

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

На правах рукопису

Журавель Ірина Леонідівна

УДК 656.212

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ
ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ**

Спеціальність 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Дисертація
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник:
Козаченко Дмитро Миколайович
доктор технічних наук,
професор

Дніпропетровськ – 2015 р.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ПРОБЛЕМИ ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ	13
1.1 Загальна характеристика вантажних станцій мережі залізниць України.....	13
1.2 Аналіз теорії та існуючих методик оцінки технічного оснащення вантажних станцій і факторів, які на нього впливають.....	15
1.3 Аналіз методів техніко-експлуатаційної оцінки роботи вантажних станцій	33
1.4 Шляхи підвищення ефективності роботи вантажних станцій.....	37
1.5 Висновки до розділу 1	40
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ.....	41
2.1 Структура, послідовність та методи проведення дослідження	41
2.2 Аналіз динаміки зміни показників функціонування вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту.....	45
2.3 Аналіз існуючого колійного розвитку вантажних станцій та ефективності його використання.....	59
2.4 Аналіз параметрів функціонування вантажних станцій	69
2.5 Дослідження елементів технологічного процесу та параметрів функціонування промислової вантажної станції	76
2.6 Аналіз основних факторів, які впливають на колійний розвиток вантажних станцій	86
2.7 Висновки до розділу 2	91
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ.....	93
3.1 Удосконалення методів нормування тривалості операцій на вантажних станціях	93

3.2 Удосконалення функціональної моделі вантажних станцій	106
3.3 Висновки до розділу 3	116
РОЗДІЛ 4 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ	118
4.1 Встановлення допустимої кількості вагонів, які можуть знаходитися на існуючому колійному розвитку вантажної станції	118
4.2 Встановлення залежності між кількістю колій, їх довжиною, колійною ємністю вантажних станцій та характеристиками вагонопотоків, які на них переробляються, з урахуванням зміни структури вагонного парку	121
4.3 Підвищення ефективності роботи вантажної станції шляхом удосконалення конструкції її колійного розвитку	139
4.4 Рекомендації щодо практичного впровадження результатів дослідження	158
4.5 Висновки до розділу 4	160
ВИСНОВКИ	162
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	165
Додаток А Акти про впровадження результатів роботи	189
Додаток Б Принципові схеми вантажних станцій	197
Б.1 Принципові схеми вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту	197
Б.2 Розрахунок кількості колій в сортувальному парку вантажної станції	197
Б.3 Принципові схеми портових станцій	198
Б.4 Розрахунок норми допустимої наявності вагонів на припортовій станції	199
Б.5 Принципові схеми секціонування колій станцій	200
Додаток В Показники роботи вантажних станцій магістрального залізничного транспорту	201
В.1 Основні елементи технологічного процесу роботи вантажної станції	201
В.2 Принципова схема розміщення вантажних станцій на ДН 1–3 Придніпровській залізниці	203

В.3 Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажних станціях і їх під'їзних коліях по ДН-1 і ДН-2 Придніпровської залізниці.....	203
В.4 Характеристики середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажних станціях ДН-1 і ДН-2 Придніпровської залізниці та їх ПК	217
В.5 Елементи тривалості знаходження вагонів на станції НД і її ПК.....	232
Додаток Г Регресійні моделі, які розглянуто у дисертаційній роботі	245
Додаток Д Показники роботи вантажних станцій промислового залізничного транспорту	247
Д.1 Характеристика промислової вантажної станції П.....	247
Д.2 Параметри функціонування промислової вантажної станції П	248
Додаток Е Характеристика потужності колійного розвитку вантажних станцій для забезпечення розміщення можливої максимальної кількості вагонів	253

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВС	– вантажна станція;
ВО	– вантажні операції;
ВФ	– вантажний фронт;
ВК	– витяжна колія;
ГЗК	– гірничо-збагачувальний комбінат;
ДН	– дирекція залізничних перевезень;
МК	– металургійний комбінат;
ТІС	– «ТРАНСІВЕСТСЕРВІС»;
ЗК	– залізорудний концентрат;
АСК	– автоматизована система керування;
СЦБ	– сигналізація, централізація та блокування;
ПК	– під’їзна колія;
НРР	– навантажувально-розвантажувальні роботи;
ПВС	– промислова вантажна станція;
ПР	– промисловий район;
СП	– сортувальний парк;
СТ	– сортувальна гірка;
ВП	– вантажний пункт;
ПВК	– приймально-відправна колія;
СК	– сортувальна колія;
СВК	– сортувально-відправна колія;
ВР	– вантажний район;
ПС	– портова станція;
СС	– сортувальна станція;
ГРП	– графік руху поїздів;
УЗ	– Укрзалізниця (Державна адміністрація залізничного транспорту України);

РУ	– елемент маневрового напіврейса «розгін – уповільнення»;
РПУ	– елемент маневрового напіврейса «розгін – рух з постійною швидкістю – уповільнення»;
СМО	– система масового обслуговування;
ЕОМ	– електронно-обчислювальна машина;
ТП	– технологічний процес;
СА	– скінченний автомат;
ДО	– форма звітності щодо виконання показників перевізного процесу на залізничному транспорті;
АСК ВП УЗ-Є	– автоматизована система керування вантажними перевезеннями на залізницях України-Єдина;
ТО	– технічний огляд вагонів;
КО	– комерційний огляд вагонів.

ВСТУП

Актуальність теми. Залізничний транспорт є основою транспортної системи України, тому ефективність його роботи суттєво впливає на функціонування економіки всієї країни. Внаслідок переорієнтації економіки України на сировинний експорт зросло завантаження напрямків на порти Одеського регіону, а також суттєво збільшилося навантаження як на станції магістрального залізничного транспорту, які обслуговують підприємства металургійної та видобувної промисловості, так і на промислові станції відповідних підприємств, що вимагає забезпечення їх сталої роботи. Як показує аналіз, понад 50 % обігу вагони перебувають на станціях виконання вантажних операцій і на під'їзних коліях. У цьому зв'язку підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту за рахунок удосконалення їх колійного розвитку являє собою важливе науково-практичне завдання. Таким чином, тема дисертації, яка присвячена вирішенню цього завдання, є досить актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності до пріоритетних напрямків розвитку залізничної галузі, які визначені Транспортною стратегією України на період до 2020 р. (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20. 10. 2010 р. за № 2174-р) [186], а також пов'язана з науково-дослідними роботами, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Розробка і аналіз варіантів будівництва зовнішньої під'їзної залізничної колії подачі металевих брухту ТОВ «МЗ «Дніпроспецсталь» (№ держреєстрації 0108U008053), «Удосконалення методів оцінки та підвищення функціональної безпеки в експлуатаційній роботі на залізницях» (№ держреєстрації 0112U003560), «Аналіз відповідності технічного оснащення залізничного транспорту ВАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» існуючим та перспективним обсягам роботи» (№ держреєстрації 0111U009657), «Удосконалення методики оперативного управління сортувальним процесом на станціях» (№ держреєстрації 0108U000642), «Розробка технологічного

процесу Одеської залізниці» (№ держреєстрації 0108U010418), «Розробка вимог до інфраструктури залізничного транспорту та удосконалення методів її експлуатації в умовах розділення парку вантажних вагонів» (№ держреєстрації 0114U002544), «Формування підходів щодо покращення використання вантажних вагонів та оперативного управління просуванням вагонопотоків в міжнародних перевезеннях» (№ держреєстрації 0115U002423), у яких автор дисертації є виконавцем і автором звітів.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту за рахунок удосконалення їх колійного розвитку в умовах зміни обсягів і характеру вагонопотоків, а також структури парку вантажних вагонів.

Поставлена мета досягається в результаті вирішення таких завдань:

- аналіз проблем функціонування вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту України та наукових методів підвищення ефективності їх роботи;
- аналіз динаміки зміни показників функціонування вантажних станцій магістрального й промислового залізничного транспорту та встановлення основних факторів, які впливають на ефективність їх роботи;
- удосконалення методу визначення тривалості маневрових пересувань для врахування обмежень швидкості руху на окремих елементах прямування составів (окремих стрілочних переводах, стрілочних зонах, коліях);
- удосконалення функціональної моделі вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту для визначення техніко-експлуатаційних показників їх роботи;
- удосконалення методів визначення раціональних параметрів колійного розвитку вантажних станцій;
- розробка пропозицій щодо вдосконалення колійного розвитку існуючих вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту для підвищення ефективності їх експлуатації.

Об'єктом дослідження є процес функціонування вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту.

Предмет дослідження – взаємозв'язки конструкційних і технологічних параметрів вантажних станцій з показниками ефективності їх функціонування.

Методи дослідження. Математична статистика та кореляційний аналіз використані для аналізу динаміки зміни показників функціонування вантажних станцій і встановлення основних факторів, які впливають на ефективність їх роботи.

Теорія маневрової роботи застосована для удосконалення методу визначення тривалості маневрових пересувань з урахуванням обмежень швидкості руху на окремих елементах прямування составів.

Теорія скінченних автоматів, теорія масового обслуговування та теорія об'єктно-орієнтованого аналізу – для удосконалення функціональної моделі вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту для визначення техніко-експлуатаційних показників їх роботи.

Теорія ймовірностей, регресійний аналіз та методи техніко-економічного аналізу використані для удосконалення методів визначення раціональних параметрів колійного розвитку вантажних станцій.

Методи економіко-математичного моделювання, техніко-експлуатаційного аналізу та імітаційне моделювання використані для розробки пропозицій щодо розвитку існуючих вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту для підвищення ефективності їх експлуатації.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у вирішенні актуального науково-практичного завдання підвищення ефективності роботи вантажних станцій за рахунок удосконалення їх колійного розвитку, для чого у дисертації:

1) вперше отримано комплексні залежності кількості колій, їх довжини та колійної ємності вантажних станцій від характеристик вагонопотоків, які на них переробляються, що дозволяє врахувати зміни в структурі вагонного парку;

2) удосконалено метод оцінки відповідності ємності колійного розвитку вантажних станцій вагонопотокам, які на них переробляються, шляхом використання ймовірнісних методів, що, на відміну від існуючих підходів, дозволяє оцінювати використання колійного розвитку з урахуванням нерівномірності перевезень;

3) удосконалено метод нормування тривалості маневрових пересувань шляхом врахування обмежень швидкості руху на окремих елементах маршруту прямування состава, який, на відміну від існуючих підходів, дозволяє оцінювати вплив умов виконання маневрів та стану колійного розвитку на тривалість маневрових пересувань;

4) удосконалено модель функціонування вантажної станції за рахунок формалізації об'єктів сумісно з їх поведінкою, що, на відміну від існуючих моделей, дозволяє представляти функціонування окремих об'єктів незалежно від роботи інших елементів вантажних станцій та створювати на їх основі бібліотеки типових елементів технологічних процесів.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані методи реалізовано у комп'ютерній програмі «Норми часу на маневрові операції» для вдосконалення аналітичного методу нормування тривалості маневрових напівреїсів шляхом врахування наявних обмежень швидкості руху на окремих стрілках, стрілочних зонах і коліях (свідectvo про державну реєстрацію авторських прав на комп'ютерну програму № 58932).

Основні результати дисертаційної роботи використані для вдосконалення роботи промислової станції металургійного заводу та станцій «ТРАНСІНВЕСТСЕРВІС», прийняті до впровадження в службах перевезень і комерційної та вантажної роботи, а також на вантажних станціях Придніпровської залізниці. Результати роботи використовуються в навчальному процесі під час підготовки спеціалістів і магістрів спеціальності 7.07010102 (8.07010102) «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» ДНУЗТ за дисциплінами «Вантажні перевезення», «Залізничні станції та вузли» та «Управління експлуатаційною роботою».

Наукові положення, висновки та рекомендації, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані в системах підтримки прийняття рішень для оцінки варіантів удосконалення конструкції та технології роботи вантажних станцій, а також для прогнозування показників їх функціонування за різного рівня технічного оснащення, клієнтури та структури вагонопотоку.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені у додатку А до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Усі результати теоретичних і експериментальних досліджень, які наведені в роботі, отримані автором самостійно. Стаття [55] опублікована без співавторів. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному: у статті [51] запропоновано умову, за якої є доцільним зменшення ємності колійного розвитку сортувального парку вантажної станції; у статті [54] запропоновано секціонувати колії промислової вантажної станції з метою підвищення ефективності її функціонування та використовувати для нормування тривалості маневрових пересувань розроблену програму, яка враховує наявність обмеження швидкості руху на окремих елементах станції; у статті [56] автором обрано варіанти спеціалізації колій в сортувальному парку за різних варіантів колійного розвитку; у роботі [79] автором розроблено бібліотеку типових елементів технологічного процесу вантажних станцій з метою вдосконалення програмного комплексу, який дозволяє у автоматизованому режимі розробляти технологію роботи та скоротити витрати часу на отримання техніко-експлуатаційної оцінки станцій; у роботі [73] автором вдосконалено аналітичний метод нормування напіврейсів маневрових пересувань для імітаційного моделювання роботи вантажних станцій шляхом врахування наявних обмежень швидкості руху на окремих стрілочних переводах, стрілочних зонах і коліях, що реалізовано в [14]; у роботі [134] автором виконано імітаційне моделювання роботи вантажної станції у вузлі та за його результатом визначено показники її роботи.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на II і V Міжнародних наукових конференціях «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2002 і 2006 р.); на 68, 70, 73, 74 і 75-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008, 2010, 2013, 2014 і 2015 рр.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010 р.); II і III Міжнародних науково-практичних конференціях «Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств» (Моршин / Кострина / Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2012 і 2013 рр.); науково-практичній конференції «Розвиток теорії та практики функціонування залізничних станцій та вузлів

(Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2014 р.), міжкафедральному науковому семінарі «Вдосконалення експлуатаційної роботи» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2009 р.) і наукових семінарах кафедри «Управління експлуатаційною роботою» ДНУЗТ 2006–2015 р. У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2015 р.)

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 27 наукових праць, з них 7 наукових статей у фахових виданнях, що входять до переліку, затвердженого Департаментом атестації кадрів МОН України (в т. ч. 1 стаття у виданні, що включене до міжнародних баз даних), 1 авторське свідоцтво, 2 статті в інших виданнях і 17 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків і 6 додатків. Повний обсяг роботи складає 257 сторінок; з них основний текст на 148 сторінках, 17 рисунків і 3 таблиці на 16 сторінках, список використаних джерел зі 220 найменувань на 24 сторінках, додатки на 69 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМИ ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ

1.1 Загальна характеристика вантажних станцій мережі залізниць України

На залізничній мережі нашої країни функціонує 1521 станція, з яких 249 вантажних, 26 сортувальних, 18 пасажирських, 85 дільничних і 1143 проміжних. Розподіл 236 вантажних станцій (ВС), на яких виконується переважна кількість вантажних операцій (ВО), між залізницями наведено на рис. 1.1. Більш ніж 1100 станцій мережі відкриті для виконання ВО, але переважний обсяг вантажної роботи виконують ВС. Розподіл станцій мережі за типами та обсягами навантаження-вивантаження наведено відповідно на рис. 1.2 і 1.3.

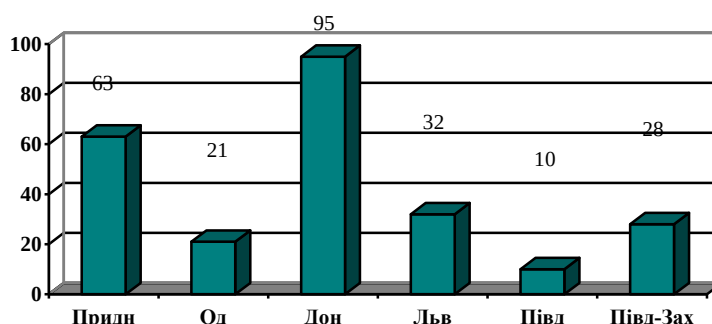


Рисунок 1.1 – Структурна діаграма розподілу ВС по залізницях України

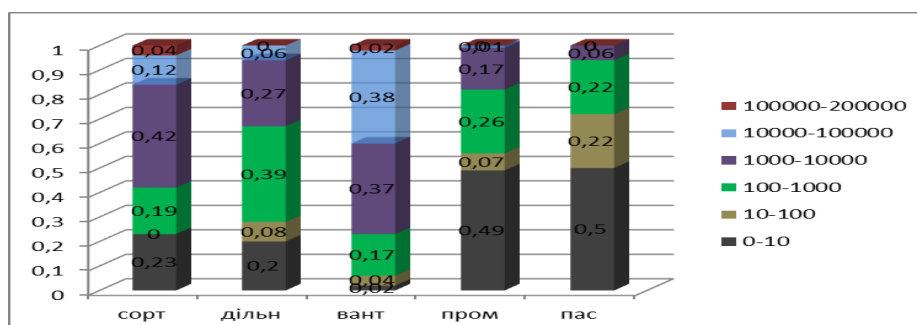


Рисунок 1.2 – Структурна діаграма розподілу станцій мережі
за типами станцій і обсягами навантаження, ваг/рік

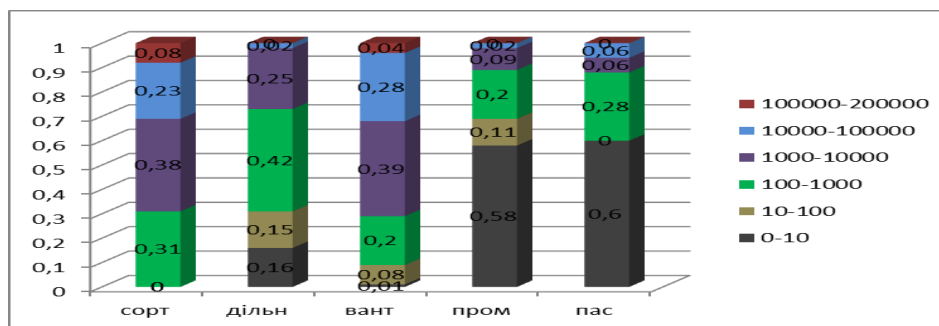


Рисунок 1.3 – Структурна діаграма розподілу станцій мережі за типами станцій і обсягами вивантаження, ваг/рік

Переважає кількість ВС країни пройшли значний шлях історичного розвитку [125, 158]: суттєва частка з них була побудована на початку ХХ століття та протягом минулого часу подекуди багаторазово перебудовувалась або реконструйовувалась, при цьому досить часто стихійно. Зміни в конструкції ВС пояснювались, в першу чергу, необхідністю збільшення корисної довжини колій, але і на теперішній час вона не завжди відповідає потребам з урахуванням особливостей функціонування в сучасних умовах. Не завжди раціональні схеми взаємного розміщення парків на ВС ускладнюють виконання сортувальної та маневрової роботи під час обслуговування вантажних фронтів (ВФ). Недостатня довжина витяжних колій (ВК) викликає збільшення обсягів маневрової роботи на станціях і тривалості знаходження вагонів на них, а також погіршує якість обслуговування клієнтури.

За останні роки з урахуванням різних факторів (в першу чергу, економічних) на залізницях України відбулася переорієнтація вантажопотоків. В т. ч., відбулося збільшення завантаження напрямків на порти Одеського регіону. Суттєво зросло навантаження на ті станції, які обслуговують великі підприємства металургійної та видобувної промисловості, а також (з урахуванням сезонності) – й зернозаготівельні та зернопереробні підприємства [69]. Зокрема, до підприємств, які успішно розвивають свої потужності, відносяться підприємства холдингу «МЕТІНВЕСТ», до складу якого серед інших входять «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат (ГЗК)» (станція примикання Інгулець), «Південний ГЗК» (станція Кривий Ріг); корпорації «ДТЕК», зокрема ПАТ «Павлоградвугілля» (станції Богуславський, Ароматна та Миколаївка-Донецька Дніпропетровської дирекції залізничних перевезень (ДН-1) Придніпровської залізниці та ряд станцій Донецької

залізниці, до яких примикають як шахти, так і центрально-збагачувальні фабрики); Полтавський ГЗК у складі британської групи Ferrexpo (станція Золотнишине); «АрселорМіттал Кривий Ріг» (станції Кривий Ріг, Кривий Ріг-Головний і Новоблочна); «ХайдельбергЦемент» (станція Батуринська); металургійний комбінат (МК) «Азовсталь» (станція Сартана); «ЄВРАЗ» (станція Горяїнове); «ДніпроАзот» і «Баглійкокс» (станція Баглій); «Дніпросталь» і «НТЗ» (станція Нижньодніпровськ) і «НФЗ» (станція Нікополь) корпорації «Інтерпайп»; портовий переробний комплекс «ТРАНСІНВЕСТСЕРВІС» (ТІС – станція примикання Чорноморська) та ін.

Зростання обсягів виробництва та транспортування окатишів і залізорудного концентрату (ЗК) [148, 190] в Україні призвело до збільшення їх відвантаження на відповідних промислових підприємствах і відповідної завантаженості ВС – промислових і примикання. Враховуючи важливість експорту цієї сировини для нашої країни [190], залізницям України необхідно забезпечувати сталу роботу ВС примикання відповідних ГЗК. Таким чином, питання раціонального технічного оснащення як ВС примикання промислових підприємств, так і промислових станцій самих підприємств є безумовно актуальним.

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

До технічного оснащення ВС 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 ВС загального користування наведені в [38, 65, 112, 159], а схема існуючої ВС НД, яка обслуговує під'їзні колії (ПК), – на рис. Б.1. Питанням проектування ВС загального користування присвячені роботи [16, 25, 33, 93, 95, 110, 117, 135, 165, 166, 176, 185, 187, 204], в т. ч. з використанням систем автоматизованого проектування [178].

Згідно з [65] колійний розвиток та розміщення пристроїв ВС повинен забезпечувати потоковість пересування вагонів і локомотивів по станції, використання комплексної механізації та автоматизації навантажувально-розвантажувальних робіт (НРР), мінімальні пробіги автотранспорту тощо.

Характеристика промислових вантажних станцій (ПВС) наведена в роботі [160], у якій охарактеризовані особливості схем цих станцій в залежності від типів вузлів і промислових районів (ПР), які ними обслуговуються, а також спеціальних промислових станцій. Основні вимоги щодо проектування ПВС наведено в роботі [47], 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 ПВС передбачено забезпечення ізоляції маневрової роботи від приймання-відправлення передач на ПК, можливість відправлення поїздів і подач безпосередньо з сортувального парку (СП), забезпечення, у разі необхідності, приймання та відправлення маршрутних поїздів. При цьому необхідно врахувати, що лише на обмежену кількість ПК маршрути подаються цілими складами без поділення на групи (наприклад, на ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг»). Принципова схема ПВС П наведена на рис. Б.2 Додатку Б.

Для виконання сортувальних операцій на ВС застосовуються сортувальні гірки (СГ) і ВК. При цьому, сортувальна робота з розформування, формування поїздів і передач, добірки за вантажними пунктами (ВП) і ВФ переважно концентрується за можливістю на одному сортувальному пристрої [65]. Станом на 2010 р. в Україні було 275 ВС загального користування [96], з яких 4 станції мали СГ середньої потужності, 39 – немеханізовані СГ малої потужності та 17 – ВК з горловинами на ухилі. На той час тільки 20,4 % ВС обслуговувалися двома і більше локомотивами, 36,7 % – одним локомотивом, а решта ВС не мали свого локомотива; тільки 4,7 % ВС переробляли понад 180 вагонів, 15,7 % – 70–180 вагонів і 59,6 % – до 70 вагонів на добу [45].

На ВС зі значним обсягом місцевої роботи в якості сортувального пристрою використовуються СГ малої потужності, що підвищує збереженість рухомого складу, зменшує тривалість знаходження вагонів на станціях [115], або профільовані ВК. Через невідповідність кількості колій в СП кількості призначень виконується повторна переробка місцевих вагонів. За відсутності таких пристроїв наявні тривалі маневри через необхідність неодноразового вилучення з складу вагонів конкретних призначень [43].

На ВС з великими обсягами сортувальної роботи, як правило, повинні бути два сортувальних пристрої для розформування складів, добірки груп вагонів за окремими ВП і формування передач з вагонів після виконання ВО [193]: СГ малої потужності, але не виключена можливість устрою профільованих ВК. Під час переробки 50–250 вагонів за добу станції примикання розвиваються аналогічно до схем ВС з невеликим обсягом роботи, а за вагонопотоку більшому за 250 вагонів за добу доцільно переробку та добірку вагонів за ВФ концентрувати на СГ [47].

