руху і у сортувально-відправних парках для формування поїзд на ділянки – більш довгі колії.

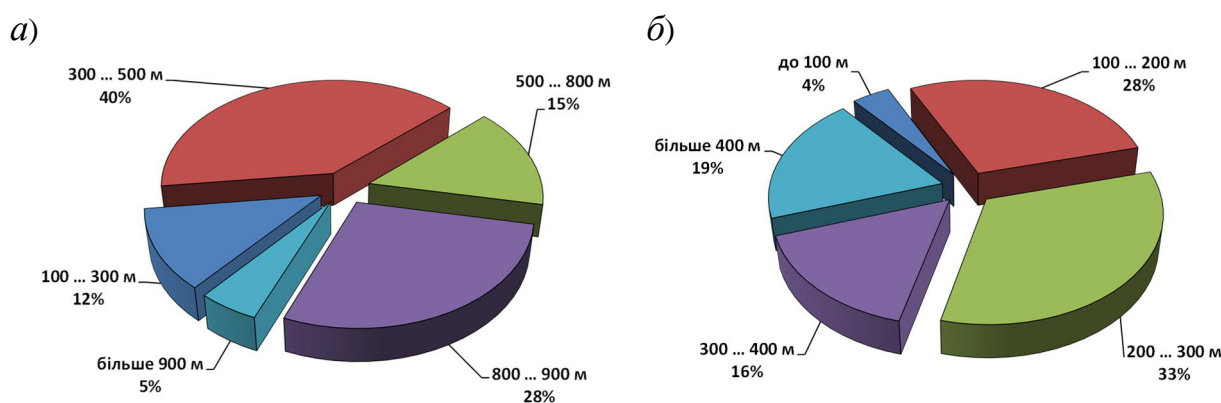


Рисунок 1.1 – Діаграми розподілу:

а) корисної довжини колій на вантажних станціях; б) дисперсії корисної довжини колій

Деякі вантажні станції мають об'єднані парки із числом колій, як правило, не більш восьми і довжиною, необхідної для забезпечення роботи з поїздами, що обертаються на ділянці. Ріст вагонообігу на під'їзних коліях даної групи вантажних станцій веде до збільшення числа приймально-відправних колій. Сортувальні колії на таких станціях, як правило, відсутні. При близькому розташуванні сортувальної станції підбір вагонів по вантажно-розвантажувальних фронтах вантажної станції ведеться на сортувальній станції. Іноді є сортувальні колії на місцях загального користування вантажних станцій. У більшості випадків підбір і накопичення вагонів ведуть на одним-трьох коліях об'єданого парку або в процесі розформування в якості сортувальних використовують вільні приймально-відправні колії або ж їх вільні кінці.

Значним недоліком в колійному господарстві вантажних станцій є значний зніс колій, внаслідок чого спостерігається суттєве зниження рівня безпеки руху. В

дисертаційній роботі виконано аналіз близько 40 станцій, які належать ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». В результаті досліджень зроблені наступні висновки:

– значна частина колійного розвитку знаходиться у незадовільному стані, у зв'язку з чим на певних ділянках колій встановлені обмеження по швидкості руху рухомого складу;

– спостерігається недостатність кількості колій у парках станцій при існуючих обсягах роботи.

Результати досліджень наведені на рис. 1.2.

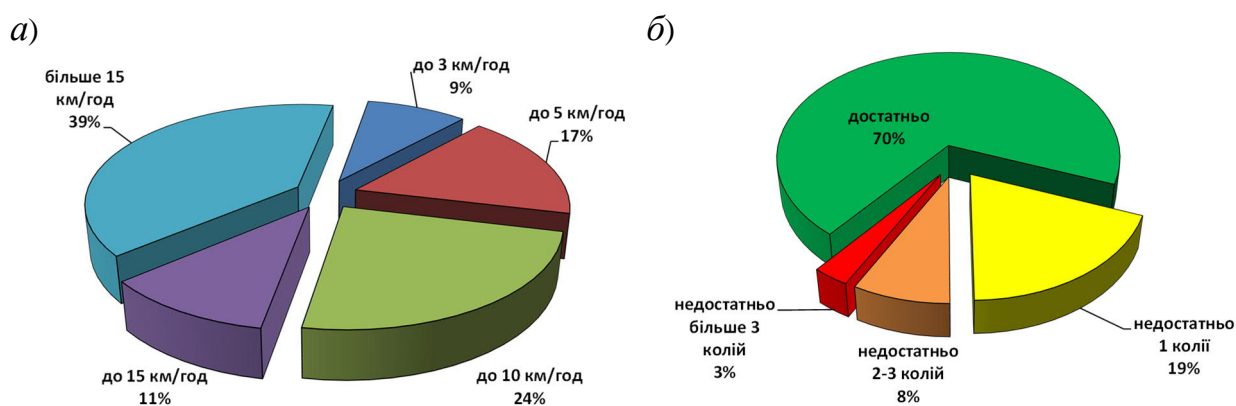


Рисунок 1.2 – Діаграми розподілу:

а) обмежень по швидкості руху; б) відповідності наявної кількості колій існуючим обсягам роботи

В сучасних умовах суттєво змінилася структура вагонопотоку, проміжні станції переорієнтовано на прикордонні, припортові станції працюють переважно на експорт. У цьому зв'язку виникає дефіцит у колійному розвитку вказаних станцій для переробки існуючих обсягів перевезень. Разом з тим на сортувальних і дільничних станціях спостерігається надлишок колійного розвитку. Таким чином, ситуація, що склалася, обумовлює прагнення залізниць до концентрації сортувальної роботи на сортувальних і дільничних станціях і удосконалення технічного оснащення вантажних і прикордонних станцій.

Основним якісним показником використання вантажних вагонів є його обіг. При цьому одним із важливих елементів обігу вагона є його простій під однією вантажною операцією. Динаміка зміни обігу вантажних вагонів та середнього простою вагона під однією вантажною операцією наведено на рисунку 1.3.

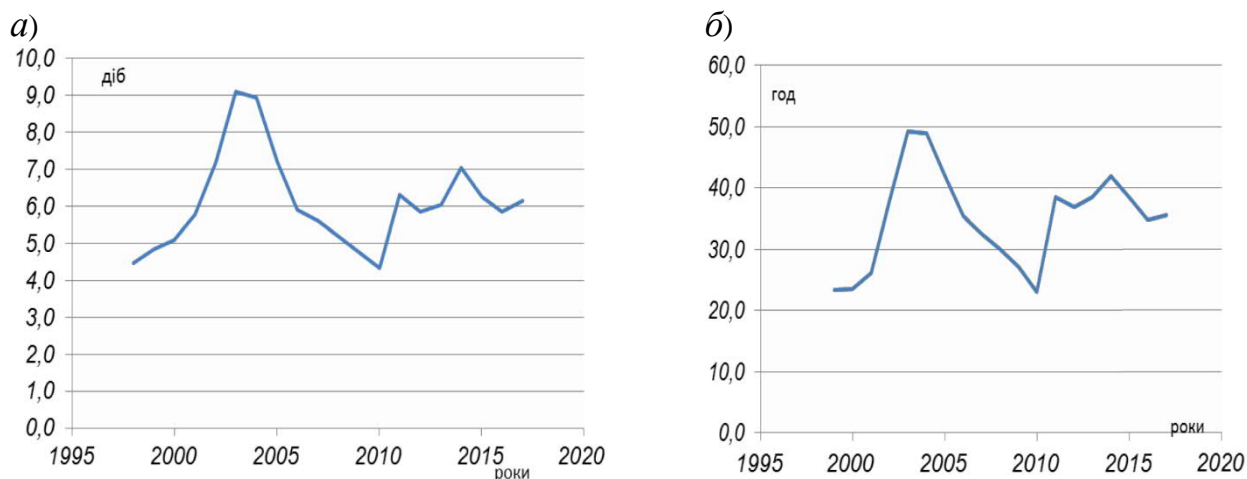


Рисунок 1.3 – Динаміка зміни показників використання вантажних вагонів:
а) обіг вантажного вагона; *б)* середній простій вантажного вагона під однією вантажною операцією

З метою аналізу зв'язку між обсягами роботи залізничного транспорту та показниками використання рухомого складу побудовано залежності між обсягами навантаження вагонів та їх обігом і середнім простоем під однією вантажною операцією (див. рисунок 1.4).

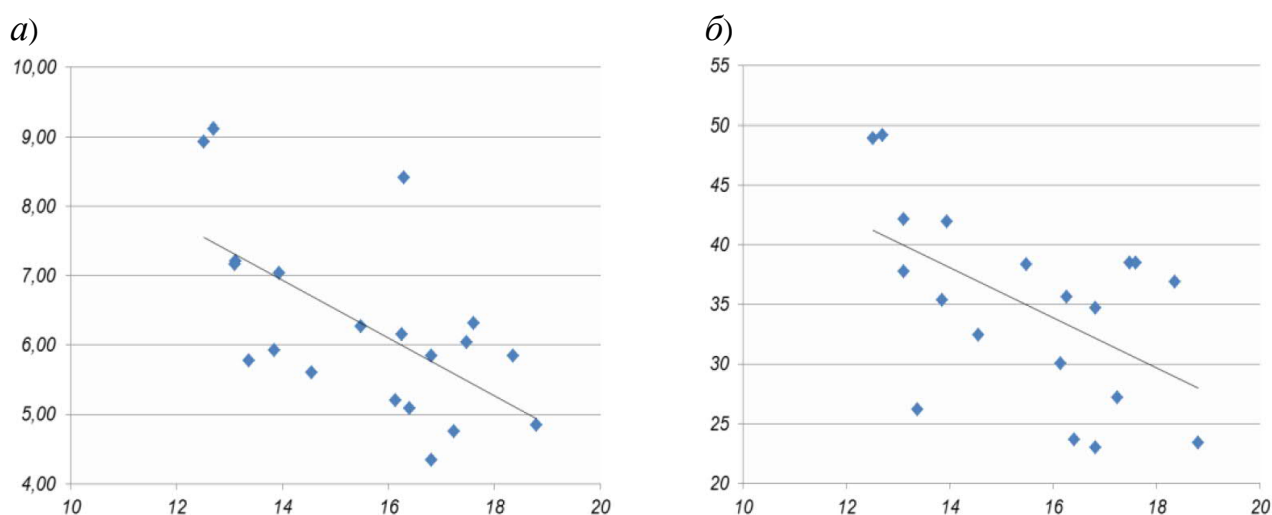


Рисунок 1.4 – Залежності показників використання рухомого складу від обсягів навантаження: *а)* обіг вагона; *б)* середній простій вантажного вагона під однією вантажною операцією

Кореляційний аналіз показав, що обидва показники мають обернену залежність від обсягів навантаження, при цьому коефіцієнт кореляції для обігу вагона

складає $r = -0,62$, а для середнього простою під однією вантажною операцією $r = -0,54$, що відповідає помітному зв'язку за шкалою Чеддока. Таким чином, спад обсягів роботи залізниць України призвів до погіршення використання рухомого складу і до збільшення його простоїв під вантажними операціями. Тенденція до погіршення показників використання зберігається і на сьогодні.

1.2 Аналіз теорії та існуючих методик оцінки технічного оснащення залізничних станцій і факторів, які на нього впливають

До технічного оснащення залізничних станцій відносяться колійний розвиток, сортувальні пристрої, маневрові локомотиви для виконання маневрової роботи, наявність місць загального та незагального користування, а також автоматизовані системи керування (АСК), засоби сигналізації, централізації та блокування (СЦБ), види зв'язку, вантажні механізми на складах станції.

В даній дисертаційній роботі розглядається вплив колійного розвитку вантажних станцій (ємності колій, їх кількості та їх спеціалізація) в ув'язці з його конструкцією та сортувальними пристроями на показники функціонування з метою підвищення ефективності роботи таких станцій.

1.2.1 Аналіз вимог щодо конструкції колійного розвитку та технічного оснащення вантажної станції

Раціональна конструкція колійного розвитку вантажної станції забезпечує раціональну технологію її роботи, в першу чергу, за рахунок зменшення тривалості маневрових пересувань і міжопераційних інтервалів, та покращує освоєння вагонопотоків, які переробляються. Принципові схеми залізничних станцій наведені в [2, 4-6], а питанням проектування їх колійного розвитку присвячені роботи [7-12], в т. ч. з використанням систем автоматизованого проектування [13].

Згідно з [5] колійний розвиток та розміщення пристроїв на залізничній станції повинні забезпечувати потоковість пересування вагонів і локомотивів по станції, використання комплексної механізації та автоматизації навантажувально-розвантажувальних робіт, мінімальні пробіги автотранспорту тощо.

Характеристика промислових вантажних станцій наведена в роботі [14], у якій охарактеризовані особливості схем цих станцій в залежності від типів вузлів і

промислових районів, які ними обслуговуються, а також спеціальних промислових станцій. Основні вимоги щодо проектування промислових вантажних станцій наведено в роботі [15], зокрема вимоги до характеристики схем станцій промислового транспорту металургійних підприємств, вугільних шахт, кар'єрів, підприємств нафтопереробної та хімічної промисловості, але переважно увагу приділено роботі промислових сортувальних станцій.

Під час проектування промислових вантажних станцій передбачено забезпечення ізоляції маневрової роботи від приймання-відправлення передач на під'їзну колію, можливість відправлення поїздів і подач безпосередньо з сортувального парку, забезпечення, у разі необхідності, приймання та відправлення маршрутних поїздів. При цьому необхідно врахувати, що лише на обмежену кількість під'їзних колій маршрути подаються цілими складами без поділення на групи (наприклад, на під'їзну колію «АрселорМіттал Кривий Ріг»).

Для виконання сортувальних операцій на залізничних станціях застосовуються сортувальні гірки і витяжні колії. При цьому, сортувальна робота з розформування, формування поїздів і передач, добірки за вантажними пунктами і вантажними фронтами переважно концентрується за можливістю на одному сортувальному пристрої [5]. Наприклад, станом на 2010р. в Україні було 275 вантажних станцій загального користування [16], з яких 4 станції мали сортувальні гірки середньої потужності, 39 – немеханізовані сортувальні гірки малої потужності та 17 витяжних колій з горловинами на ухилі. На той час тільки 20,4 % вантажних станцій обслуговувалися двома і більше локомотивами, 36,7 % – одним локомотивом, а решта станцій не мали свого локомотива; тільки 4,7 % вантажних станцій переробляли понад 180 вагонів, 15,7 % – 70-180 вагонів і 59,6 % – до 70 вагонів на добу [17].

На залізничних станціях зі значним обсягом місцевої роботи в якості сортувального пристрою використовуються сортувальні гірки малої потужності, що підвищує збереженість рухомого складу, зменшує тривалість знаходження вагонів на станціях [18], або профільовані витяжні колії. Через невідповідність кількості колій в сортувальному парку кількості призначень виконується повторна переробка місцевих

вагонів. За відсутності таких пристроїв наявні тривалі маневри через необхідність неодноразового вилучення з складу вагонів конкретних призначень [19].

На залізничних станціях з великими обсягами сортувальної роботи, як правило, повинні бути два сортувальних пристрої для розформування складів, добірки груп вагонів за окремими вантажними пунктами і формування передач з вагонів після виконання вантажних операцій [20]: сортувальна гірка малої потужності, але не виключена можливість устрою профільованих витяжних колій. Під час переробки 50-250 вагонів за добу станції примикання розвиваються аналогічно до схем вантажних станцій з невеликим обсягом роботи, а за вагонопотоку більшому за 250 вагонів за добу доцільно переробку та добірку вагонів за вантажними фронтами концентрувати на сортувальній гірці [15].

Технічна характеристика витяжних колій залізничних станцій не завжди забезпечує виконання діючих норм проектування, зокрема відносно їх ємності [5, 21]. На промислових вантажних станціях ситуація є в основному аналогічною. Раціональне технічне оснащення залізничного транспорту промислових підприємств дозволяє підвищити ефективність залізничних перевезень [22, 23]. Оптимізація технічних і технологічних параметрів станцій можлива за рахунок використання графоаналітичного підходу [24].

Таким чином, вказані вище вимоги були розроблені переважно ще в ХХ столітті та не враховують сучасних змін в умовах функціонування вантажних станцій.

1.2.2 Проблеми вибору раціонального технічного оснащення станцій в умовах зміни структури парку вантажних вагонів

За даними Укрзалізниці [25, 26] частка приватних вагонів у загальному парку вантажних вагонів України складає близько 80 % (139,2 тис. вагонів, з яких 64 тис. вагонів власності підприємств, які не підпорядковані Укрзалізниці). При цьому тенденція до збільшення парку приватних вагонів продовжується й надалі. Лише за період з лютого 2014р. по листопад 2014р. частка приватних вагонів зросла на 2 % (з 77,2 % до 79,2 %) і їх кількість склала 139,2 тис. вагонів [26] (більше на 4,1 % порівняно з 138,8 тис. вагонів або 75,1 % загального парку 01.08.2013р. [27]), а частка власного парку на російських залізницях в 2013р. досягла 91 %. Необхідним є

забезпечення оптимізації керування вагонним парком шляхом поліпшення відповідної технології, консолідації вантажної бази та користувачів залізничних послуг, укрупнення відправок, маршрутизації і скорочення порожніх пробігів [27].

Збільшення частки приватних вагонів в загальному парку викликало додаткову добірку вагонів конкретних операторів під навантаження (у разі відсутності у відправника необхідного колійного розвитку для забезпечення такої добірки), збільшення тривалості розформування поїздів немаршрутизованих призначень і закінчення формування поїздів, в т. ч. з порожніх вагонів, і все це на тлі посилення конкуренції в різних сегментах транспортних послуг [28]. В зв'язку зі збільшенням частки приватних вагонів суттєво знизився рівень взаємозамінності навіть по універсальних вагонах, які знаходяться в розпорядженні перевізника, що призвело до зростання пробігів вагонів не тільки в межах станцій навантаження-вивантаження, а й на полігонах залізниць.

В зв'язку із сказаним вище, питання врахування зміни структури парку вантажних вагонів з метою підвищення ефективності роботи станцій є актуальним у сучасних умовах функціонування залізничного транспорту.

1.3 Аналіз технологічних збоїв, що впливають на експлуатаційну надійність станції

Ринкова економіка вимагає, щоб економічна взаємодія забезпечувалася надійними та ефективними транспортними зв'язками. Особливу увагу при цьому слід приділяти надійності залізничних станцій. Саме тут виявляються технологічні втрати від різного роду збоїв у роботі. Технологічні збої, такі як сходження рухомого складу або вихід з ладу засобів автоматизації, знижують працездатність станції і ведуть до економічних втрат. Порушення кріплення та зсув вантажу при розпуску з гірки викликає додаткову маневрову та вантажну роботу та призводить часто до недотримання терміну доставки [29].

Усунути повністю можливість технологічних збоїв найближчим часом неможливо. В останні десятиліття не вкладалися достатні інвестиції для своєчасного оновлення технічних засобів у колійному, вагонному та локомотивному господарстві, а також у господарстві автоматизації та телемеханіки. За оцінкою експертів через

технологічні збої залізничні станції втрачають 10-15% своєї продуктивності. Тому перед проектувальниками та інженерними працівниками станцій стоїть двоєдине завдання:

- а) технічне – знизити наскільки можлива ймовірність технологічних збоїв;
- б) функціональне – знизити негативні наслідки від різноманітних збоїв на станціях.

Існують технологічні збої, які можуть спричинити зменшення функціональних можливостей. Основні технологічні збої зводяться до трьох груп.

При аналізі існуючих факторів, що впливають на надійність функціонування станцій, а також особливості технології роботи парків та колій станції слід зазначити, що як пріоритетні завдання дослідження, з умови зменшення ймовірності виникнення технологічних збоїв, можна виділити наступні:

- пошук способів зниження ймовірності технологічних збоїв;
- розробка методології оцінки технологічних втрат станцій у разі виникнення технологічних збоїв різної природи;
- розробка технологічних методів підвищення функціональної надійності станцій при технологічних збоях, алгоритм реалізації яких можна подати у вигляді схеми [30].

В результаті проведеного аналізу встановлено, що основними видами збоїв є сходження вагона та відмова технічних засобів та засобів автоматики. Технологічні втрати у своїй можуть бути різними, проте методики їхнього розрахунку немає.

Основною причиною виходу з експлуатації технічних пристроїв є перевищення нормативного терміну служби. Вагонний парк, також, зношений, і стан колійного господарства викликає тривогу. Це є причиною сходів рухомого складу.

Оцінку технологічних втрат від різноманітних збоїв найкраще проводити методом імітаційного моделювання. Інші методи є не достатньо ефективними через сильну структурну та функціональну зв'язність систем залізничного транспорту. Тому перед дослідниками стоїть важливе завдання розробки підходів щодо зниження ймовірності збоїв, а також підвищення функціональної надійності станцій при їх виникненні.

1.4 Проблеми формалізації технологічних процесів роботи залізничних станцій

Будь-яку залізничну станцію можна розглядати як систему масового обслуговування (СМО). Питання використання теорії масового обслуговування для складання моделей обслуговування вагонів на залізничних станціях і аналізу їх роботи є актуальними ще з 70-х років ХХ століття. Цій проблемі присвячені роботи [21, 31-36]. Методика моделювання роботи вантажної станції з переробки внутрішньовузлових передач запропонована в [37] разом з методикою прогнозування місцевої вантажної роботи.