Технічна характеристика витяжних колій ВС не завжди забезпечує виконання діючих норм проектування, зокрема відносно їх ємності [15, 65]. На ПВС ситуація є в основному аналогічною [152]. Раціональне технічне оснащення залізничного транспорту промислових підприємств дозволяє підвищити ефективність залізничних перевезень [17, 68]. Оптимізація технічних і технологічних параметрів станцій можлива за рахунок використання графоаналітичного підходу [216].

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 Вплив організації вантажної роботи у вузлах на технічне оснащення вантажних станцій

На потужність необхідного технічного оснащення ВС суттєво впливає порядок обробки місцевих вагонопотоків у залізничному вузлі. Питанню раціонального розподілу місцевих вагонопотоків у вузлі та взаємодії вантажних і сортувальних станцій присвячені роботи [18, 62, 82, 94, 119, 173] та ін., а параметри систем і технічних пристроїв, які обслуговують місцеві транспортні потоки, розглянуті в роботах [18, 81, 173] тощо.

Розвинені залізничні вузли являють собою складний комплекс постійно взаємодіючих транспортних систем (станцій, локомотивних і вагонних депо тощо), в яких передбачене чітке внутрішнє розмежування роботи за технологічними ознаками між внутрішньовузловими станціями [124]. Для визначення технологічних меж обслуговування ВФ промислових зон вузлом, встановлення напрямків обслуговування та їх протяжності доцільним є принцип мінімізації техніко-експлуатаційних витрат, які пов'язані з очікуванням вагонів під накопиченням на станціях формування передавальних поїздів і витратами, що пов'язані із формуванням і відправленням окремого поїзда.

В умовах жорсткої конкуренції залізниць з іншими видами транспорту найважливішим критерієм якісного виконання обов'язків з транспортування вантажів вважається виконання строків їх доставки та, за можливості, їх зменшення [128]. Одним із можливих засобів одночасного зменшення тривалості переробки місцевих вагонів та зниження відповідних техніко-експлуатаційних витрат є скорочення маршрутів прямування місцевих вагонів через розподіл технічної переробки відповідних вагонів між станціями вузла.

1.2.3 Обґрунтування розмірів колійного розвитку вантажних станцій

Вимоги та рекомендації щодо необхідної кількості колій ВС загального користування наведені в [1, 2, 5, 8, 40, 65, 111, 121, 125, 154, 159, 165, 175, 177, 207]. Найбільш характерними категоріями колій на ВС є приймально-відправні колії (ПВК), сортувальні колії (СК) і сортувально-відправні колії (СВК) [118], а також вантажні та виставні колії місць загального користування та з'єднувальні колії до вантажних районів (ВР) і ПК.

У разі жорсткої спеціалізації колій для приймання та для відправлення передавальних поїздів їх кількість визначається окремо [125]. Колії приймання використовуються для приймання поїздів, виконання операцій по прибуттю та простою в очікуванні розформування, тому їх кількість визначається за формулою

$$Z_{\Pi} = \frac{n_p \cdot (t_{\Pi} + t_{\text{оч } p})}{24 - \sum T_{\text{пост}}}, \quad (1.1)$$

де $\sum T_{\text{пост}}$ – час зайняття колії постійними операціями, год;

t_{Π} – час зайняття колії приймання виконанням операцій, що пов'язані з прийманням та обробкою поїзду по прибуттю, год;

$t_{\text{оч } p}$ – середній час простою составів на колії приймання в очікуванні розформування, год (визначається відповідно до [125]);

n_p – середньодобові розміри передавального руху між сортувальними та вантажною станціями в місяць з максимальними розмірами, поїздів.

Згідно з [125] за розмірів руху між сортувальною та вантажною станцією не більше за 6–10 поїздів достатньо мати 1 колію приймання. При цьому кількість колій приймання має бути обґрунтована в проекті в залежності від розмірів і характеру руху [159].

Колії відправлення на ВС загального користування призначені для накопичення вагонів в очікуванні відправлення та виконання операцій з відправлення поїздів свого формування. Кількість таких колій дорівнює кількості призначень, які встановлені для даної станції згідно з порядком формування поїздів [125]. За значних розмірів

передавального руху конкретного призначення (більше за 12–15 поїздів за добу) проектується дві колії відправлення на це призначення, при цьому корисні довжини відправних колій повинні відповідати довжині поїздів, що відправляються зі станції.

Згідно з [5, 154] кількість ПВК на ВС визначається за формулою

$$m_{\text{ПВ}}^{\text{вант}} = \frac{(N_{\text{П}}t_{\text{зП}} + N_{\text{В}}t_{\text{зВ}})(1 + \beta_{\text{П}})}{24 - \sum T_{\text{пост}}}, \quad (1.2)$$

де $\beta_{\text{П}}$ – коефіцієнт, який враховує відмови в роботі пристроїв ($\beta_{\text{П}}=0,01$ год);

$t_{\text{зП}}, t_{\text{зВ}}$ – тривалість заняття ПВК відповідно по прибуттю та по відправленню;

$N_{\text{П}}, N_{\text{В}}$ – розрахункова кількість передач відповідно по прибуттю та по відправленню [154].

Як видно, формули (1.1) і (1.2) не в повній мірі дозволяють враховувати існуючу суттєву нерівномірність як розмірів перероблюваних вагонопотоків, так і тривалості зайняття колій станції під відповідними операціями, зокрема за рахунок збільшення тривалості маневрових операцій з метою добірки вагонів за власниками.

Кількість СВК, як і кількість СК для розформування поїздів на станціях рекомендується визначати в залежності від кількості призначень, кількості ВП і обсягів переробки вагонів [159]. При цьому кількість СК невідривно пов'язана із їх довжиною, типом сортувального пристрою та технологією роботи станції [125]. Для розрахунків враховуються наступні параметри сортувальної системи ВС загального користування: тип парку на схемі станції; тип сортувального пристрою; методи сортувальної роботи; довжина колій СП; серія маневрового локомотива.

Рациональна кількість колій в СП ВС загального користування, з урахуванням тих, які використовуються і для відстою вагонів в очікуванні подачі на ВП, визначається за рекомендаціями [125]. У разі проектування колій відстою вагонів в очікуванні подавання на ВП на самій ВС у комплексі з СК їх кількість визначається за формулою

$$Z_{\text{від}} = \frac{n_{\text{р}} \cdot \left(t_{\text{оч}}^{\text{под}} + t_{\text{оч д}} \right)}{\alpha_{\text{від}} \cdot m_{\text{від}} (24 - T_{\text{техн}})}, \quad (1.3)$$

де $\alpha_{\text{від}}$ – коефіцієнт використання місткості колії відстою;

$t_{\text{оч д}}$ – середня тривалість додаткового простою вагонів в очікуванні подавання в залежності від завантаженості маневрових локомотивів, год;

$t_{\text{оч}}^{\text{под}}$ – середня тривалість простою вагонів в очікуванні подавання, год;

$m_{\text{від}}$ – місткість колій відстою вагонів в очікуванні їх подавання на ВП, ваг;

$T_{\text{техн}}$ – технічні перерви у використанні колій відстою протягом доби, год.

Кількість колій на ВС для відстою вагонів у очікуванні подавання для періоду роботи маневрового локомотива T_p визначається за формулою [5, 154]

$$m_{\text{відст}}^{\text{вант}} = \frac{\left(t_{\text{тех}}^{\text{под}} + t_{\text{оч п}} \right) \sum_{i=1}^n X_i}{T_p (1 - t_{\beta} \gamma_{\text{под}})}, \quad (1.4)$$

де $t_{\text{тех}}^{\text{под}}$ – тривалість виконання технологічних операцій;

$\sum_{i=1}^n X_i$ – кількість передач;

$t_{\text{оч п}}$ – тривалість очікування подачі вагонів на ВП;

$\gamma_{\text{под}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів виводу вагонів з відсівних колій;

t_{β} – кількість нормованих відхилень, яку в [5] рекомендовано прийняти 1,65.

Згідно з [154] оптимальна кількість колій СП для формування подач на ВС із механізованою та немеханізованою СГ визначається відповідно за формулами (Б.1) і (Б.2) Додатку Б. Згідно з [5, 154] кількість колій СП на ВС для кількості призначень s визначається за формулою (Б.3) Додатку Б. Формули (Б.1)–(Б.3) відображали економічні реалії функціонування залізниць у другій половині ХХ століття та не можуть в повній мірі застосовуватись в сучасних умовах роботи залізниць України.

Недостатній колійний розвиток СП ВС призводить до збільшення тривалості циклу сортування та відповідних експлуатаційних витрат. Подекуди, переробка на ВС досягає 4–6 разів за рахунок добірки вагонів по ВФ [96]. Методи визначення необхідного колійного розвитку ВС наведені в роботі [159]. Ветуховим Є. А. [40]

розглянуто питання економічно доцільної кількості колій на станції, тобто її економічної надійності. Задача може бути вирішена шляхом порівняння витрат, які пов'язані з устроєм і утриманням колій на станції, з витратами, що викликані затримками поїздів на підходах до станції. Окрім рекомендованої кількості СК необхідною є й додаткова ємність СП, яка забезпечує безперебійний розпуск составів в умовах, коли в парку знаходиться кілька составів в очікуванні закінчення формування.

Методика визначення кількості та довжини СК запропонована в [65, 121, 159]. Кількість СК визначається, головним чином, планом формування поїздів, а довжина колій – умовами маневрової роботи як з боку СГ, так і з боку ВК. Запропоновано визначати довжину СК в залежності від кількості вагонів в составі та кількості вагонів, які надходять на колію після завершення накопичення до прибирання состава з парку, а також з урахуванням додаткової довжини СК, яка забезпечує нормальну технологію роботи в СП. Для кожного ВП з добовим прибуттям під вивантаження більшим за 25 вагонів (за винятком тих, які надходять в маршрутах) проектується додаткова СК.

ВС загального користування в основному розташовані на наскрізних лініях, найчастіше з інтенсивним транзитним і пасажирським рухом [118]. До 50 % станцій найбільших міст виконують значну місцеву роботу. Суттєвим недоліком в колійному господарстві ВС є значна зношеність колій, що викликає суттєве зниження рівня безпеки руху. Корисна довжина ПВК ВС розподілена в інтервалі 100–1200 м, а максимум щільності розподілу довжини припадає на інтервал 800–900 м [118]. Тільки 28 % з них забезпечать приймання поїздів довжиною 850 м. Близько 40 % СК мають корисну довжину 300–500 м. Довжина СВК є більшою за 400 м, а 90 % з них мають довжину в 600 м і більше. При цьому, на більшості ВС через існуючу конструкцію та спеціалізацію колій розкид довжин досягає 500 м для ПВК і 300 м для СК і СВК.

На ВС досить часто кількість примикань ПК у кілька разів перевищує кількість СК, що викликає необхідність в повторному сортуванні вагонів і відповідно збільшує тривалість знаходження вагонів на станції. Обґрунтування необхідної кількості додаткових СК з метою технічного переоснащення ВС запропоновано в [150].

Методика визначення кількості СК для накопичення вагонів на ВФ ВР для ВС загального призначення обґрунтована в роботі [111]. Недостатня кількість колій

викликає багаторазове сортування та непродуктивний простій вагонів, негативно впливає на взаємодію технології ВР з графіком передавального руху у вузлі, вимагає збільшення ємності складів, кількості механізмів і персоналу. Запропоновано визначати кількість СК на основі техніко-економічних розрахунків методом порівняння зведених витрат на спорудження та утримання колій зі зведеними витратами на маневро-ву роботу з розформування передач, що прибувають на станцію, та формування подач на ВФ. Питанню визначення кількості СК ВС присвячені також роботи [177, 207].

Методика визначення кількості та довжини колій спеціальних місцевих СП запропонована в [1], виходячи з параметрів вхідного потоку ВС: середньої кількості призначень вагонів і середньої кількості відчепів в складах прибуваючих передавальних поїздів. Між кількістю та довжиною СК ВС наявна кореляційна залежність, яка запропонована в роботі [2] для використання в аналітичній формі з метою оптимізації місцевих СП на ВС. Моделювання процесу добірки місцевих вагонів за пунктами виконання ВО показало наявність тісного кореляційного зв'язку між коефіцієнтом варіації середньої кількості вагонів одного призначення у складі передавального поїзда та кількістю призначень вагонів, які знаходяться на одній СК.

Однією з проблем проектування колійного розвитку ВС є вибір раціональної довжини СК для добірки вагонів за ВФ, один з методів визначення якої засновано на алгоритмі моделювання різних умов роботи ВС, який розроблено в роботі [8]. Аналіз схем і колійного розвитку ВС, які обслуговують ПК, наведено і в роботі [175].

В роботі [192] наведені основні вимоги до ВС, які обслуговують промислові підприємства. Зокрема, у випадку, коли до ВС примикають ПК підприємств, які обслуговуються локомотивами залізниці, їх колійний розвиток (ПВК і СК), а також технічне оснащення повинні забезпечувати експлуатацію як самої станції, так і всіх ВП підприємств. Станції примикання ПК, які обслуговуються власними локомотивами, повинні будуватися або реконструюватися з урахуванням технічного оснащення ПК. Найбільш доцільними є станції з єдиними парками (коліями) для виконання технічних операцій з вагонами та поїздами, маневрової та сортувальної роботи, що виключає дублювання операцій. Кількість СК на ВС для переробки

місцевого вагонопотоку повинна визначатися в залежності від розподілення обсягів сортувальної роботи між станціями магістрального та промислового транспорту, кількості вагонів, яка надходить в переробку, кількості призначень, системи виконання сортувальної роботи на станції та умов обслуговування ВФ станції і ПК. Переважна кількість ВС не має окремого СП для добірки вагонів за ВП. Ця робота виконується, як правило, на вільних кінцях ПВК або СВК, навантажувально-розвантажувальних коліях тощо. Організація сортувальної роботи на ВС з розформування составів з місцевими вагонами включає їх добірку за кількістю великих ПК з одночасною добіркою вагонів за ВФ [43]. Корисна довжина СК для місцевих вагонів визначається кількістю вагонів, які прибувають в одному поїзді на окремі ВП, або кількістю вагонів, що приходяться на кожен маневровий локомотив, який обслуговує ВП [192]. Згідно з [95] корисна довжина СК на ВС повинна бути встановлена в залежності від кількості вагонів, які прибувають, з урахуванням нерівномірності та кількості призначень маневрового району (або конкретного ВФ). Враховуючи наявність дрібного сортування вагонів за багаточисельними ВП, і розділення розформування та формування основною й доволі тривалою за часом ВО, на ВС доцільно мати окремі групи колій: коротких СК для добірки вагонів по ВП і СВК за довжиною відправляємих передавальних поїздів [192].

Основні вимоги до колійного розвитку ПВС наведено в роботах [47, 160]. Зокрема, в роботі [160] наведено методику визначення кількості СК на ПВС для розформування та для формування передач, а в роботі [47] – особливості розрахунку кількості колій спеціалізованих вугленавантажувальних станцій.

Таким чином, проблема комплексної оцінки кількості колій, їх довжини та сумарної ємності ВС остаточно не вирішена і потребує використання обґрунтованих методів техніко-економічної оцінки технічних параметрів ВС і технології їх роботи в сучасних умовах функціонування залізничного транспорту. Крім цього, наведені вище методики не враховують змін в структурі вагонного парку.

1.2.4 Особливості визначення необхідної кількості колій на портових станціях

Колійний розвиток портової станції (ПС) залежить, в першу чергу, від конфігурації порту, наявності маршрутизації по прибуттю та по відправленню, спеціалізації колій. Аналіз існуючих методик розрахунку колійного розвитку ПС виконано в роботі [164], де Рибіним П. К. зазначено, що основу існуючих склали відповідні методики для сортувальних станцій (СС) і неспеціалізованих ВС мережі залізниць. Кількість колій в СП ПС рекомендується визначати за формулою

$$m_n = \sum m_{\text{СП}}^{\text{под}} + m_{\text{СП}}^{\text{нак}} + m_{\text{СВ}} + m_{\text{дод}}, \quad (1.5)$$

де $\sum m_{\text{СП}}^{\text{под}}$ – кількість СК відповідно для формування та накопичення подач на ВФ;

$m_{\text{СВ}}$ – кількість СВК для формування передач на портову СС;

$m_{\text{дод}}$ – кількість додаткових колій для відстою несправних вагонів і перевантаження.

Таким чином, крім добового вагонопотоку враховано вплив інтервалу подавання на ВФ на тривалість зайняття колії та час розформування-формування подач.

Для визначення робочого парку вагонів на ПС і в порту з урахуванням забезпечення їх нормальної роботи з метою обґрунтування необхідного колійного розвитку в роботі [157] рекомендовано виконати аналіз їх діяльності на підставі добового плану-графіку й станційної та портової звітності. Вихідними даними для розрахунку допустимої кількості вагонів є обсяги переробки вантажів, розміри навантаження-вивантаження вагонів і суден в портах і на районах (причалах), норми простою вагонів і суден під ВО, організація маневрової роботи на станції та в порту тощо.

Питанню технічного оснащення та технології роботи ПС присвячені роботи [9, 23, 151, 153] та ін., в т. ч. щодо раціональної взаємодії залізничного та морського транспорту України [101]. Принципові схеми ПС наведені на рис. Б.3 Додатку Б, а вимоги щодо розрахунку норми допустимої наявності вагонів на ПС згідно з [157] наведено в п. Б.4 Додатку Б.

Як видно, загальноприйнятні методики розрахунку колійного розвитку ПС не враховують сучасних умов функціонування залізничного транспорту: збільшення парку приватних вагонів і операторів, а також пов'язану з цим добірку;

нерівномірність роботи ВС на мережі (збільшення навантаження на одних і суттєве падіння на інших), зміни в обслуговуванні маневровими локомотивами тощо.

1.2.5 Спеціалізація колій вантажних станцій та її вплив на показники їх функціонування

Раціональна спеціалізація колійного розвитку ВС у комплексі з іншим її технічним оснащенням безумовно впливає на експлуатаційні показники роботи. Кількість СК на ВС зазвичай є меншою за кількість призначень в передачах на ВП, тому виникає задача раціонального розподілу колій між призначеннями вагонів на ВФ, за якого витрати часу на формування передач будуть мінімальними [207]. Питання спеціалізації колій СП розглянуто в роботах [24, 63, 133, 146, 162]. Наведені відмінності «поточної» та «жорсткої» спеціалізації СК [63, 162]. Основні правила, якими слід керуватися під час визначення спеціалізації СК, наведені в роботах [24, 146]. Для вибору спеціалізації СК в [201] запропоновано використати квадратичну задачу. Теоретичні основи та методику планування закінчення накопичення составів на ВС наведено в роботі [50], а ефективність накопичення вагонів різних призначень на одній колії СП визначено в [174]. Під час вибору раціонального варіанту спеціалізації СК загальна ємність СП ділиться на дві частини – основну для накопичення вагонів і додаткову для вагонів тих призначень, на які в парку вже накопичено состави. При цьому утворення додаткової ємності СП можливе або шляхом застосування «жорсткої» спеціалізації СК, або шляхом збільшення кількості СК взаємозамінної спеціалізації [46].

В зв'язку із сказаним вище, питання врахування спеціалізації колій станції для визначення раціональної ємності в ув'язці з їх кількістю та довжиною є актуальним.

1.2.6 Проблеми раціональної ємності колійного розвитку вантажних станцій і аналіз факторів, які на неї впливають

Проблема визначення раціональної необхідної ємності колійного розвитку станцій мережі залізниць, в т. ч. і вантажних, виникла в 50-х роках XX століття під час

значного зростання перевезень, розвитку темпів будівництва залізниць, колійного розвитку станцій; пріоритетами в роботі були концентрація та спеціалізація станцій. Значне падіння розмірів вагонопотоків на початку 90-х років призвели до надлишкових запасів ємності колійного розвитку станцій – значно вищих за розміри перероблюваних вагонопотоків, тому надлишкові колії подекуди розбирали. В подальшому (з 2000 р.) економіка України стабілізувалася та розміри вагонопотоків залізничного транспорту поступово зростали [48]. На станціях все частіше стали виникати ситуації, пов'язані із затримками поїздів з неприймання їх на станцію, збільшенням тривалості знаходження вагонів на станції, тобто існуюча ємність колійного розвитку стала недостатньою для забезпечення безперервної роботи станцій і ділянок залізниць.

За останні роки коливання розмірів вагонопотоків [44] були пов'язані з хвилями економічної кризи, тобто, спостерігалась аналогічна ситуація щодо невідповідності ємності колійного розвитку потребам залізниць у забезпеченні перевезень. На теперішній час зростання розмірів вагонопотоків хоча і прогнозується лише для окремих станцій мережі, але на тлі незначного зниження існуючої ємності колійного розвитку питання щодо визначення її раціонального значення залишається актуальним. Крім цього, на частині станцій залізниць України знаходяться вагони постійного відстою, що зменшує реальну наявну ємність колій і ускладнює виконання маневрових операцій.

У наукових дослідженнях ємність колійного розвитку полігонів мережі залізниць розглядалась у невідривному зв'язку з розмірами вагонних парків, для чого були запропоновані методики визначення їх раціонального співвідношення.

Основні положення щодо визначення ємності станцій, ділянок і відділень залізниць наведені в роботі [167]. Найчастіше порушення графіків руху поїздів (ГРП), а також інші ускладнення в роботі окремих залізниць і цілих напрямків викликаються невідповідністю обсягів перевізної, вантажної роботи або розмірів руху поїздів ємності колійного розвитку залізниць і підрозділів [3]. Науково обґрунтоване визначення ємностей колійного розвитку станцій, ділянок і залізниць значно полегшило регулювання вагонних парків, організацію руху поїздів та оперативне планування експлуатаційної роботи. При цьому Аксьонов В. І. розрізняв ємність, яка нормально використовується, резервну ємність і максимальну ємність. Для подальшого вирішення поставленої задачі визначення ємності колійного розвитку станцій в роботах [136, 179,

180] розглянуте питання раціонального співвідношення необхідної ємності колійного розвитку сортувальних систем ВС і розмірів вагонного парку. Крім цього, в роботі [107] визначено раціональний рівень завантаженості ВФ, в роботі [17] запропоновано методику визначення необхідної ємності колійного розвитку ВС, а в [106] – методику моделювання їх роботи. Ємність СП рекомендовано приймати у розмірі 70 % від корисної довжини всіх СК [204].

Ємність колійного розвитку ВС $E_{\text{вс}}$ в роботі [179] запропоновано визначати як сумарну ємність колій станції $E_{\text{к}}$ (ПВК, СК тощо), з'єднувальних колій $E_{\text{зд}}$ і ВФ $E_{\text{фр}}$

$$E_{\text{вс}} = E_{\text{к}} + E_{\text{зд}} + E_{\text{фр}}. \quad (1.6)$$

Кількість вагонів, яка може бути розміщена на коліях ВС, визначається згідно з рекомендаціями [3] за формулою

$$P_{\text{вс}} = P_{\text{пв}} + P_{\text{п}} + P_{\text{зд}} + P_{\text{фр}}, \quad (1.7)$$

де $P_{\text{пв}}$, $P_{\text{зд}}$, $P_{\text{фр}}$, $P_{\text{п}}$ – кількість вагонів, які розміщуються відповідно на ПВК, з'єднувальних коліях, коліях ВФ, на коліях підготовки вагонів і передавальних.

Задача визначення раціонального співвідношення між ємністю колійного розвитку та розмірами вагонного парку передбачає розрахунок необхідного колійного розвитку для заданих розмірів руху, визначення розрахункової кількості вагонів, яка може при цьому знаходитися на ньому, та визначення раціональних розмірів вагонного парку на полігоні мережі за реального колійного розвитку. Загальний принцип визначення раціонального співвідношення ємності колійного розвитку й розмірів вагонного парку для всіх вказаних випадків – забезпечення за заданого рівня надійності безперешкодного приймання поїздів на станції, відправлення поїздів на ділянки, виконання пасажирських і вантажних операцій, прямування поїздів ділянками без зупинок (за винятком планових). Є. П. Нестеров в своїх дослідженнях встановив закономірність між кількістю вагонів, яка припадає на 1 км довжини станційних колій, і стійкістю роботи залізниць. Там, де цей показник не перевищував 1,4 вагона – залізниця працювала стійко, але ті залізниці, на яких цей показник перевищував 4 вагони і більше, працювали з надзвичайним перенапруженням [48].

Бородін А. Ф. в роботі [27] охарактеризував умови роботи сортувальних і дільничних станцій, а також великих ВС. В 1990-і роки станції опинилися в складному ста-

ні. З одного боку, різке зниження обсягів перевезення призвело до наявності надлишкових переробних потужностей і зростання собівартості відправленого вагону. З іншого боку, скупчення в багатьох регіонах залізничної мережі вагонного парку, який не брав участь у перевезеннях, зменшило маневреність колійного розвитку. Крім цього, знизилась стабільність перевезень, ускладнилась технологія розформування-формування поїздів (розширився перелік вагонів, заборонених спускати з гірки, вимоги [156] з постановки порожніх вагонів в поїзди, добірки вагонів з номенклатурними вантажами), виникла необхідність глибокої деталізації добірки вагонів в складах формуємих поїздів через розділ вагонів, зміну системи їх експлуатації, зростання частки паливно-енергетичних ресурсів в загальних витратах на поїзну і маневрову роботу.

Зростання вантажних перевезень збігається зі збільшенням непропорційності завантаження напрямків мережі, тому в [26] запропоновано метод вирішення задачі зрівняння балансу потужності станційного парку, а також основні принципи взаємодії та резервів в станційних процесах. За даними ВНИИЖТ у 80-і роки раціональне співвідношення ємності станційних колій і парків вагонів для ВС з урахуванням ВФ ВП становило 12 [27]. В сучасних умовах виникла необхідність у перегляді цих норм, так як суттєво змінились умови роботи ВС: збільшилась частка приватних вагонів, виникла необхідність виконання додаткової добірки вагонів різних власників, суттєва нерівномірність перевезень на окремих напрямках ускладнила роботу.

Комплексні дослідження маневреності полігонів залізничної мережі та розроблені нормативи раціонального співвідношення вагонних парків і ємності колійного розвитку сортувальних і дільничних станцій та ВС в 2010 р. врахували збільшення частки приватних вагонів [26]. Зі зростанням вагонопотоку, який надходить на станцію, технологічно необхідна ємність колій для забезпечення безперешкодного приймання поїздів зростає нелінійно. За незмінної загальної фактичної ємності колійного розвитку у разі збільшення вагонопотоків зменшується її резерв. Максимальна необхідна ємність станційних колій потрібна для полігонів зі значним пасажирським рухом, суміщеним з вантажним, або з вантажним вагонопотоком найбільш розпилим і неорганізованим. Мінімальна необхідна ємність станційних колій на одиницю вагонного парку потрібна для транзитних полігонів. У великих вузлах залізниць існує певний дефіцит колійного розвитку та регулюючих потужностей, тому є необхідність розробки та впровадження нових управляючих

моделей і алгоритмів, заміщенні недостатніх статичних резервів інфраструктури та рухомого складу динамічними резервами управління [26]. Розвиток інфраструктури залізниць в цілому та ВС зокрема є єдиним вірним шляхом розвитку [98], в т. ч. за рахунок залучення інвестицій. Відсутність балансу між попитом на послуги залізничного транспорту та пропозиціями викликає дефіцит провізних потужностей, який виражається в залишених без локомотива составів, завантаженості станційної інфраструктури вагонами відстою, збільшенні коефіцієнтів використання пропускну здатності окремих напрямків до недопустимого рівня та нерівномірне завантаження інфраструктури [98].

Вдосконалення роботи ВС можливе за рахунок застосування задачі аналізу для вивчення можливостей виконання вантажної роботи та показників використання технічних пристроїв і рухомого складу в залежності від характеру вантажної роботи та технічного оснащення існуючої станції й ВФ, або задачі синтезу – для вибору технічного оснащення станцій, які проектуються або реконструюються, виходячи з заданого обсягу вантажної роботи [105], а також під час вирішення питань підвищення стійкості роботи ВС за рахунок встановлення допустимого насичення їх вагонним парком. Питання раціонального рівня заповнення колій вагонами та поїздами також розглянуте в роботі [181], в якій для розрахунку необхідного колійного розвитку за заданих розмірів руху та визначення розрахункової кількості вагонів, яка може знаходитися на необхідному колійному розвитку, вирішені окремі питання, пов'язані з визначенням співвідношення довжини колій і розмірів вагонного парку, в т. ч. на ВС.

Таким чином, основними чинниками, які впливають на ємність колійного розвитку станцій, є кількість колій та їх довжина, але суттєво впливають також і спеціалізація колій, конструкція станцій в цілому і окремих парків зокрема. При цьому, чинники, які впливають на необхідну ємність колійного розвитку ВС і ефективність її використання, охарактеризовано переважно окремо. Крім цього, останніми роками умови функціонування ВС суттєво змінилися, в т. ч. за рахунок збільшення парку приватних вагонів. Саме тому, питання деталізації факторів, які впливають на необхідну ємність колійного розвитку ВС та ефективність її використання, є актуальним і вимагає комплексного підходу.

1.2.7 Аналіз впливу параметрів, структури та нерівномірності вагонопотоків на технічне оснащення вантажної станції

Вагонопотоки по прибуттю та по відправленню з ВС характеризуються конкретними параметрами для кожної з них, а також нерівномірністю, яку викликають різноманітні чинники, що безумовно чинить суттєвий вплив на умови роботи станції. Впливу параметрів вагонопотоків на показники роботи ВС присвячені роботи [32, 66, 75, 122, 214] та ін. Зокрема, в роботі [75] відмічено, що внутрішньодобова нерівномірність подекуди зростає на 50 %, а відносно надходження вагонопотоків на промислові підприємства складає 30–270 %, а для окремих вантажів й до 500 %.

Для визначення основних характеристик вагонопотоків, в т. ч. і на ВС, в роботі [61] запропоновано застосовувати метод статистичних випробовувань. Коливання розмірів руху на ділянках, які примикають до ВС, та кількості відцепів в складах носять випадковий характер відповідно до нормального закону розподілу [195]. Нерівномірність в роботі ВС також розглянута в роботі [12], а оцінка технологічної стійкості її функціонування – в [13]. Нерівномірність роботи протягом року характерна й для ПВС [160], виходячи з чого запропоновано методику визначення розрахункових вагонопотоків, які визначають необхідну потужність колійного розвитку.

На організацію роботи ВС суттєво впливає порядок організації вагонопотоків на напрямках залізниць, зокрема застосування «твердого» графіку руху поїздів [70, 71]. Впровадження відправницької маршрутизації як методу підвищення ефективності перевезень масових вантажів широко застосовується як в Україні [76, 77], так і за кордоном [37, 140, 217, 218] і дозволяє прискорити просування вагонопотоків мережею, в т. ч. для обслуговування ПК. Зокрема, рівень маршрутизації на російських залізницях за останні роки [10] зріс майже на 20 %, а для залізної руди він перевищив 80 %.

Раціональне використання технічного оснащення ВС в умовах нерівномірності вагонопотоків з метою покращення показників функціонування цих станцій, в т. ч. шляхом скорочення тривалості виконання маневрових операцій є важливою задачею діяльності як магістрального, так і промислового залізничного транспорту.

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

За даними Укрзалізниці (УЗ) [143, 191] 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 УЗ). При цьому тенденція до збільшення парку приватних вагонів продовжується й надалі. Лише за період з лютого 2014 р. по листопад 2014 р. частка приватних вагонів зросла на 2 % (з 77,2 % до 79,2 %) і їх кількість склала 139,2 тис. вагонів [191] (більше на 4,1 % порівняно з 138,8 тис. вагонів або 75,1 % загального парку 01.08.2013 р. [97]), а частка власного парку на російських залізницях в 2013 р. 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 [97].

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 [27]. 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 ВС є актуальним у сучасних умовах функціонування залізничного транспорту.

1.3 Аналіз методів техніко-експлуатаційної оцінки роботи вантажних станцій

1.3.1 Аналіз проблеми адекватного нормування тривалості виконання маневрових пересувань на станційних коліях

Одним зі шляхів вдосконалення роботи ВС є раціональна організація маневрової роботи, як важливої складової перевізного процесу. Значна частка собівартості перевезень вантажів пов'язана саме з її виконанням, тому прискорення виконання маневрів і вдосконалення їх технології за раціонального використання маневрових засобів є найважливішими умовами зростання продуктивності праці на залізницях.

Вибір найбільш раціональних способів виконання маневрової роботи та її нормування ґрунтується на розчленуванні маневрових операцій на окремі частини і елементи та їх аналізі. Елементами маневрової роботи є маневровий рейс і напіврейс [90], а в залежності від сполучення різних елементів і характеру зміни швидкості розрізняють наступні елементи маневрових напіврейсів [42]: розгін, уповільнення, рух з постійною швидкістю та рух за інерцією. Відповідно виділяють шість основних типів напіврейсів у залежності від зміни швидкості, які відрізняються витратами часу та коштів на виконання: розгін – уповільнення (РУ); розгін – рух з постійною швидкістю – уповільнення (РПУ); розгін – рух за інерцією; розгін – рух за інерцією – уповільнення; розгін – рух з постійною швидкістю – рух за інерцією; розгін – рух з постійною швидкістю – рух за інерцією – уповільнення. Під час нормування тривалості маневрових операцій зазвичай використовують напіврейси типу РУ і РПУ, які забезпечують мінімальну тривалість маневрових пересувань.

Одним із основних факторів, які визначають тривалість маневрових операцій, є швидкість руху під час маневрів. Максимально допустимі швидкості маневрових пересувань регламентовано [156]. Додатковими обмеженнями є допустима швидкість руху на бокові колії стрілочними переводами. Зокрема, швидкість руху на бокову колію звичайним стрілочним переводом марки хрестовини 1/9 та 1/11 – 40 км/год. На станціях, в т. ч. ВС, можуть встановлюватись інші обмеження швидкості руху в залежності від технології роботи, стану колії та інших місцевих умов. Вірне

врахування обмежень є необхідною умовою виконання технологічних і техніко-економічних розрахунків.

Основними методами нормування тривалості маневрових напіврейсів є метод розрахункових параметрів, метод тягових розрахунків і метод аналітичних розрахунків [57, 123, 127, 182, 215, 220]. Кожен з цих методів має недоліки та переваги. Зокрема, метод розрахункових параметрів, запропонований професором Фроловим О. М. у 1899–1901 р., передбачає визначення тривалості маневрового напіврейса за формулою

$$t_{\text{нр}} = a + b m_c, \quad (1.8)$$

де m_c – кількість вагонів в маневровому составі;

a, b – нормативи часу, які залежать від довжини напіврейсів $l_{\text{нр}}$ перестановки, хв.

Значення a і b повинні розраховуватись на підставі хронометражних спостережень за роботою станції, але, через значні витрати часу їх на проведення, зазвичай у розрахунках використовуються їх середньомережеві значення [182]. Тому недоліком методу розрахункових параметрів є те, що жодним чином не враховуються діючі обмеження швидкості та специфіка конкретної станції.

Метод тягових розрахунків ґрунтується на чисельному розв'язанні рівняння руху [57, 123]. Цей метод є досить точним і дозволяє врахувати особливості маневрового локомотива, конкретного маневрового состава та маршруту його прямування, але через складність підготовки необхідних вихідних даних він не знайшов широкого застосування при інженерних розрахунках, а переважно використовується під час наукових досліджень.

Згідно з діючою на сьогодні методикою нормування маневрової роботи [126, 127], тривалість маневрового напіврейсу визначається аналітичним методом за виразом

$$t_{\text{нр}} = \frac{(\alpha_{\text{ру}} + \beta_{\text{ру}} m_c) v_{\text{max}}}{2} + \frac{3,6 l_{\text{нр}}}{v_{\text{max}}}, \quad (1.9)$$

де $\alpha_{\text{ру}}$ – коефіцієнт, який враховує час, необхідний для зміни швидкості руху локомотива на 1 км/год під час розгону та під час гальмування; складає 2,44 с/км/год;

$\beta_{\text{ру}}$ – коефіцієнт, який враховує додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона в маневровому составі на 1 км/год під час розгону та під час гальмування; складає 0,1 с/км/год;

$v_{\max}$ – допустима швидкість руху під час маневрів, км/год.

Застосування виразу (1.9) має ряд недоліків. По-перше, цей вираз дає невірні результати під час нормування коротких маневрових напіврейсів. Наприклад, у разі переставлення состава з 10 вагонів на 100 м за максимально допустимої швидкості 40 км/год тривалість маневрового напіврейсу складає 1,30 хв., а за максимально допустимої швидкості 25 км/год – 0,96 хв. Такий результат є досить неадекватним, бо суперечить факту, що тривалість маневрових пересувань за більшої дозволеної швидкості повинна бути меншою. По-друге, обмеження швидкості може змінюватись на маршруті пересування. Порядок дій у таких випадках у [126, 127] не наведено.

Маневрові операції з формування та добірки вагонів є одними з найбільш масових на ПВС, особливості конструкції яких досить часто не дозволяють враховувати в повній мірі вимоги [127] щодо нормування тривалості маневрових операцій. Вдосконаленню методів формування багатогрупних составів, до яких часто відносяться і подачі на ПК, у разі недостатньої кількості колій присвячені роботи [19, 170, 171]. Методика пошуку оптимальної схеми формування багатогрупного составу [170] дозволяє скоротити час на формування на 10–20 % для більшості составів, прискорити процес переробки місцевого вагонопотоку та скоротити відповідні експлуатаційні витрати [19], а також забезпечує суттєвий ефект без значних капітальних вкладень у реалізацію [171]. Застосування методів лінійного програмування для виконання маневрової роботи запропоновано в роботі [210], а вибір черговості виконання технологічних операцій під час розформування составів на ВС – в роботі [137].

У зв'язку з наведеним вище методика нормування тривалості виконання маневрових операцій вимагає удосконалення.

1.3.2 Проблеми формалізації технологічних процесів роботи вантажних станцій

Будь-яка станція є системою масового обслуговування (СМО). Питанням використання теорії масового обслуговування для складання моделей обслуговування вагонів на ВС і аналізу їх роботи присвячені роботи [15, 49, 84, 168, 172, 173, 214]. Методика моделювання роботи ВС з переробки внутрішньовузлових передач запропонована в [149] разом з методикою прогнозування місцевої вантажної роботи.

Раціонально організувати роботу ВС можливо за рахунок побудови математичних і економіко-математичних моделей станцій в цілому та їх окремих систем окремо [85]. У роботі [8] розглянуто різні аспекти взаємодії станцій у вантажосортувальному комплексі щодо оптимізації переробної спроможності технічних пристроїв станцій і ВФ та вибору раціональних варіантів технології добірки місцевих вагонів за ВФ.

Для вдосконалення роботи ВС і оцінки показників їх функціонування широко застосовується імітаційне моделювання [33, 64, 72, 78, 80, 109, 161, 205], в т. ч. із застосуванням системи автоматизованої побудови планів-графіків роботи станції [36]. Застосування імітаційного моделювання роботи ВС за оптимального рівня завантаження ВФ дозволяє визначати максимальну довжину черги вагонів в очікуванні подавання під ВО, що обґрунтовує необхідний колійний розвиток станції [108]. Питання доцільності використання імітаційного моделювання розглядалось багатьма дослідниками, зокрема В. Кельтоном [114] і Ф. Мартином [120]. Імітаційне моделювання дає змогу досліджувати внутрішню взаємодію у складних системах або підсистемах у межах складної системи, а також експериментувати з ними з урахуванням обмежень [64].

Імітаційне моделювання почало використовуватись для дослідження станційних процесів з появою перших електронно-обчислювальних машин (ЕОМ). В перших дослідженнях [39, 142, 203] 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 [149], 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 СС і в залізничних вузлах [64, 109]. 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 ТП застосовуються мережеві графіки [21, 104], скінченні автомати (СА) [22, 78, 194], мережі Петрі [58, 196, 219] тощо. Згідно з об'єктно-орієнтованою парадигмою кожен окремий об'єкт характеризується властивостями та поведінкою [30]. Практичний досвід використання моделі, запропонованої у [20], показав її високу ефективність під час моделювання роботи технічних станцій, що дозволило побудувати на її основі широке коло програмних продуктів, серед яких [34, 78]. В той же час виявлено й недоліки моделі [20], які пов'язані зі значними витратами часу на опис технології роботи станцій, особливо ВС і ПВС. На відміну від технічних станцій з обробкою великої кількості однотипних об'єктів, на ВС і ПВС 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 зформовано в [103], що дозволяє ефективніше використовувати транспортні засоби та людські ресурси залізниць. Одночасно з імітаційним моделюванням транспортних потоків в роботі [129] пропонується використання аналітичного методу моделювання таких потоків, за якого кількість чинників, які впливають на інтенсивність потоку, є якнайменшою, але їх значення є досить надійними.

1.4 Шляхи підвищення ефективності роботи вантажних станцій

1.4.1 Підвищення ефективності роботи вантажних станцій за рахунок технологічних заходів

Технологія роботи ВС пов'язана і з особливостями її конструкції, потужністю колійного розвитку, сортувальними пристроями, маневровими локомотивами тощо.

Раціональна технологія взаємодії ВС з ПК дозволяє зменшити обіг вагону та непродуктивні простої, прискорити доставку вантажів, зменшити собівартість переробки та пов'язані з цим експлуатаційні витрати. Питанню вдосконалення технології роботи ВС присвячені роботи [86, 89] та ін. Одним із найважливіших логістичних показників роботи ВС, як складної СМО, є тривалість знаходження вагонів [29], структурний аналіз якої [11] виявив наявність і причини невиконання норм простою. Близько 42 % свого обігу вагони знаходяться на станціях виконання ВО (на Донецькій залізниці ця величина досягає 56 %) [32]. При цьому, до 90 % вказаного часу вагони знаходяться на ПК, при цьому спостерігається тенденція до збільшення такої тривалості на великих ПК. Питання взаємодії з клієнтами, які в сучасних умовах здатні нарощувати обсяги виробництва [60], 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 ПК. Розширений аналіз виконання експлуатаційних показників роботи (обігу вантажного вагону та простою вагону під однією ВО) підрозділів залізничного транспорту у взаємодії з підприємствами, показав, що даним показникам притаманна суттєва нерівномірність [100]. Поліпшення якості обслуговування клієнтів за умови збільшення прибутковості галузі є метою роботи залізниць в сучасних умовах [102], 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 [31] 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 (ПВС, транзитних, з вагонопотоком складної структури та рівномірним), вирішена в роботі [131] шляхом розробки технологічних способів вирівнювання завантаженості транспортних елементів на коліях ПК.

ВС безпосередньо взаємодіють у своїй роботі з ПК підприємств, яких на теперішній час в Україні нараховується близько 7 тисяч [35, 113], і на яких виконується понад 90 % ВО [132]. Загальна довжина колійного розвитку ПК становить близько 27 тис. км, з яких 80 % належить підприємствам. Питанню взаємодії станцій і ПК присвячені роботи [41, 59, 67, 139, 145, 184, 197–199, 206–208, 211] та ін. З використанням теорії ігор запропоновано метод вибору стратегії взаємодії ВС і ПК, що дозволить враховувати інтереси обох сторін за умови своєчасної доставки вантажів і мінімізації витрат на перевезення [206]. Більшість великих МК функціонують в умовах підвищеної динаміки перевізного процесу, що безумовно ускладнює роботу залізниць [144]. Затримки переробки вагонопотоків виникають через неузгодженість ритмів роботи виробництва та транспорту, пов'язану з коливаннями обсягами виробництва й кон'юктурою 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 [147]: впровадження ресурсозберігаючих технологій, вдосконалення інформаційних технологій на основі впровадження АСК. Застосування теорії кореляції для прогнозування показників роботи ВС запропоновано в роботі [88]. Досвід і проблеми ВС розглянуто в роботі [83], а підвищення ефективності роботи ВС – в роботах [86, 91, 92, 189]. Функціональна схема роботи ВС з великими вантажними комплексами розроблена в роботі [188], а шляхи підвищення їх експлуатаційної надійності охарактеризовано в роботах [7, 87].

1.4.2 Підвищення ефективності роботи вантажних станцій за рахунок впровадження конструкційних заходів

У разі недостатнього технічного оснащення ВС найбільш ефективним заходом підвищення ефективності її роботи є реконструкція колійного розвитку шляхом вдосконалення 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 СК з метою раціонального використання їх недостатньої кількості під час формування

багатогрупних поїздів запропоновано в [130], завдяки чому кількість призначень збільшується, що дозволяє спростити та прискорити процес формування. Аналогічна задача розглядалась в роботах [4, 163]. Схема СП (див. рис. Б.4 Додатку Б) [4], для якої відсутнє повторне сортування вагонів, дозволяє сформувати состав з кількістю груп не більше за 7, але однакової довжини. В зв'язку зі значною протяжністю схеми розформування можливе лише осаджуванням. Аналогічна схема, але для більшої кількості призначень запропонована в роботі [163] (див. рис. Б.5 Додатку Б). При цьому всі призначення повинні бути однаковими, а на етапі проектування необхідно врахувати структуру формуємих составів. Наприкінці кожної секції встановлюються спеціальні пристрої – «стоппери», які не допускають прямування вагонів окремих призначень до інших секцій. Завантаження маневрового локомотива та відповідні експлуатаційні витрати значно знизилось, але реалізація даної схеми є досить складною.

1.5 Висновки до розділу 1

1. Виконаний аналіз наукових праць показав, що питання підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту за рахунок обґрунтування раціонального колійного розвитку є актуальним.

2. Існуючі методи визначення раціональних параметрів колійного розвитку вантажних станцій (на відміну від технічних) практично не формалізовані, а нормативні документи переважно містять рекомендації проектувальникам.

3. Проблема деталізації факторів, які впливають на необхідну ємність колійного розвитку вантажних станцій магістрального та промислового транспорту і на ефективність її використання, є актуальною і вимагає комплексного підходу. В умовах реформування залізниць України питання раціональної ємності колій необхідно розглядати у поєднанні з основними задачами функціонування залізничного транспорту: забезпеченням потреб клієнтури в перевезеннях, впровадженні сучасних технологій тощо.

4. Метою дослідження є підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового транспорту за рахунок вдосконалення конструкції їх колійного розвитку, в т. ч. шляхом секціонування колій, і з використанням вдосконаленого методу визначення тривалості маневрових напіврейсів, який враховує існуючі обмеження швидкості руху окремими елементами.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

2.1 Структура, послідовність та методи проведення дослідження

Вантажні станції розміщено на мережі залізниць України для забезпечення взаємодії з клієнтурою залізничного транспорту та доставки вантажів від пунктів виробництва до місць споживання. Основним призначенням ВС є виконання різних елементів вантажної та комерційної роботи з метою задоволення потреб клієнтури [157]. На залізницях існують ВС неспеціалізовані (або загального користування) та спеціалізовані (незагального), зокрема такі, основною роботою яких є обслуговування ПК. Крім цього, на великих ПК наявні різні типи станцій, в т. ч. і ПВС [131, 160].

В якості об'єкту дослідження прийняті ВС магістрального та промислового транспорту, які переважно виконують практично однакові функції з врахуванням окремих особливостей технології (див. розд. 1).

Процес роботи ВС включає в себе елементи ТП, деталізацію яких наведено в п. В.1 Додатку В.

Колійний розвиток ВС включає в себе колії різного призначення (приймальні, відправні, ПВК, СК, СВК, ВК, інші тощо). Конкретний перелік спеціалізації колій на ВС за призначеннями залежить від характеру її роботи та особливостей функціонування, зокрема щодо обслуговування клієнтури.

В залежності від схеми станції колії зазвичай об'єднані у відповідні станційні парки. Основними функціями станційного парку [28], в т. ч. і на ВС, є технологічна лінія, яка має конкретну потужність щодо пропуску та (або) перетворення потоків транспортних одиниць, накопичувальна ємність, регулювальна ємність, яка впорядковує як подачу составів і груп вагонів на технологічні лінії даної станції, так і відправлення поїздів, а також службово-технічна ємність для відстою вагонів резерву,

технічно несправних тощо. Баланс потужності станційного парку визначається, з одного боку, поглинанням просторово-часових ресурсів транспортними потоками, які надходять до даного парку, або, з іншого боку, поглинанням чи втратами цих ресурсів, які обумовлені режимом виводу транспортних потоків з парку.

ВС загального користування розташовуються в крупних адміністративно-промислових центрах і безпосередньо взаємодіють з вхідними СС вузлів. Місцевий вагонопотік, який на них надходить відрізняється від вагонопотоків СС значно меншими розмірами та великою дрібністю.

СП ВС загального користування призначений для розформування составів передавальних поїздів, які прибувають, і добірки вагонів по пунктах подачі та ВФ. Ємність і довжина СК, при цьому, залежить від характеру та обсягу вагонопотоку призначенням на відповідний ВФ. Практично завжди на ВС кількість СК є меншою за кількість призначень вагонів в передавальних поїздах. З економічної точки зору питання об'єднання окремих призначень на одній СК є актуальним. При цьому зменшуються витрати, пов'язані з утриманням колій та стрілочних переводів, але з'являються додаткові витрати, пов'язані з повторним сортуванням вагонів для добірки груп вагонів за окремими ВФ, збиранням вагонів різних призначень на один ВП з кількох СК та додатковим часом в очікуванні початку технологічних операцій в зв'язку з затримкою маневрового локомотива.