Раціонально організувати роботу станції можливо за рахунок побудови математичних і економіко-математичних моделей станцій в цілому та їх окремих систем окремо [38]. У роботі [39] розглянуто різні аспекти взаємодії станцій у вантажосортувальному комплексі щодо оптимізації переробної спроможності технічних пристроїв станцій і вантажних фронтів та вибору раціональних варіантів технології добірки місцевих вагонів.

Для удосконалення роботи залізничних станцій і оцінки показників їх функціонування широко застосовується імітаційне моделювання [9, 40-45], в т. ч. із застосуванням системи автоматизованої побудови планів-графіків роботи станції [46]. Застосування імітаційного моделювання роботи станції за оптимального рівня завантаження вантажних фронтів дозволяє визначати максимальну довжину черги вагонів в очікуванні подавання під вантажні операції, що обґрунтовує необхідний колійний розвиток станції. Питання доцільності використання імітаційного моделювання розглядалось багатьма дослідниками, зокрема В. Кельтоном [47] і Ф. Мартином [48]. Імітаційне моделювання дає змогу досліджувати внутрішню взаємодію у складних системах або підсистемах у межах складної системи, а також експериментувати з ними з урахуванням обмежень [40].

Імітаційне моделювання почало використовуватись для дослідження станційних процесів з появою перших електронно-обчислювальних машин (ЕОМ). В перших дослідженнях [49-51] створення імітаційних моделей станцій здійснювалось з метою аналізу завантаження їх технічних пристроїв, але результати моделювання не

відповідали реальним умовам роботи. Станції розглядались як СМО, параметри якої визначались за методом статистичних випробувань, однак через обмеженість ресурсів тодішніх ЕОМ під час побудови моделей застосовувались суттєві спрощення. Подальший розвиток теорія моделювання процесу функціонування залізничних станцій отримала в роботі [37], в якій сформульовані загальні принципи формалізації станцій і вузлів, викладено методологію побудови їх функціональних моделей. При цьому рекомендовано застосовувати системний підхід до побудови їх моделей. Розвиток ЕОМ і підвищення їх продуктивності дозволило створювати моделі, які дають можливість детально імітувати складні технологічні процеси (ТП), що реалізуються на сортувальних станціях і в залізничних вузлах [40, 44]. Але запропоновані моделі мали програмний опис роботи конкретної станції, що було усунено шляхом відокремлення формального представлення технології роботи станції від універсального моделюючого модулю. Це дозволило використовувати різноманітні спеціалізовані редактори для автоматизованої побудови технологічних процесів роботи станцій.

Для формалізації технологічного процесу застосовуються мережеві графіки [52], скінченні автомати (СА) [42, 52, 53], мережі Петрі [54-56] тощо. Згідно з об'єктно-орієнтованою парадигмою кожен окремий об'єкт характеризується властивостями та поведінкою [57]. Практичний досвід використання моделі, запропонованої у [58], показав її високу ефективність під час моделювання роботи технічних станцій, що дозволило побудувати на її основі широке коло програмних продуктів, серед яких [42, 59]. В той же час виявлено й недоліки моделі [58], які пов'язані зі значними витратами часу на опис технології роботи станцій. На відміну від технічних станцій з обробкою великої кількості однотипних об'єктів, на вантажних станціях оброблюється невелика кількість об'єктів зі складною та унікальною технологією. Розв'язання даної проблеми може бути здійснено за рахунок розробки методів формалізації технології роботи станції з використанням бібліотеки типових елементів і спеціалізованих програмних засобів для автоматизованої побудови технології роботи.

Модель раціональної організації поїзної роботи залізничної станції на основі параметрів економічної доцільності сформовано в [60], що дозволяє ефективніше використовувати транспортні засоби та людські ресурси залізниць. Одночасно з

імітаційним моделюванням транспортних потоків в роботі [61] пропонується використання аналітичного методу моделювання таких потоків, за якого кількість чинників, які впливають на інтенсивність потоку, є якнайменшою, але їх значення є досить надійними.

1.5 Шляхи підвищення експлуатаційної надійності залізничних станцій

1.5.1 Підвищення ефективності роботи залізничних станцій за рахунок технологічних заходів

Технологія роботи залізничної станції пов'язана із особливостями її конструкції, потужністю колійного розвитку, сортувальними пристроями, маневровими локомотивами тощо.

Раціональна технологія взаємодії станції з під'їзними коліями дозволяє зменшити обіг вагону та непродуктивні простой, прискорити доставку вантажів, зменшити собівартість переробки та пов'язані з цим експлуатаційні витрати. Питанню удосконалення технології роботи станцій присвячені роботи [62, 63] та ін. Одним із найважливіших логістичних показників роботи станції, як складної СМО, є тривалість знаходження вагонів, структурний аналіз якої [64] виявив наявність і причини невиконання норм простою. Близько 42 % свого обігу вагони знаходяться на станціях виконання вантажних операцій (на Донецькій залізниці ця величина досягає 56 %) [65]. При цьому, до 90 % вказаного часу вагони знаходяться на під'їзній колії, при цьому спостерігається тенденція до збільшення такої тривалості на великих під'їзних коліях. Питання взаємодії з клієнтами, які в сучасних умовах здатні нарощувати обсяги виробництва [66], залишається актуальним для залізниць. В умовах обмеженості ресурсів і складної економічної ситуації необхідно застосовувати нові підходи до взаємодії залізниці та інших учасників перевізного процесу, зокрема за рахунок системної оптимізації, що дозволить зменшити обіг вагону та скоротити експлуатаційні витрати, пов'язані зі значними простоями на пізній колії. Розширений аналіз виконання експлуатаційних показників роботи (обігу вантажного вагону та простою вагону під однією вантажною операцією) підрозділів залізничного транспорту у взаємодії з підприємствами, показав, що даним показникам притаманна суттєва нерівномірність [67]. Поліпшення якості обслуговування клієнтів за умови збільшення прибутковості

галузі є метою роботи залізниць в сучасних умовах, незважаючи на дестабілізуючі процеси.

Збільшення простоїв і обсягів маневрової роботи, зниження продуктивності локомотивів, збільшення вагонного парку безумовно чинить вплив на роботу станцій, тому в роботі [68] запропоновано застосування методу «структурних технологій» для прийняття рішень оперативним персоналом з метою покращення використання пропускної спроможності станцій. При цьому завантаженість станції менше ніж 50 % вважається стандартною ситуацією, а для інших випадків розроблено алгоритм прийняття раціональних рішень і технологічні заходи з метою повернення ситуації до стандартної. Аналогічна проблема, але для промислових станцій різних типів, вирішена в роботі [69] шляхом розробки технологічних способів вирівнювання завантаженості транспортних елементів на під'їзних коліях.

Залізничні станції безпосередньо взаємодіють у своїй роботі з під'їзними коліями підприємств, яких на теперішній час в Україні нараховується близько 7 тисяч [70], і на яких виконується понад 90 % вантажних операцій. Загальна довжина колійного розвитку під'їзних колій становить близько 27 тис. км, з яких 80 % належить підприємствам. Питанню взаємодії станцій і під'їзних присвячені роботи [71-73] та ін. З використанням теорії ігор запропоновано метод вибору стратегії взаємодії станції і під'їзної колії, що дозволить враховувати інтереси обох сторін за умови своєчасної доставки вантажів і мінімізації витрат на перевезення [71]. Більшість великих металургійних комбінатів функціонують в умовах підвищеної динаміки перевізного процесу, що безумовно ускладнює роботу залізниць [74]. Затримки переробки вагонопотоків виникають через неузгодженість ритмів роботи виробництва та транспорту, пов'язану з коливаннями обсягами виробництва й кон'юнктурою ринку, значною нерівномірністю, деталізацією вимог під час подавання вагонів для завантаження готової продукції на експорт тощо.

В сучасних умовах важливим є й інноваційний підхід до технологічних аспектів обслуговування клієнтів залізничного транспорту [75]: впровадження ресурсозберігаючих технологій, вдосконалення інформаційних технологій на основі впровадження автоматизованої системи керування. Застосування теорії кореляції для

прогнозування показників роботи станцій запропоновано в роботі [76]. Функціональна схема роботи залізничної станції з великими вантажними комплексами розроблена в роботі [77], а шляхи підвищення їх експлуатаційної надійності охарактеризовано в роботах [78, 79].

1.5.2 Підвищення ефективності роботи вантажних станцій за рахунок впровадження конструкційних заходів

У разі недостатнього технічного оснащення залізничної станції найбільш ефективним заходом підвищення ефективності її роботи є реконструкція колійного розвитку шляхом удосконалення схеми станції та добудови необхідної кількості колій. В сучасних умовах більш раціональним є впровадження технологічних заходів, а у разі їх недостатності – конструктивних заходів із мінімальним терміном окупності, до яких можна віднести й секціонування колій станції. Секціонування сортувальних колій з метою раціонального використання їх недостатньої кількості під час формування багатогрупних поїздів запропоновано в [80], завдяки чому кількість призначень збільшується, що дозволяє спростити та прискорити процес формування. Аналогічна задача розглядалась в роботах [81, 82], в яких запропоновані схеми реалізації секціонування сортувальних колій. В зв'язку зі значною протяжністю запропонованих схем розформування можливе лише осаджуванням. Наприкінці кожної секції встановлюються спеціальні пристрої – «стопери», які не допускають прямування вагонів окремих призначень до інших секцій. Аналіз використання запропонованих схем секціонування сортувальних колій дозволив зменшити завантаження маневрового локомотива та відповідні експлуатаційні витрати, але реалізація таких схеми є досить складною.

2 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ З ВАНТАЖНИМИ ПОЇЗДАМИ

2.1 Технічна характеристика станції

Станція Б (див. рисунок 2.1) за характером виконуваної роботи відноситься до вантажних станцій, а по обсягу роботи відноситься до станцій II-го класу. Станція Б розташована на дільниці К – А.

До вантажної станції Б примикають два двоколійних перегони: у непарному напрямку перегін Н-Б, у парному – перегін Б-Р. Перегони Б-Н і Б-Р обладнані пристроями мікропроцесорної системи диспетчерського контролю «КАСКАД», а також пристроями для організації тимчасового автоматичного блокування для двостороннього руху по кожній колії на період проведення капітального ремонту однієї з колій, які обладнані одностороннім автоматичним блокуванням. Всі підходи електрифіковані.

Колійний розвиток станції Б складається з 9 приймально-відправних і 6 сортувально-відправних колій. Стрілочні переводи та сигнали вантажної станції обладнані пристроями блочної маршрутно-релейної централізації.

До станції Б примикають дві під'їзні колії:

- п/к №1 «Металургійний комбінат»;
- п/к №2 «Цементний завод».

Для виконання операцій по обслуговуванню пасажирів на станції передбачені дві низькі пасажирські платформи, квиткова каса та зал очікування на 1-му поверсі адміністративно-побутового корпусу.

Для розформування-формування поїздів на станції використовується витяжна колія № 18, гірка малої потужності, яка має одну насувну і одну спускную колію та 6 сортувальних колій. Для виконання маневрової роботи з формування (розформування) составів на станції передбачено два маневрових райони № 1 і 2 в парній та непарній горловинах станції.

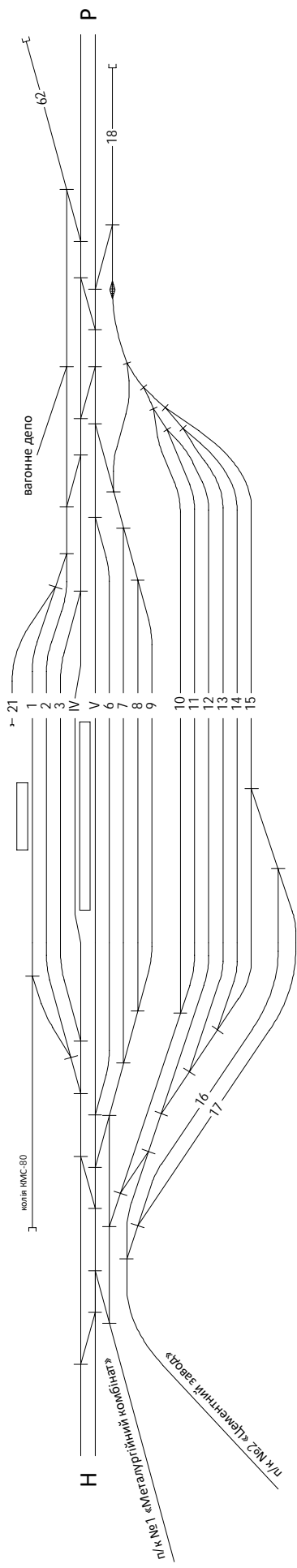


Рисунок 2.1 – Схема колійного розвитку вантажної станції Б

Маневровий район № 1 у непарній горловині станції використовується для розформування составів через гірку малої потужності, формування составів, підбирання місцевих і несправних вагонів; перестановка окремих груп вагонів, розстановка вагонів по місцям навантаження і вивантаження. Маневрова робота здійснюється з використанням витяжної колії № 18.

Маневровий район № 2 у парній горловині станції призначений для розформування составів, підбирання місцевих і несправних вагонів. Маневрова робота здійснюється з використанням головної колії перегону Б-п/к №1 методом осаджування составів.

Маневрова робота по станції виконується одним маневровим локомотивами серії ЧМЭЗ

Крім маневрової роботи по станції, маневровий локомотив використовується як диспетчерський для виконання маневрової роботи по суміжним станціям Р та Н.

Для зв'язку між змінними керівниками та виконавцями в парках станції та горловинах встановлені переговорні колонки. Для зв'язку з машиністом маневрового локомотива, складач поїздів, сигналіст, оператор поста централізації (ОПЦ) № 1, 2 мають портативні радіостанції.

На станції електрифіковані колії № 1, 2, 3, IV, V, 6, 7, 8, 9, колії № 10, 11 електрифіковано 300 м парний бік.

Для забезпечення виконання операцій з технічного обслуговування, поточного ремонту вагонів та випробування автогальм на станції розташований ПТО. Ремонт вагонів виконується на коліях вагоноремонтного депо.

Подавання вагонів в ремонт та забирання після закінчення ремонту здійснюється складацькою бригадою станції за заявкою старшого оглядача вагонів за встановленим графіком.

2.2 Експлуатаційна характеристика вантажної станції

Станція Б відкрита для приймання та видачі вантажів повагонними та дрібними відправками, які навантажуються цілими вагонами, тільки на під'їзних коліях та місцях незагального користування.

Станція Б здійснює:

- приймання та відправлення поїздів;
- обробку поїздів із порожніх вагонів в комерційному та технічному відношенні та здачу їх під навантаження на під'їзні колії;
- приймання навантажених вагонів, що прибувають в розбірних поїздах та здачу їх під розвантаження на під'їзні колії;
- маневрову роботу з формування та розформування розбірних поїздів; підбирання місцевих, підбирання несправних вагонів та їх подачі у вагоноремонтне депо на, розстановки вагонів по місцям навантаження і вивантаження;
- приймання з під'їзних колій окремих вагонів з-під вивантаження та навантажених;
- приймання та відправлення приміських електропотягів, пасажирських поїздів, формування та розформування составів, взаєморозрахунки з клієнтами по перевезенням;
- пропуск транзитних поїздів парного та непарного напрямку;
- подачу та прибирання вагонів на вантажні fronti і маневрову роботу на сусідніх станціях Р і Н.

Середньодобова вантажна робота станції складає 145 вагонів на добу. Середньодобова переробка вагонів на станції складає 298 вагонів на добу.

2.3 Техніко-експлуатаційна характеристика під'їзних колій

Оперативна робота станції і під'їзних колій проводиться на підставі змінно-добового плану, що передбачає розміри навантаження і вивантаження, формування маршрутів і груп вагонів, час і послідовність обробки поїздів і вагонів.

Начальник станції Б і власник під'їзної колії щодня аналізують роботу станції та підприємства, що примикає, за минулу добу і, виходячи з наявності вантажів і наявної попередньої інформації про підхід поїздів, планують вантажну та маневрову роботу на майбутню добу у відповідності з укладеними договорами на експлуатацію залізничних під'їзних колій та єдиним технологічним процесом роботи станції примикання і під'їзної колії. Після узгодження розмірів навантаження та вивантаження змінно-добовий план затверджують керівник підприємства та ДС.

Основним вантажоотримувачем та вантажовідправником на станції є підприємство «Цементний завод», яке є власником під'їзної колії і має ряд контрагентів. Виконання вантажних і комерційних операцій організовано цілодобово.

Основною станцією, яка об'єднує всю експлуатаційну роботу залізничного транспорту на п/к №2 «Цементний завод» є станція Заводська. На станції здійснюється формування і розформування маневрових составів; подача або прибирання вагонів на або із станції Промплощадка та вантажні фронти; передача вагонів під подвійні операції. Для виконання цих операцій станція Заводська має дві виставочні колії № 16 і 17 і одну з'єднувальну колію.

Обслуговування контрагентів здійснюється через станцію Заводська. Для всіх контрагентів – локомотивом підприємства «Цементний завод» здійснюється розстановка по фронтах навантаження – розвантаження і забирання з вантажних фронтів на станцію Заводська.

Основною вантажною станцією підприємства «Цементний завод» є станція Промплощадка. Основна робота станції Промплощадка: приймання і відправлення передаточних составів; накопичення вагонів; формування передач; подача і забирання вагонів на вантажні фронти; навантаження-розвантаження і зважування вантажів у вагонах; технічний огляд і ремонт вагонів після розвантаження на вагоноперекладачах; технічний огляд, ремонт і екіпіровка локомотивів. Колійний розвиток станції Промплощадка складається із 40 колій.

Обслуговування під'їзних колій підприємства «Цементний завод» та його контрагентів здійснюється локомотивами вітковласника (серії ТЕМ-2, ТЕМ-2У, ТГМ-4Б, ТЕМ-2УМ, ТЕМ-У).

На приймально-здавальні колії № 16, 17 станції Заводська дозволяється виїзд маневрового локомотива станції Б.

2.4 Технологія роботи з транзитними поїздами

До транзитних поїздів віднесено поїзди, що проходять станцію без переробки або з частковою переробкою. Транзитні поїзди приймаються на приймально-відправні колії № 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9.

Обробка транзитного поїзда передбачає:

- технічне обслуговування состава (при зміні ваги і довжини);
- зміни локомотива або локомотивної бригади;
- випробування автогальм.

До прибуття транзитного поїзда ДСП одержує від ДНЦ інформацію про номер, індекс, час прибуття поїзда; дані, які характеризують склад поїзда (кількість вагонів у поїзді, його вагу, наявність вагонів з ВМ, негабаритними вантажами, тваринами тощо).

При отриманні повідомлення про наявність в складі поїзда вагонів з технічними або комерційними несправностями ДНЦ передає відомості про характер несправностей і місце розташування таких вагонів у поїзді. Такий транзитний поїзд пред'являється до технічного обслуговування або комерційного огляду. ДСП повідомляє про це старшого оглядача вагонів для завчасної підготовки запасних частин та матеріалів.

Перед прибуттям поїзда ДСП повідомляє працівників ПТО, прийомоздавальників вантажу та багажу, працівників воєнізованої охорони, працівників станції, що забезпечують закріплення составів, про час прибуття поїзда із зазначенням номера колії приймання. Поїзд, який прибуває, зустрічають працівники, що беруть участь у його обробці. Після зупинки поїзда на колії приймання состав закріплюється гальмовими башмаками у визначеному порядку.

Оператор при ДСП вводить інформацію в АСК про прибуття поїзда. Паралельно з цими операціями оператор ПТО, по узгодженню з ДСП, огорожує состав з пульта сигналами централізованої огорожі і дає дозвіл проводити технічне обслуговування (або комерційний огляд) вагонів. Пред'явлення складу поїзда до технічного огляду реєструється у Книзі пред'явлення вантажних вагонів до технічного обслуговування форми ВУ-14, яка знаходиться у ДСП. Запис у книзі ВУ-14 завіряється підписами ДСП та старшого оглядача вагонів.

При виконанні технічного обслуговування состава виявляються вагони, які потребують обслуговування з відчепленням, а також технічно несправні, усунення яких може бути виконане без відчеплення вагонів від составу. На вагонах, які потребують

технічного обслуговування з відчепленням, оглядачі вагонів роблять крейдові написи про місце виконання ремонту (ПТО і т.д.). Старший оглядач вагонів негайно сповіщає ДСП про необхідність відчеплення вагонів з зазначенням номера вагона та місце знаходження його в составі. Випишує повідомлення про ремонт або технічне обслуговування вагона форми ВУ-23М, яке по закінченню обслуговування передає ДСП.

Після закінчення технічного обслуговування вагонів старший оглядач вагонів знімає огороження, переконавшись, що всі працівники знаходяться в безпечному місці. Час закінчення технічного обслуговування реєструється в книзі форми ВУ-14 та завіряється підписами ДСП та старшого оглядача вагонів. Також прийомоздавальник вантажу та багажу після узгодження з оператором ЕОМ доповідає ДСП про кількість вагонів, що необхідно відчепити від складу поїзда, та їх розташування в составі. ДСП організовує маневрову роботу по відчепленню вагона від основного состава, повідомляє оператора ЕОМ, агента комерційного про необхідність внесення змін до ТГНЛ поїзда та оформлення необхідних документів.

Перед відправленням поїзда працівники станції перевіряють правильність формування поїзда і зчеплення вагонів у составі, переконуються в тому, що схоронність вантажів повністю забезпечена.

Графік виконання технологічних операцій з обробки транзитного поїзда зі зміною ваги чи довжини наведений на рисунку 2.2.