За однакової сумарної ємності парку і ВС в цілому може суттєво відрізнятися порядок виконання маневрової роботи. Наприклад, в СП сумарна ємність колійного розвитку залежить від кількості СК, їх довжини та спеціалізації. Ефективність роботи з формування подач в СП визначається різноманітними технічними та технологічними параметрами, серед яких варто особливо виділити раціональну кількість СК, на яких витрати часу на формування подач на ВФ будуть найменшими.

Особливістю функціонування ПВС є те, що тільки на потужних промислових підприємствах зазвичай виконується подавання маршрутних поїздів зі станції примикання (наприклад, на ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг», ТІС, Запоріжсталь, МК ім. Ілліча та Азовсталь і деякі інші). На більшості ж ПК подачі обмежені як встановленими ваговими нормами, так і колійним розвитком ПК. Для покращення

взаємодії вказані вище підприємства мають власні системи АСК, які дозволяють вести номерний облік знаходження вагонів на ПК в цілому і окремо по кожному виробництву. Використання АСК дозволяє оптимізувати виконання різноманітних операцій, включаючи маневрові та вантажні, що в цілому дозволяє зменшити тривалість знаходження вагонів на ПК.

З метою підвищення ефективності функціонування ВС магістрального та промислового залізничного транспорту за рахунок удосконалення їх колійного розвитку в умовах зміни обсягів і характеру вагонопотоків, а також зміни структури парку вантажних вагонів необхідно розв'язати наступні завдання дослідження:

1. Аналіз проблем функціонування вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту України та наукових методів підвищення ефективності їх роботи.

2. Аналіз динаміки зміни показників функціонування вантажних станцій магістрального й промислового залізничного транспорту та встановлення основних факторів, які впливають на ефективність їх роботи.

3. Удосконалення методу визначення тривалості маневрових пересувань для врахування обмежень швидкості руху на окремих елементах прямування составів (окремих стрілочних переводах, стрілочних зонах, коліях).

4. Удосконалення функціональної моделі вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту для визначення техніко-експлуатаційних показників їх роботи.

5. Удосконалення методів визначення раціональних параметрів колійного розвитку вантажних станцій.

6. Розробка пропозицій щодо вдосконалення колійного розвитку існуючих вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту для підвищення ефективності їх експлуатації.

Структуру завдань і використаних для їх розв'язання методів дослідження наведено на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Завдання дослідження та методи їх розв'язання

2.2 Аналіз динаміки зміни показників функціонування вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту

2.2.1 Аналіз основних показників функціонування залізничного транспорту України

Залізнична мережа України переважно склалася в другій половині ХХ-го століття. Експлуатаційна довжина залізниць загального користування станом на 2013 р. складала 21,6 тис. км порівняно з 22,8 тис. км в 1990 р. [44]. Динаміка зміни експлуатаційної довжини залізниць України наведена на рис. 2.2, а її структура по залізницях – на рис. 2.3. За роки незалежності України експлуатаційна довжина залізниць зменшилася на 5 %.

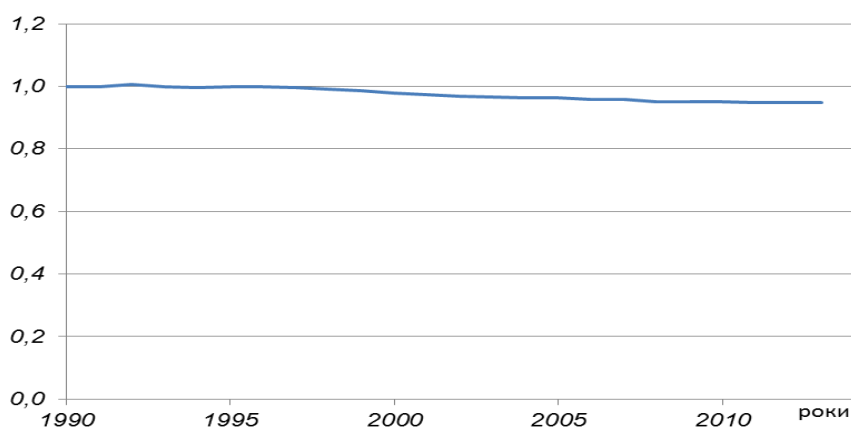


Рисунок 2.2 – Динаміка зміни експлуатаційної довжини залізниць України

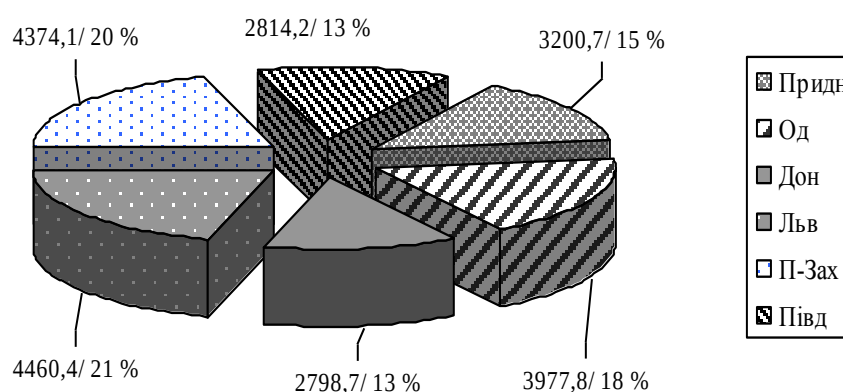


Рисунок 2.3 – Діаграма розмірів експлуатаційної довжини колій по залізницях України в 2013 р. (в км/%)

Внаслідок економічної кризи на початку 90-х років XX-го сторіччя відбулося значне падіння обсягів роботи залізниць [44, 48, 200]. Динаміка зміни обсягів навантаження та вивантаження в цілому на залізницях України наведена на рис. 2.4.

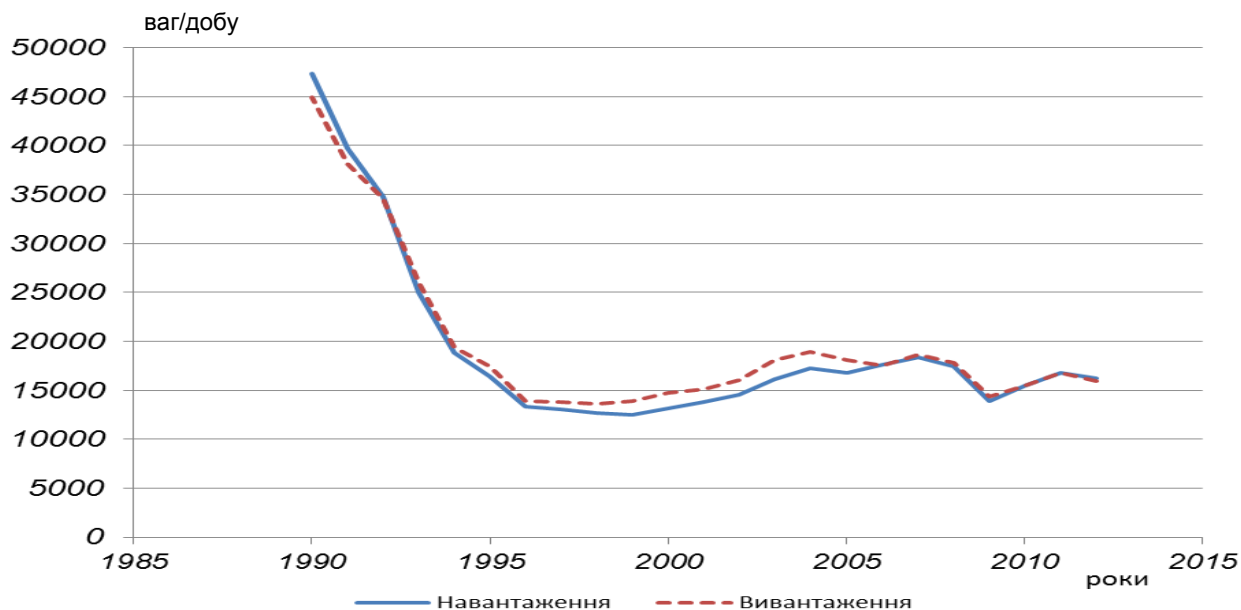
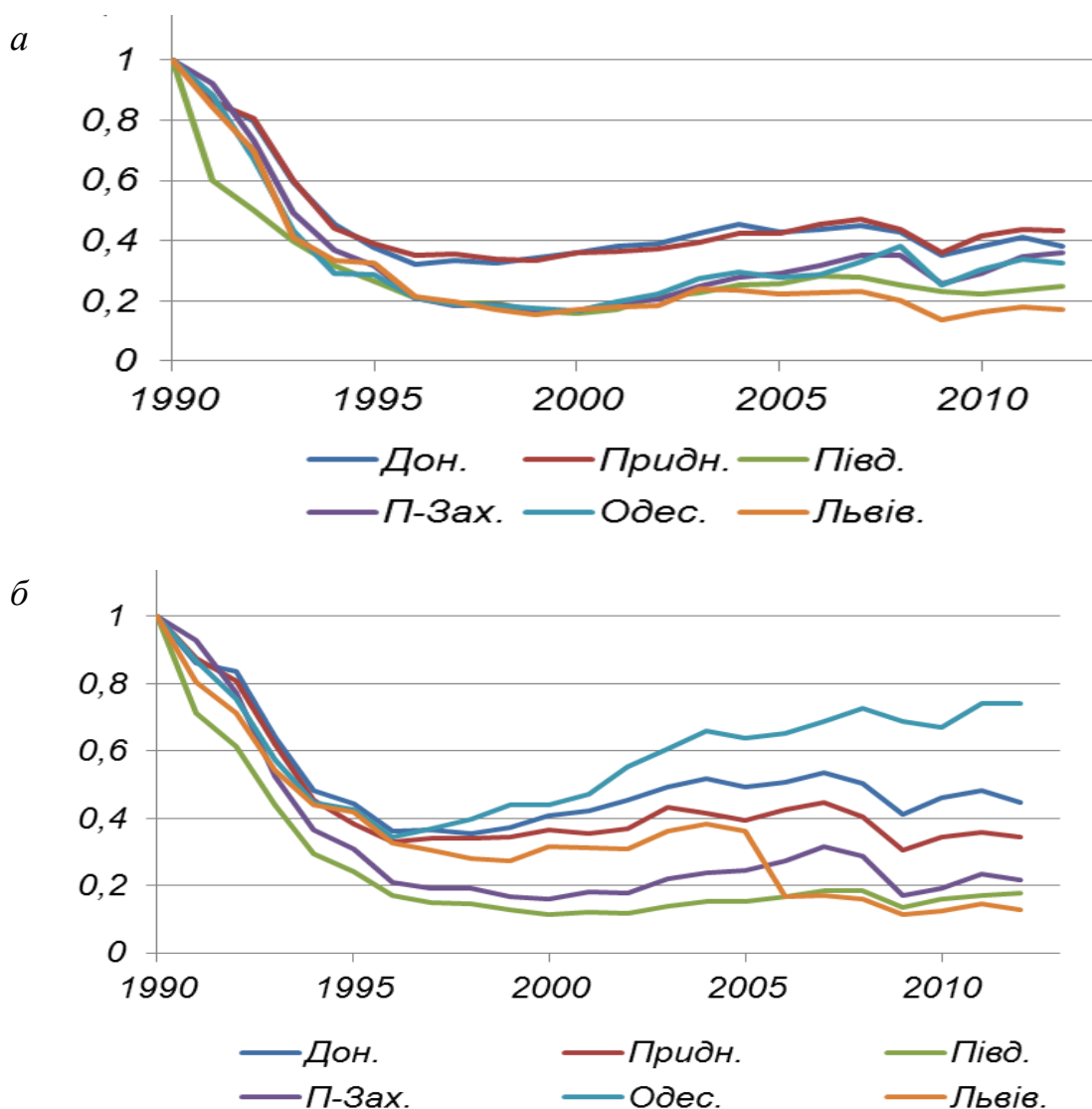


Рисунок 2.4 – Динаміка зміни обсягів навантаження та вивантаження на залізницях України

Обсяги вантажної роботи залізниць України наразі складають близько 35 % від обсягів 1990 р. (рис. 2.5). Найбільші обсяги навантаження (рис. 2.5 а) є характерними для Донецької та Придніпровської залізниць, а вивантаження – для Донецької, Одеської та Придніпровської залізниць. У порівнянні з 1990 р. спад обсягів навантаження для Львівської залізниці склав близько 83 %. За обсягами вивантаження найбільш кризовою є ситуація на Львівській, Південно-Західній та Південній залізницях, де цей показник зменшився відповідно на 87, 82 і 78 % (рис. 2.5 б). На Одеській залізниці, завдяки розвитку портів, обсяги вивантаження зростають і складають 75 % від обсягів роботи 1990 р. Таким чином, залізниці мають значні резерви технічних потужностей для виконання вантажної роботи, однак зміни обсягів роботи відбувалися нерівномірно по території країни. Об’єктивні зміни в економіці України призвели до переорієнтації напрямків і характеру вантажопотоків на сировинний експорт.

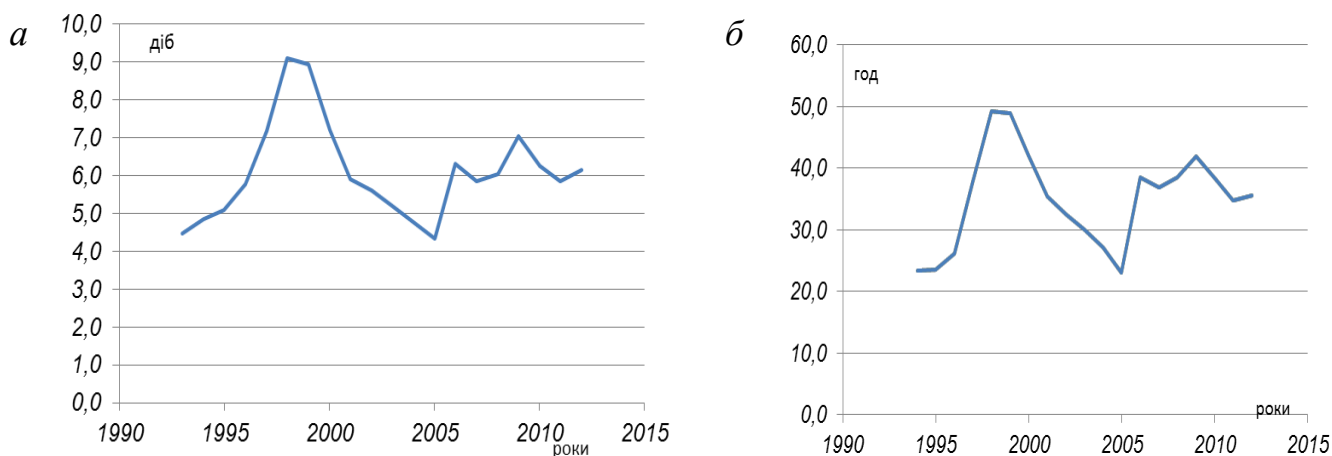


а – навантаження; *б* – вивантаження

Рисунок 2.5 – Динаміка зміни обсягів вантажної роботи залізниць

Основним якісним показником використання вантажних вагонів є його обіг. При цьому одним із важливих елементів обігу вагона є його простій під однією ВО. Динаміка зміни обігу вантажних вагонів та середнього простою вагона під однією ВО наведено на рис. 2.6.

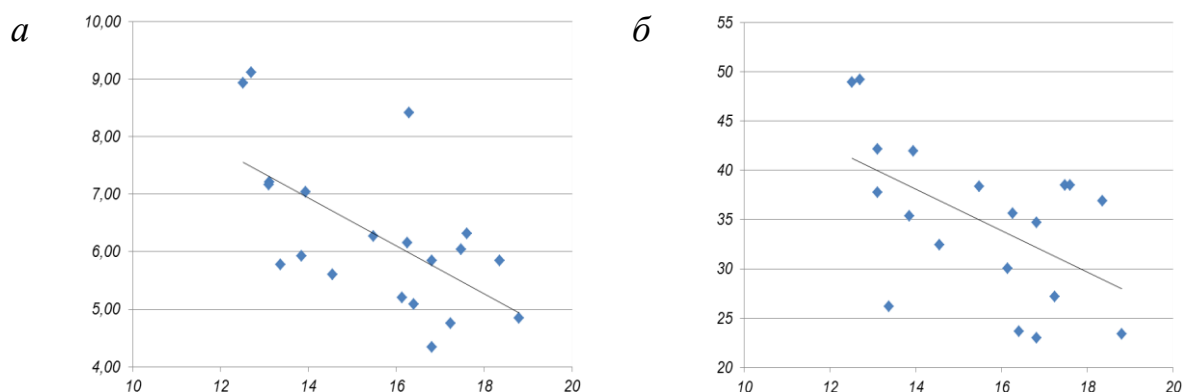
З метою аналізу зв'язку між обсягами роботи залізничного транспорту та показниками використання рухомого складу побудовано залежності між обсягами навантаження вагонів та їх обігом (рис. 2.7, *а*) та між обсягами навантаження вагонів і середнім простоем під однією ВО (рис. 2.7, *б*).



a – обіг вантажного вагона, діб; *б* – середній простій

вантажного вагона під однією вантажною операцією, год

Рисунок 2.6 – Динаміка зміни показників використання вантажних вагонів



a – обіг вагона; *б* – середній простій вантажного вагона під однією ВО

Рисунок 2.7 – Залежності показників використання рухомого складу від обсягів навантаження

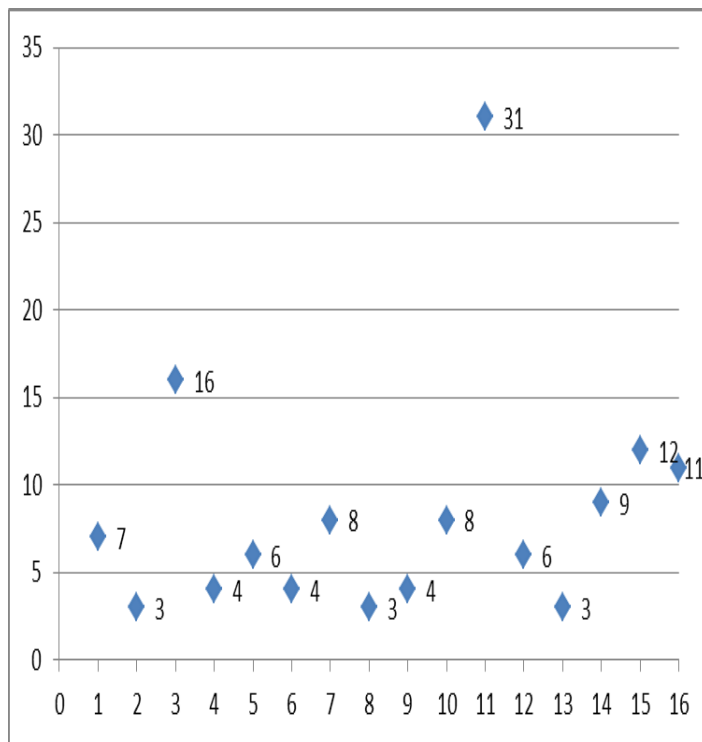
Кореляційний аналіз показав, що обидва показники мають обернену залежність від обсягів навантаження, при цьому коефіцієнт кореляції для обігу вагона складає -0,62, а для середнього простою під однією ВО -0,54, що відповідає помітному зв'язку за шкалою Чеддока. Таким чином, спад обсягів роботи залізниць України призвів до погіршення використання рухомого складу і до збільшення його простоїв під ВО. Тенденція до погіршення показників використання зберігається і на сьогодні.

На тлі загального падіння обсягів перевезень на залізницях країни на окремих ВС в 2013 р. порівняно з 2012 р. спостерігалось різке зростання обсягів вантажної роботи: на вугле- та залізородоуавантажуваьних станціях відбувся приріст навантаження (переважно 3–8 %); на станціях, які обслуговують МК і підприємства хімічної промисловості, приріст обсягів вантажної роботи подекуди сягнув 31–41 %; на великих ПС переробка зросла на 81–102 %. Орієнтація клієнтів залізничного транспорту на експортні перевезення призводить до появи на ВС додаткових простоїв, пов'язаних з виконанням митних операцій та отриманням інших дозвільних документів. Зокрема, по станціях примикання великих підприємств відзначено наступні показники навантаження: приріст по ВС примикання основних ГЗК і МК є суттєвим і наведено на рис. 2.8, а аналогічні дані по ВС щодо приросту обсягів вивантаження – на рис. 2.9.

Крім ВС, обсяги навантаження та вивантаження по СС Чорноморська (станції примикання ТІС) збільшилися практично вдвічі та спостерігається стійка тенденція до їх подальшого зростання.

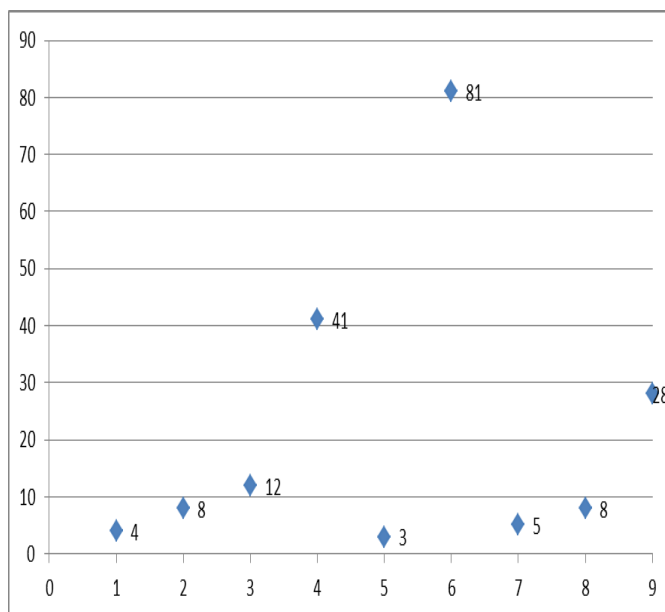
Подальша тенденція зміни об'ємів навантаження по окремих станціях мережі залізниць наведена в табл. 2.1, а вивантаження – в табл. 2.2 (за даними 2014 р. порівняно з 2013 р. і 2012 р.).

В цілому, в 2014 р. порівняно з 2012 р. приріст навантаження на вугле- та рудонавантажувальних станціях склав переважно 5–30 %; на станціях, які обслуговують МК і підприємства хімічної промисловості, приріст обсягів вантажної роботи подекуди сягнув 20–50 %; на деяких ПС переробка зросла на 60–600 %.



1	Ароматна
2	Богуславський
3	Миколаївка-Донецька
4	Баглій
5	Нижньодніпровськ
6	Рядова
7	Терни
8	Грекувата
9	Рокувата
10	Батуринська
11	Кривий Ріг-Головний
12	Кривий Ріг
13	Інгулець
14	Берегова
15	Одеса-Порт
16	Золотнишине

Рисунок 2.8 – Приріст навантаження по ВС примикання великих промислових підприємств України, % (в 2013 р. порівняно з 2012 р.)



1	Горайнове
2	Правда
3	Батуринська
4	Кривий Ріг
5	Берегова
6	Рені-Наливна
7	Роя
8	Комунарськ
9	Маріуполь-Порт

Рисунок 2.9 – Приріст вивантаження по ВС примикання великих промислових підприємств України, % (в 2013 р. порівняно з 2012 р.)

Таблиця 2.1 – Динаміка зміни об'ємів навантаження по ВС мережі залізниць

№ п/п	Станція	Заліз-ниця	Об'єм навантаження, ваг/рік			Приріст навантаження в 2014 р. порівняно з	
			2012 р.	2013 р.	2014 р.	2013 р.	2012 р.
1	Ароматна	Придн	114496	121993	138131	+ 13,2 %	+ 20,6 %
2	Горяїнове	Придн	1233	941	1576	+ 67,5 %	+ 27,8 %
3	Самарівка	Придн	2068	2047	2589	+ 26,5 %	+ 25,2 %
4	Ігрень	Придн	1300	895	4288	+ 379,1 %	+230,0 %
5	Балівка	Придн	1687	1972	2297	+ 16,5 %	+ 36,2 %
6	Дніпродзержинськ	Придн	7599	8385	8860	+ 5,7 %	+ 16,6 %
7	Рокувата	Придн	56667	58711	63273	+ 7,8 %	+ 11,6 %
8	Чортотлик	Придн	4224	7006	7223	+ 3,1 %	+ 71,0 %
9	Кривий Ріг-Західний	Придн	27	102	219	+ 114,7 %	+ 711,1 %
10	Берегова	Од	18805	20415	30704	+ 50,4 %	+ 63,3 %
11	Іллічівськ-Поромний	Од	16963	12486	22364	+ 79,1 %	+ 31,8 %
12	Маріуполь-Порт	Дон	3224	2710	22265	+ 721,6 %	+590,6 %
13	Ямниця	Льв	10283	10143	13245	+ 30,6 %	+ 28,8 %

Таблиця 2.2 – Динаміка зміни об'ємів вивантаження по ВС мережі залізниць

№ п/п	Станція	Заліз-ниця	Об'єм вивантаження, ваг/рік			Приріст вивантаження в 2014 р. порівняно з	
			2012 р.	2013 р.	2014 р.	2013 р.	2012 р.
1	Ароматна	Придн	662	1061	1398	+ 31,8 %	+ 111,1 %
2	Нижньодніпровськ-Пристань	Придн	5532	5391	7138	+ 32,4 %	+ 29,0 %
3	Горяїнове	Придн	26528	27637	29707	+ 7,5 %	+ 12,0 %
4	Дніпропетровськ-Вантажний	Придн	753	829	1672	+ 101,7 %	+ 122,0 %
5	Мудрьона	Придн	144	52	586	+ 307,0 %	+ 576,0 %
6	Батуринська	Придн	24078	26846	26711	- 0,5 %	+ 10,9 %
7	Передатна	Придн	1632	1759	2185	+ 24,2 %	+ 33,9 %
8	Бердянськ	Придн	27420	22135	31594	+ 42,7 %	+ 15,2 %
9	Одеса-Порт	Од	192429	173646	204647	+ 17,9 %	+ 6,3 %
10	Жовтнева	Од	95383	84750	96920	+ 14,4 %	+ 1,6 %
11	Ямниця	Льв	38639	37540	49613	+ 32,2 %	+ 28,4 %

2.2.2 Аналіз динаміки зміни структури вантажних вагонів та її вплив на умови функціонування вантажних станцій

Суттєві зміни в умовах експлуатації ВС пов'язані зі зміною структури парку вагонів за власниками та значною диференціацією вагонів за їх технічним станом.

Частки власних вагонів по залізницях України, які використовувались під навантаження в 2012–2014 р., наведено на рис. 2.10.

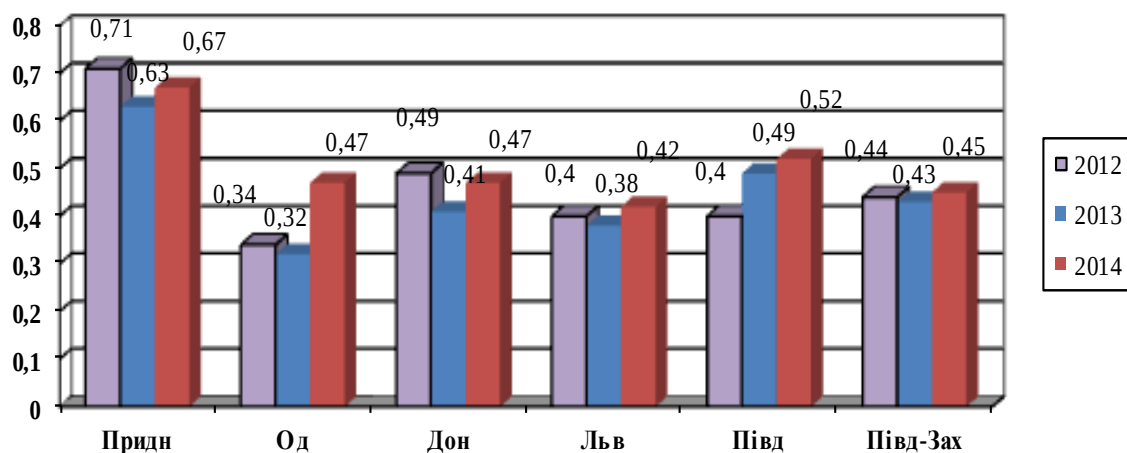


Рисунок 2.10 – Частки власних вагонів, які використовуються під навантаження на залізницях України

Дані щодо часток приватних вагонів під навантаженням та наявності відправницької маршрутизації масових вантажів по ВС наведено в табл. 2.3 і 2.4 відповідно для Придніпровської та Донецької залізниць.

Таблиця 2.3 – Розміри часток приватних вагонів під навантаженням та наявності відправницької маршрутизації масових вантажів по ВС Придніпровської залізниці

Станція	Частка приватних вагонів під навантаженням на станції, %	Наявність відправницької маршрутизації масових вантажів по станції
Ароматна	99	+
Дніпродзержинськ	41	-
Миколаївка-Донецька	28	+
Богуславський	99	+
Правда	84	+
Інгулець	14	+
Кривий Ріг	88	+
Кривий Ріг-Головний	32	+
Рядова	83	+
Терни	78	+
Грекувата	65	+
Шмакове	64	+
Нікополь	60	+

Таблиця 2.4 – Розміри часток приватних вагонів під навантаженням та наявності відправницької маршрутизації масових вантажів по ВС Донецької залізниці

Станція	Частка приватних вагонів під навантаженням на станції, %	Наявність відправницької маршрутизації масових вантажів по станції
Маріуполь Порт	43	-
Маріуполь-Сортувальний	55	+
Росія	2	-
Сартана	51	+
Удачна	6	+
Авдіївка	70	+
Макіївка	14	-

Як видно з табл. 2.3 і 2.4, на ВС у разі значного рівня маршрутизації умови роботи можуть полегшуватися за рахунок зменшення зайнятості колійного розвитку внаслідок зменшення кількості та тривалості операцій, пов'язаних з формуванням передач на ПК і виключення додаткової добірки. Але у разі використання вагонів різних власників (операторів) і наявних жорстких умов щодо відбору вагонів під навантаження на експорт ступінь полегшення роботи станції за рахунок маршрутизації зменшується.

З метою аналізу впливу зміни структури парку вантажних вагонів на умови роботи залізничних станцій виконано дослідження забезпечення порожніми вагонами ПК ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Середня кількість ВО, що виконується з одним вантажним вагоном, відображує коефіцієнт здвоєних операцій, який визначається за формулою [141]

$$K_{\text{здв}} = \frac{U_{\text{вив}} + U_{\text{нав}}}{U_{\text{вив}} + U_{\text{пр.пор}}}, \quad (2.1)$$

де $U_{\text{вив}}$, $U_{\text{нав}}$ – кількість вивантажених і навантажених вагонів;

$U_{\text{пр.пор}}$ – кількість порожніх вагонів, які прибувають на станцію під ВО.

Коефіцієнти здвоєних операцій за типами вагонів наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Коефіцієнти здвоєних операцій за типами вагонів

№ п/п	Тип вагону	Кзdv
1	Критий	1,03
2	Платформа	1,00
3	Приватні вагони	1,18
4	Піввагони	1,38
5	Цистерни	1,00
6	Спеціальний рухомий склад	1,00

Аналіз даних табл. 2.5 показує, що рухомий склад використовується для перевезень досить неефективно. Причиною цього є поганий технічний стан інвентарних піввагонів, а також відсутність договорів із власниками приватних піввагонів на завантаження вантажів визначених типів. Частка вагонів, які використовуються з-під вивантаження для завантаження, наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Використання вагонів з-під вивантаження під навантаження

№ п/п	Тип вагона	Частка, %
1	Критий	11
2	Платформа	1
3	Приватні вагони	42
4	Піввагони	55
5	Цистерни	0
6	Спеціальний рухомий склад	0

Основним типом вагонів, які використовуються для перевезень на ПК, є піввагони. При цьому для різних вантажів характерними є різні вимоги, що пред'являються до технічного стану вагонів. Можливість використання піввагонів для виконання здвоєних операцій визначається також наявністю дозволу власників вагонів на завантаження конкретних видів вантажів.

Для аналізу напрямків використання піввагонів з-під вивантаження виконано аналіз їх розподілу під навантаження. Підсумки аналізу наведено в табл. 2.7 і 2.8 відповідно щодо використання вагонів з-під вивантаження під завантаження та забезпечення навантаження. Зокрема, 12 % прибулих порожніх піввагонів відправляються з ПК в порожньому стані. При цьому, вказана частка суттєво відрізняється в залежності від належності вагонів. Під навантаження не використовується 22 % прибулих порожніх інвентарних вагонів і 9,6 % прибулих приватних вагонів.

Таблиця 2.7 – Використання вагонів з-під вивантаження під завантаження

Прибуття вагонів на ПК	Відправлення вагонів з ПК							
	по-рожні	завантажені вантажами						
		ЗК	сталь	катан-ка	заготовка сталева	гран-шлак	кокс	інші
Порожні	12,0	44,5	18,6	16,8	4,3	2,6	0,4	0,8
Вугільний концентрат	56,9	9,3	18,3	7,6	5,7	0,8	0,6	0,8
Флюси різні	29,5	8,8	21,4	21,8	18,3	0,1	0,0	0,1
Вугілля кам'яне	61,3	7,1	17,0	6,7	5,8	0,9	0,3	0,8
Аглоруда	94,3	0,2	1,7	1,7	2,2	0,0	0,0	0,0
Брухт чорних металів	34,8	0,2	32,3	14,4	8,6	8,7	0,2	0,7
Вапняк для флюсів	21,4	29,4	24,5	11,3	12,8	0,6	0,0	0,0
Вугілля АКО	74,0	3,6	11,8	3,3	5,0	1,2	0,5	0,5
Вугілля марки К	65,6	4,7	15,2	6,7	4,7	0,8	1,3	1,0
Шлак металургійний	65,8	0,3	8,2	9,9	6,3	4,3	3,0	2,3
Вугілля марки Ж	33,1	2,7	39,6	12,3	8,2	0,3	1,4	2,4
Торф фрезерний топочний	54,5	1,4	17,0	13,2	11,5	1,4	0,7	0,3
Вугілля марки КЖ	73,1	6,7	8,8	4,9	1,4	3,9	1,1	0,0
Порошок магнезитовий	97,1	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Шлак доменний	78,6	0,4	9,4	5,6	4,7	0,0	0,9	0,4
Вугілля марки 2Ж+К	50,4	43,5	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Феросплави	98,5	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Вугілля АС	72,5	3,2	10,1	0,5	5,8	7,4	0,5	0,0
Кокс доменний	42,9	0,0	33,7	3,8	0,0	17,4	1,1	1,1
Вугілля-антрацит	65,9	2,2	9,9	3,3	3,3	13,7	1,1	0,5
Кокс	59,4	1,0	10,4	0,0	0,0	29,2	0,0	0,0
Шари сталеві помол.	81,2	0,7	4,7	10,1	2,0	1,3	0,0	0,0
Вугілля напівантрацит	59,2	1,0	18,4	9,2	11,2	1,0	0,0	0,0
Пісок	76,6	2,6	2,6	11,7	1,3	5,2	0,0	0,0
Руда залізна доменна	46,3	0,0	25,9	18,5	9,3	0,0	0,0	0,0
Інші вантажі	79,5	1,3	10,6	3,0	3,8	0,9	0,4	0,4

Таблиця 2.8 – Забезпечення навантаження вагонами

Прибуття вагонів на ПК	Відправлення вагонів з ПК							
	по- рож- ні	завантажені вантажами						
		ЗК	сталь	катан- ка	заготовка сталева	гран- шлак	кокс	інші
Порожні	12,3	78,6	39,0	49,0	23,4	52,4	43,1	49,9
Вугільний концентрат	29,0	8,2	19,1	11,1	15,3	7,9	30,7	24,5
Флюси різні	12,0	6,1	17,8	25,2	39,2	0,6	0,0	1,9
Вугілля кам'яне	13,4	2,7	7,6	4,2	6,6	4,1	7,3	10,7
Аглоруда	13,6	0,0	0,5	0,7	1,7	0,0	0,0	0,0
Брухт чорних металів	4,1	0,0	7,8	4,9	5,4	20,6	2,8	5,2
Вапняк для флюсів	1,1	2,7	2,7	1,7	3,6	0,6	0,0	0,0
Вугілля АКО	2,0	0,2	0,6	0,2	0,7	0,6	1,4	0,8
Вугілля марки К	1,2	0,1	0,6	0,3	0,4	0,3	2,3	1,1
Шлак металургійний	0,9	0,0	0,2	0,4	0,5	1,2	4,1	1,9
Вугілля марки Ж	0,4	0,1	1,1	0,5	0,6	0,1	1,8	1,9
Торф фрезерний топочний	0,7	0,0	0,5	0,5	0,8	0,4	0,9	0,3
Вугілля марки КЖ	1,0	0,2	0,2	0,2	0,1	1,0	1,4	0,0
Порошок магнезитовий	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Шлак доменний	0,8	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	0,9	0,3
Вугілля марки 2Ж+К	0,5	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Феросплави	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Вугілля АС	0,6	0,0	0,2	0,0	0,3	1,3	0,5	0,0
Кокс доменний	0,4	0,0	0,6	0,1	0,0	2,9	0,9	0,6
Вугілля-антрацит	0,6	0,0	0,2	0,1	0,1	2,3	0,9	0,3
Кокс	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0
Шари сталеві помол.	0,6	0,0	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0
Вугілля-напівантрацит	0,3	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0
Пісок	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0
Руда залізна доменна	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Інші вантажі	1,9	0,1	0,5	0,2	0,5	0,5	0,9	0,6

Співвідношення вагонів інвентарного та приватного парків, які використовуються для навантаження основних видів вантажів, наведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Розподіл завантажених вагонів за власниками

Вантаж	Інвентарних вагонів	Приватних вагонів
ЗК	27,1	72,9
Сталь	41,2	58,8
Катанка	20,0	80,0
Заготовка сталева	29,6	70,4
Граншлак	78,8	21,2
Кокс	58,3	41,7
Інші	46,1	53,9

Виконаний аналіз показує, що погіршення стану вантажних вагонів і розділення парку між власниками призводить до суттєвого погіршення використання вагонів під здвоєні операції та збільшення вагонообігу станцій. Це викликає необхідність збільшення кількості колій для роботи з порожніми вагонами та виконання додаткової маневрової роботи.

2.2.3 Аналіз відповідності розмірів переробки вантажів на вантажних станціях розмірам їх колійного розвитку

Після аналізу основних показників роботи залізниць України у вказаний період було визначено коливання співвідношення розмірів робочого парку вантажних вагонів до експлуатаційної довжини колій, результати якого наведено на рис. 2.11.

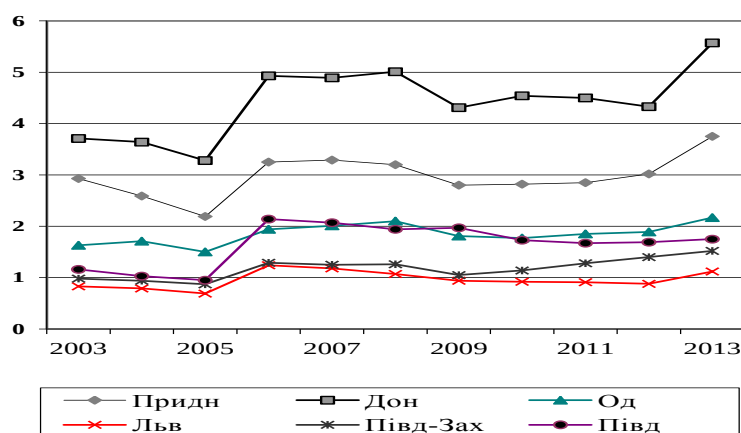


Рисунок 2.11 – Динаміка зміни співвідношення розмірів робочого парку вантажних вагонів до експлуатаційної довжини колій, ваг/км

Як видно, для більшості залізниць України дане співвідношення перевищило докризові показники 2009 р. і досягло в 2013 р. для Придніпровської залізниці значення 3,75, для Донецької залізниці – 5,57, для Одеської – 2,17 і для Південно-Західної – 1,52. В той же час, для Львівської та Південної залізниць перевищення докризових значень в 2014 р. не відбулося. Найбільші значення співвідношення розмірів вагонного парку вантажних вагонів до експлуатаційної довжини колій є характерними саме для тих залізниць, на яких за даними УЗ відмічено найбільші розміри вантажної роботи. Дані щодо відношення існуючої ємності колій до добового робочого парку по ВС Придніпровської залізниці наведено в табл. 2.10, а Донецької залізниці – в табл. 2.11.

Таблиця 2.10 – Розміри відношення існуючої ємності колій до добового робочого парку по ВС Придніпровської залізниці

Станція	Відношення існуючої ємності колій до добового робочого парку вагонів, ум. ваг/ваг
Ароматна	1,78
Дніпродзержинськ	1,96
Миколаївка-Донецька	3,58
Богуславський	2,27
Правда	2,50
Інгулець	1,51
Кривий Ріг	1,26
Кривий Ріг – Головний	4,03
Рядова	2,05
Терни	1,72
Грекувата	2,44
Шмакове	4,37
Нікополь	2,78

Таблиця 2.11 – Розміри відношення існуючої ємності колій до добового робочого парку по ВС Донецької залізниці

Станція	Відношення існуючої ємності колій до добового робочого парку вагонів, ум. ваг/ваг
Маріуполь Порт	2,21
Маріуполь – Сортивальний	1,35
Сартана	1,37
Удачна	2,94
Авдіївка	2,26
Макіївка	1,8

Як видно з табл. 2.10 і 2.11, вказані станції Придніпровської та Донецької залізниць переважно не мають запасу ємності колійного розвитку відповідно до рекомендацій [27], що не може не ускладнювати їх роботу, але на деяких з них полегшуються умови роботи за рахунок наявності достатнього колійного розвитку на прилеглих ПК.

2.3 Аналіз існуючого колійного розвитку вантажних станцій та ефективності його використання

2.3.1 Аналіз існуючого технічного стану та потужності колійного розвитку вантажних станцій магістрального залізничного транспорту

Колійний розвиток ВС включає ПВК, СК, СВК та інші колії. Узагальнені результати аналізу колійного розвитку ВС Придніпровської залізниці наведено в табл. 2.12, а принципова схема розміщення ВС на Придніпровській залізниці – на рис. В.1 Додатку В.

Таблиця 2.12 – Підсумки аналізу стану колійного розвитку ВС Придніпровської залізниці

Кіль- кість стан- цій	Загальна корисна довжина, м / загальна кількість колій	Кількість і довжина, м (абсолютна та відносна, % від загальної) за типами колій					
		приймально- відправні		сортувальні		сортувально- відправні	
		кіль- кість	довжина, м	кіль- кість	довжина, м	кіль- кість	довжина, м
ДН-1							
20	94706 / 146	89 / 61	65703 / 69	27 / 18	8421 / 9	30 / 21	20582 / 22
ДН-2							
16	106532 / 131	69 / 53	59339 / 56	17 / 13	11169 / 10	45 / 34	36024 / 34
ДН-3							
12	51616 / 69	43 / 62	35641 / 69	4 / 6	1325 / 3	22 / 32	14650 / 28
В цілому по Придніпровській залізниці							
48	252854 / 346	201/58	160683 / 64	48 / 14	20915 / 8	97 / 28	71256 / 28

Технічний стан інфраструктури ВС характеризується суттєвою зношеністю. Так, на 16 коліях і на 60 стрілочних переводах ВС Придніпровської залізниці встановлено обмеження швидкості руху 25 км/год, а на 17 коліях і 27 стрілочних переводах – 15 км/год. Крім цього, на більшості ВС закриті для руху окремі стрілочні переводи (в одному або в обох напрямках), стрілочні з'їзди, колії або їх частини, що суттєво погіршує умови роботи станції в цілому. Дані про наявність закритих стрілочних переводів і колій на ВС Придніпровської залізниці наведено в табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Підсумки аналізу стану закритого колійного розвитку ВС Придніпровської залізниці

Кіль- кість станцій	Кількість закритих елементів колійного розвитку			
	стрілочних переводів		колій	
	в одному напрямку	в обох напрямках	кількість	корисна довжина, м/ % до загальної
ДН-1				
14	44	9	36	15108 / 16,7 %
ДН-2				
14	33	6	22	11388 / 10,7 %
ДН-3				
11	8	2	20	6316 / 12,2 %
В цілому по Придніпровській залізниці				
39	85	17	78	32812 / 13,2 %

На ВС Придніпровської залізниці (див. рис. В.1 Додатку В) в якості сортувальних пристроїв переважно застосовуються ВК на площадці. Розподіл ВК на ВС за кількістю наведено на рис. 2.12, а за довжиною – на рис. 2.13.

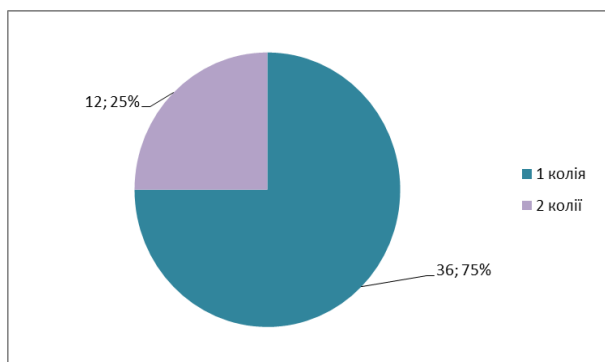


Рисунок 2.12 – Розподіл кількості витяжних колій між ВС

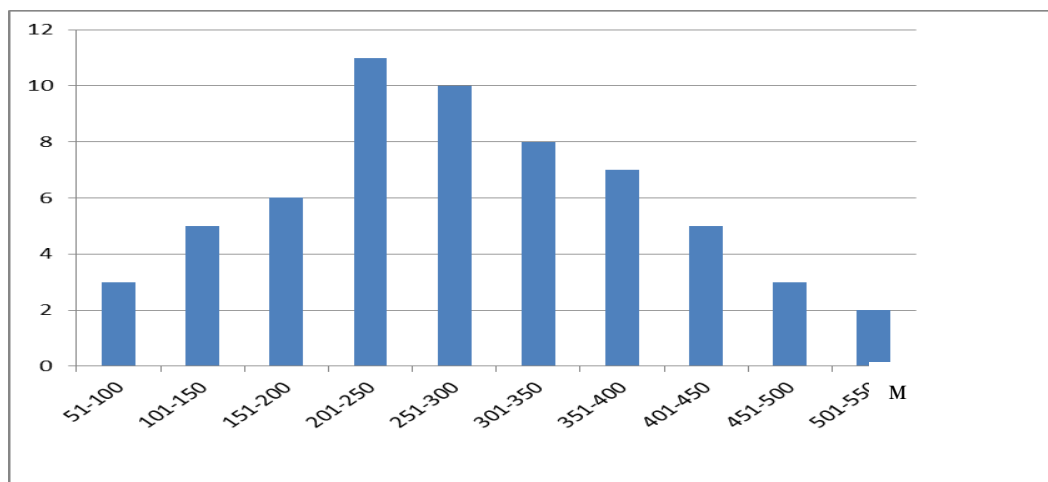


Рисунок 2.13 – Розподіл довжини витяжних колій ВС

2.3.2 Аналіз існуючого технічного стану та потужності колійного розвитку вантажних колій промислового залізничного транспорту

Аналіз, аналогічний наведеному в п. 2.3.1, виконано по ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг» і ПК ТІС.

ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг» включає 15 районів, в яких нараховується 33 станції та 5 постів. Розгорнута довжина колій ПК складає 857,14 км. Підсумки аналізу стану колійного розвитку на ПВС ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг» наведено в табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Підсумки аналізу стану колійного розвитку станцій ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Кількість станцій	Загальна корисна довжина, м / загальна кількість колій	Кількість і довжина, м (абсолютна та відносна, % від загальної) за типами колій					
		приймально-відправні		сортувальні		ходові та з'єднувальні	
		кількість	довжина, м	кількість	довжина, м	кількість	довжина, м
32	150573 / 379	227 / 60	92711 / 62	8 / 2	6407 / 4	144 / 38	51455 / 34

Зношеність колійного розвитку ПВС ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг» є досить суттєвою. нині встановлено ще більші обмеження швидкості руху, ніж

на загальній мережі: на 126 коліях – 15 км/год, на 56 коліях – 10 км/год, на 128 коліях – 5 км/год, а на 3 коліях і на 9 стрілочних переводах – 3 км/год.

Основним сортувальним пристроєм на станціях ПК є витяжні колії, тому маневрова робота виконується осаджуванням. Виняток складає розпуск вагонів на СГ станції Восточна-Сортувальна та розформування поштовхами на профільованій ВК станції Промислова. Статистика розподілу кількості витяжних колій між ПВС на ПК наведена на рис. 2.14, а статистика розподілу довжини ВК на ПВС – на рис. 2.15.