2.5 Технологія роботи з поїздами, що надходять у розформування

При відправленні поїзда з сусідньої станції ДСП сповіщає про номер поїзда, колію прибуття та час його прибуття оператора ЕОМ, працівників ПТО, прийомоздавальника вантажу та багажу станції, які беруть участь у його обробці, за 10-15 хв до прибуття поїзду на станцію. При одночасному прибутті кількох поїздів ДСП повинен повідомити працівників ПТО і прийомоздавальника вантажу та багажу про черговість їх обробки. ДСП надає вказівку ОПЦ № 2, сигналісту або ОПЦ №1 про закріплення составів на колії прибуття, відповідно до порядку, встановленого ТРА станції.

№ з/п	Найменування операцій	До при- буття	Після прибуття поїзда											Виконавці	
			Час, хв												
			10	20	30	40	50	60	70	80	90				
1	Одержання від ДНЦ повідомлення про номер, час прибуття і призначення поїзда														Оператор при ДСП
2	Підготовка групи вагонів, що причіплюється (у випадку збільшення ваги та довжини)														ДСП, складацька бригада, працівники ПТО
3	Сповіднення працівників, що беруть участь в обробці поїзда, про номер, час прибуття і колію приймання поїзда														ДСП
4	Вихід на колію приймання працівників, що беруть участь в обробці поїзда														працівники ПТО, прийомоздавальник вантажу та багажу, ОПЦ (сигналіст)
5	Закріплення составу та відчеплення та виїзд поїзного локомотива		5												ОПЦ (сигналіст), локомотивна бригада
6	Доставка перевізних документів в приміщення оператора ЕОМ		5												прийомоздавальник вантажу та багажу
7	Одержання документів від локомотивної бригади, їх перевірка, вилучення документів на групу вагонів, що відчіпляють, подання документів на групу, що причіпляють, складання нового натурного листа			10											оператор ЕОМ
8	Огородження составу, технічне обслуговування составу, зняття огороження				30										працівники ПТО
9	Комерційний огляд составу та усунення комерційних несправностей				30										прийомоздавальник вантажу та багажу
10	Маневри по зміні ваги (довжини) поїзда					10									ДСП, складацька бригада, машиніст маневрового локомотива
11	Причеплення поїзного локомотива, випробування автогальм								35						локомотивна бригада, працівники ПТО
12	Вручення пакета з перевізними документами							5							прийомоздавальник вантажу та багажу
13	Вилучення гальмових башмаків та відправлення												3		ОПЦ (сигналіст)
14	Загальна тривалість обробки поїзда					83									

Рисунок 2.2 – Графік обробки транзитного вантажного поїзда зі зміною ваги (довжини) по вантажній станції Б

Обробка состава поїзда у розформування включає наступні операції:

- укладання гальмівних башмаків;
- огороження состава;
- контрольну (натурну) перевірку состава;
- звірення перевізних документів з натурним листом;
- технічне обслуговування вагонів;
- комерційний огляд вагонів.

Контрольна перевірка состава та перевірка наявності та відповідності состава перевізним документам виконується прийомоздавальником вантажу та багажу.

Технічне обслуговування состава розпочинається після зупинки й закріплення поїзда, відчеплення локомотива та огороження состава. Огороження колій № 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, виконується оператором ПТО по узгодженню з ДСП з пульта сигналами централізованого дистанційного огороження. Дозвіл починати технічне обслуговування працівникам ПТО передає оператор ПТО по гучномовному парковому зв'язку.

Пред'явлення составу до технічного огляду реєструється у книзі пред'явлення вантажних вагонів до технічного обслуговування форми ВУ-14, яка знаходиться у ДСП. Запис у книзі форми ВУ-14 завіряється підписами ДСП та старшого оглядача вагонів. Технічне обслуговування вантажних вагонів та безвідчепний ремонт після прибуття виконується бригадою із однієї групи в складі 4 працівників ПТО: 2 оглядача вагонів та 2 слюсара ремонтника рухомого складу у відповідності з Технологічним процесом роботи ПТО. Технічний огляд виконує бригада із 2-х оглядачів вагонів.

При виявленні несправностей, що вимагають відчеплення вагонів, оглядач повідомляє по телефону чи радіозв'язку оператора ПТО про обсяг робіт, виписує в двох екземплярах повідомлення форми ВУ-23М. Якщо вагон загрожує безпеці руху, оглядач на звороті форми ВУ-23М вказує швидкість, з якою вагон повинен прямувати до місця виконання ремонту і передає ДСП та оператору ПТО. Про всі несправності, що підлягають усуненню при технічному обслуговуванні з відчепленням, оглядачі вагонів наносять на вагони крейдяні позначки. Вагони, що підлягають технічному обслуговуванню з відчепленням, розмічають з вказуванням місця виконання.

Після закінчення технічного обслуговування вагонів старший оглядач вагонів знімає огороження, переконавшись, що всі працівники знаходяться в безпечному місці. Час закінчення технічного обслуговування реєструється в книзі форми ВУ-14 та завіряється підписами ДСП та старшого оглядача вагонів. По закінченні комерційного огляду, який виконується паралельно з технічним оглядом, прийомоздавальник вантажу та багажу доповідає ДСП про кількість відібраних вагонів під навантаження та їх розташування в составі.

У процесі підготовки составів до розформування, одночасно з технічним обслуговуванням, оглядачі вагонів здійснюють відпускання гальм. Роз'єднання гальмових рукавів здійснюється складачем поїздів. Розформування составу виконується локомотиво-складацькою бригадою станції.

З метою недопущення засмічення приймально-відправних колій станції, при проведенні комерційного огляду, відкриття люків та дверей вагонів на цих коліях не здійснюється.

Порожні вагони, які прибули під навантаження на п/к №2 «Цементний завод», переставляються на колії станції № 12, 13, 14, 15, або колії «Цементного заводу» № 16, 17, де після їх закріплення огорожуються і пред'являються прийомоздавальникам вантажу та багажу станції і п/к №2 «Цементний завод» і вантажнику станції для відкриття люків та дверей з метою визначення їх придатності під навантаження.

Вантажник станції відкриває люки кожного вагона-цементовоза і двері критих вагонів, прийомоздавальник вантажу та багажу станції робить відмітки, а прийомоздавальник п/к №2 «Цементний завод» визначає, які вагони потребують очищення від залишків раніше перевезених вантажів.

Після очищення вагонів вантажник станції повинен очистити колії та міжколійї від залишків вантажу та прибрати залишки вантажу за територію станції для утримання в чистоті колії станції.

Після огляду прийомоздавальник вантажу та багажу станції надає ДСП переписані номери вагонів, які потребують очищення. ДСП, в свою чергу, дає вказівку складачу поїздів на виконання маневрової роботи по вилученню вагонів, які прийомоздавальник п/к №2 «Цементний завод» не приймає під навантаження.

Після вилучення вагонів, які забраковані прийомоздавальною п/к №2 «Цементний завод», прийомоздавальною вантажу та багажу станції здає решту вагонів, згідно пам'ятки прийомоздавальною вантажу та багажу, під навантаження на п/к №2 «Цементний завод».

Графік виконання технологічних операцій з обробки поїзда, що надійшов у переробку наведений на рисунку 2.3.

№ з/п	Найменування операцій	До прибуття	Після прибуття					Виконавці
			Час, хв					
			10	20	30	40	50	
1	Одержання від ДСП сусідньої станції повідомлення про відправлення поїзда							ДСП
2	Повідомлення працівників, що беруть участь в обробці поїзда, про час і колію прибуття поїзда							ДСП
3	Вихід на колію приймання працівників, які беруть участь в обробці поїзду							Працівники ПТО, прийомоздавальною вантажу та багажу, ОПЦ
4	Контрольна перевірка состава							Працівники ПТО
5	Закріплення состава гальмовими башмаками		3					ОПЦ, сигналіст
6	Відпуск автогальм, відчеплення локомотива, передача документів в СТЦ, огороження состава		4					Локомотивна бригада, працівники ПТО, прийомоздавальною вантажу та багажу
7	Розмітка ТГНЛ, звірення документів состава поїзда, що прибув, з фактичним прибуттям вагонів		10					Прийомоздавальною вантажу та багажу
8	Технічне обслуговування состава				30			Працівники ПТО
9	Комерційний огляд состава				30			Прийомоздавальною вантажу та багажу
10	Загальний час				37			

Рисунок 2.3 – Графік виконання технологічних операцій по обробці поїзда у розформування

2.6 Технологія роботи з поїздами свого формування

Підготовка составів свого формування до відправлення здійснюється на коліях № 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9 станції у відповідності з планом формування поїздів, що встановлює ДСП.

Інформація щодо підготовки составів свого формування до відправлення надається ПТО, оператору ЕОМ та прийомоздавальнику вантажу та багажу. Перед відправленням поїзда працівники станції перевіряють правильність кріплення вантажів на відкритому рухомому складі, правильність формування поїзда і зчеплення вагонів у составі, переконується в тому, що збереженості вантажів повністю забезпечено.

З составами свого формування виконуються наступні операції:

- технічне обслуговування, поточне і безвідчипне обслуговування вагонів;
- комерційний огляд вагонів і вантажів, усунення комерційних несправностей;
- вилучення гальмівних башмаків;
- зняття огороження составу;
- вручення перевізних документів локомотивній бригаді;
- причеплення поїзного локомотива, випробування гальм і відправлення поїзда.

Працівники ПТО після огороження сигналами состава, пред'явленого до обслуговування, виконують технічний огляд і обслуговування вагонів. При виявленні несправностей оглядачі вагонів наносять на вагони крейдяні позначки, а ремонтна бригада, яка йде слідом, виконує необхідне технічне обслуговування. Випробування гальм повинно виконуватись після усунення несправностей.

Після закінчення технічного обслуговування вагонів старший оглядач вагонів знімає огороження, переконавшись, що всі працівники знаходяться в безпечному місці. Час закінчення технічного обслуговування реєструється в Книзі форми ВУ-14 та завіряється підписами ДСП та старшого оглядача вагонів. Працівники вагонного господарства мають поставити підписи в книзі ВУ-14 не пізніше 2-х годин після відправлення поїзда.

Одночасно з технічним обслуговуванням вагонів прийомоздавальники вантажу та багажу здійснюють комерційний огляд состава та усунення виявлених комерційних несправностей, що загрожують збереженості вантажу, безпеці руху поїздів.

Перевірка сформованих составів, оформлення і вручення перевізних документів локомотивній бригаді здійснюється прийомоздавальником вантажу та багажу.

Після відправлення поїзда оператор при ДСП передає ДНЦ номер та індекс поїзда, вагу і кількість вагонів у поїзді, наявність у составі поїзда вагонів з вибуховими матеріалами, негабаритними вантажами та інші дані, які передбачені діючими на залізницях інструкціями з надання інформації.

Графік виконання технологічних операцій з обробки поїзда свого формування наведений на рисунку 2.4.

2.7 Порядок передачі та прийому вагонів з під'їзних колій

Передача маневрових составів на п/к №1 «Металургійний комбінат» здійснюється з постановкою одного, а при збільшенні ваговою норми составу, двох локомотивів з голови поїзда з включеними автогальмами у всьому составі. Максимальна вага составу поїзда становить не більше 5100 т.

Вагони для п/к №1 «Металургійний комбінат» подаються локомотивом станції на сортувально-відправні колії № 10 і 11 станції Б. На п/к №1 «Металургійний комбінат» вагони забираються безпосередньо з вказаних колій локомотивом підприємства.

Передача вагонів на п/к №2 «Цементний завод» здійснюється кожні 3 години. Власні та орендовані вагони вказаного підприємства здаються на п/к №2 по мірі прибуття їх на станцію Б. Максимальна кількість вагонів у кожній партії, що передається на п/к №2 «Цементний завод» становить 55 вагонів, при цьому кількість вагонів у кожній партії, що передається на колії № 16 та 17, не більше 36 вагонів на кожен колію.

При відправленні маневрової передачі з колій № 12, 13, 14, 15 станції Б на п/к №2 «Цементний завод», з п/к №2 «Цементний завод» на колії № 12, 13, 14, 15 станції Б, маневровий локомотив власника «Цементний завод» повинен знаходитись в голові состава з включенням автогальм у всіх вагонів маневрової передачі.

№ з/п	Найменування операцій	До відправлення	Після перестановки на колію відправлення								Виконавці
			Час, хв								
			10	20	30	40	50	60	70	80	
1	Списування состава, оформлення натурального листа і підбір перевізних документів										Приймоздавальник вантажу та багажу, оператор ЕОМ
2	Технічний огляд состава і ремонт вагонів			30							Працівники ПТО
3	Комерційний огляд состава і усунення несправностей			30							Приймоздавальник вантажу та багажу
4	Перевірка состава, закінчення оформлення натурального листа, конвертування документів		10								Приймоздавальник вантажу та багажу, оператор ЕОМ
5	Вручення документів машиністу локомотива					5					Приймоздавальник вантажу та багажу
6	Причеплення поїзного локомотиву та повне випробування автогальм						35				Локомотивна бригада, працівники ПТО
7	Вилучення гальмових башмаків та відправлення поїзда									3	ОПЦ (сигналіст)
8	Загальний час				68						

Рисунок 2.4 – Графік виконання технологічних операцій з обробки поїзда свого формування по відправленню

Вагони для п/к №2 «Цементний завод» подаються локомотивом станції на сортувально-відправні колії № 12, 13, 14, 15 станції Б і виставочні колії № 16, 17 станції Заводська власника під'їзної колії. Всі вагони, що передаються на під'їзну колію «Цементного заводу» та приймаються на станцію, приймоздавальник вантажу та багажу пред'являє до технічного та комерційного огляду із записом у книзі форми ВУ-14, зазначаючи час пред'явлення загальної кількості вагонів і колію їхнього знаходження. Огляд вагонів в технічному відношенні проводиться одночасно оглядачами вагонів залізниці і оглядачами підприємства «Цементний завод».

Комерційний огляд і передача вагонів в комерційному відношенні, здійснюється приймоздавальником вантажу та багажу станції і приймоздавальником під'їзної колії. Технічний та комерційний огляди проводяться паралельно.

Після закінчення огляду, приймоздавальники вантажу та багажу станції оформляють пам'ятки про подавання вагонів форми ГУ-45 та відомості про забирання

вагонів форми ГУ-46. Пам'ятку про користування вагонами форми ГУ-45 підписують прийомоздавальники вантажу та багажу станції і під'їзної колії.

Вагони, що повертаються з п/к №2 «Цементний завод», виставляються локомотивом власника колії на одну з сортувально-відправних колій № 12, 13, 14, 15 станції Б і виставочних колій № 16, 17 станції Заводська власника під'їзної колії. При поверненні вагонів з під'їзної колії оглядачі вагонів станції сумісно з оглядачами вагонів під'їзної колії перевіряють їх технічний стан.

Прийом составів поїздів з п/к №1 «Металургійний комбінат» здійснюється з постановкою одного, а при збільшенні ваговою норми составу, двох локомотивів з голови поїзда з включеними автогальмами у всьому составі на приймально-відправні колії станції Б. Максимальна вага составу становить не більше 4300 т.

З п/к №2 «Цементний завод» порожні вагони з-під вивантаження маршрутів повертаються на сортувально-відправні колії станції № 12, 13, 14, 15 і кількості 55 вагонів, а інші завантажені та порожні вагони на колії № 16 і 17 в кількості не більше 50 вагонів.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІІ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО СИНТЕЗУ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ

3.1 Представлення схеми станції для автоматизованого проектування

Для реалізації процедур автоматизованого синтезу колійного розвитку станції найбільш підходящими є графічні моделі, основані на зважених орграфіях. Базовою в системі графічної моделі є внутрішня модель станції, яка має найбільш складну структуру. До її складу входять 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.

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 (ЦП), 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:

$$\deg v = d^+(v) + d^-(v), \quad (3.1)$$

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:

$$d^+(v) = |\Gamma(v)| \text{ та } d^-(v) = |\Gamma^{-1}(v)|, \quad (3.2)$$

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 $v_i \in V^S$, $v_j \in V^C$ та $v_k \in V^W$ 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 [83]:

$$\sum_{i=1}^n d^+(v_i) = \sum_{i=1}^n d^-(v_i) = m, \quad (3.3)$$

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 і V^W кожному з них виділені групи номерів, які не перетинаються: $N^S = \{1, 2, \dots, 99\}$, $N^W = \{101, 102, \dots, 199\}$ і $N^C = \{201, 202, \dots, 299\}$.

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 $v_j \in V^C$ з напівступенем виходу $d^+(v_j) = 1$ (ВКП, ЦП пошорстних стрілок) другий елемент списку відсутній, тобто $u_2 = 0$; для вершин $v_k \in V^W$ з

напівступенем виходу $d^+(v_k) = 0$ (КК) відсутні обидва елементи списку, тобто $u_1 = 0$ і $u_2 = 0$.

3.3 Параметрична модель станції

Орграф $G = (V, E)$ є зваженим, кожна вершина підмножин V^S , V^C і V^W характеризується деяким вектором параметрів (відповідно \mathbf{X}^S , \mathbf{X}^C , \mathbf{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 ($\mathbf{X}^S = \{w, \tau_c, S, f_p, f_b\}$).

Для кожної вершини v_i , розташованої на одній з горизонтальних колій, повинно бути вказано ненульовий номер w цієї колії, тобто $w \neq 0$. 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 $w = 0$.

Параметр τ_c являє собою певний ($\tau_c = 0, 1, 2, \dots, n_c$), 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 перекладу 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.

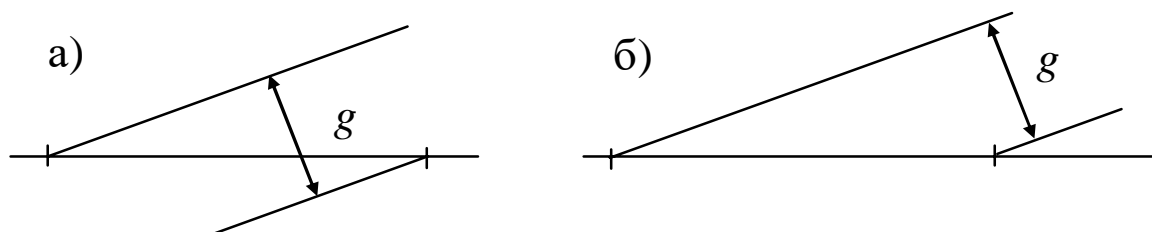


Рисунок 3.1 – Схеми взаємного розташування стрілочних переводів, що вимагають явного завдання ширини міжколійя g

Якщо ж необхідну ширину міжколійя можна визначити як різницю ординат горизонтальних колій (див. рисунок 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.

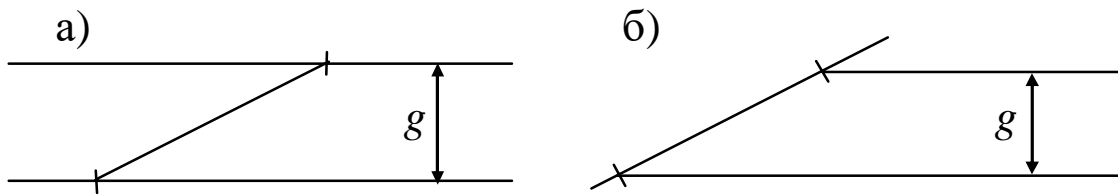


Рисунок 3.2 – Схеми взаємного розташування стрілочних переводів, у яких ширина міжколійя g визначається автоматично

Перераховані можливості забезпечують необхідну гнучкість при проектуванні колійного розвитку станції.

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

Пряма вставка f , що укладається між ВКП і суміжної з v_j вершиною, 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 φ 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.

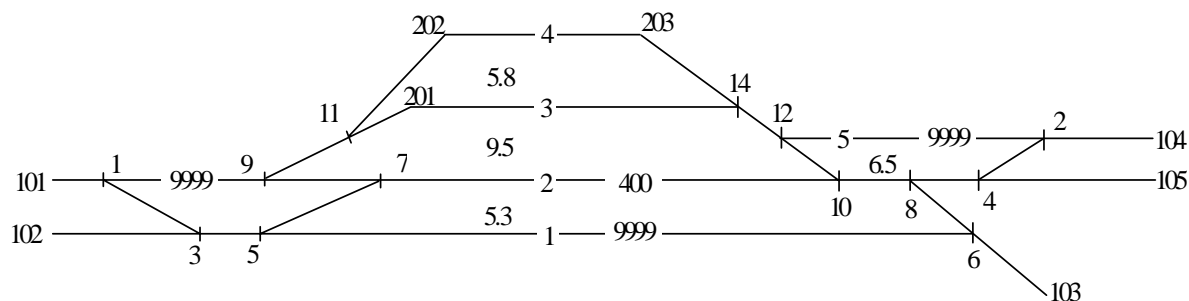
Нарешті, для вершин $v_k \in V^W$ (КК) може задаватися відстань f до вершини, суміжної з v_k , у випадках, коли довжина відповідної колії задана в схемі станції $v_k(\mathbf{X}^W = \{w, f\})$. Звичайно, це має місце, коли на схемі станції деяка колія, яка закінчується точкою КК, має цілком визначену 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.

Для прикладу, на рисунку 3.3 наведена схеми станції та її канонічна модель.

3.4 Модель горизонтальних колій станції

Колії станції можуть бути представлені за допомогою деревоподібного графа $D = (V, H)$, де V – множина вершин горизонтальних колій станції (парку, горловини), H – множина ребер, які відповідають міжколійям, що розділяють зазначені колії [84].