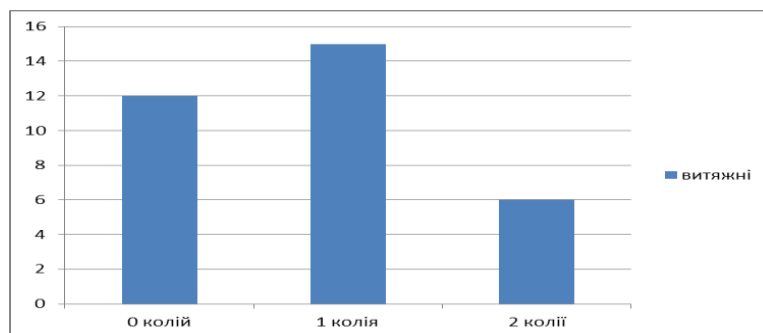


Рисунок 2.14 – Розподіл ВК на ПВС ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг»

У разі відсутності на ПВС ВК, їх роль найчастіше виконують прилеглі перегони або інші колії станції, тому у разі значного транзитного руху по цих станціях безумовно виникають суттєві затримки виконання маневрової роботи.

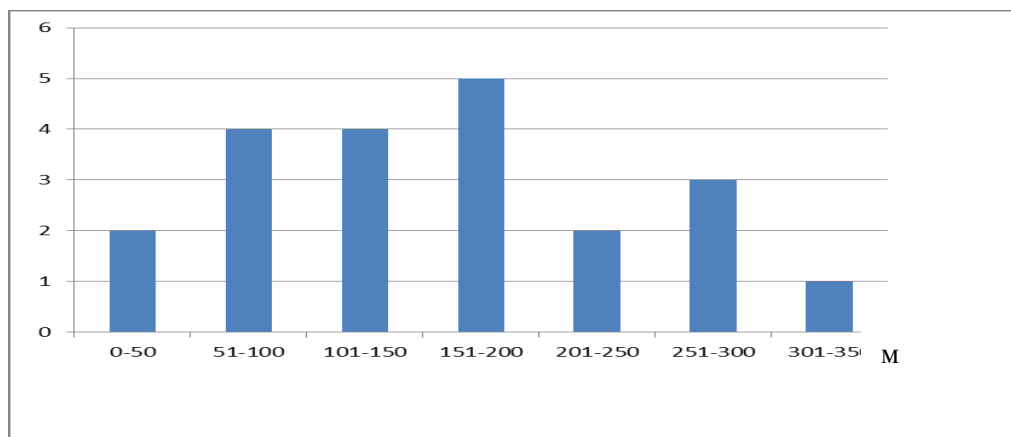


Рисунок 2.15 – Розподіл довжини ВК на ПВС ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг»

На більшості витяжних колій ПК встановлено обмеження швидкості руху. Розподіл ВК з урахуванням існуючих обмежень швидкості руху на них по ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг» наведено на рис. 2.16.

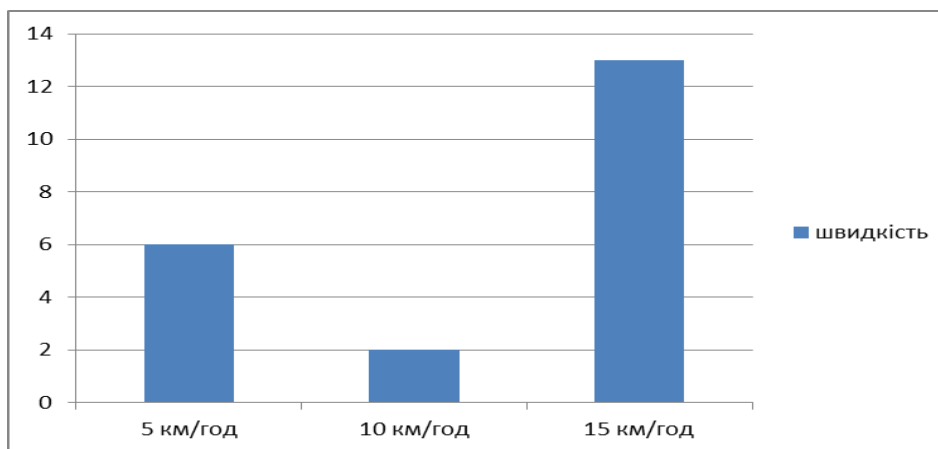


Рисунок 2.16 – Розподіл довжини витяжних колій на ПВС ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг» за існуючим обмеженням швидкості руху

ПК ТІС включає 5 парків розгорнутою довжиною колій 46,34 км. Підсумки аналізу стану колійного розвитку на ПК ТІС наведено в табл. 2.15.

Таблиця 2.15 – Підсумки аналізу стану колійного розвитку ПК ТІС

Кількість парків	Загальна корисна довжина, м / загальна кількість колій	Кількість і довжина, м (абсолютна та відносна, % від загальної) за типами колій					
		приймально-відправні		виставні та витяжні		ходові, вантажні та інші	
		кількість	довжина, м	кількість	довжина, м	кількість	довжина, м
5	33775 / 87	8 / 9	6882 / 20	33 / 38	15616 / 46	46 / 53	11277 / 34

Технічний стан ПК ТІС є задовільним. Обмежень швидкості на коліях і стрілочних переводах ПК не встановлено. Вісім ВК ПК ТІС мають довжину в інтервалі 234-398 м.

2.3.3 Дослідження законів розподілу випадкових величин середньої кількості вагонів, які одночасно знаходяться на коліях вантажних станцій і їх ПК

Середня кількість вагонів, які одночасно знаходяться на ВС та її ПК є випадковою величиною, тому для визначення основних характеристик її розподілу використано методи математичної статистики. На підставі форми ДО-2 побудовано графіки динаміки зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно

на ВС і їх ПК, які наведено на рис. 2.17 для ВС НД, а для інших ВС ДН-1 і ДН-2 Придніпровської залізниці – на рис. В.2–В.36 Додатку В. Відповідно до вказаних графіків визначено основні числові характеристики цієї випадкової величини [209] (статистичні оцінки математичного очікування m_x^* , дисперсії s_x^2 , середнього квадратичного відхилення s_x і параметр форми K для гама-розподілу) та закони розподілу, які наведено в табл. 2.16 для ВС ДН-1 і в табл. 2.17 для ВС ДН-2 Придніпровської залізниці.

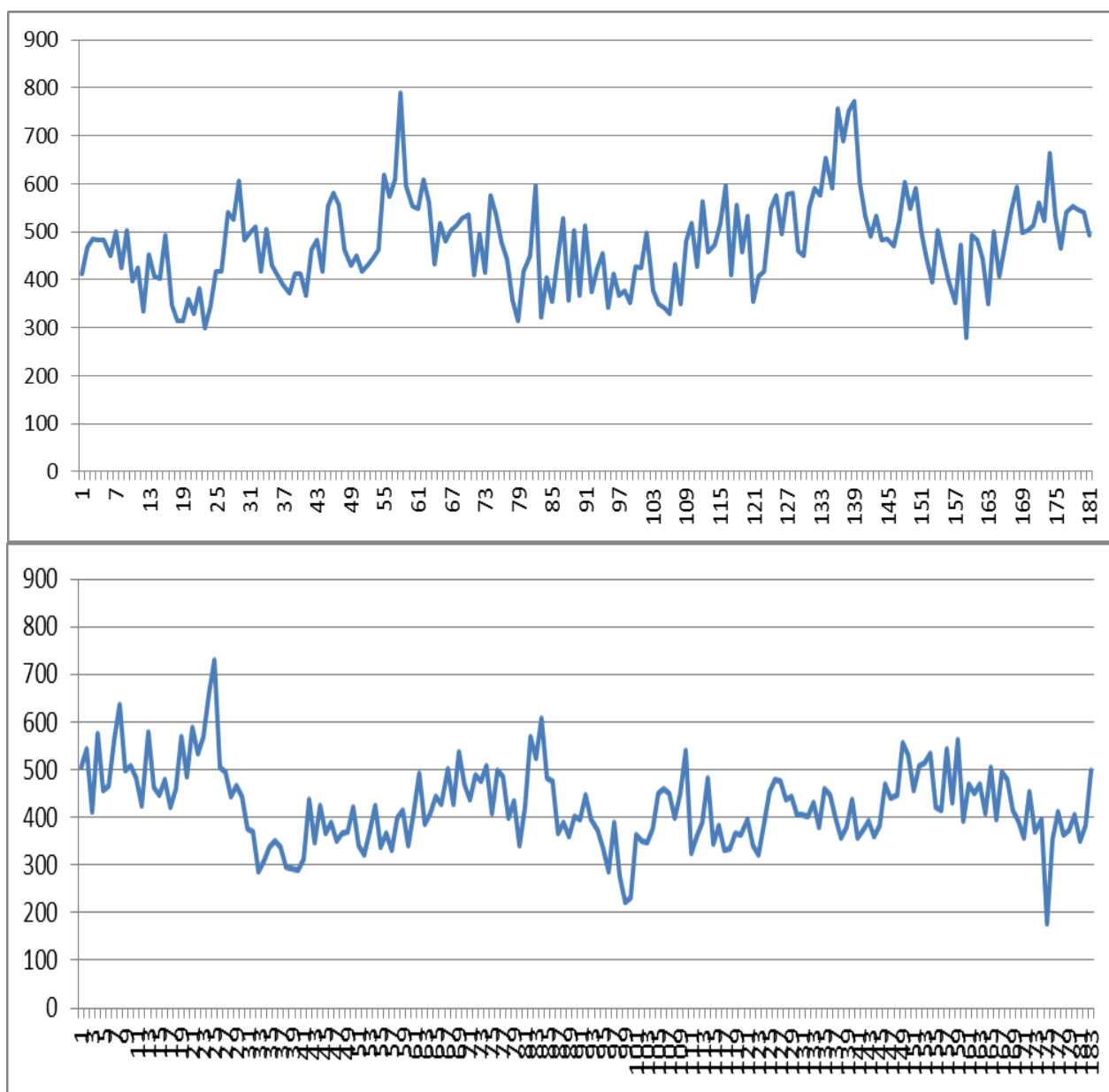


Рисунок 2.17 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажній станції НД і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

Для перевірки гіпотези H_0 використаний критерій згоди Пірсона χ^2

$$\chi^2 = n \sum_{i=1}^c \frac{(b_i - p_i)^2}{p_i}, \quad (2.2)$$

де c – кількість розрядів статистичного ряду;

p_i – теоретична ймовірність влучання випадкової величини в окремий розряд з межами γ_i та β_i , окремі значення якої [209] обчислюються як

$$p_i = \int_{\gamma}^{\beta} f(x) dx = F(x) \Big|_{\gamma}^{\beta} = F(\beta) - F(\alpha), \quad (2.3)$$

де γ , β – значення лівої (γ) та правої (β) межі розряду;

$F(x)$ – значення інтегральної функції розподілу випадкової величини.

У дисертаційній роботі рівень значущості α дорівнює 0,05. Граничні значення $\chi_{\max}^2$ прийнято згідно з [209] для відповідних ступенів свободи ν .

Таблиця 2.16 – Числові характеристики та закони розподілу випадкових величин середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС і їх ПК по ДН-1 Придніпровської залізниці

№ п/п	Станція	Закон розпо- ділу	Числові характеристики випадкової величини				$\chi_{\text{розр}}^2$	$\chi_{\text{табл}}^2$
			m_N^*	s_N^2	s_N	K		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Нижньодніпровськ	гама	449,16	8796,50	93,79	23,17	13,48	14,10
2.	Баглій		950,37	14609,08	120,87	61,83	11,95	14,10
3.	Вільногірськ		261,57	6069,96	77,91	11,39	13,09	14,10
4.	Верхньодніпровськ		156,77	1819,41	42,65	13,51	12,92	14,10
5.	Губиниха		27,36	311,45	17,65	2,4	10,99	14,10
6.	Ігрені		256,21	14538,3	120,58	4,52	12,17	14,10
7.	Дніпропетровськ-Вантажний		102,01	1057,36	32,52	9,84	11,15	14,10
8.	Нижньодніпровськ-Пристань		60,41	659,30	25,68	5,13	11,38	12,60
9.	Миколаївка-Донецька		256,90	6241,03	79,00	10,57	4,37	14,10
10.	Балівка		58,59	1026,24	32,03	3,24	7,04	12,60
11.	Ароматна	нор- маль- ний	705,94	12139,51	110,18	-	8,26	14,10
12.	Богуславський		406,06	8610,48	92,79	-	12,08	14,10
13.	Самарівка		153,07	3537,04	59,47	-	13,57	14,10
14.	Горяїнове	логнор- мальний	488,45	8640,50	92,95	-	13,46	14,10
15.	Правда		571,08	14597,84	120,80	-	8,07	14,10

Продовження таблиці 2.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16.	Дніпродзержинськ	невідомий	1617,47	103173,0	321,21	-	-	14,10
17.	Обвідна		493,35	23712,55	153,99	-	-	14,10
18.	Зустрічний		29,92	802,82	28,33	-	-	14,10
19.	Тритузна		67,12	1348,81	36,73	-	-	14,10
20.	Улянівка		60,00	2254,23	47,48	-	-	14,10

Гістограма та графік щільності ймовірності розподілу для випадкових величин середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажній станції та її ПК для ВС НД за даними 2014 р. наведено на рис. 2.18, а для інших ВС ДН-1 і ДН-2 Придніпровської залізниці – на рис. В.37–В.71 Додатку В.

Таблиця 2.17 – Числові характеристики та закони розподілу випадкових величин середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС і їх ПК по ДН-2 Придніпровської залізниці

№ п/п	Станція	Закон розпо- ділу	Числові характеристики випадкової величини				$\chi^2_{\text{розн}}$	$\chi^2_{\text{табл}}$
			m_N^*	s_N^2	s_N	K		
1.	Жовті Води-2	гама	304,63	5969,74	77,26	15,66	9,68	14,10
2.	Батуринська		795,14	12664,80	112,54	50,03	5,37	14,10
3.	Рядова	нормаль- ний	368,25	11174,50	105,71	-	8,63	14,10
4.	Терни		547,34	14313,46	119,64	-	7,54	14,10
5.	Грекувата		606,81	20869,58	144,46	-	13,43	14,10
6.	Шмакове		250,86	4801,51	69,29	-	7,63	14,10
7.	Вечірній Кут		266,44	7728,51	87,91	-	10,34	14,10
8.	Рокувата		462,51	7763,29	88,11	-	12,81	14,10
9.	Нікополь		1031,00	66277,32	257,44	-	13,80	14,10
10.	Кривий Ріг-Головний		2329,74	75389,83	274,57	-	13,42	14,10
11.	Кривий Ріг		1438,43	38607,67	196,49	-	13,89	14,10
12.	Інгулець		652,13	21496,98	146,62	-	11,10	14,10
13.	Марганець		221,21	8883,41	94,25	-	13,45	14,10
14.	Чортомлик		169,82	5271,57	72,61	-	6,06	14,10
15.	Мудрьона		358,19	4505,71	67,12	-	3,38	14,10
16.	Кривий Ріг-Західний		302,20	11959,06	109,36	-	13,75	14,10

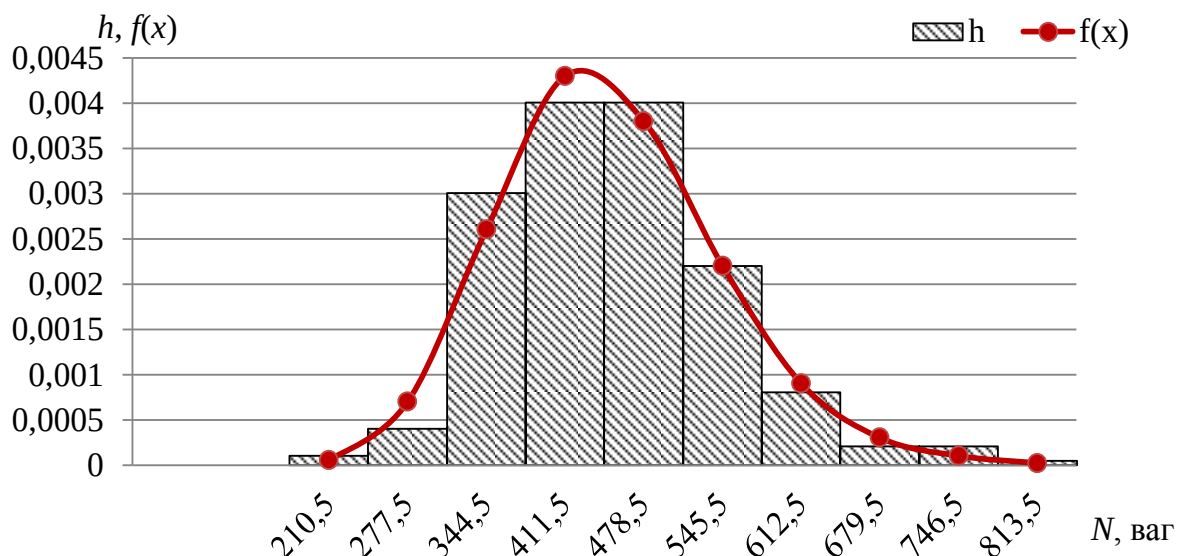


Рисунок 2.18 – Гістограма та графік щільності ймовірності гамма-розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС НД і її ПК, протягом 2014 р.

Аналіз роботи вантажних станцій ДН-1 і ДН-2 Придніпровської залізниці показав, що на значній частині цих станцій виконуються непритаманні для них функції відстою транзитних вагонів з метою диспетчерського регулювання руху на ділянках, в т. ч. і відстій залишених без локомотивів составів. Відповідно, умови роботи таких станцій суттєво погіршуються та зменшується ефективність їх функціонування в цілому.

За даними ДН-1 за 2014 р. на більшості з ВС невиконано план щодо тривалості знаходження транзитних вагонів без переробки та з переробкою. Підсумки аналізу виконання плану щодо тривалості знаходження транзитних вагонів без переробки та з переробкою на станціях ДН-1 Придніпровської залізниці наведено в табл. 2.18.

До інших факторів, які збільшують тривалість знаходження вагонів на ВС, відноситься також необхідність врахування вимог [156] щодо формування поїздів і особливостей маневрової роботи з вагонами, завантаженими небезпечними вантажами, та неочищеними з-під них.

Таблиця 2.18 – Дані про виконання простою транзитних вагонів на станціях ДН-1 Придніпровської залізниці

Найменування станції	Тривалість знаходження транзитних вагонів на станціях, год			
	транзитні без переробки		транзитні з переробкою	
	план	факт	план	факт
Правда	-	-	20,00	19,33
Баглій	7,70	2,09	15,00	17,22
Дніпродзержинськ	-	0,85	7,23	10,74
Нижньодніпровськ	3,00	4,10	5,00	4,88
Улянівка	-	-	3,00	22,90
Ігрень	-	12,23	8,00	12,11
Нижньодніпровськ-Пристань	-	-	5,00	11,14
Горяїнове	-	-	37,00	78,38
Тритузна	-	-	8,00	0,00
Верхньодніпровськ	-	3,33	10,00	8,50
Вільногірськ	-	1,07	7,00	5,30
Дніпропетровськ-Вантажний	-	1,47	15,00	23,52
Обвідна	-	7,40	10,00	2214,00
Зустрічний	-	175,32	15,00	17,94
Самарівка	-	61,86	4,00	139,85
Губиниха	-	7,82	3,10	6,54
Ароматна	-	-	10,00	0,00
Богуславський	-	0,93	8,00	5,08
Миколаївка-Донецька	-	1,43	6,00	11,93
Балівка	-	21,04	8,00	30,52

Враховуючи досить суттєву частку вагонів з НВ в загальній кількості вагонів, які перероблюються на окремих ВС по відправленню та по прибуттю (для ДН-1 Придніпровської залізниці за 2014 р. наведено в табл. 2.19), цей фактор теж впливає на показники функціонування ВС.

Таблиця 2.19 – Дані щодо часток вагонів з НВ на станціях ДН-1 ПЗ

Найменування станції	Класи небезпеки НВ	Частка вагонів з НВ, %	
		по відправленню	по прибуттю
Самарівка	2.1, 2.3, 3, 6.1, 8	16	1
Баглій	2.3, 3, 5.1, 6.1, 8, 9	12	2
Зустрічний	3, 9	89	45
Дніпропетровськ-Вантажний	3, 4.1	6	1
Обвідна	2.2, 3, 8, 9	78	51
Балівка	3, 8, 9	5	11
Губиниха	8	58	0

2.4 Аналіз параметрів функціонування вантажних станцій

Інтервали прибуття груп вагонів на ВС, тривалості виконання технологічних операцій на коліях ВС, кількість вагонів в групах по прибутті на ПК, як правило, є випадковими величинами, тому для вирішення поставленої задачі використовуються методи математичної статистики.

2.4.1 Аналіз статистичних даних щодо елементів тривалості знаходження вагонів на вантажній станції НД

Для встановлення числових характеристик елементів тривалості знаходження вагонів на станції НД (див. рис. Б.1 Додатку Б) виконано вибірку статистичних даних за три місяці 2014 р. на підставі даних АСК ВП УЗ-Є. Відповідні вибірки елементів тривалості знаходження груп вагонів на станції НД і її ПК протягом аналізованого періоду 2014 р. наведено в табл. В.1–В.6 Додатку В.

Підсумки аналізу щодо числових характеристик і законів розподілу випадкових величин інтервалу між надходженням груп вагонів на ПК і елементів тривалості знаходження їх на станції протягом аналізованого періоду 2014 р. наведено в табл. 2.20.

Таблиця 2.20 – Числові характеристики та закони розподілу випадкових величин інтервалу між надходженням груп вагонів на ПК і елементів тривалості знаходження їх на станції НД за аналізований період 2014 р.

№ п/п	Випадкова величина	Закон розпо- ділу	Числові характеристики випадкової величини			$\chi^2_{\text{розр}}$	$\chi^2_{\text{табл}}$
			m_t^*	s_t^2	s_t		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Інтервал між надходженням груп вагонів призначенням на ПК, год	експоненціальний	23,72	400,02	20	10,10	12,60
2.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту відправлення зі станції, год		95,95	5212,66	72,20	11,93	12,60

Продовження таблиці 2.20

1	2	3	4	5	6	7	8
3.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту закінчення розформування, хв.	невідомий	75,00	1678,60	40,97	-	-
4.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту закінчення відчеплення від составу, хв.		4,49	9,79	3,13	-	-
5.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту закінчення розформування (відчеплення від составу) до моменту передавання на ПК, год	експоненціальний	3,46	11,57	3,40	10,73	12,60
6.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту передавання на ПК до моменту повернення з ПК, год		121,02	13065,8	114,31	11,71	12,60
7.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту повернення з ПК до моменту відправлення зі станції, год	нормальний	13,06	31,07	5,57	10,81	11,10

Гістограма та графік щільності ймовірності розподілу для випадкових величин інтервалу між надходженням груп вагонів призначенням на ПК станції НД протягом аналізованого періоду 2014 р. наведено на рис. 2.19.

Гістограми та графіки щільності ймовірності розподілу для випадкових величин елементів тривалості знаходження груп вагонів на ВС НД протягом аналізованого періоду 2014 р. наведено на рис. В.72–В.77 Додатку В.

Для перевірки визначених числових характеристик елементів тривалості знаходження вагонів на станції НД виконано аналогічну вибірку статистичних даних за три місяці 2015 р. на підставі даних АСК ВП УЗ-Є. Відповідні вибірки елементів тривалості знаходження груп вагонів на станції НД і її ПК протягом аналізованого періоду 2015 р. наведено в табл. В.7–В.12 Додатку В.

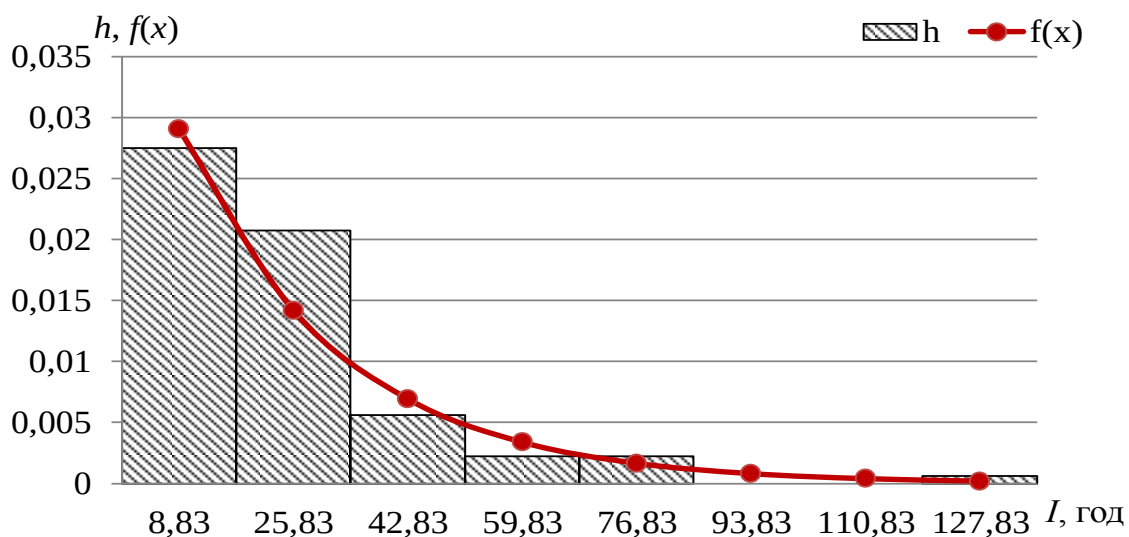


Рисунок 2.19 – Гістограма та графік щільності ймовірності експоненціального розподілу для випадкової величини інтервалу між надходженням груп вагонів призначенням на ПК на станції НД протягом аналізованого періоду 2014 р.

Підсумки аналізу щодо числових характеристик і законів розподілу випадкових величин інтервалу між надходженням груп вагонів на ПК, елементів тривалості знаходження їх на станції протягом аналізованого періоду 2015 р. наведено в табл. 2.21.

Таблиця 2.21 – Числові характеристики та закони розподілу випадкових величин інтервалу між надходженням груп вагонів на ПК і їх розмірів і елементів тривалості знаходження їх на станції за аналізований період 2015 р.

№ п/п	Випадкова величина	Закон розпо- ділу	Числові характеристики випадкової величини			$\chi^2_{\text{розр}}$	$\chi^2_{\text{табл}}$
			m^*	s^2	s		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Інтервал надходження груп вагонів призначенням на ПК, год	експо- ненці- альний	4,32	15,52	3,94	12,35	14,10
2.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту відправлення зі станції, год		101,50	7631,62	87,36	9,45	11,10
3.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту закінчення розформування, хв.	невідомий	97,17	655,27	25,60	-	-

Продовження таблиці 2.21

1	2	3	4	5	6	7	8
4.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту закінчення відчеплення від составу, хв.	невідомий	4,96	11,10	3,33	-	-
5.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту закінчення розформування (відчеплення від составу) до моменту передавання на ПК, год	експоненціальний	3,68	14,13	3,76	11,14	12,60
6.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту передавання на ПК до моменту повернення з ПК, год		115,13	13315,00	115,39	13,48	14,10
7.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту повернення з ПК до моменту відправлення зі станції, год	нормальний	12,00	37,15	6,10	9,15	14,10

Гістограма та графіки щільності ймовірності розподілу для випадкових величин інтервалу між надходженням груп вагонів призначенням на ПК станції НД протягом аналізованого періоду 2015 р. наведено на рис. 2.20.

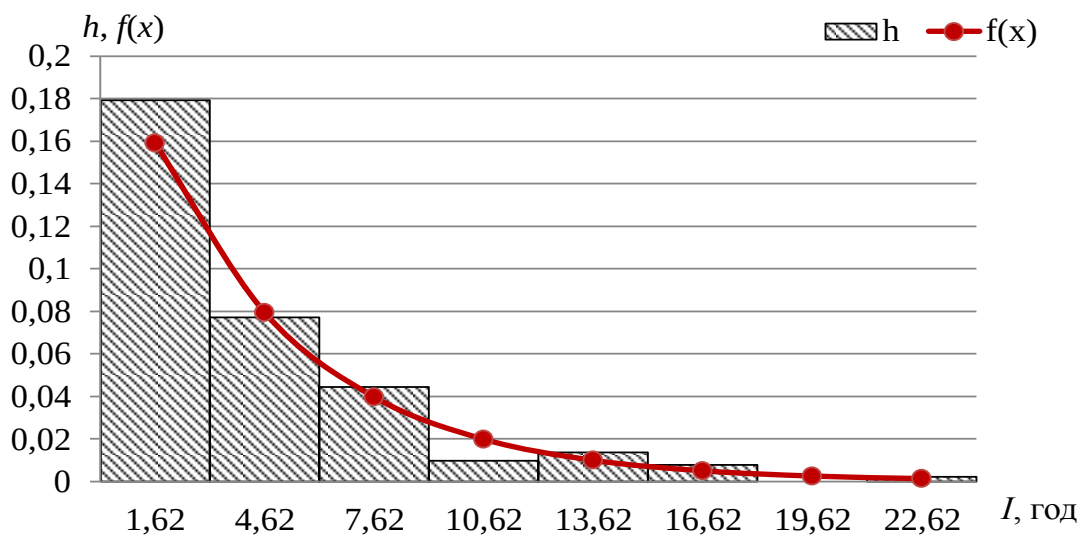


Рисунок 2.20 – Гістограма та графік щільності ймовірності експоненціального розподілу для випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів призначенням на ПК станції НД протягом аналізованого періоду 2015 р.

Гістограми та графіки щільності ймовірності розподілу для випадкових величин елементів тривалості знаходження груп вагонів на станції НД протягом аналізованого періоду 2015 р. наведено на рис. В.78–В.83 Додатку В.

Підсумки аналізу числових характеристик і законів розподілу випадкових величин кількості вагонів у групах призначенням на кожен ПК станції НД наведено в табл. 2.22.

Таблиця 2.22 – Числові характеристики та закони розподілу випадкових величин кількості вагонів у групах призначенням на кожен ПК станції НД

№ п/п	Випадкова величина	Закон розподілу	Числові характеристики випадкової величини				$\chi^2_{\text{розр}}$	$\chi^2_{\text{табл}}$
			m^*	s^2	s	K		
1.	Кількість вагонів у групі призначенням на ПК	експоненціальний	11,09	116,38	10,79	-	13,68	14,10
2.	Кількість вагонів у групі призначенням на ПК «Втормет»	гама	7,48	20,01	4,47	2,79	13,06	14,10
3.	Кількість вагонів у групі призначенням на ПК «Трубопрокатний завод»	експоненціальний	4,06	6,76	2,6	-	13,05	14,10
4.	Кількість вагонів у групі призначенням на ПК «Металургійний завод»		12,63	139,63	11,82	-	3,89	14,10
5.	Кількість вагонів у групі призначенням на ПК «Метизний завод»		4,78	11,86	3,44	-	4,27	14,10

Гістограми та графіки щільності ймовірності розподілу для випадкових величин кількості вагонів у групах призначенням на кожен ПК наведено на рис. В.84–В.88 Додатку В. Порівняльні значення числових характеристик випадкової величини елементів тривалості знаходження на станції НД груп вагонів протягом аналізованих періодів в 2014 р. і в 2015 р. наведено в табл. 2.23.

Таблиця 2.23 – Порівняльні значення числових характеристик випадкової величини елементів тривалості знаходження на станції НД груп вагонів

№ п/п	Випадкова величина	Числові характеристики випадкової величини			
		m_t^*		s_t	
		2014 р.	2015 р.	2014 р.	2015 р.
1.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції і на ПК від моменту прибуття до моменту відправлення, год	95,95	101,50	72,20	87,36
2.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту закінчення розформування, хв.	75,00	97,17	40,97	25,60
3.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту закінчення відчеплення від составу, хв.	4,49	4,96	3,13	3,33
4.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту закінчення розформування (відчеплення) до моменту передавання на ПК, год	3,46	3,68	3,40	3,76
5.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту передавання на ПК до моменту повернення з ПК, год	121,02	115,13	114,31	115,39
6.	Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту повернення з ПК до моменту відправлення зі станції, год	13,06	12,00	5,57	6,10

2.4.2 Перевірка гіпотези про належність вибірок статистичних даних щодо елементів тривалості знаходження вагонів на ВС НД до однієї генеральної сукупності

Для встановлення достовірності твердження про відповідність даних, отриманих у 2014 р., даним, отриманим у 2015 р., щодо елементів тривалості знаходження вагонів на станції НД була виконана перевірка гіпотези про приналежність вибірок до однієї генеральної сукупності. Для перевірки гіпотези про однорідність двох вибірок обсягом, відповідно, n_x (2014 р.) і n_y (2015 р.) значень використано U -критерій Уїлкоксона (Манна – Уїтні) [209]. Даний критерій призначений для перевірки гіпотези H_0 про те, що функції розподілу $F(x)$ і $F(y)$ двох генеральних сукупностей однакові ($H_0 : F(x) = F(y)$); конкуруюча гіпотеза $H_1 : F(x) \neq F(y)$.

Значення критерію Уїлкоксона визначаються за допомогою виразів:

$$u_x = R_x - \frac{n_x(n_x + 1)}{2}, \quad u_y = R_y - \frac{n_y(n_y + 1)}{2}, \quad (2.4)$$

де R_x, R_y – сума рангових чисел, які відповідають елементам вибірок x_i ($i = 1, \dots, n_x$) і y_j ($j = 1, \dots, n_y$).

Рангові числа r_i (r_j) є номерами елементів обох вибірок, що розташовані в порядку зростання ($r \in [1, n_x + n_y]$). У результаті розрахунку вказаних статистик для вибірок x_i і y_j були отримані значення R_x, u_x і R_y, u_y , які наведено у табл. 2.24.

Таблиця 2.24 – Розрахунок значень критерію Уїлкоксона

Випадкова величина	n_x	n_y	R_x	R_y	u_x	u_y	$\min(u_x; u_y)$	$U_{n_x, n_y, \alpha}$
Тривалість знаходження груп вагонів на станції та ПК від моменту прибуття до моменту відправлення, год	108	65	9430	5621	3544	3476	3476	2884,67
Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту закінчення розформування, хв.	45	37	1660	1743	625	1040	625	621,67
Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту закінчення відчеплення від составу, хв.	66	22	3107	809	896	556	556	522,60
Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту закінчення розформування (відчеплення від составу) до моменту передавання на ПК, год	111	63	10144	5081	3928	3065	3065	2870,08
Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту передавання на ПК до моменту повернення з ПК, год	168	186	31535	31300	17339	13909	13909	13739,52
Тривалість знаходження груп вагонів на станції від моменту повернення з ПК до моменту відправлення зі станції, год	105	89	10952	7963	5387	3958	3958	3908,21

Під час перевірки гіпотези $H_0 : F(x) = F(y)$ проти конкуруючої гіпотези $H_1 : F(x) \neq F(y)$ приймається двостороння критична область; при цьому гіпотеза H_0 приймається, якщо

$$\min(u_x, u_y) > U_{n_x, n_y, \alpha}. \quad (2.5)$$

Наближене значення критичного значення $U_{n_x, n_y, \alpha}$ [209] можна визначити як

$$U_{n_x, n_y, \alpha} \approx \frac{1}{2} n_x n_y - \lambda_q \sqrt{\frac{1}{12} n_x n_y (n_x + n_y + 1)}, \quad (2.6)$$

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

Квантіль q визначається за прийнятим рівнем значущості

$$q = 1 - \frac{\alpha}{2}, \quad (2.7)$$

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

Для вибірок x_i і y_j , що розглядаються, $q = 1 - 0,05/2 = 0,975$, $\lambda_{0,975} = 1,960$ [209]. Значення $U_{n_x, n_y, \alpha}$, які розраховані за виразом (2.6), наведено у табл. 2.24.

Оскільки для всіх випадкових величин (див. табл. 2.24) виконується умова (2.5), то основна гіпотеза H_0 про приналежність вибірок x_i і y_j до однієї генеральної сукупності не суперечить експериментальним даним і може бути прийнятою.

2.5 Дослідження елементів технологічного процесу та параметрів функціонування промислової вантажної станції

У дисертаційній роботі досліджені елементи ТП і параметри функціонування ПВС ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг». Зокрема, розглянуто роботу ПВС П (див. рис. Б.2 Додатку Б), яка входить до складу району промислового транспорту ГЗК (рис. Д.1 Додатку Д), що обслуговує великий МК Криворізького басейну та забезпечує виробництво ЗК й агломерату [52, 53].

2.5.1 Характеристика основних операцій, які виконуються на станції П

Станцією П обслуговується склад тимчасового зберігання коксу й агломерату (у разі зупинки або зниження продуктивності доменних печей металургійного виробництва підприємства та контрагентів ГЗК), а також здійснюється накопичення маршрутів піввагонів із ЗК на зовнішню мережу та їх відправлення на станції стикування. Крім вказаного вище ПВС П призначена для:

- пропуску передавальних поїздів зі станцій Н на станції К, Пр і навпаки;
- пропуску маршрутів і передавальних поїздів із порожніми піввагонами під завантаження ЗК зі станцій ВС і Н (на ПВС А);
- пропуску передавальних поїздів із порожніми вагонами з-під вивантаження на вагоноперекидачеві з ПВС А на станції ВС, Н, К (в останньому випадку зі зміною напрямлення руху та випробовування автогальм);
- пропуску маршрутів і передавальних поїздів із піввагонами, завантаженими вугіллям, коксом, коксовим дріб'язком, відсівом шлаку, рудою, флюсами, відсівом вапняку для вивантаження на вагоноперекидачеві АЦ-3, зі станцій ВС і Н на ПВС А;
- відчеплення вагонів від маршрутів із порожніми і завантаженими піввагонами внаслідок недостатньої місткості колій на ПВС А, їх відстою з наступною передачею на ПВС А;
- пропуску багатогрупних передавальних поїздів и вагонів з різними вантажами зі станції ВС на ПВС А;
- виконання технічного огляду (ТО) вагонів в накопичених маршрутах із ЗК на зовнішню мережу, повного випробовування автогальм і відправлення маршрутів на ПВС ВС, Н і К;
- виконання маневрових операцій з перестановки груп вагонів, завантажених ЗК на зовнішню мережу, які надійшли з ПВС А, на колії накопичення (з можливим сортуванням вагонів групи за призначенням і направленням несправних порожніх вагонів на колію їх накопичення);
- виконання ТО та повного випробовування автогальм вагонів порожніх аглохоперних вертушок, прибулих з ПВС Пр і Н, і їх відправлення на ПВС Ю;

- зважування вагонів, які входять до аглохперних вертушок, що прибули з ПВС Ю, повного випробовування автогальм і відправлення на ПВС Пр і Н;
- накопичення составів з різними видами вантажів, виконання маневрів з подавання груп вагонів під накопичення, відправлення поїздів на станції ВС і К;
- пропуску вертушок думпкарів, які завантажені граншлаком, з ПВС Н на ПВС Р (через ПВС А), ТО та випробування автогальм порожніх вертушок, які прямують в зворотному напрямку;
- відстою піввагонів, які непридатні під завантаження ЗК.

Під завантаження ЗК на станцію П прибувають порожні піввагони із зовнішньої мережі. Состави порожніх піввагонів для завантаження ЗК передаються зі станції ВС на ПВС А транзитом через станцію П. Принципова діаграма поїздопотоків ПВС П наведена на рис. 2.21, а середньодобові розміри руху поїздів по станції П – в табл. Д.1 Додатку Д.

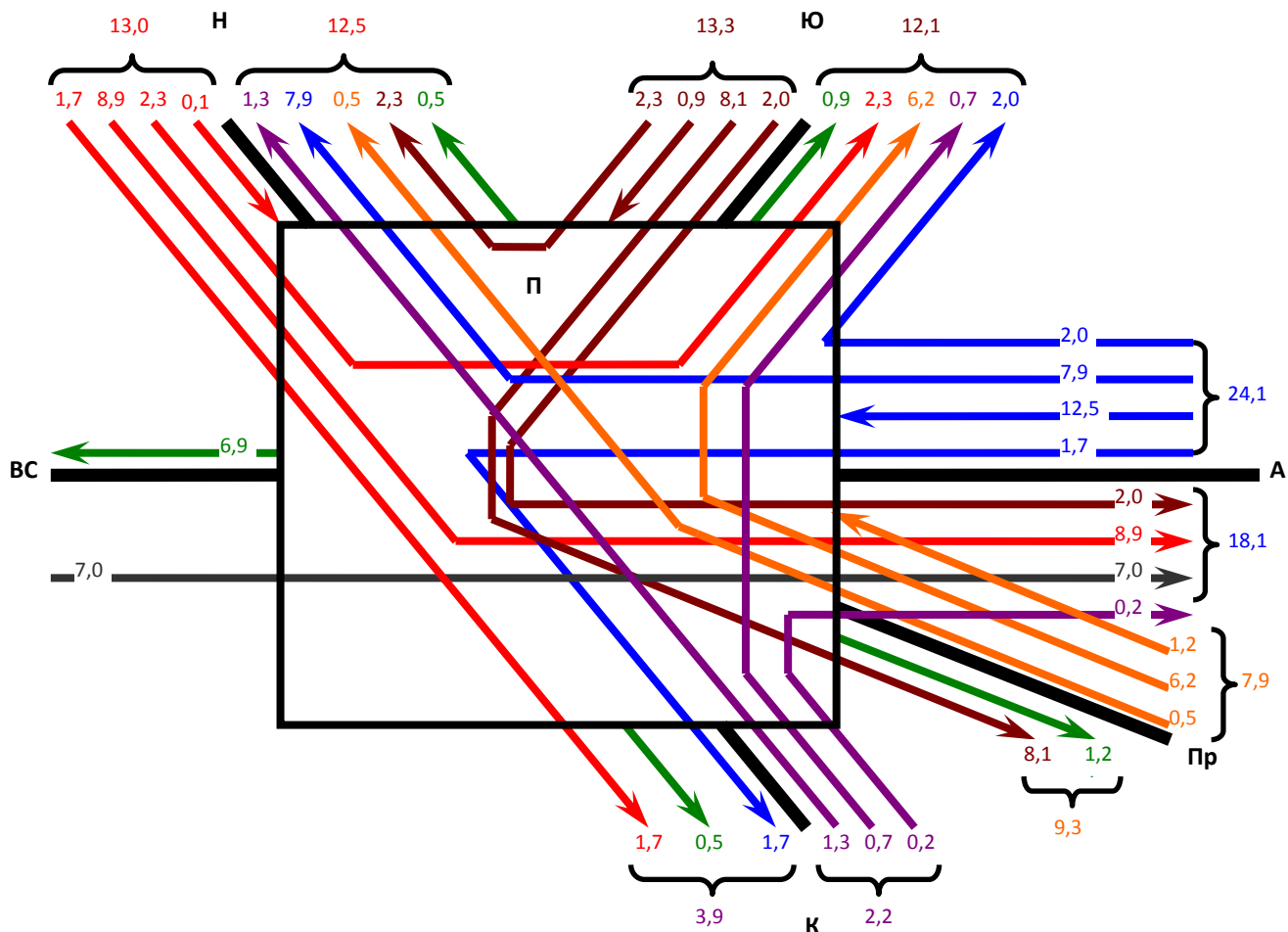


Рисунок 2.21 – Принципова діаграма поїздопотоків станції П

2.5.2 Характеристика технічного оснащення промислової вантажної станції П

Колійний розвиток станції П включає в себе 13 ПВК, 4 навантажувально-розвантажувальні колії та 1 з'єднувальну колію. Характеристика місткості колійного розвитку станції П наведено в табл. Д.2 додатку Д.

Локомотиви району (рис. 2.22), мають значний рівень завантаження, який для локомотивів поточної спеціалізації № 1–9 знаходиться у межах 77–97 %, а вивізних № 10 і № 11 – 85 % і 58 % відповідно. Складність ситуації в роботі ПВС П полягає в тому, що вона розміщена в стиснених умовах. На станції немає можливості добудувати витяжну колію, подовжити існуючі колії станції або збільшити їх кількість.

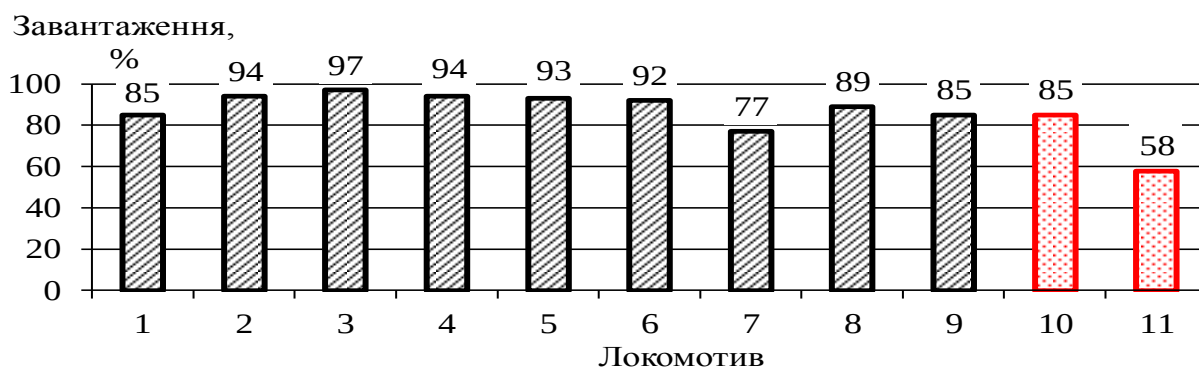


Рисунок 2.22 – Завантаження локомотивів району ГЗК

Перед промисловою вантажною станцією П стоїть задача підвищення ефективності її роботи шляхом впровадження технологічних методів, а також можливо й за рахунок секціонування окремих колій станції.

2.5.3 Визначення кількості составів із ЗК на зовнішню мережу, які накопичено на ПВС П протягом доби, їх призначення та кількості вагонів в них

Аналіз кількості вагонів в маршрутах із ЗК показав, що в більш ніж половині маршрутів вона складає 55 ваг. Гістограма розподілу випадкової величини кількості вагонів в маршруті із ЗК по відправленню з ПВС П наведено на рис. 2.23.

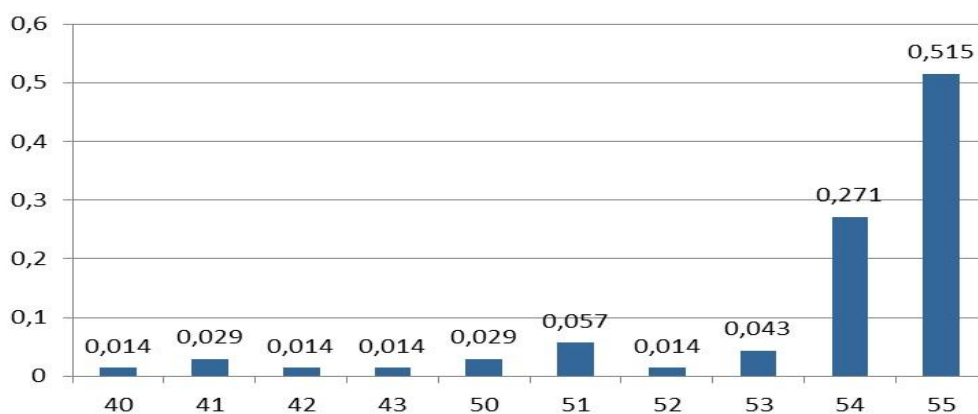


Рисунок 2.23 – Гістограма розподілу випадкової величини кількості вагонів в маршрутах, які відправляються із ЗК зі станції П

Для випадкової величини кількості вагонів в маршруті із ЗК по відправленню $m_{m,m}^*$ складає 53,248 ваг, а $s_{m,m}$ – 3,564 ваг.

Кількість составів із ЗК, які накопичено протягом доби, є випадковою величиною, значення якої змінюються від 0 до 4. Для статистичного аналізу даної випадкової величини використано вибірку сукупність, яку отримано в результаті натурних спостережень. За даними вибірки побудовано статистичний ряд розподілу (наведено в табл. Д.3 Додатку Д і в графічному вигляді на рис. 2.24), а також визначено статистичну оцінку [209] математичного очікування m_x^* , яке дорівнює 2,26 поїзда.