*Стрілочні переводи ЦП

*N	NP	NB	W	S	T	LP	LB
1	9	3	2	1	0	9999	
3	5	0	1	1	0		
5	6	7	1	0	0	9999	
7	10	0	2	0	0	400	
9	7	11	2	0	0		
11	201	202	0	0	0		
2	104	0	5	0	0		
4	105	2	2	0	0		
6	103	0	1	0	0		
8	4	6	2	1	0		
10	8	0	2	1	0		
12	10	2	5	0	0	0	9999
14	12	0	3	0	0		

*Вершини кутів повороту ВУ

*N	NP	NB	W	R	LP
201	14	0	3	200	
202	203	0	4	200	
203	14	0	4	200	

*Кінці колій КК

*N	NP	NB	W	LP
101	1	0	2	
102	3	0	1	
103	0	0	0	
104	0	0	5	
105	0	0	2	

Рисунок 3.3 – Схема залізничної станції та її канонічна модель

Кожна колія станції w у графі D характеризується вектором параметрів:

$$\mathbf{R} = \{w, Y, C_k, \tau_p, \eta, V_{\max}, \sigma\}, \quad (3.4)$$

де w – номер колії;

Y – ордината колії;

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

τ_p – тип рейки;

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

V_{\max} – припустима швидкість руху;

σ – спеціалізація колії.

Вхідна модель горизонтальних колій для схеми станції зображеної на рис. 3.3 наведена на рисунку 3.4.

*N0	X0	Y0	– Опорна стрілка
1		0	0
*Wнп	Wвп	E	– Ширина міжколійїв
1		2	5.3
2		3	9.5
3		4	4.8

Рисунок 3.4 – Вхідна модель горизонтальних колій

3.5 Формалізація і автоматизований синтез скорочених з'єднань

Проектування з'єднань паралельних колій при великих міжколійях здійснюються із укладанням додаткових кривих, що дозволяють зменшити загальну довжину з'єднань (скорочені з'єднання, з'їзди, вулиці, а також горловини різноманітної конструкції). Основною задачею при проектуванні скорочених з'єднань є розрахунки кутів повороту додаткових кривих. У зв'язку з цим була розроблена універсальна методика розрахунків будь-яких скорочених з'єднань із зворотними кривими, що ґрунтується на відомому методі розрахунків скорочених вулиць [85]. Метод заснований на обчисленні сум проекцій елементів розрахункової колії між вершинами протилежних кривих на горизонтальні і вертикальні осі відповідної системи координат.

виходить із вершини невідомого кута). У додатковій системі xOy , на відміну від основної XOY , відомі кути нахилу елементів розрахункового шляху до осей координат. Це дозволяє знайти суму проєкцій елементів розрахункової колії на осі координат, які необхідні для визначення кута β .

Невідомий кут β можна знайти з $\Delta O_1 A O_2$ (див. рис. 3.6)

$$\beta = \arccos \frac{A O_1}{O_1 O_2} - (2\alpha + \varphi). \quad (3.5)$$

Величину кута β , у свою чергу, можна визначити з $\Delta O_1 B O_2$

$$\varphi = \arctg \frac{B O_2}{B O_1}. \quad (3.6)$$

Сторони трикутника $B O_1$ і $B O_2$ дорівнюють сумах проєкцій ламаної лінії $O_1 - C - 3 - 5 - 7 - D - O_2$, відповідно, на осі $Oy(S_y)$ і $Ox(S_x)$

$$\begin{aligned} S_y &= R - \sum_1^n l_i \sin \theta_i + r \cdot \cos \sum_1^n \theta_i, \\ S_x &= \sum_1^n l_i \cos \theta_i + r \cdot \sin \sum_1^n \theta_i, \end{aligned} \quad (3.7)$$

де l_i, θ_i – відповідно, довжина і кут нахилу до осі абсцис елементів розрахункового шляху;

n – кількість елементів;

R, r – радіуси, відповідно, початкової і кінцевої кривих на розрахунковому шляху.

У виразах(3.7) значення θ_i приймають з урахуванням знаку.

Значення кута φ (3.6) використовується для розрахунків гіпотенузи $O_1 O_2$ в $\Delta O_1 B O_2$, необхідної при визначенні кута β (3.5)

$$O_1 O_2 = \frac{S_y}{\cos \varphi}. \quad (3.8)$$

Катет AO_1 в (3.5) може бути визначений як різниця ординат точок O_1 і O_2 в основній системі координат

$$AO_1 = Y(O_1) - Y(O_2). \quad (3.9)$$

Ординати $Y(O_1)$ і $Y(O_2)$ знаходять по встановлених ординатах горизонтальних колій, з якими зв'язані, відповідно, точки O_1 і O_2 ланцюжками відрізків і кутом нахилу до осі OX . Для розглянутого прикладу вказані ординати визначаються як

$$\begin{aligned} Y(O_1) &= Y_1 + l \cdot \sin \alpha + (b + k) \cdot \sin 2\alpha + R \cdot \cos 2\alpha, \\ Y(O_2) &= Y_7 - (b + k) \cdot \sin \alpha - r \cdot \cos \alpha. \end{aligned} \quad (3.10)$$

Після розрахунків невідомого кута β інші параметри горловини визначаються звичайним чином.

Для завдання розрахункової колії необхідно в канонічній моделі горловини в рядку вершини 201 замість невідомого значення кута β вказати номер кінцевої вершини розрахункової колії; у розглянутому прикладі цей рядок буде виглядати як

N	NP	NB	W	R	LP	A°	A'	A''
201	3	0	0	200	0	207		

3.6 Удосконалення конструкції колійного розвитку станції

Основним вантажоотримувачем та вантажовідправником на станції Б є підприємство «Цементний завод». У цьому зв'язку основна робота станції спрямована на обслуговування п/к №2 «Цементний завод», в адрес якої слідують маршрути під розвантаження, а також значний обсяг порожніх вагонів під навантаження на коліях станції Заводська № 16 і 17 та коліях підприємства «Цементний завод».

Усі передачі маневрових составів в адрес п/к №2 «Цементний завод» та прийом вагонів з під'їзної колії здійснюються через сортувально-відправні колії станції Б № 12, 13, 14 і 15. Існуючий колійний розвиток не дозволяє приймати маневрові состави з під'їзної колії «Цементного заводу» безпосередньо на приймально-відправні колії станції № 1-9. Очевидно, що цей недолік у конструкції станції приводить до

збільшення на ній маневрової роботи, збільшення завантаження маневрового локомотива і, взагалі, зменшує експлуатаційну надійність вантажної станції Б.

Для вирішення вказаної проблеми пропонується запроєктувати ділянку колії у парній горловині, яка з'єднає перегони п/к №1 «Металургійний комбінат» – станція Б і п/к №2 «Цементний завод» – станція Б (див. рисунок 3.7). Таке рішення скорочене з'єднання дозволить мати прямий вихід з перегону п/к №2 «Цементний завод» до приймально-відправних колій станції № 1-9 і значно скоротити тривалість виконання маневрових пересувань по прийому составів з під'їзної колії на станцію.

Складністю запропонованого рішення є проектування скороченого з'єднання. У цьому зв'язку для реалізації проектного рішення використано методи автоматизованого синтезу, які втілені в програмному комплексі «САПР ЗС», що розроблений на кафедрі «Станції та вузли» ДНУЗТу.

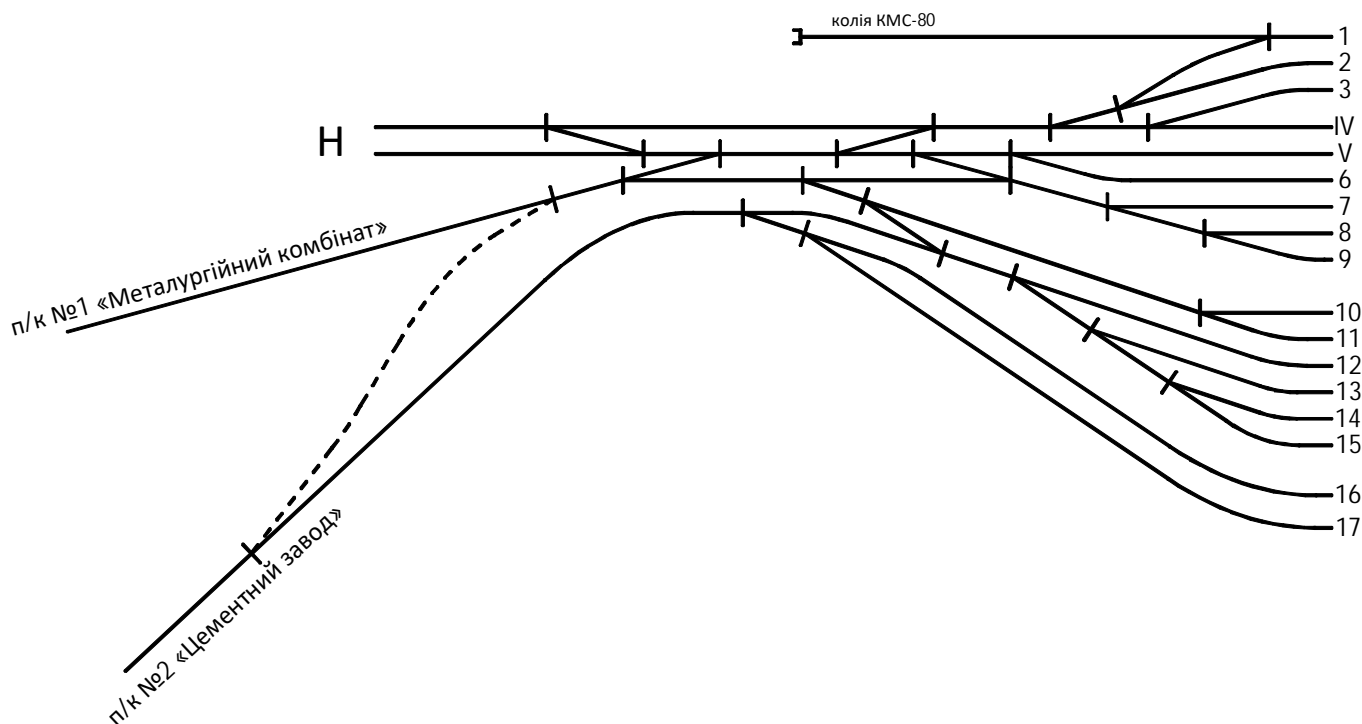


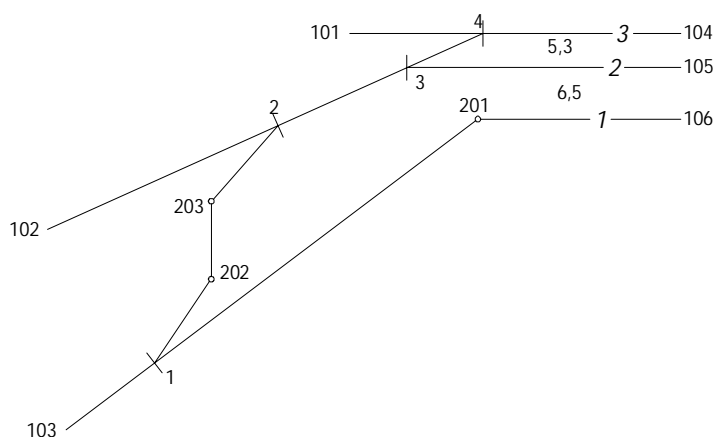
Рисунок 3.7 – Удосконалення колійного розвитку станції Б

Фрагмент схеми парної горловини станції та її канонічна модель наведені на рисунку 3.8.

Результати розрахунків наведені у Додатку Б.

Отримані результати використані при проектування скороченого з'єднання у системі автоматизованого проектування AutoCAD і наведені на плані вантажної станції Б.

Суттєвим недоліком конструкції олійного розвитку станції є відсутність пункту підготовки вагонів під навантаження, тому підготовка вагонів під навантаження виконується на коліях № 12, 13, 14, 15 станції Б після огороження колії встановленим порядком. У цьому зв'язку масове прибуття хоперів-цементовозів під навантаження на коліях станції Заводська № 16 і 17 призводить до збільшення часу їх очищення. Після очищення цементовозів від залишків цементу, на залізничні міжколійї потрапляє величезна кількість попереднього вантажу, що перевозився, який після опадів бетонується. Це призводить до порушення безпеки руху і можливості наїзду гребенів колісної пари на рейкову колію. У цьому зв'язку пропонується устрій нової підвищеної колії у непарній горловині станції, яка примикає до колії № 15.



*Стрілочні переводи

*N	P	B	W	S	T	LP	LB
1	201	202	0	0	2	170	0
2	3	0	0	0	2	0	0
3	4	105	2	1	2	0	0
4	104	0	3	0	2	0	0

*Кінці колій

*N	P	B	W	LP
101	4	0	3	0
102	2	0	0	0
103	1	0	0	0
104	0	0	3	0
105	0	0	2	0
106	0	0	1	0

*Вершини кутів повороту

*N	P	B	W	R	LP	A	A'	A''
201	106	0	1	300	0	-17	14	57
202	203	0	0	200	25	203	0	0
203	2	0	0	200	0	5	0	0

*Опорна стрілка

*ЦСП	X	Y
3	20	20

*Міжколійя

*Нижн	Верх	E
1	2	6.5
2	3	5.3

Рисунок 3.8 – Схема та канонічна модель фрагменту станції

Недоліком існуючої конструкції колійного розвитку вантажної станції також є недостатня довжина витяжної колії № 18, яка використовується під час перестановки або розформування составів з приймально-відправних колій № 1-9 на сортувально-відправні колії № 10-15. У зв'язку з цим із більшістю маневрових составів вказані операції виконуються у два етапи. Таким чином, доцільно подовжити витяжну колію № 18, що значно скоротить витрати часу на маневрову роботу на вантажній станції.

Реалізація запропонованих проектних рішень наведена на плані вантажної станції Б.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВХІДНОГО ПОТОКУ ПОЇЗДІВ ТА ТРИВАЛОСТІ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ З ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Підвищення експлуатаційної надійності функціонування вантажної станції Б можливо реалізувати за рахунок використання її раціональних техніко-технологічних параметрів, які визначаються на основі імітаційного моделювання роботи станції у різних експлуатаційних умовах. У цьому зв'язку потрібно виконати ідентифікацію імітаційної моделі станції, тобто визначити всі числові параметри та характеристики вхідного потоку поїздів та системи їх обслуговування на станції.

4.1 Визначення параметрів вхідного потоку поїздів на станцію

Для визначення параметрів вхідного потоку поїздів, у які прибувають з напрямків Н і Р на вантажну станцію Б, використано графік руху поїздів, в якому вказані моменти прибуття поїздів на станцію та їх категорію. Фрагмент такого графіку наведено в Додатку А (див. табл. А.1). Використовуючи моменти прибуття поїздів на станцію у відповідності до графіку їх руху, визначаються інтервали прибуття поїздів за формулою

$$I_j = T_{j+1} - T_j, \quad (4.1)$$

де T_j, T_{j+1} – моменти прибуття суміжних поїздів, хв.

В результаті виконання вказаної процедури отримано варіаційний ряд інтервалів прибуття поїздів на станцію, для якого будується статистичний ряд і визначаються числові характеристики випадкової величини I , який наведений у таблиці 4.1.

На основі приведених у табл. 4.1 згрупованих розрядів і кількості спостережень у кожному розряді n_i , розраховуються статистичні ймовірності P_i за формулою

$$P_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^k n_i}, \quad (4.2)$$

де n_i – кількість спостережень у i -му розряді;

k – кількість розрядів статистичного ряду.

Таблиця 4.1 – Статистичний ряд інтервалів прибуття поїздів на станцію

№	Межа розряду		\bar{I}_i	n_i	P_i	$P_i \cdot \bar{I}_i$	$P_i \cdot \bar{I}_i^2$	h_i
	ліва	права						
1	0	30	15	10	0,1613	2,42	36,3	0,0054
2	30	60	45	25	0,4032	18,14	816,3	0,0134
3	60	90	75	12	0,1935	14,51	1088,25	0,0065
4	90	120	105	7	0,1129	11,85	1244,25	0,0038
5	120	150	135	4	0,0645	8,71	1175,85	0,0022
6	150	180	165	2	0,0323	5,33	879,45	0,0011
7	180	210	195	1	0,0161	3,14	612,3	0,0005
8	210	240	225	1	0,0161	3,62	814,5	0,0005
Разом				62	1	67,72	6667,2	

До основних числових характеристик випадкової величини інтервалу прибуття I відносяться:

- математичне очікування $M[I]$;
- дисперсія $D[I]$;
- середнє квадратичне відхилення $\sigma[I]$;
- коефіцієнт варіації вхідного потоку $v_{вх}$;
- інтенсивність вхідного потоку $\lambda_{вх}$;
- параметр Ерланга K .

Математичне очікування інтервалу прибуття і математичне очікування квадрату інтервалу прибуття можна визначити відповідно за формулами [86]

$$M[I] = \sum_{i=1}^k \bar{I}_i \cdot P_i, \quad (4.3)$$

$$M[I^2] = \sum_{i=1}^k \bar{I}_i^2 \cdot P_i, \quad (4.4)$$

де \bar{I}_i – середнє значення i -го розряду.

$$D[I] = M[I^2] - (M[I])^2, \quad (4.5)$$

$$\sigma[I] = \sqrt{D[I]}, \quad (4.6)$$

$$v_{\text{вх}} = \frac{\sigma[I]}{M[I]}, \quad (4.7)$$

$$\lambda_{\text{вх}} = \frac{1}{M[I]}, \quad (4.8)$$

$$K = \frac{(M[I])^2}{D[I]} \quad (4.9)$$

Числові характеристики випадкової величини I :

$$M[I] = 67,72 \text{ хв}; \quad M[I^2] = 6667,20 \text{ хв}^2;$$

$$D[I] = 6667,20 - (67,72)^2 = 2081,202 \text{ хв}^2;$$

$$\sigma[I] = \sqrt{2081,202} = 45,62 \text{ хв}; \quad v_{\text{вх}} = \frac{45,62}{67,72} = 0,67;$$

$$\lambda_{\text{вх}} = \frac{1}{67,72} = 0,014 \text{ поїздів/хв.}; \quad K = \frac{(67,72)^2}{2081,202} = 2,2.$$

Для наочності статистичний ряд подано у графічному вигляді (рисунок 4.1), для чого попередньо розраховано ординати гістограми, тобто щільності ймовірностей відповідних розрядів

$$h_i = \frac{P_i}{\Delta I}, \quad (4.10)$$

де ΔI – ширина розряду, хв.

Ординати гістограми розраховані у табл. 4.1.

Аналіз результатів виконаних розрахунків показує, що інтервали прибуття поїздів на станцію змінюються у досить широких межах. Це свідчить про випадковість вхідного потоку. У цьому зв'язку необхідно визначити закон розподілу випадкової величини I .

Виходячи з зовнішнього вигляду гістограми, та враховуючи параметр Ерланга ($K = 2,2$), висунута гіпотеза про розподілення інтервалів прибуття поїздів за законом Ерланга з параметром $K = 2$. Функція щільності для цього закону має вигляд

$$f(I) = (2\lambda)^2 I e^{-2\lambda I}. \quad (4.11)$$

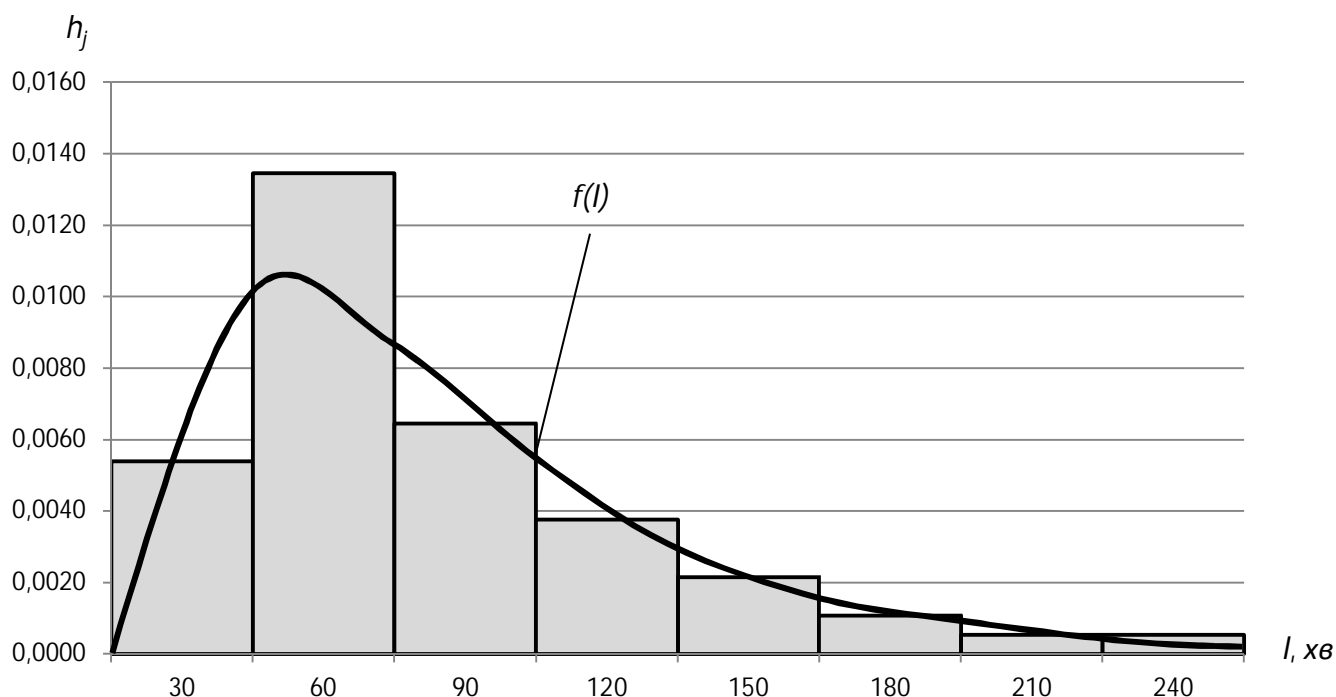


Рисунок 4.1 – Гістограма та диференціальна функція $f(I)$ розподілу інтервалів прибуття передаточних поїздів на станцію

Значення функції $f(I)$ на серединях розрядів розраховані у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Значення диференціальної функції $f(I)$

I	0	30	60	90	120	150	180	210	240
$f(I)$	0,0000	0,0108	0,0089	0,0055	0,0030	0,0016	0,0008	0,0004	0,0002

Графік функції $f(I)$ зображений на рис. 4.1.

Між статистичним та теоретичним розподіленням є деякі розходження, міру яких можна оцінити за допомогою критерію згоди Пірсона χ^2 [86]

$$\chi^2 = n \cdot \sum_{i=1}^k \frac{(P_i - P_i^*)^2}{P_i}, \quad (4.12)$$

де P_i^* – теоретична ймовірність влучення випадкової величини у i -й розряд;

n – об'єм вибірки.

Теоретична ймовірність являє собою площу, що обмежується кривою $f(I)$ у межах окремого розряду, яка визначається за формулою

$$P_i^* = \int_a^b f(I) dI = F(b) - F(a), \quad (4.13)$$

де $F(I)$ – інтегральна функція розподілу випадкової величини.

Функція $F(I)$ закону Ерланга для довільного параметра K виражається формулою

$$F(I) = 1 - \sum_{n=0}^{K-1} \frac{(K\lambda I)^n}{n!} e^{-K\lambda I}, \quad (4.14)$$

Більш докладну інформацію про розрахунок інтегральної функції викладено в [86]. Перевірка відхилення теоретичного розподілення від статистичного виконана у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок критерію Пірсона

$I, \text{хв}$	$F(I)$	P_i	P_i^*	$\frac{(P_i - P_i^*)^2}{P_i}$
0	0	–	–	–
30	0,2224	0,1613	0,2224	0,0231
60	0,5288	0,4032	0,3064	0,0232
90	0,7436	0,1935	0,2148	0,0023
120	0,8687	0,1129	0,1251	0,0013
150	0,9353	0,0645	0,0666	0,0001
180	0,9690	0,0323	0,0337	0,0001
210	0,9854	0,0161	0,0164	0,0000
–	1,0000	0,0161	0,0146	0,0001
–	–	–	–	0,0503

$$\chi^2 = 0,0503 \cdot 62 = 3,1199$$

Число ступенів свободи розраховується за формулою

$$r = k - S - 1, \quad (4.15)$$

де k – число розрядів статистичного ряду;

S – кількість накладених зв'язків, $S = 2$.

$$r = 8 - 2 - 1 = 5$$

Згідно з [86] табличне значення критерію Пірсона $\chi_{\text{табл}}^2$ складає 11,10. Так як розраховане значення χ^2 менше за табличне ($3,1199 < 11,10$), то можна вважати, що статистичне розподілення випадкової величини I несуттєво відхиляється від теоретичного розподілу. Таким чином, інтервали прибуття поїздів на вантажну станцію Б розподілені за законом Ерланга з параметром $K = 2$.

Частоти появи поїздів окремих категорій у вхідних потоках поїздів кожного напрямку наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Розподіл потоків поїздів по категоріям

Характеристика вхідного потоку		Частота появи P^*
Напрямок прибуття	Категорія поїзда	
Н і Р	у розформування	0,27
	транзитний	0,30
	пасажирський	0,43

Параметри вхідного потоку поїздів, що надходять на станцію з під'їзних колій, наведені у додатку А.

Одним з основних параметрів заявки вхідного потоку, тобто поїзда, є кількість вагонів у складі. Результати натурних спостережень кількості вагонів у поїзді, що прибуває на станцію наведено у Додатку А (див. табл. А.1). Очевидно, що для кожного поїзда кількість вагонів у його складі різна і є випадковою. Також відомо, що тривалість виконання деяких технологічних операцій залежить безпосередньо від кількості вагонів. У цьому зв'язку потрібно визначити числові характеристики випадкової величини кількості вагонів у складі поїзда m .

Статистичний ряд розподілу величини m наведений у таблиці 4.5.

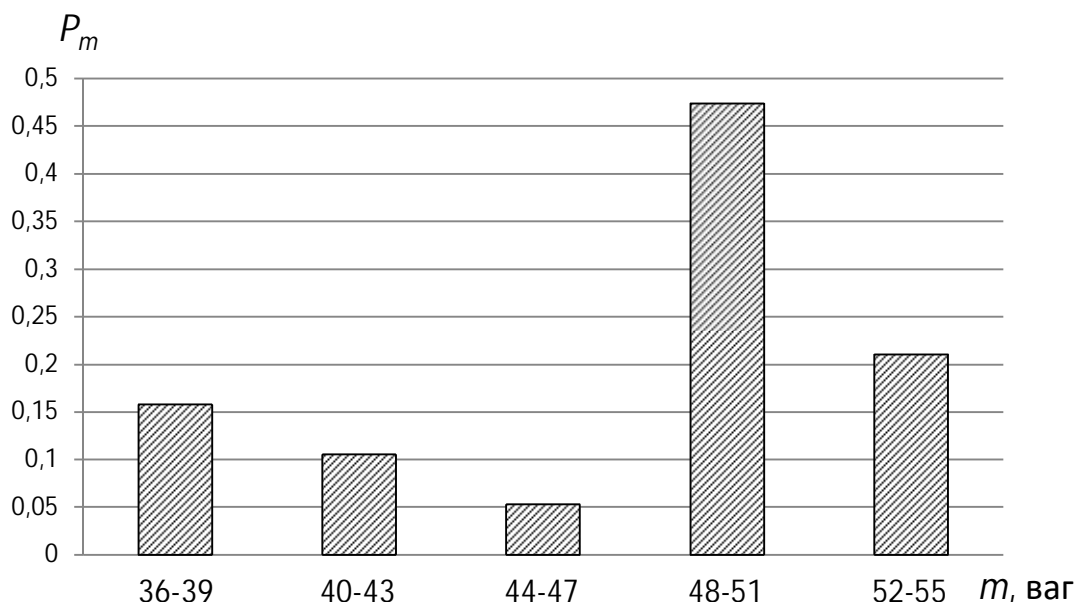
Таблиця 4.5 – Статистичний ряд кількості вагонів в складі поїзду

№ розряду	Межі розряду	Середина розряду m_i	Кількість спостережень	P_m	$P_m \cdot m_i$	$P_m \cdot m_i^2$
1	36 – 39	37,5	6	0,16	5,92	222,04
2	40 – 43	41,5	4	0,11	4,37	181,29
3	44 – 47	45,5	2	0,05	2,39	108,96
4	48 – 51	49,5	18	0,47	23,45	1160,64
5	52 – 55	53,5	8	0,21	11,26	602,58
Разом			38	1,00	47,39	2275,51

Розрахуємо основні числові характеристики випадкової величини m .

- математичне очікування $M[m] = 47,39$ ваг;
- дисперсія $D[m] = 2275,51 - (47,39)^2 = 29,25$ ваг²;
- середнє квадратичне відхилення $\sigma[m] = \sqrt{29,25} = 5,41$ ваг;
- коефіцієнт варіації кількості вагонів в складі $v_m = \frac{5,41}{47,39} = 0,11$.

За даними статистичного ряду побудовано гістограму статистичного розподілу ймовірностей P_m випадкової величини m (рисунк 4.2).

Рисунок 4.2 – Гістограма розподілу випадкової величини m

При моделюванні кількості вагонів у складі поїзда, що прибуває на станцію використовується значення P_m .

4.2 Визначення параметрів системи обслуговування

Імітаційна модель станції в процесі моделювання повинна відтворювати реальний технологічний процес обробки поїздів і маневрових передач, як за структурою, так і за тривалістю виконання окремих операцій. При цьому необхідно враховувати, що тривалість виконання операції є випадковою величиною з деяким законом розподілу.

З метою отримання характеристик законів розподілу випадкових величин тривалості обслуговування був виконаний хронометраж процесу обробки 30-ти поїздів. При цьому фіксувалися кількість вагонів в поїзді m , тривалість закріплення $T_{\text{закр}}$, тривалість огляду складу $T_{\text{то}}$, тривалість прибирання башмаків $T_{\text{пб}}$, тривалість розпуску $T_{\text{р}}$, тривалість підготовки хоперів-цементовозів $T_{\text{підг}}$ до їх завантаження на коліях станції Заводська. Дані хронометражу наведені у додатку А (див. таблицю А.2).

Слід зазначити, що випадкові величини $T_{\text{закр}}$, $T_{\text{то}}$, $T_{\text{пб}}$, $T_{\text{р}}$ не є незалежними, так як тривалість виконання відповідних технологічних операцій залежить від числа вагонів m у складі поїзда, тобто $T = f(m)$. Про наявність вказаної залежності свідчать поля точок (див. рисунок 4.3).

У той же час, як видно з рисунку 4.4, випадкова величина $T_{\text{підг}}$ практично не залежить від числа вагонів у складі поїзда, а відповідні коефіцієнти кореляції близькі до нуля.

У цьому зв'язку значення $T_{\text{підг}}$ може моделюватися як випадкова величина з певним законом розподілу і параметрами, для чого виконана статистична обробка даних, отриманих в результаті натурних спостережень. При цьому визначалися наступні параметри випадкових величин:

- середнє значення випадкової величини $M[X]$;
- дисперсія випадкової величини;
- середньоквадратичне відхилення $\sigma[X]$;
- критерій згоди Пірсона χ^2 для перевірки гіпотези про закон рас-розподілу випадкової величини.

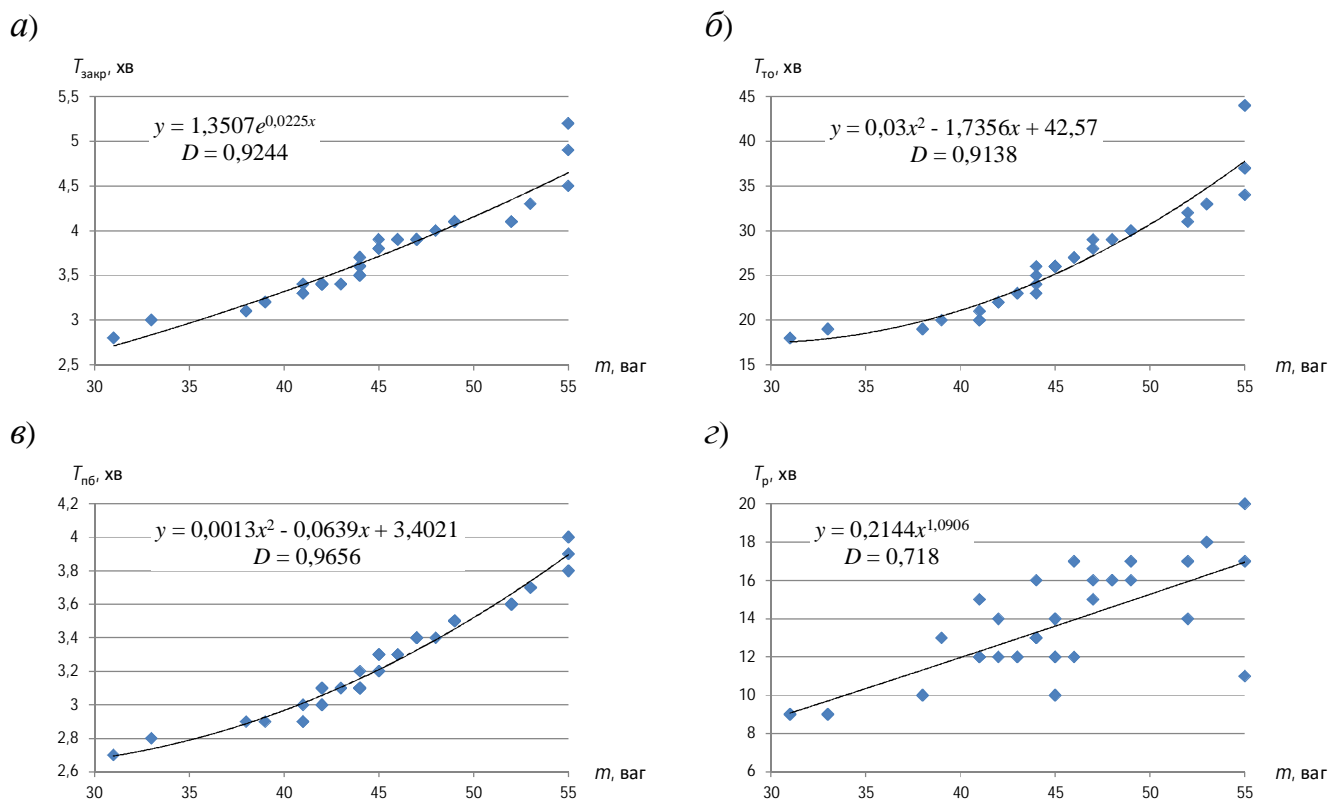


Рисунок 4.3 – Залежність тривалості операції від числа вагонів у складі поїзда: *a)* закріплення складу; *б)* технічний і комерційний огляд; *в)* прибирання башмаків; *г)* насув і розпуск составу

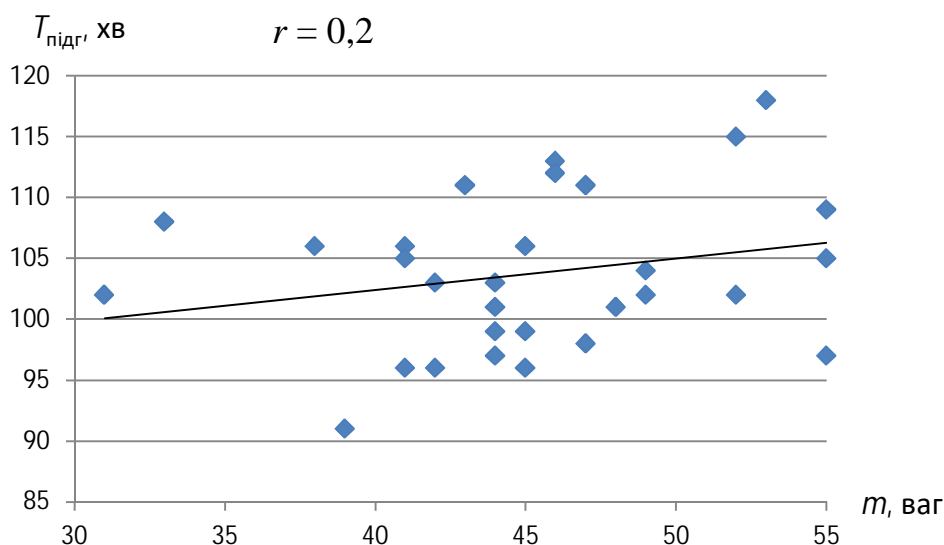


Рисунок 4.4 – Залежність тривалості підготовки хоперів-цементовозів до завантаження

Для випадкової величини $T_{\text{підг}}$ побудований статистичний ряд, отримані значення параметрів розподілу і виконана перевірка гіпотези про закон розподілу. Результати розрахунків наведено у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Результати статистичної обробки даних натурних спостережень величини $T_{\text{підг}}$

Показник	\bar{x} , хв	$D[X]$, хв ²	$\sigma[X]$, хв	Закон розподілу	χ^2
Тривалість підготовки хоперів-цементовозів до завантаження, хв	103,83	678,60	26,05	логарифмічно нормальний	2,37

Порівняння розрахованих значень χ^2 з відповідними критичними значеннями показало, що прийняті гіпотези про розподіл випадкових величин не суперечать дослідним даним.

5 ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ЇЇ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ І ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

5.1 Постановка задачі дослідження

В процесі транспортування вантажів по залізничним дорогам вагони знаходяться у русі по дільницям, стоять на залізничних станціях і вантажних об'єктах при виконанні різноманітних технологічних операцій, а також в очікуванні їх виконання. Величина простою вагона має важливе значення для експлуатаційної діяльності залізниць і оказує безпосередній вплив на ефективність використання вагонного парку. Простою вагона складається з двох основних складових – простою під технологічними операціями і в очікуванні їх виконання. При розробці заходів з покращення використання вагонів особлива увага повинна бути приділена мінімізації другої складової – тривалості очікування виконання технологічних операцій [87]. Очевидно, що надійність роботи станції значно впливає на невиробничі простої рухомого складу.

Завдання підвищення експлуатаційної надійності залізничних станцій і, як наслідок, скорочення тривалості знаходження вагонів на них, повинна вирішуватися комплексно, тобто за рахунок удосконалення технології роботи станції та її технічного оснащення.

В якості об'єкту дослідження для удосконалення технології обслуговування поїздів прийнято вантажну станцію Б, на якій обслуговуються поїзда у розформування, транзитні поїзда, пасажирські поїзда, місцеві поїзда та поїзда свого формування. Найбільш тривалими технологічними операціями, які виконуються з даними поїздами є технічний та комерційний огляд, розформування та підготовка вагонів до завантаження, яка передбачає їх очистку від залишків вантажу, що перевозився попередньо. При існуючій технології роботи на станції працює одна бригада ПТО з двох груп та один маневровий локомотив, який виконує роботу не тільки на станції Б, але і на сусідніх станціях.

Одночасно з технічним обслуговуванням прийомоздавальник вантажу та багажу виконує комерційний огляд вагонів, а в разі необхідності вантажники станції виконують підготовку вагонів під навантаження. По станції відсутній пункт

підготовки вагонів під навантаження, тому підготовка вагонів під навантаження виконується на коліях № 12, 13, 14, 15 станції Б після огороження колії встановленим порядком.

Підготовка вагонів під навантаження включає:

- очищення кузова та ходових частин вагона від залишків раніше перевезеного вантажу, засобів кріплення;
- очищення внутрішньої та зовнішньої поверхні вагонів-цементовозів від залишків раніше перевезеного вантажу;
- закривання дверей вагонів;
- закривання люків вагонів на запірні сектори.

Підготовка вагонів під навантаження виконується одним вантажником станції. Очищення вантажних вагонів від сипучих вантажів проводиться вручну за допомогою мітел, лопат та іншого інструменту. Для вилучення залежалих та обмерзлих вантажів можуть застосовуватися ломи, кирки, лопати.

Слід зазначити, що після очищення вагонів, залишки вантажів розміщуються в міжколійї і вантажник повинен їх прибирати за територію станції, оскільки після опадів всі вказане сміття злежується, цементується і значно впливає на безпеку праці на вантажній станції. Враховуючи те, що вантажник працює один і без різних засобів механізації по очищенню вагонів, він не завжди встигає прибирати залишки вантажів в кріпленя. У цьому зв'язку у розділі 3 пропонується використовувати підвищену колію, яка розташовується у непарній горловині станції, у значній віддаленості від основних її колій. Разом з тим також пропонується розгледіти варіант улаштування накладного вібратора на підвищеній колії, що дозволить значно прискорити процес очищення вагонів від залишків сипучих вантажів і скоротити час знаходження вагонів на станції і, як наслідок, збільшити її переробну спроможність.

Таким чином, поставлена задача визначення раціональної кількості бригад пункту ПТО і маневрових локомотивів, а також техніко-економічна оцінка використання засобів механізації по підготовці вагонів до завантаження. Зменшення тривалості виконання технологічних операцій та мінімізація часу очікування їх виконання

дозволить скоротити власні витрати вантажної станції та підвищити ефективність її функціонування і експлуатаційну надійність.

Для вирішення поставленої задачі використовується метод імітаційного моделювання, який дає найбільш точні результати функціонування системи. Для побудови імітаційної моделі вантажної станції Б попередньо визначені параметри вхідного потоку поїздів, а також системи їх обслуговування на станції (див. розділ 4).

5.2 Основні принципи імітаційного моделювання роботи станції

При дослідженні процес функціонування вантажної станції Б можна розглядати як багатофазну, багатоканальну система масового обслуговування (СМО) [88]. Фазами обслуговування є окремі операції, що виконуються відповідно до технологічного процесу обробки поїздів у визначеній послідовності, частково паралельно, частково послідовно. Обслуговуваними каналами в СМО є виконавці різної спеціалізації (сигналіст, бригада ПТО, маневровий локомотив, оператор СТЦ і ін.).

Прийнято, що кожен елементарну роботу може виконати виконавець строго визначеної спеціалізації (наприклад, закріплення поїзда здійснює сигналіст, огляд вагонів – бригада ПТО й ін.). У той же час виконавець даної спеціалізації може виконувати кілька різних елементарних робіт (наприклад, сигналіст закріплює поїзд башмаками і прибирає башмаки і т.д.). Формалізація технологічного процесу обробки поїзда виконана на базі сітьового графіка виконання операцій з транзитним поїздом [52].

Сітьовий графік являє собою модель технологічного процесу у виді мережі, тобто фігури, що складається з вершин і з'єднуючих їх ребер [89]. У сітьовому графіку розрізняють три елементи: роботу, подію і шлях.

Табличним аналогом сітьового графіку є структурно часова таблиця, в якій вказується весь перелік елементарних робіт, дані про їх тривалість і взаємну обумовленість, а також виконавці елементарних робіт та їх кількість. Структурно-часова таблиця комплексу технологічних операцій, що виконуються з транзитним поїздом зі зміною локомотива наведена у таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Структурно-часова таблиця комплексу операцій по обслуговуванню транзитного поїзда зі зміною локомотива

№	Робота	Попередні роботи	Виконавець	Признак вільності	Тривалість*, хв
1	Прийом поїзда	–	колія станції	1	5
2	Закріплення составу	1	сигналіст	0	$1,3507 \cdot e^{0,0225m}$
3	Відчеплення поїзного локомотиву	2	поїзний локомотив	0	2
4	Технічний огляд	3	бригада ПТО	0	$0,03m^2 - 1,7356m + 42,57$
5	Причеплення поїзного локомотиву	4	поїзний локомотив	0	2
6	Прибирання гальмівних башмаків	5	сигналіст	0	$0,0013m^2 + 0,0639m + 3,4021$
7	Випробування автоматичних гальм	6	локомотивна бригада	0	$3 + 0,14 \cdot m$
8	Відправлення	7	колія станції	0	5

Примітка * m – кількість вагонів в составі поїзда.

За допомогою структурно-часової таблиці у моделі станції представлені технологічні процеси обслуговування поїздів у розформування, а також свого формування.

Оскільки після закінчення чергової елементарної роботи, відповідний виконавець може бути затриманий до закінчення подальших робіт (наприклад, після зайняття приймально-відправної колії поїздом після прибуття, при цьому дана колія вже не може бути використана для прийому іншого поїзда), то в таблицю введений стовпчик, у якому вказується признак вільності відповідного виконавця: «0» – виконавець звільнюється після закінчення чергової роботи, «1» – виконавець затримується.

Кожна елементарна робота в імітаційній моделі представлена структурою

$$W_i = \{N_w, w, e, \rho, t, \alpha, \beta\}, \quad i = 1, 2, \dots, s, \quad (5.1)$$

де N_w – ідентифікатор роботи (порядковий номер);

w – список ідентифікаторів попередніх робіт, $w = \{N_{w1}, N_{w2}, \dots, N_{wr}\}$;

e – спеціалізація (ідентифікатор) виконавця даної роботи;

ρ – признак вільності виконавця;

t – тривалість виконання операції, яка може бути задана константою або функцією, $x\epsilon$;

α – признак початку даної роботи, «0» – робота не почата, «1» – робота почата;

β – признак виконання даної роботи, «0» – робота не виконана, «1» – робота виконана;

s – загальна кількість робіт технологічного процесу обробки состава.

Кожний виконавець в моделі станції представлений структурою

$$E_i = \{N_e, \mu, N_{obj}\}, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad (5.2)$$

де N_e – ідентифікатор (спеціалізація) виконавця;

μ – признак вільності даного виконавця, «0» – виконавець вільний, «1» – виконавець зайнятий;

N_{obj} – ідентифікатор об'єкту (составу), який обслуговується даним виконавцем;

k – загальна кількість виконавців.

Транзитні поїзда представляють собою об'єкти, що обслуговуються виконавцями у відповідності до технологічного процесу. Такі об'єкти в моделі представлені структурою

$$O_i = \{N_{obj}, N_{pod}, \mathbf{w}, T_{in}, T_{out}\}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (5.3)$$

де N_{obj} – ідентифікатор об'єкту;

N_{pod} – ідентифікатор підходу, з якого прибув даний об'єкт в СМО;

\mathbf{w} – список елементарних робіт технологічного процесу обробки поїзда;

T_{in} – момент входу об'єкта в СМО;

T_{out} – момент виходу об'єкта із СМО;

n – загальна кількість об'єктів.

Станція в імітаційній моделі є контейнером, в якому зберігаються списки виконавців і обслугованих поїздів та представляється структурою:

$$P = \{\mathbf{O}, \mathbf{E}\}, \quad (5.4)$$

де \mathbf{O} – список об'єктів, які покинули СМО;

\mathbf{E} – список виконавців, $\mathbf{E} = \{E_1, E_2, \dots, E_k\}$.

До станції примикає один підхід. В імітаційній моделі підходи представлені у вигляді структури:

$$H_i = \{N_{\text{pod}}, Q_{\text{obj}}, M[I], I_{\text{min}}, K\}, \quad i = 1, 2, \dots, r, \quad (5.5)$$

де N_{pod} – ідентифікатор підходу;

Q_{obj} – черга поїздів, що мають прибути на станцію із даного підходу;

$M[I]$ – математичне очікування інтервалу прибуття, *хв*;

I_{min} – мінімальний інтервал прибуття, *хв*;

K – параметр Ерланга;

r – загальна кількість підходів.

Завдяки такій структуризації в імітаційній моделі, можна у будь-який час моделювання одержати певний стан системи і об'єктів у неї.

Інтервали прибуття поїздів з підходу на станцію моделюються за законом Ерланга за формулою

$$I_{i,i-1} = -\frac{M[I] - I_{\text{min}}}{K} \ln \prod_{j=1}^K R_j + I_{\text{min}}, \quad (5.6)$$

де $M[I]$ – математичне очікування інтервалу прибуття, *хв*;

I_{min} – мінімальний інтервал прибуття, *хв*;

K – параметр Ерланга;

R_j – чергове випадкове число, рівномірно розподілене в інтервалі $[0;1]$.

Тривалість технологічних операцій вказана у в табл. 5.1 і може бути представлена конкретним значенням або залежністю від деяких параметрів.

Імітаційна модель роботи станції працює наступним чином. В момент запуску моделі виконується ініціалізація всіх структур об'єктів – моделювання тривалості робіт технологічного процесу обробки транзитного поїзда, моделювання моментів прибуття поїздів на станцію, а також формування черги поїздів, що мають прибути з

кожного підходу. При цьому момент прибуття кожного поїзду визначається за формулою

$$T_j = T_{j-1} + I_{j, j-1}. \quad (5.7)$$

В черговий момент системного часу (T_c) перевіряється стан кожного підходу на наявність прибулих поїздів, тобто перевіряється умова:

$$T_c \geq T_{\text{приб}}. \quad (5.8)$$

Якщо вона виконується, то вважається, що поїзд готовий до обслуговування на станції і перевіряється її стан на наявність вільних виконавців початкових робіт технологічного процесу. При позитивній відповіді перевірки поїзд з черги видаляється і заноситься до структури станції. В протилежному випадку поїзд залишається у черзі і перевіряється у наступний момент системного часу.

Після перевірки стану підходів, перевіряється стан станції – перевіряється виконання робіт технологічного процесу по кожному поїзду, що знаходиться на станції. При цьому чергова робота не може бути почата, якщо не виконані попередні роботи і не знайдений вільний виконавець даної роботи. Якщо всі роботи технологічного процесу обробки транзитного поїзда виконані, об'єкт даного поїзда заноситься до списку об'єктів, що покинули СМО (див. формулу 5.4). Це зроблено з метою отримання результатів обробки кожного поїзду по закінченні моделювання.

5.3 Вихідні дані та умови дослідження

Вихідними даними для дослідження впливу технології обслуговування вантажних поїздів і технічного оснащення станції на показники її функціонування є інтервал прибуття поїздів $M[I]$ та ймовірність появи i -ої категорії поїзда p_i , які визначені у розділі 5.

Для отримання адекватних результатів необхідно виконати імітаційне моделювання роботи станції за достатньо великий період часу. При цьому добова кількість поїздів, що обслуговується на станції $N_{\text{доб}}$ визначається за формулою

$$N_{\text{доб}} = \frac{N_{\text{обр}} \cdot 1440}{T_{\text{мод}}}, \quad (5.9)$$

де $N_{\text{обр}}$ – загальна кількість оброблених поїздів;

$T_{\text{мод}}$ – період моделювання, хв.

Для дослідження впливу техніко-технологічних параметрів станції на її експлуатаційну надійність пропонується розглянути наступні варіанти (див. таблицю 5.2).

Таблиця 5.2 – Варіанти технології роботи і технічного оснащення станції

Показник	Значення показників по варіантам							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Кількість бригад ПТО	1	1	2	2	1	1	2	2
Кількість маневрових локомотивів	1	2	1	2	1	2	1	2
Використання засобів механізації для підготовки вагонів до завантаження	ні	ні	ні	ні	так	так	так	так

Слід зауважити, що при імітаційному моделюванні прийнято, що використання засобів механізації для підготовки вагонів до завантаження зменшує тривалість виконання даної операції на 50%.

5.4 Результати моделювання роботи станції та їх аналіз

Для визначення впливу технічного оснащення станції і технології обслуговування поїздів з імітаційною моделлю вантажної станції виконано серію експериментів. При цьому змінювалася кількість бригад ПТО $S_{\text{бр}}$ та маневрових локомотивів $K_{\text{лок}}$, а також застосовувалися засоби механізації для підготовки вагонів для завантаження. При моделюванні фіксувалися наступні параметри:

- добова переробна спроможність станції $N_{\text{пер}}$ у вагонах;
- добова кількість поїздів N , що прибула на станцію;
- середня тривалість знаходження вагонів на станції $T_{\text{п}}$;
- середня тривалість затримки поїзда на сусідніх станціях або під'їзних коліях T_3 внаслідок відсутності на вантажній станції вільних колій для прийому;

– ймовірність відмови у прийомі поїздів p_3 .

Результати моделювання наведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати моделювання роботи парку

Показник	Значення показників по варіантам							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$S_{бр}$	1	1	2	2	1	1	2	2
$K_{лок}$	1	2	1	2	1	2	1	2
Засоби механізації	ні	ні	ні	ні	так	так	так	так
$N_{пер}$, вагонів на добу	288	302	330	344	312	340	364	386
N , поїздів на добу	6	7	7	8	7	8	8	9
$T_{п}$, год.	17,5	16,8	14,4	12,5	14,2	13,2	11,6	9,1
T_3 , хв.	15,4	13,1	9,7	5,7	10,2	8,6	5,4	2,3
p_3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Значення переробної спроможності станції $N_{пер}$ при моделюванні її роботи фіксується у тих випадках, коли відказ у прийомі заявок вхідного потоку складає 5%, тобто надійність системи (вантажної станції) відповідає 95%. Для досягнення таких результатів при моделюванні потрібно збільшувати інтенсивність вхідного потоку, що відповідає поступовому зменшенню інтервалів прибуття заявок у систему.

Як видно з результатів моделювання, при покращенні технічного забезпечення станції та збільшення виконавців найбільш тривалих технологічних операцій добова переробна спроможність вантажної станції збільшується, але при цьому збільшуються витрати на утримання вказаних виконавців та технічного оснащення. У цьому зв'язку, найбільш ефективним буде той варіант, при якому модифіковані приведені витрати будуть мінімальними.

5.5 Економічне обґрунтування раціональних техніко-технологічних параметрів станції

В якості узагальненого критерію для оцінки розглянутих варіантів удосконалення технічного оснащення та технології роботи станції використовуються модифіковані приведені витрати [90]

$$\text{МПВ} = K + (E \cdot (1 - N_{\text{пп}}) - A \cdot N_{\text{пп}}) \cdot \frac{1 - (1 + D)^{-T}}{D}, \quad (5.10)$$

де K – капітальні вкладення, грн.;

E – щорічні експлуатаційні (поточні) витрати без урахування амортизаційних відрахувань, грн.;

A – амортизаційні відрахування, грн.;

$N_{\text{пп}}$ – норма податку на прибуток, 25%, тобто $N_{\text{пп}} = 0,25$;

D – ставка дисконту (мінімальна необхідна норма доходу на капітал), 15%, тобто $D = 0,15$;

T – тривалість життєвого циклу проекту, $T = 10$ років.

Капітальні вкладення включають витрати, пов'язані з реконструкцією колійного розвитку станції і витрати, що необхідні на придбання додаткових маневрових локомотивів

$$K_i = C_{\text{нв}} + M_{\text{лок}} \cdot C_{\text{лок}}, \quad (5.11)$$

де $C_{\text{нв}}$ – вартість накладного вібратора ($C_{\text{нв}} = 150$ тис. грн.);

$M_{\text{лок}}$ – кількість, додаткових маневрових локомотивів;

$C_{\text{лок}}$ – вартість придбання одного маневрового локомотива ($C_{\text{лок}} = 2000$ тис. грн.).

Експлуатаційні витрати за варіантом включають в себе витрати, пов'язані з утриманням технічних засобів і оплатою праці працівників станції, а також витрати, пропорційні розмірам руху:

$$E = E_{\text{нв}} + E_{\text{лок}} + E_{\text{пто}} + E_{\text{р}} \quad (5.12)$$

де $E_{\text{лок}}$ – витрати на утримання маневрових локомотивів і оплату праці складальних бригад;

$E_{\text{нв}}$ – витрати на утримання накладного вібратора, $E_{\text{нв}} = 10$ тис. грн./рік;

$E_{\text{пто}}$ – витрати, пов'язані з оплатою праці та утриманням бригад оглядачів вагонів;

$E_{\text{р}}$ – витрати, пропорційні розмірам руху.

Витрати, пов'язані з утриманням технічних засобів, визначаються як

$$E_{\text{лок}} = M_{\text{лок}} \cdot e_{\text{лок}}, \quad (5.13)$$

де $e_{\text{лок}}$ – вартість утримання маневрового локомотива, включаючи витрати на утримання та оплату праці складальних бригад ($e_{\text{лок}} = 300$ тис. грн./рік).

Витрати, пов'язані з оплатою праці та утриманням бригад оглядачів вагонів, визначаються за формулою

$$E_{\text{пто}} = 4,3 S_{\text{бр}} e_{\text{пто}}, \quad (5.14)$$

де $S_{\text{бр}}$ – кількість бригад ПТО;

$e_{\text{пто}}$ – вартість утримання однієї бригади ПТО ($e_{\text{пто}} = 120$ тис. грн./рік).

Для розрахунку статей експлуатаційних витрат, пропорційних розмірам руху, використовуються результати, отримані при моделюванні. Для розрахунків використовується методика групових норм [91].

Експлуатаційні витрати, пропорційні розмірам руху визначаються за формулою

$$E_p = 365 \left(\frac{t_n}{60} e_{в-г} \cdot N \cdot m + N \cdot p_3 \frac{t_3}{60} e_{п-г} \right), \quad (5.15)$$

де t_n – середній простій рухомого складу в парку прибуття, хв;

N – добова кількість вантажних поїздів;

m – середня кількість вагонів у складі поїзда, $m = 47,39$ вагона (див. розділ 4);

p_3 – імовірність затримки поїзда на сусідній станції у зв'язку з відсутністю вільних колій на даній станції;

t_3 – середня тривалість затримки поїзда на сусідній станції, хв;

$e_{в-г}$, $e_{п-г}$ - відповідно вартість однієї вагоно-години і поїздо-години простою, $e_{в-г} = 3,01$ грн., $e_{п-г} = 540,74$ грн.

Амортизаційні відрахування визначаються прямолінійним методом за формулою

$$A = \frac{K}{T}. \quad (5.16)$$

При визначенні доцільного варіанта технічного оснащення і технології роботи станції вважається, що варіант з найменшим значенням показника МПВ (див. таблицю 5.4) є найбільш ефективним.

Таблиця 5.4 – Результати розрахунки модифікованих приведених витрат

Показник	Значення показників по варіантам							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$S_{бр}$	1	1	2	2	1	1	2	2
$K_{лок}$	1	2	1	2	1	2	1	2
Засоби механізації	ні	ні	ні	ні	так	так	так	так
$N_{пер}$, вагонів на добу	288	302	330	344	312	340	364	386
N , поїздів на добу	6	7	7	8	7	8	8	9
$T_{п}$, год.	17,5	16,8	14,4	12,5	14,2	13,2	11,6	9,1
T_3 , хв.	15,4	13,1	9,7	5,7	10,2	8,6	5,4	2,3
p_3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
K , млн. грн.	2,00	2,00	4,00	4,00	2,15	2,15	4,15	4,15
$E_{нв}$, млн. грн.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
$E_{лок}$, млн. грн.	0,30	0,30	0,60	0,60	0,30	0,30	0,60	0,60
$E_{пто}$, млн. грн.	0,52	1,03	0,52	1,03	0,52	1,03	0,52	1,03
E_p , млн. грн.	5,48	6,14	5,26	5,21	4,41	4,68	4,11	3,63
A , млн. грн.	0,20	0,20	0,40	0,40	0,22	0,22	0,42	0,42
МПВ, млн. грн.	25,46	29,87	27,50	29,27	21,59	24,57	23,35	23,47

Для наочності, дані табл. 5.4 представлено у вигляді діаграми на рисунку 5.1.

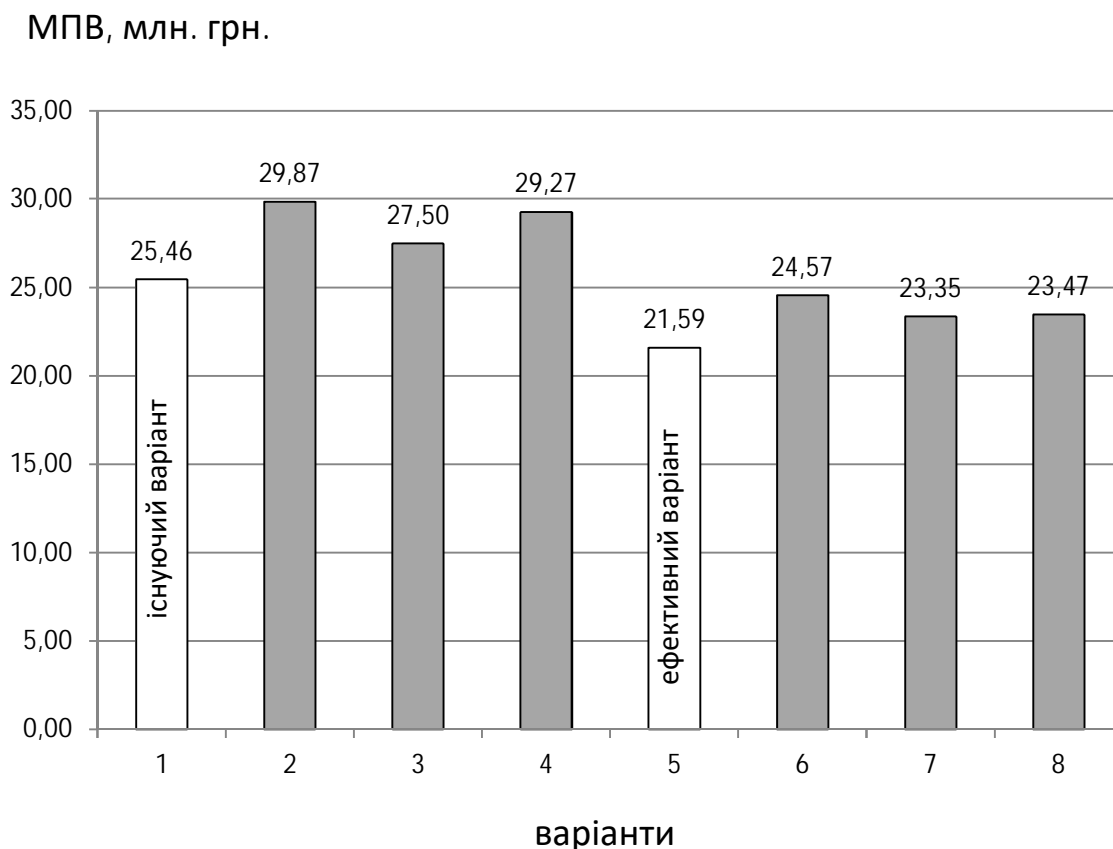


Рисунок 5.1 – Модифіковані приведені витрати по варіантам

Існуюча технологія роботи вантажної станції Б відповідає варіанту 1. В результаті дослідження встановлено, що ефективним варіантом є варіант 5, який передбачає улаштування засобів механізації для підготовки вагонів до завантаження у вигляді накладного вібратора. Даний пристрій дозволяє прискорити операції по очищенню вагонів від залишків сипучого вантажу, що перевозився попередньо. За рахунок цього зменшується тривалість знаходження вагонів на станції, збільшується її переробна спроможність і підвищується експлуатаційна надійність.

Загальний економічний ефект від впровадження нового технічного забезпечення складає $\Delta E = \text{МПВ}_1 - \text{МПВ}_5 = 25,46 - 21,59 = 3,87$ млн. грн. на рік, а добова переробна спроможність збільшиться на $\Delta N_{\text{пер}} = N_5 - N_1 = 312 - 288 = 24$ вагона.

ВИСНОВКИ

Основні результати і висновки роботи полягають у наступному:

1. При плануванні заходів, спрямованих на підвищення експлуатаційної надійності залізничних станцій, необхідно застосовувати системний підхід, який передбачає рішення задачі комплексного удосконалення конструкції, технічного оснащення і технології роботи станцій. Основним засобом аналізу та оцінки показників функціонування станцій є математичне моделювання станційних процесів, яке базується на використанні аналітичних, графічних та імітаційних моделей.

2. Дослідження технічного стану залізничних станцій виявили суттєві недоліки в їх конструкції і відмінність від типових рішень. Аналіз технічного стану колійного господарства станцій виявив значний знос приймально-відправних колій, що спричиняє зниження рівня безпеки та швидкості руху по станції – близько 50% колій мають обмеження по швидкості руху до 10 км/год.

Дослідження кількості колій показали їх надлишок на більшості залізничних станцій, що забезпечує додатковий резерв переробної спроможності, але призводить до значних витрат на утримання колій. Разом з тим, на деяких вантажних станціях України спостерігається дефіцит кількості приймально-відправних колій, що негативно впливає на ефективність їх функціонування.

3. Розглянуто методику автоматизованого синтезу колійного розвитку залізничних станцій, який заснований на їх структурно-параметричних моделях. На основі вказаної методики виконано удосконалення колійного розвитку вантажної станції

4. Для ідентифікації імітаційної моделі вантажної станції виконані натурні статистичні дослідження параметрів потоку поїздів. Визначено чисельні характеристики розподілів випадкових величин інтервалу прибуття поїздів, а також тривалості виконання окремих операцій технологічного процесу їх обслуговування. Для деяких операцій встановлено наявність функціональної залежності їх тривалості від величини складу; зазначені залежності ідентифіковані з використанням методів регресійного аналізу.

5. Для порівняння варіантів проектних рішень запропоновано використання модифікованих приведених витрат; розроблена методика їх визначення на основі результатів моделювання; для розрахунків використовується методика, заснована на системі групових норм.

6. Наведені методики та моделі використані для оцінки та порівняння варіантів конструкції, технології та технічного оснащення вантажної станції. Виконано дослідження впливу техніко-технологічних параметрів станції на її експлуатаційну надійність. Економічний ефект від впровадження раціональних параметрів станції складає 3,87 млн. грн./рік, при цьому переробна спроможність збільшується на 24 вагона.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту. Затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 26.12.2006 №651-р.
2. Проектирование железнодорожных станций и узлов: Справочное и методическое руководство [Текст] / под ред. Козлова А.М., Гусевой К.Г. - М.: Транспорт, 1981. - 592 с.
3. Пособие по проектированию промышленных железнодорожных станций (к СНиП 2.05.07-85) [Текст] – М.: СТРОЙИЗДАТ. – 1990.
4. Ветухов Е. А. Грузовые станции [Текст] / Е. А. Ветухов, Я. Ф. Гулев - Москва: Транспорт, 1974. - 256 с.
5. Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР ВСН 56-78 [Текст] - Москва, Транспорт, 1978. - 176 с.
6. Логинов С. И. Проектирование грузовых станций общего пользования [Текст]: учеб. пособие / С. И. Логинов, П. К. Рыбин, З. Н. Гарбузова, Д. Б. Тимофеев - Санкт-Петербург: ПГУПС. - 2002 - 51 с.
7. Бартнев П. В. Железнодорожные станции и узлы [Текст]: учебник для ВУЗов / П. В. Бартнев. - Москва: Трансжелдориздат, 1953. - 504 с.
8. Болотный В. Я. Совершенствование схем и технологии работы железнодорожных станций [Текст]: учеб. пособие для вузов - Москва: Транспорт, 1986. - 280 с.
9. Вернигора Р. В. Оценка конструкции железнодорожных станций с использованием метода анализа иерархий [Текст] / Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин, Н. И. Березовый // «Инновационные технологии в автоматике, информатике и телекоммуникациях» (11-12.10.2013 г.): сборник трудов науч.-практ. конф. /Мин-во путей сообщ., Дальневост. гос. ун-т путей сообщ. - Хабаровск: ДВГУПС, 2013. - С. 233-236.
10. Крячко К. В. Обґрунтування проектних рішень технічного оснащення залізничних вантажних станцій [Текст] / Зб. науч. пр. ХНЕУ - Харків: ХНЕУ, 2006. - Вип. 1 - С. 73-75.
11. Таль К. К. Основные вопросы применения методов моделирования при проектировании станций и узлов [Текст] / Сб. науч. тр. Всесоюз. науч.-исслед. инст. трансп. строит-ва - Москва, 1971. - № 47 - С. 56-96.

12. Шабалин Н. Н. Устройство и организация работы железнодорожных станций [Текст] / Н. Н. Шабалин, А. М. Фефелов. - Москва: Транспорт, 1977. - 243 с.
13. Сологуб Н. К. Проектирование схем грузовых станций на основе САПР [Текст] / Н. К. Сологуб, А. Т. Осьминин // Вестн. Всесоюз. науч.-исслед. инст. ж.-д. трансп. - 1989. - № 2. - С. 10-13.
14. Промышленный транспорт [Текст] / Под общей редакцией А. Т. Дерибаса - Москва: Транспорт, 1974. - 560 с.
15. Железнодорожные станции и узлы промышленного транспорта: учебн. для вузов [Текст] / Под ред. В. М. Акулиничева - Москва: Транспорт, 1986. - 352 с.
16. Крячко К. В. Організація сумісної технології роботи станцій у залізничному вузлі [Текст] / К. В. Крячко // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: зб. наук. пр. ХарДАЗТ. - Вип. 33. - Харків, 1998. - С. 68-72.
17. Довідник основних показників роботи залізниць України за 1997-2007 р. - Київ: «Швидкий рух». - 46 с.
18. Луханін М. І. Аналіз технічного забезпечення вантажних станцій [Текст] / М. І. Луханін, В. Ф. Чеклов, Ю. Ю. Панченко // Інформ.-керуючі системи на залізн. трансп. - 2006. - № 3. - С. 19-22.
19. Данько Н. И. Научная школа железнодорожной академии по эксплуатации железнодорожного транспорта в решении прикладных задач отрасли [Электронный ресурс] / Н. И. Данько, Т. В. Бутько, Д. В. Ломотько // Залізн. трансп. України. - 2006. - № 5. - С. 43-44 - Режим доступа: http://rail.narod.ru/science_scool.htm - Загол. з екрану.
20. Ульяненкова Н. В. Исследование вопроса оптимизации параметров передаточного движения между станцией примыкания и подъездными путями промышленного предприятия [Текст] / Н. В. Ульяненкова // Вопросы совершенствования управления эксплуатационной работой магистрального и промышленного железнодорожного транспорта: межвуз. сб. науч. тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. - Москва 1983. - Вып. 734. - С. 122-123.

21. Бабкин Ю. А. Математическое моделирование и оптимизация грузовых фронтов [Текст] / Ю. А. Бабкин // Математические и сетевые модели грузовых станций: тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. - Москва, Транспорт, 1970. - Вып. 300. - С. 92-108.

22. Бахадиров Ф. В. О потребной емкости путевого развития грузовых станций [Текст] / Ф. В. Бахадиров // Труды Ташкент. инж. ж.-д. трансп. - Ташкент, 1981. - Вып. 166/13. - С. 39-49.

23. Ковальов А. О. Визначення раціонального технічного оснащення під'їзної колії підприємства [Текст] / А. О. Ковальов, О. І. Волик // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. - Харків, 2013. - Вип. 135. - С. 50-54.

24. Bobrovskiy V. Researching operation of the railway stations with using of their ergatic simulation models [Текст] / V. Bobrovskiy, Kozachenko D., Vernigora R. // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2013. - Вип. 5. - С. 67-72.

25. Парк вантажних вагонів України [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://uz.gov.ua/cargo_transportation/electronic_transportation/ - Загол. з екрану.

26. Укрзалізниця до кінця року за власні кошти збудує 140 вантажних вагонів [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/391598/ - Загол. з екрану.

27. Кулешов В. В. Застосування методів моделювання для моніторингу перевезень власними парками операторських компаній [Текст] / В. В. Кулешов // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. - 2013. - Вип. 142. - С. 12-18.

28. Бородин А. Ф. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с увеличением доли частного вагонов [Текст] / А. Ф. Бородин, Е. А. Сотников // Ж.-д. трансп. - 2013. - № 3. - С. 8-19.

29. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа/ Н. Н. Моисеев. - М.: Наука, 1981.

30. Тимухина Е. Н. Технологические сбои, проблемы расчета и обеспечения функциональной надежности железнодорожных станций/ Е. Н. Тимухина // Транспорт: Наука, техника, управление. - М., 2012. - No 1. - С. 29-32.

31. Жолтикова К. О. Удосконалення роботи залізничної станції методами імітаційного моделювання [Текст] / К. О. Жолтикова, О. П. Коваль, Н. В. Пивоварова, А. С. Роговий, І. Г. Хуснутдінов // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. - 2015. - № 1 (218). - С. 133-137.

32. Котенко А. Н. Опыт и проблемы грузовой станции [Текст] / А. Н. Котенко, В. И. Петров, В. В. Нагирнер // Ж.-д. транспорт. - 1993. - № 11. - С. 19-21.

33. Семенов В. М. Анализ работы грузовой станции как системы массового обслуживания [Текст] / В кн.: Новые методы станционной работы: тр. Ленинград. инст. инж. ж.-д. трансп. - 1967. - Вып. 263. - С. 41-52.

34. Смехов А. А. Математические и сетевые модели грузовых станций [Текст] / Под ред. А.А. Смехова // Сб. тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. - 1970. - Вып. 300. - 145 с.

35. Смирнов И. А. Экономическая оценка местной сортировочной системы, обслуживающей несколько маневровых районов [Текст] / И. А. Смирнов // Вопросы увеличения пропускной и провозной способности железных дорог: тр. Рост. инст. инж. ж.-д. трансп. - Вып. 182 - Ростов-на Дону, 1985. - С. 147-155.

36. Ярошевич В. П. Подсистемы местной работы станций и основные условия моделирования их технологии [Текст] / В. П. Ярошевич, М. И. Шкурин // Совершенствование технологии перевозок и увеличение пропускной способности железных дорог: межвуз. сб. науч. тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. - 1983. - Вып. 736. - С. 40-41.

37. Персианов В. А. Моделирование транспортных систем [Текст] / В. А. Персианов, К. Ю. Скалов, Н. С. Усков - Москва: Транспорт, 1972. - 208 с.

38. Котенко А. М. Математичні і економіко-математичні моделі вантажних станцій і їх окремих систем [Текст] / А. М. Котенко // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: зб. наук. пр. ХарДАЗТ. - 1999. - Вип. 38. - С. 16-22.

39. Акулиничев В. М. Проблемы развития и оптимизации работы грузовых станций [Текст] / В. М. Акулиничев, Ю. Е. Давыдова, Е. Н. Кирьянова, Ю. А. Сюй // Методы интенсификации процессов грузовой и коммерческой работы железных

дорог: межвуз. сб. науч. тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. - Москва, 1988. - Вып. 791. - С. 37-42.

40. Ивницкий В. А. Оперативный анализ работы и нормирование простоев на станции с использованием имитационного моделирования [Текст] / В. А. Ивницкий, А. Г. Миркин // Вестн. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп. - 1990. - №2 7. - С. 7-10.

41. Козаченко Д. Н. Математическая модель для оценки технико-технологических показателей работы железнодорожных станций [Текст] / Д. Н. Козаченко // Наука та прогрес транспорту: Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2013. - № 3 (45). - С. 22-28.

42. Козаченко Д. М. Программний комплекс для імітаційного моделювання роботи залізничних станцій на основі добового плану-графіку [Текст] / Д. М. Козаченко, Р. Г. Коробйова, Р. В. Вернигора // Залізн. трансп. України. - 2008. - №2 4 (70). - С. 18-20.

43. Коробьева Р. Г. Информационная модель для анализа станционных процессов на ЭВМ [Текст] / Р. Г. Коробьева // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - 2010. - Вип. 31. - Дніпропетровськ, 2010. - С. 50-54.

44. Лещинский Е. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте [Текст] / Е. Лещинский. - Москва: Транспорт, 1977. - 175 с.

45. Шапкин И. Н. На основе имитационного моделирования технологических процессов [Текст] / И. Н. Шапкин, А. Н. Вдовин // Ж.-д. трансп. - 2013. - №2 3. - С. 33-36.

46. Вернигора Р. В. Система автоматизированного построения планов-графиков работы станции [Текст] / Р. В. Вернигора, Р. Г. Коробьева, В. В. Малашкин // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології (серія «Техніка, технологія»): матеріали V міжнар. наук.-практ. конф. / Мін-во інфраструктури України, Держ. екон.-технолог. ун-т трансп. - Київ: ДЕТУТ, 2011. - С. 188-190.

47. Лоу А. М. Имитационное моделирование (3-е изд.) [Текст] / В. Д. Кельтон, А. М. Лоу - Санкт-Петербург: Питер, 2004. - 848 с.

48. Мартин Ф. Ф. Моделирование на вычислительных машинах [Текст] / Ф. Ф. Мартин // Под ред. д. ф.-м. н. Коваленко И. Н. - Москва: Советское радио, 1972. - 288 с.

49. Ветухов Е. А. Определение уровня загрузки станций методом моделирования их работы на ЭЦВМ [Текст] / Е. А. Ветухов, Е. А. Сотников // Ж.-д. трансп. - 1969. - № 7. - С. 34-37.

50. Падня В. А. Применение теории массового обслуживания на транспорте [Текст] / В. А. Падня. - Москва: Транспорт, 1968. - 208 с.

51. Шабалин Н. Н. Моделирование процессов массового обслуживания на станциях [Текст] / Н. Н. Шабалин // Ж.-д. трансп. - 1971. - № 5. - С. 64-65.

52. Бобровский В. И. Функциональное моделирование железнодорожных станций в тренажерах оперативно-диспетчерского персонала [Текст] / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора // Математичне моделювання. - 2000. - № 2 (5). - С. 68-71. Бобровский В. И. Эргатические модели железнодорожных станций [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Транспортні системи і технології: зб. наук. пр. Київ. ун-ту екон. та технол. трансп. - 2004. - Вип. 5. - С. 80-86.

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

54. Федюшин, Ю. М. Применение сетей Петри для моделирования процессов управления на железнодорожном транспорте [Текст] / Ю. М. Федюшин // Информ.-керуючі системи на залізн. трансп. - 1996. - № 3, 4. - С. 7-12.

55. Milinkovic S. A fuzzy Petri net model to estimate train delays [Текст] / S. Milinkovic, M. Markovic, S. Veskovic, M. Ivic, N. Pavlovic // Simulation Modelling Practice and Theory. - 2013. - № 33. - P. 144-157.

56. Загарий Г. И. Моделирование процесса перевозок на железных дорогах Украины с помощью расширенных сетей Петри [Текст] / Г. И. Загарий, Ю. М. Федюшин // Информ.-керуючі системи на залізн. трансп. - 1997. - № 4. - С. 52-56.

57. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений (UML 2) [Текст] / Г. Буч, Р. А. Максимчук, М. У. Энгл и др. - Москва: Вильямс, 2010. - 720 с.

58. Бобровский В. И. Технично-економичеcкое управление железнодорожными станциями на основе эргатичеcких моделей [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Інформаційно-керуючі системи на залізн. трансп. - 2004. - № 6. - С. 17-21.

59. Вернигора Р. В. Підготовка ДСП станцій ділянки з використанням тренажерного комплексу [Текст] / Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - 2010. - Вип. 1 - С. 34-37.

60. Лаврухин А. В. Формирование модели работы железнодорожной станции при выполнении поездной работы [Текст] / А. В. Лаврухин // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. - 2014. - Вип. 149. - С. 5-9.

61. Мироненко В. К. Моделювання транзитних транспортних потоків [Текст] / В. К. Мироненко, В. І. Мацюк, Г. С. Висоцька, Н. М. Алексійчук // Автомобільний транспорт (наук.-виробн. журн.) - 2012. - № 6 (230). - С. 17-22.

62. Котенко А. М. Методологія підвищення ефективності функціонування вантажних станцій [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.08 / Котенко Анатолій Миколайович, Укр. держ. акад. залізн. трансп. - Харків, 1998. - 34 с.

63. Котенко А. Н. Прогрессивная организация работы грузовой железнодорожной станции [Текст] - Київ: Техника, 1989. - 57 с.

64. Апатцев В. И. Анализ основных логистических показателей работы грузовых станций [Текст] / В. И. Апатцев, А. В. Подорожкина // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта: межвуз. сб. науч. работ. Рос. гос. откр. техн. ун-т путей сообщ. - Москва: РГОТУПС, 2003. - С. 26-29.

65. Вернигора Р. В. Определение расчетных объёмов работы грузовых пунктов на железнодорожных подъездных путях промышленных предприятий [Текст] / Р. В.

Вернигора, Н. И. Березовый, В. В. Малашкин // Наука и транспорт: Вестн. Белорус. инст. инж. ж.-д. трансп. - 2012. - № 1 (24). - С. 54-57.

66. Запара В. М. Використання сучасних підходів співпраці при взаємодії станції примикання і під'їзних колій підприємств [Текст] / В. М. Запара, М. І. Вітенко // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. - 2014. - Вип. 146. - С. 13-17.

67. Лаврухін О. В. Аналіз основних показників експлуатаційної роботи залізничного транспорту в умовах виконання контактного графіку станцій [Текст] / О. В. Лаврухін, А. М. Кіман // Зб. наук. пр. Дон. інст. залізн. трансп. - 2013. - Вип. 36. - С. 15-19.

68. Варжина К. М. Выбор направлений повышения пропускной способности железнодорожных станций в условиях усложнения структуры вагонопотоков [Электронный ресурс] / К. М. Варжина, С. Н. Корнилов // Современные проблемы транспортного комплекса России. - 2014. - № 5. - С. 12-16. - Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/vybor-napravleniy-povysheniya-propusknoy-sposobnosti-zheleznodorozhnyh-stantsiy-v-usloviyah-uslozhneniya-struktury-vagonopotokov/> - Загл. с экрана.

69. Мишкурлов П. Н. Типизация промышленных станций [Электронный ресурс] / П. Н. Мишкурлов, А. Н. Рахмангулов // Современные проблемы транспортного комплекса России. - 2012. - № 2. - С. 143-151. - Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/tipizatsiya-promyshlennyh-zheleznodorozhnyh-stantsiy/> - Загл. с экрана.

70. Вернигора Р. В. Проблемы функционирования железнодорожных подъездных путей Украины в современных условиях [Текст] / Р. В. Вернигора // Вост.-Европ. журн. передовых технологий. - 2012. - № 4/3 (58). - С. 64-68. - Режим доступа: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/4236/3998/> - Загл. с экрана.

71. Шаповал Г. В. Вибір оптимальної стратегії взаємодії вантажної станції та під'їзних колій [Текст] / Г. В. Шаповал, О. Ю. Резніченко // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. - 2014. - Вип. 146. - С. 71-75.

72. Шелелеяев, А. И. Использование экономико-математических методов при проектировании и эксплуатации грузовых станций [Текст]: учеб. пособие / А. И. Шелелеяев, Т. С. Банек, Н. В. Правдин. - Гомель, БелИИЖТ, 1978. - 76 с.

73. Шепета А. М. Оптимизация взаимодействия станции примыкания и подъездного пути [Текст] / А. М. Шепета // Вопросы совершенствования управления эксплуатационной работой магистрального и промышленного железнодорожного транспорта: межвуз. сб. науч. тр. - Москва: МИИТ, 1983. - Вып. 734. - С. 135-137.

74. Парунакян В. Е. Новые подходы к повышению эффективности работы ж. д. станций промышленных предприятий [Текст] / В. Е. Парунакян, А. В. Маслак // Транспорт та логістика: Вісн. Приазов. держ. техн. ун-ту. - 2014. - Вип. 29. - С. 206-215.

75. Пахомова А. В. Инновационный подход к формированию транспортной инфраструктуры региона [Текст] / А. В. Пахомова, Т. Н. Одинцова, П. М. Мусаева, Р. Ф. Биккенаев // Интегрированная логистика. - 2008. - № 3 - С. 17-20.

76. Котенко А. Н. Прогнозирование показателей работы грузовой станции с применением теории корреляции [Текст] / А. Н. Котенко // Технологическое и техническое обеспечение интенсификации поездной работы: сб. науч. тр. Ленинград. Инст. инж. ж.-д. трансп. - Санкт-Петербург, 1993. - С. 72-78.

77. Тугай Г. А. Функциональное описание работы грузовой станции с крупными разгрузочными комплексами [Текст] / Г. А. Тугай, В. А. Бойко, М. В. Помазков // Вісн. Приазов. держ. техн. ун-ту. - 2004. - № 14. - С. 328-331.

78. Котенко А. Н. Надежность грузовых станций [Текст] / А. Н. Котенко // Ж.-д. трансп. - 1993. - № 2. - С. 26-28.

79. Акулиничев В. М. Повышение эффективности грузовых комплексов [Текст] / В. М. Акулиничев, Г. Е. Казюлин // Прогрессивная технология работы промышленного транспорта: межвуз. сб. тр. - Москва, 1978. - Вып. 595. - С. 77-92.

80. Михневич Л. Н. Схемы сортировочных станций с секционированными путями сортировочного парка [Текст] / Л. Н. Михневич // Вопросы эксплуатации железных дорог: тр. Днепропетр. инст. инж. ж.-д. трансп. - Москва: Транспорт, 1966. - Вып. 61. - С. 58-72.

81. Рау С. Полугорка с противоуклоном для повторной сортировки - новое эффективное средство формирования многогруппных поездов [Текст] / С. Рау // Железные дороги мира, 1976. - № 12. - С. 64-68.

82. Аксенов В. И. Эффективность секционирования путей сортировочного парка станции для переработки местного вагонопотока [Текст] / В. И. Аксенов, М. Н. Норматов // В кн.: Совершенствование методов организации движения поездов, грузовой работы и проектирования станций. - Ташкент, 1974. - С. 44-51.

83. Кристофидис Н. Теория графов. Алгоритмический подход [Текст] – М.: Мир, 1978. - 432 с.

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

85. Савченко И.Е. Железнодорожные станции и узлы [Текст] / И. Е. Савченко, С. В. Земблинов, И. И. Страковский – М.: Транспорт, 1980. – 479 с.

86. Шторм Р. Теория вероятностей, Математическая статистика, Статистический контроль качества [Текст] / Р. Шторм – Из-во «Мир» – 1970 г.

87. Ветухов Е. А. Комплексные методы сокращения простоя вагонов [Текст] / Е. А. Ветухов, М. А. Авекян – М.: Транспорт – 1986 – 206.

88. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций [Текст] / 7-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.

89. Зуховицкий С. И. Математические методы сетевого планирования [Текст] / С. И. Зуховицкий, И. А. Радчик – М.: 1965

90. Терёшина Н.П. Экономика железнодорожного транспорта [Текст]: Учеб. для вузов ж.-д. транспорта / Н.П. Терёшина, В.Г. Галабурда, М.Ф. Трихунков и др.; Под ред. Н.П. Терёшиной, Б.М. Лapidуса, М.Ф. Трихункова. – М.: УМЦ ЖДТ, 2006.

91. Методические указания по сравнению вариантов проектных решений железнодорожных линий, узлов и станций. - М.: ВПТИТРАНССТРОЙ, 1988. - 468 с.

ДОДАТОК А

ВИХІДНІ ДАНІ

Для визначення параметрів вхідного потоку поїздів, що надходять на станцію Б, у табл. А.1 наведені категорія і момент прибуття кожного поїзда.

Таблиця А.1 – Розклад прибуття поїздів

№	Час при- буття		Катего- рія	Кількість вагонів	№	Час прибуття		Категорія	Кількість вагонів
	год	хв				год	хв		
1	1	29	у розф.	50	33	4	59	транз.	51
2	3	0	у розф.	37	34	7	59	у розф.	40
3	3	59	пас.		35	8	41	у розф.	52
4	6	53	пас.		36	10	4	у розф.	51
5	7	26	транз.	50	37	10	6	транз.	51
6	9	11	транз.	51	38	10	20	транз.	52
7	9	45	транз.	50	39	11	1	пас.	
8	10	47	пас.		40	11	40	транз.	52
9	11	0	пас.		41	12	8	пас.	
10	11	14	пас.		42	13	54	у розф.	40
11	11	22	транз.	52	43	14	35	пас.	
12	11	40	у розф.	38	44	14	56	у розф.	45
13	12	12	у розф.	54	45	15	15	у розф.	55
14	12	45	пас.		46	15	56	пас.	
15	13	52	транз.	52	47	18	17	транз.	51
16	14	29	у розф.	41	48	19	45	транз.	50
17	17	48	пас.		49	20	13	пас.	
18	17	53	транз.	51	50	20	24	у розф.	36
19	18	4	пас.		51	21	58	транз.	50
20	18	34	пас.		52	22	18	транз.	50
21	19	16	у розф.	47	53	22	40	транз.	50
22	19	19	пас.		54	0	30	у розф.	53
23	19	52	пас.		55	0	59	транз.	51
24	20	33	пас.		56	1	42	пас.	
25	21	29	пас.		57	3	11	пас.	
26	22	50	у розф.	39	58	3	24	транз.	51
27	22	59	пас.		59	3	44	пас.	
28	23	18	транз.	50	60	3	49	у розф.	50
29	23	59	пас.		61	4	52	пас.	
30	0	23	у розф.	37	62	5	43	пас.	
31	1	52	у розф.	39	63	6	31	у розф.	40
32	3	23	транз.	50					

Для вхідного потоку маневрових составів, що поступають з під'їзних колій «Металургійний комбінат» та «Цементний завод» прийняти наступні дані:

- закон розподілу інтервалів – Ерланга з параметром $K = 3$;
- середнє значення інтервалу прибуття $M[I] = 250$ хв.

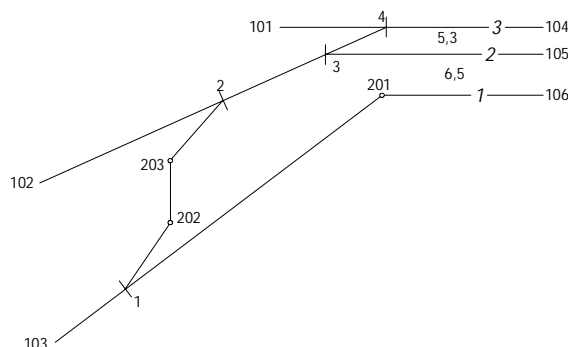
Результати хронометражних спостережень тривалості технологічних операцій, що виконуються з поїздами на станції наведені у табл. А.2.

Таблиця А.2 – Результати хронометражу обробки поїздів у парку «П»

№ п/п	$N_{\text{ваг.}}$	$T_{\text{закр.}}$ хв	$T_{\text{го.}}$ хв	$T_{\text{пб.}}$ хв	$T_{\text{р.}}$ хв	$T_{\text{підг.}}$ хв
1	55	5,2	44	4,0	17	97
2	48	4,0	29	3,4	16	101
3	52	4,1	32	3,6	14	102
4	44	3,6	25	3,1	16	101
5	39	3,2	20	2,9	13	91
6	45	3,8	26	3,3	10	106
7	49	4,1	30	3,5	16	102
8	42	3,4	22	3,1	12	96
9	41	3,3	20	2,9	12	106
10	31	2,8	18	2,7	9	102
11	38	3,1	19	2,9	10	106
12	46	3,9	27	3,3	17	113
13	47	3,9	28	3,4	15	98
14	53	4,3	33	3,7	18	118
15	55	4,9	37	3,9	11	105
16	49	4,1	30	3,5	17	104
17	52	4,1	31	3,6	17	115
18	45	3,8	26	3,2	12	96
19	44	3,5	23	3,1	13	103
20	41	3,4	21	3,0	12	96
21	33	3,0	19	2,8	9	108
22	47	3,9	29	3,4	16	111
23	55	4,5	34	3,8	20	109
24	42	3,4	22	3,0	14	103
25	44	3,7	26	3,2	13	99
26	41	3,3	20	2,9	15	105
27	44	3,5	24	3,1	13	97
28	46	3,9	27	3,3	12	112
29	43	3,4	23	3,1	12	111
30	45	3,9	26	3,3	14	99

ДОДАТОК Б

РЕЗУЛЬТАТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНУ СТАНЦІЇ



*Стрілочні переводи

*N	P	B	W	S	T	LP	LB
1	201	202	0	0	2	170	0
2	3	0	0	0	2	0	0
3	4	105	2	1	2	0	0
4	104	0	3	0	2	0	0

*Кінці колій

*N	P	B	W	LP
101	4	0	3	0
102	2	0	0	0
103	1	0	0	0
104	0	0	3	0
105	0	0	2	0
106	0	0	1	0

*Вершини кутів повороту

*N	P	B	W	R	LP	A	A'	A''
201	106	0	1	300	0	-17	14	57
202	203	0	0	200	25	203	0	0
203	2	0	0	200	0	5	0	0

*Опорна стрілка

*ЦСП	X	Y
3	20	20

*Міжколія

*Нижн	Верх	E
1	2	6.5
2	3	5.3

Рисунок Б.1 – Схема та канонічна модель фрагменту вантажної станції Б

Координати точок плану станції

Точка	X	Y
1	-202,89	-54,66
2	-21,62	22,00
3	20,00	20,00
4	78,30	25,30
201	16,62	13,50
202	-145,85	-29,75
203	-87,08	2,86
101	-58,31	25,30
102	-164,87	3,19
103	-251,59	-69,78
104	120,00	25,30
105	120,00	20,00
106	120,00	13,50

Параметри вершин кутів повороту

ВКП	P	Кут	Крива
201	300	17° 14' 57''	90,32
202	200	05° 26' 04''	19,00
203	200	17° 29' 21''	61,05

Рисунок Б.2 – Координати точок плану та параметри вершин кутів повороту

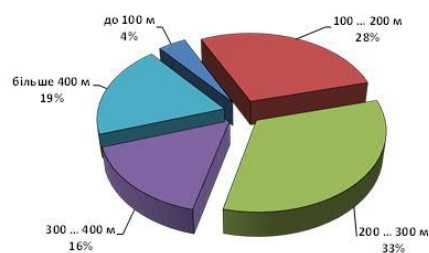
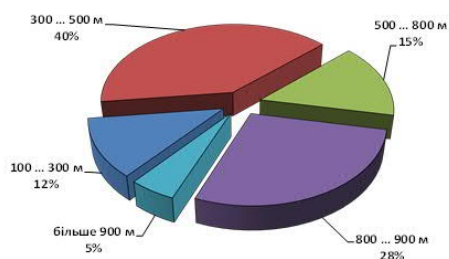
ДОДАТОК В
ПЕРЕЛІК МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ
ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

	<p style="text-align: center;">Український державний університет науки і технологій Навчально-науковий інститут «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту»</p>	1
<p>Підвищення експлуатаційної надійності вантажної станції Б шляхом вибору її раціональних параметрів</p>		
<p>Студент групи УЗ 2021 Васюра Олександр Сергійович</p>		

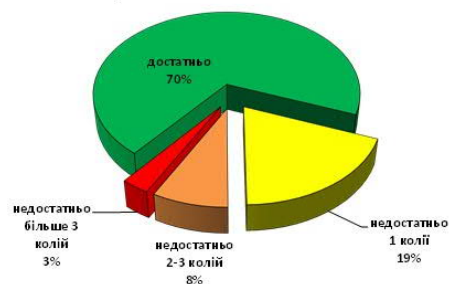
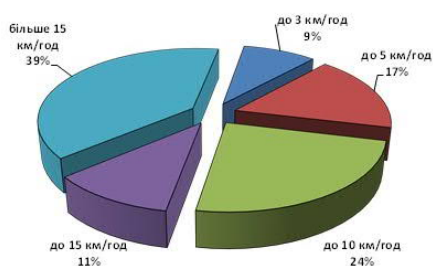
2
<p>Мета роботи:</p>
<p>підвищення експлуатаційної надійності вантажної станції за рахунок визначення її раціональних техніко-технологічних параметрів</p>
<p>Об'єкт дослідження:</p>
<p>процес функціонування вантажної станції</p>
<p>Предмет дослідження:</p>
<p>вплив конструкції колійного розвитку, технічного оснащення та технології роботи станції на її експлуатаційну надійність та показники роботи</p>
<p>Методи дослідження:</p>
<p>математична статистика, кореляційний аналіз, регресійний аналіз, теорія графів, сітьове планування та управління, імітаційне моделювання</p>

Розподіл корисної довжини колій та її дисперсії

3

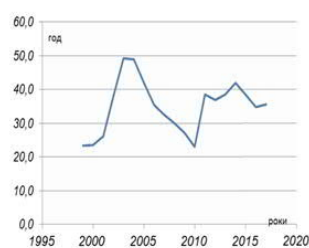
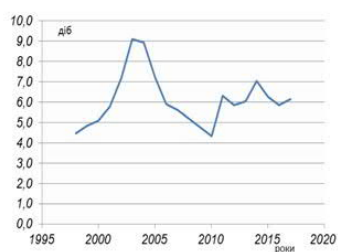


Розподіл обмежень по швидкості руху та відповідності наявної кількості колій обсягам роботи



Динаміка зміни обігу вантажного вагона та його середнього простоя під одною вантажною операцією

4



Залежність показників використання рухомого складу від обсягів навантаження

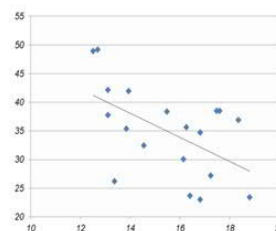
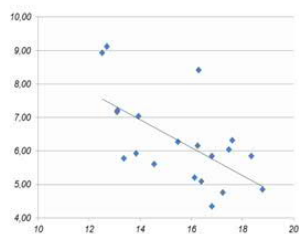
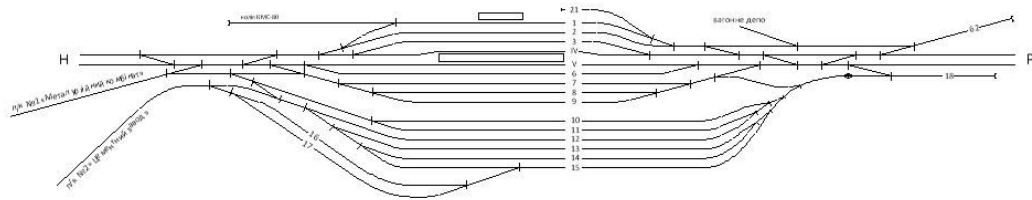


Схема колійного розвитку вантажної станції Б

5



Удосконалення колійного розвитку станції Б

6

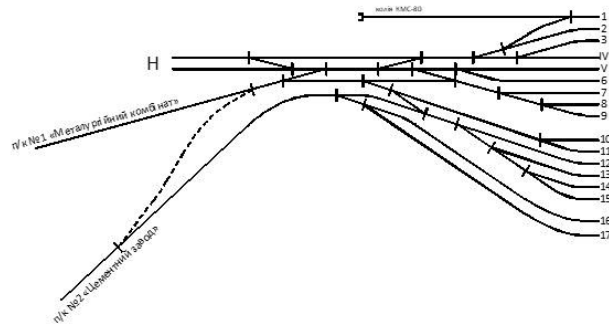
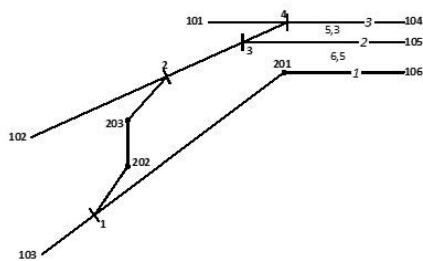


Схема та канонічна модель фрагменту станції



⁴Сприцючні переводи

№	Р	В	W	З	Т	LP	LB
1	201	202	0	0	2	170	0
2	2	0	0	0	2	0	0
3	4	105	2	1	2	0	0
4	104	0	3	0	2	0	0

⁴Кінці колій

№	Р	В	W	LP
101	4	0	3	0
102	2	0	0	0
103	1	0	0	0
104	0	0	3	0
105	0	0	2	0
106	0	0	1	0

⁴Вершини криві повороту

№	Р	В	W	З	LP	A	A'	A"
201	106	0	1	300	0	-17	14	57
202	202	0	0	200	25	202	0	0
203	2	0	0	200	0	5	0	0

⁴Опора стрілка

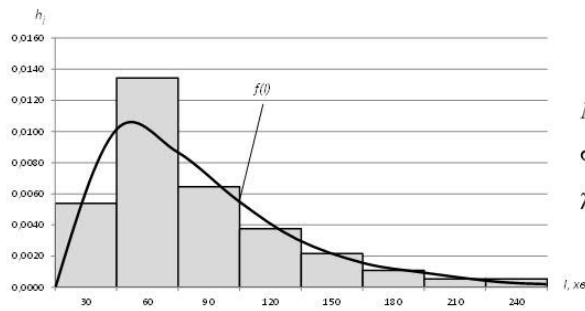
№	Х	Y
3	20	20

⁴Міжковія

№	Верт	Е
1	2	6.5
2	3	5.3

Параметри вхідного потоку поїздів

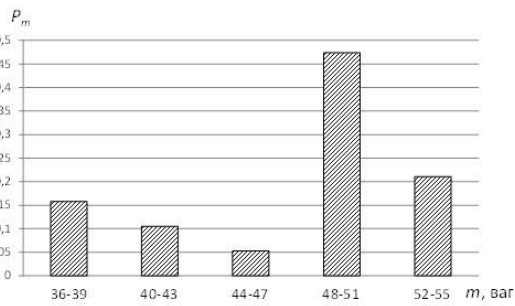
7



$$M[l] = 67,72 \text{ хв}; \quad D[l] = 2081,202 \text{ хв}^2;$$

$$\sigma[l] = 45,62 \text{ хв}; \quad v_{BX} = 0,67;$$

$$\lambda_{BX} = 0,014 \text{ поїздів/хв}; \quad K = 2.$$

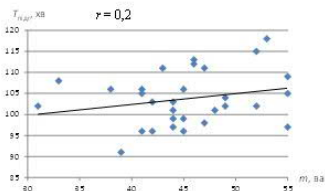
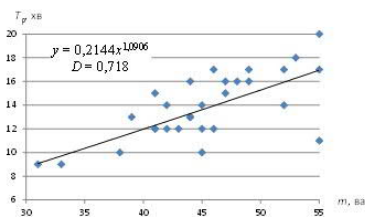
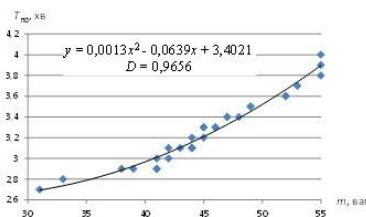
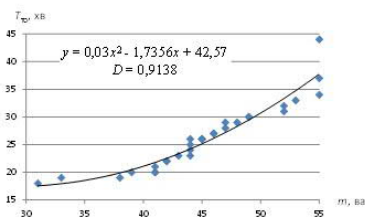
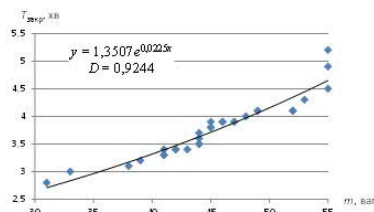


$$M[m] = 47,39 \text{ ваг}; \quad D[m] = 29,25 \text{ ваг}^2;$$

$$\sigma[m] = \sqrt{29,25} = 5,41 \text{ ваг}; \quad v_m = 0,11.$$

Параметри системи обслуговування

8



$$\bar{x} = 103,8 \text{ хв}$$

$$D[x] = 678,60 \text{ хв}^2$$

$$\sigma[x] = 26,05 \text{ хв}$$

Закон розподілу – логарифмічно нормальний

Структурно-часова таблиця комплексу операцій по обслуговуванню транзитного поїзда

9

№	Робота	Попередні роботи	Виконавець	Признак вільності	Тривалість, хв
1	Прийом поїзда	–	колія станції	1	5
2	Закріплення составу	1	сигналіст	0	$1,3507 \cdot e^{0,00225m}$
3	Відчеплення поїзного локомотиву	2	поїзний локомотив	0	2
4	Технічний огляд	3	бригада ПТО	0	$0,03m^2 - 1,7356m + 42,57$
5	Причеплення поїзного локомотиву	4	поїзний локомотив	0	2
6	Прибирання гальмівних башмаків	5	сигналіст	0	$0,0013m^2 + 0,0639m + 3,4021$
7	Випробування автоматичних гальм	6	локомотивна бригада	0	$3 + 0,14 \cdot m$
8	Відправлення	7	колія станції	0	5

Примітка * m – кількість вагонів в составі поїзда

Моделювання інтервалів прибуття поїздів за законом Ерланга

$$I_{i,j-1} = -\frac{M[I] - I_{\min}}{K} \ln \prod_{j=1}^K R_j + I_{\min}$$

Моделювання моментів прибуття поїздів

$$T_j = T_{j-1} + I_{j,j-1}$$

Моделювання тривалості технологічних операцій за нормальним законом

$$t = M[t] + \sigma[t] \cdot Z$$

Добова кількість поїздів, що обслуговується на станції

$$N_{\text{доб}} = \frac{N_{\text{обр}} \cdot 1440}{T_{\text{мод}}}$$

Вибір ефективних техніко-технологічних параметрів вантажної станції

10

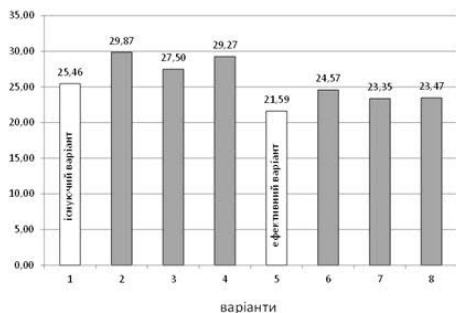
$$\text{МПВ} = K + (E \cdot (1 - H_{\text{ш}}) - A \cdot H_{\text{ш}}) \cdot \frac{1 - (1 + D)^{-T}}{D}$$

$$K_i = C_{\text{нв}} + M_{\text{лок}} \cdot C_{\text{лок}} \quad A = \frac{K}{T}$$

$$E = E_{\text{нв}} + E_{\text{лок}} + E_{\text{пто}} + E_{\text{р}}$$

Показник	Значення показників по варіантам							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$S_{\text{оп}}$	1	1	2	2	1	1	2	2
$K_{\text{лок}}$	1	2	1	2	1	2	1	2
Засоби механізації	ні	ні	ні	ні	так	так	так	так
$N_{\text{пер}}$, вагонів на добу	288	302	330	344	312	340	364	386
N , поїздів на добу	6	7	7	8	7	8	8	9
$T_{\text{с}}$, год.	17,5	16,8	14,4	12,5	14,2	13,2	11,6	9,1
$T_{\text{г}}$, хв.	15,4	13,1	9,7	5,7	10,2	8,6	5,4	2,3
$p_{\text{с}}$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
МПВ, млн. грн.	25,46	29,87	27,50	29,27	21,59	24,57	23,35	23,47

МПВ, млн. грн.



$$\Delta E = \text{МПВ}_1 - \text{МПВ}_5 = 25,46 - 21,59 = 3,87 \text{ млн. грн. на рік}$$

$$\Delta N_{\text{пер}} = N_5 - N_1 = 312 - 288 = 24 \text{ вагона}$$

Дякую за увагу

ДОДАТОК Г
ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

№ п/п	Назва матеріалу ДР, що надано до захисту	Аркушів	Характеристика матеріалу	Формат листа
1	Підвищення експлуатаційної надійності вантажної станції Б шляхом вибору її раціональних параметрів	97	Пояснювальна записка	A4
2	План вантажної станції Б	1	Лист 1	A4×17