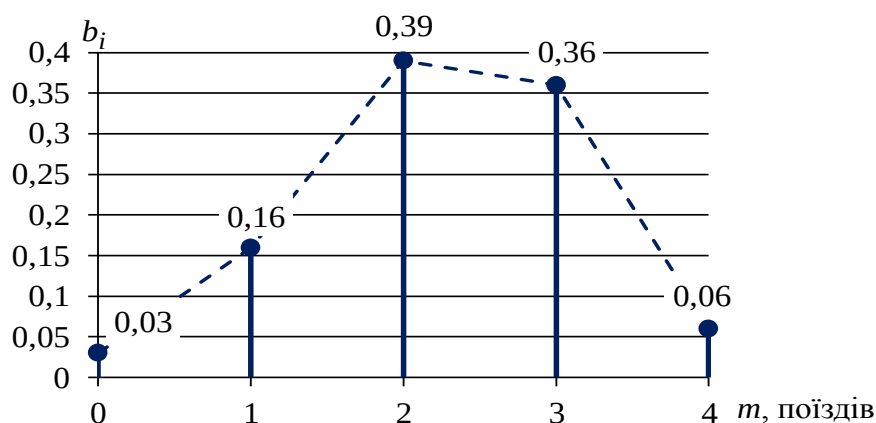


Рисунок 2.24 – Багатокутник розподілу випадкової величини кількості составів із ЗК, які накопичено протягом доби

Отримані дані дозволили встановити, що переважаючим є накопичення протягом доби двох (39 % випадків) і трьох (36 % випадків) поїздів.

На підставі аналізу натурних даних встановлено, що поїзди із ЗК на зовнішню мережу відправляються на п'ять призначень – Китай (до морського порту), Польща, Румунія, Чехія, станції УЗ. При цьому (рис. 2.25), найбільш потужним призначенням є Польща (52,2 % поїздів), найменш потужним – станції УЗ (1,4 % поїздів).

Враховуючи відмінності в вимогах до технічного стану вагонів і наявності договорів з операторами, надалі прийнято, що під завантаження ЗК призначенням на станції УЗ і порт використовуються вагони одного оператора, а під завантаження ЗК призначенням на Польщу, Румунію та Чехію – іншого.

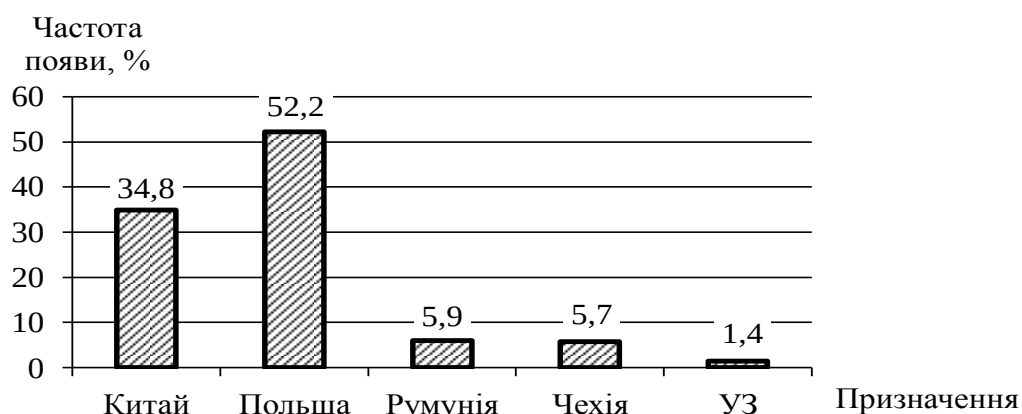


Рисунок 2.25 – Розподіл поїздопотоку із ЗК за призначеннями

Також встановлено, що в цілому кількість призначень, на які накопичуються состави протягом доби (рис. 2.26), не перевищує трьох. У разі накопичення від двох до чотирьох составів (відповідно рис. 2.27а, 2.27б і 2.27в) у більшості випадків кількість призначень дорівнює двом.

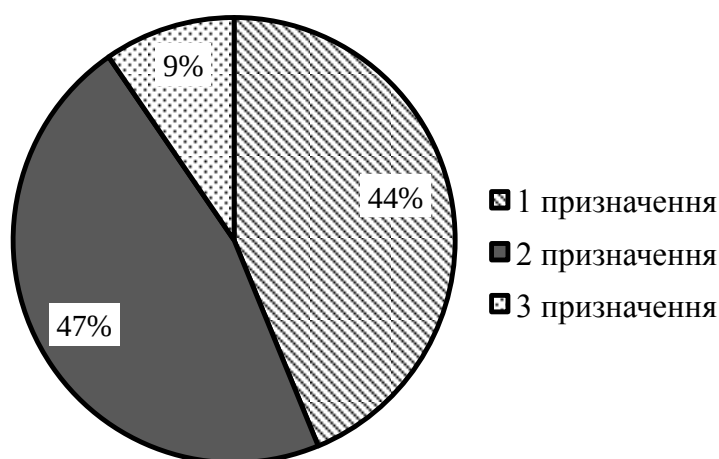
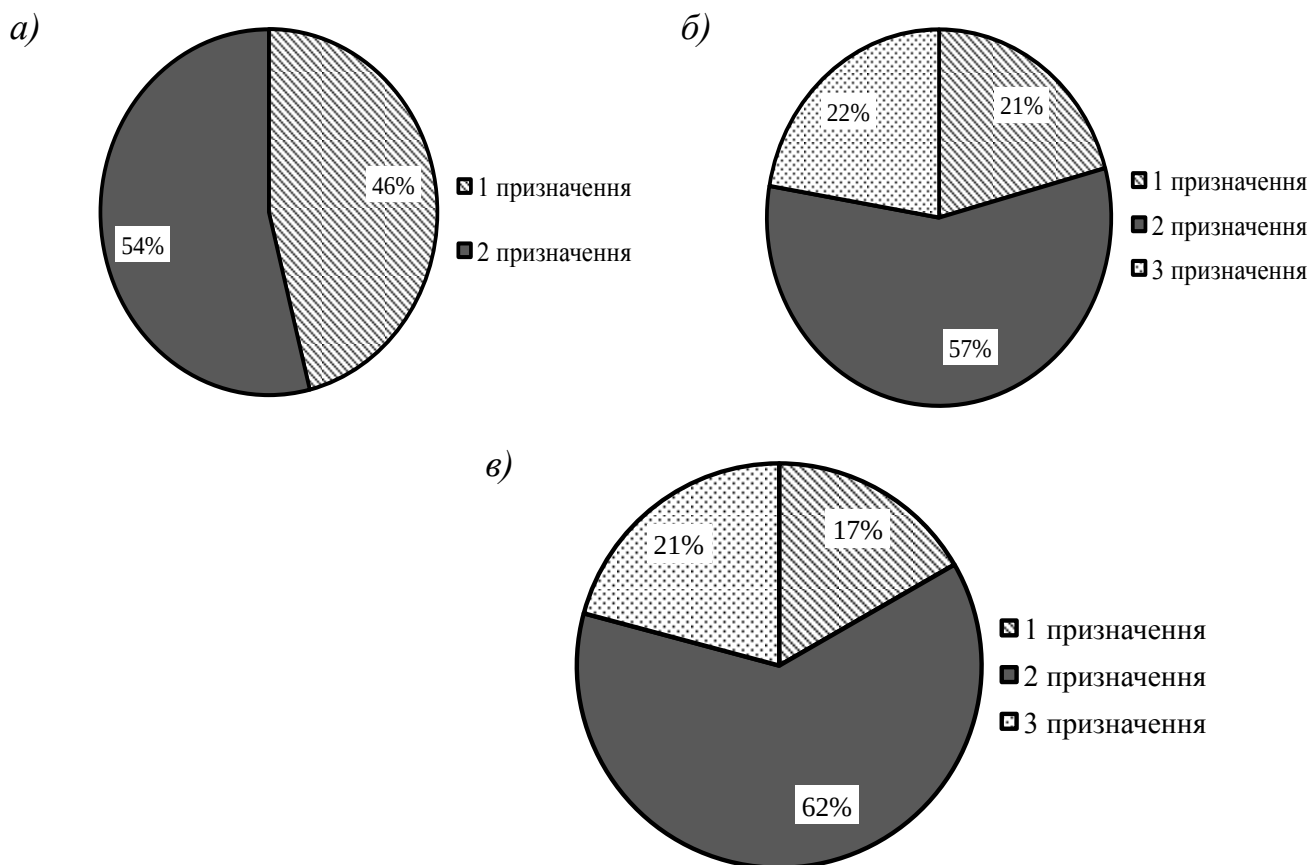


Рисунок 2.26 – Кількість призначень вагонів із ЗК, на які накопичуються состави на станції П



а – накопичення двох составів; б – накопичення трьох составів;

в – накопичення чотирьох составів

Рисунок 2.27 – Кількість призначень у разі накопичення різної кількості составів із ЗК

2.5.4 Інтервали надходження груп, які завантажені ЗК, на ПВС П

Інтервали надходження з ПВС А на ПВС П груп вагонів, які завантажені ЗК, є випадковою величиною. Для статистичного аналізу даної випадкової величини використано вибіркові сукупності, які отримано в результаті натурних спостережень і наведені в табл. Д.4–Д.7 додатку Д у разі накопичення протягом доби від одного до чотирьох составів. За даними вибірок побудовано статистичні ряди розподілу (табл. Д.8–Д.11 Додатку Д), а також визначено m_x^* , s_x^2 , s_x та інтенсивності вхідного потоку λ (табл. 2.25). Статистичні ряди подано у графічному вигляді на рис. 2.28–2.31.

Таблиця 2.25 – Параметри розподілу випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів, які завантажені ЗК

Параметр	Значення у разі накопичення протягом доби			
	1 состава	2 составів	3 составів	4 составів
$x_{\max}$	65	44	42	28
$x_{\min}$	508	201	176	103
$\bar{x}$, хв.	236,56	105,55	85,17	60,25
s_x^2 , хв. ²	9025,58	1473,80	800,44	354,1875
s_x , хв.	95,00	38,39	28,29	18,82
λ , груп/хв.	0,0042	0,0095	0,0117	0,0166

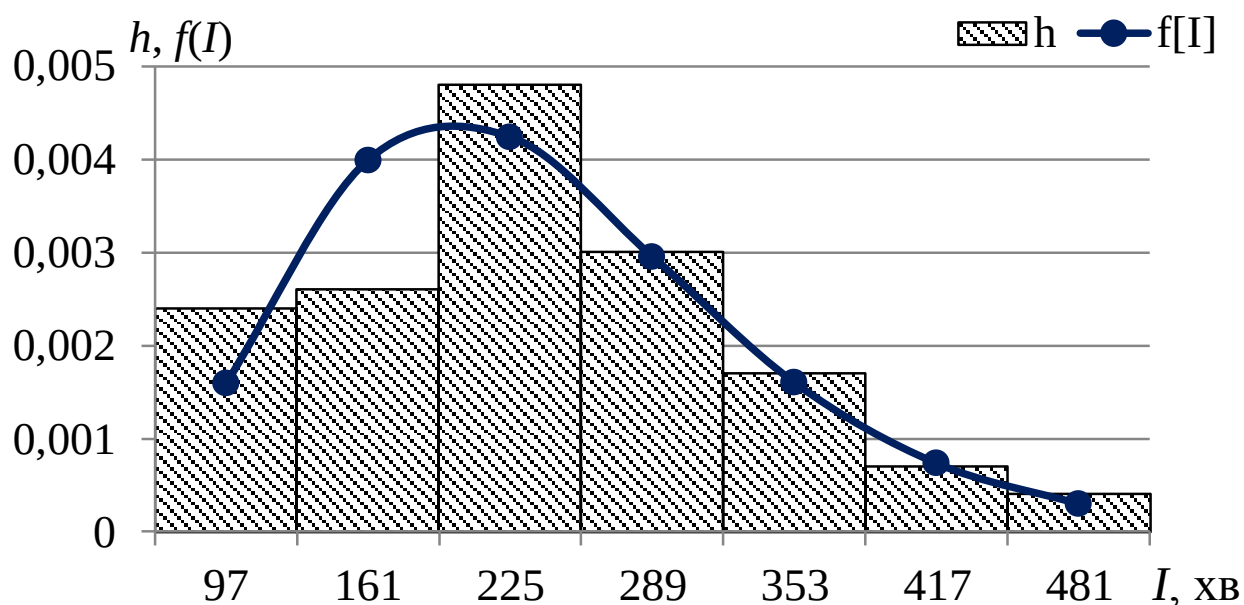


Рисунок 2.28 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів із ЗК у разі накопичення протягом доби одного состава

У результаті аналізу статистичної обробки натурних даних, висунуто гіпотезу H_0 про те, що випадкова величина X має гама-розподіл.

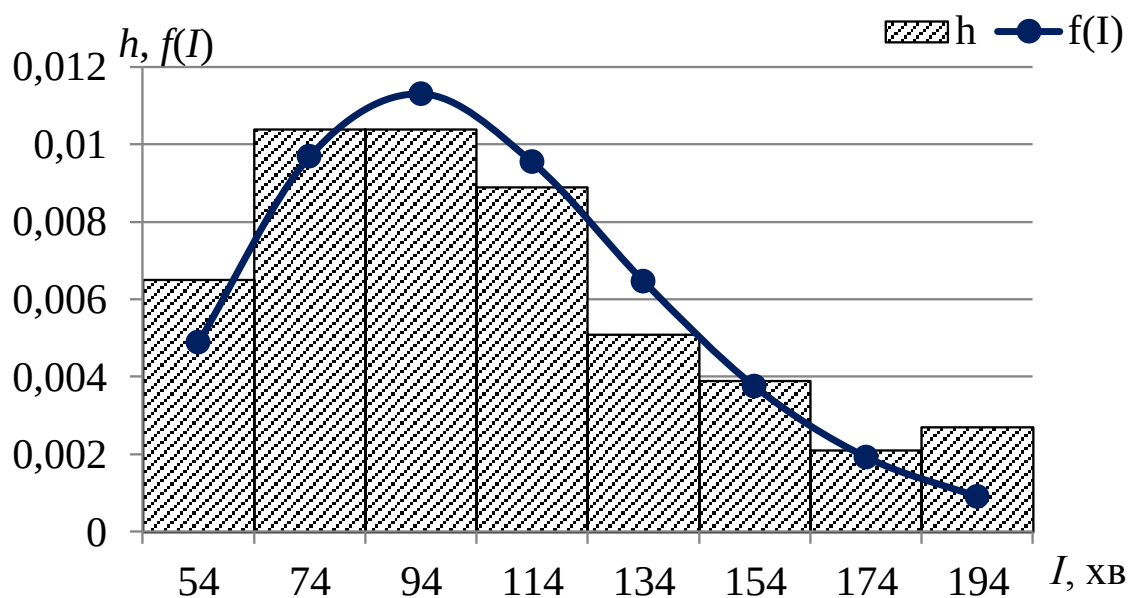


Рисунок 2.29 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів із ЗК у разі накопичення протягом доби двох составів

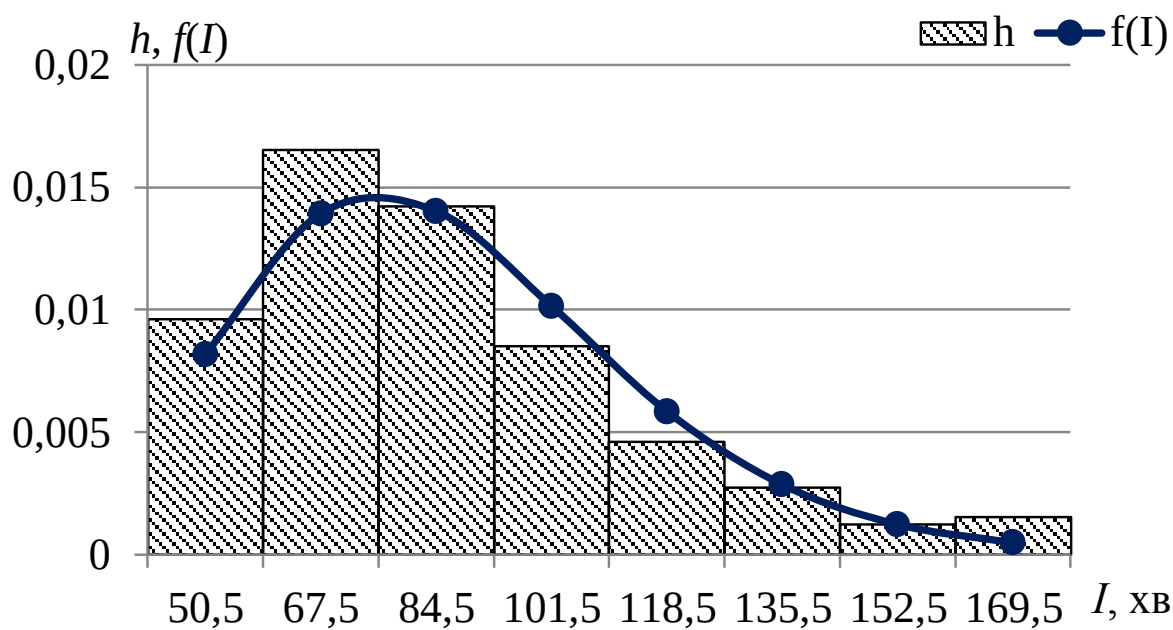


Рисунок 2.30 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів із ЗК у разі накопичення протягом доби трьох составів

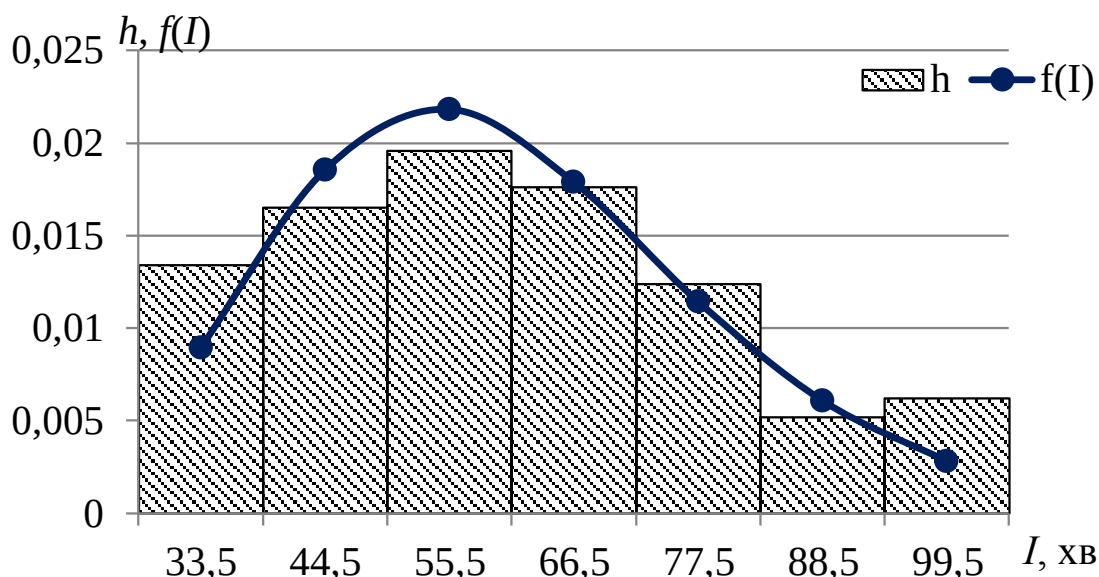


Рисунок 2.31 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів із ЗК у разі накопичення протягом доби чотирьох составів

Значення $f(x)$ наведено у табл. Д.8-Д.11 додатку Д, а відповідні графіки – на рис. 2.28–2.31.

Результати перевірки гіпотези наведено у табл. 2.26.

Таблиця 2.26 – Перевірка гіпотези щодо гама-розподілу випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів із ЗК

Параметр	Значення у разі накопичення протягом доби			
	одного состава	двох составів	трьох составів	чотирьох составів
K	6,21	7,60	8,98	10,07
χ^2	5,81	10,75	7,92	5,86
c	7	8	8	7
v	4	5	5	4
$\chi^2_{\max}$	9,5	11,1	11,1	9,5

Аналіз отриманих даних дозволяє зробити висновок про гама-розподіл випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів із ЗК протягом доби із параметром форми, який наведено у табл. 2.26.

2.5.5 Добова кількість порожніх вагонів під завантаження ЗК, яка проходить ПВС П транзитом

Гістограма розподілу випадкової величини добової кількості вагонів, які проходять транзитом станцію П, прямуючи під завантаження ЗК, наведено на рис. 2.32.

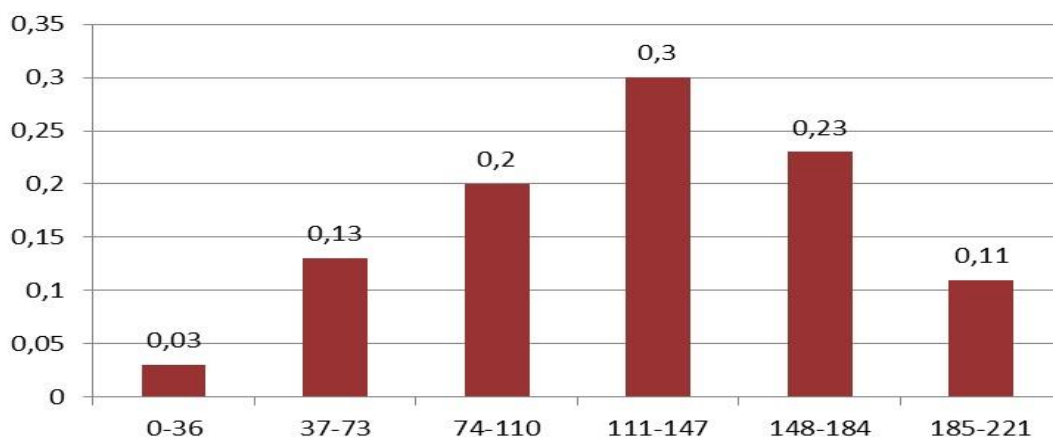


Рисунок 2.32 – Гістограма розподілу випадкової величини кількості порожніх вагонів, які проходять транзитом через станцію П під завантаження ЗК

Для випадкової величини кількості порожніх вагонів, які надходять на станцію, $m_{m,п}^*$ складає 122,4 ваг, а $s_{m,п}$ – 46,243 ваг.

2.6 Аналіз основних факторів, які впливають на колійний розвиток вантажних станцій

Задача деталізації основних факторів, які впливають на необхідні розміри та ефективність використання колійного розвитку ВС, є багатофакторною. Всі основні фактори пропонується поділити на три групи: конструктивні, технологічні та кількісні. Визначення величини впливу кожного із вказаних факторів на розміри необхідного колійного розвитку конкретної ВС є основним завданням під час пошуку шляхів підвищення ефективності її роботи. Структуризація факторів, які впливають на ефективність використання колійного розвитку ВС, може бути ще більш деталізованою з урахуванням особливостей функціонування конкретних ВС мережі залізниць країни.

Деталізовану структуру основних факторів, які впливають на необхідні розміри та ефективність використання колійного розвитку ВС магістрального залізничного транспорту в сучасних умовах, наведено на рис. 2.33.

До конструкційних факторів віднесено кількість колій станції та їх довжину, спеціалізацію колій, тип сортувального пристрою та характеристику колійного розвитку ВП. Технологічними факторами є види поїздопотоків, які перероблюються на станції, наявність, приналежність і тривалість роботи маневрового локомотива на станції, спосіб подавання вагонів на ВФ, існуючі обмеження швидкості руху на станційних і під'їзних коліях, обмеження маси чи довжини маневрових составів, тривалість технологічних операцій на станції та ВП. До кількісних факторів віднесено кількість ВП і ВФ, кількість призначень і вагонів кожного призначення з урахуванням існуючої нерівномірності, розміри транзитного вагонопотоку, рівень маршрутизації вагонопотоків станції з відправлення та прибуття, кількість операторів вагонного парку, який перероблюється на станції, та частка приватних вагонів у загальній кількості.

Крім найбільш розповсюджених факторів необхідно враховувати такі, які є особливими для конкретної ВС: для передавальної – операції, що пов'язані з різними видами контролю на них (митним, прикордонним, екологічним, фітосанітарним тощо), для внутрішньої ВС із суттєвими обсягами навантаження експортних або вивантаження імпорتنих вантажів – технологію взаємодії з митницею та пов'язані з цим елементи ТП тощо.

Деталізовану структуру основних факторів, які впливають на необхідні розміри та ефективність використання колійного розвитку ПВС (на прикладі станції П) в сучасних умовах, наведено на рис. 2.34.

Для передпортових станцій і ПС необхідно врахувати способи підводу порожніх і завантажених вагонів на станцію. Крім цього, суттєвим також є і спосіб відправлення вагонів зі станції на зовнішню мережу залізниць з добіркою чи без добірки за власниками вагонів, їх родом тощо, передавальними поїздами чи маршрутними і т. і.). Деталізовану структуру основних факторів, які впливають на необхідні розміри та ефективність використання колійного розвитку ПС (на прикладі СП) в сучасних умовах, наведено на рис. 2.35.

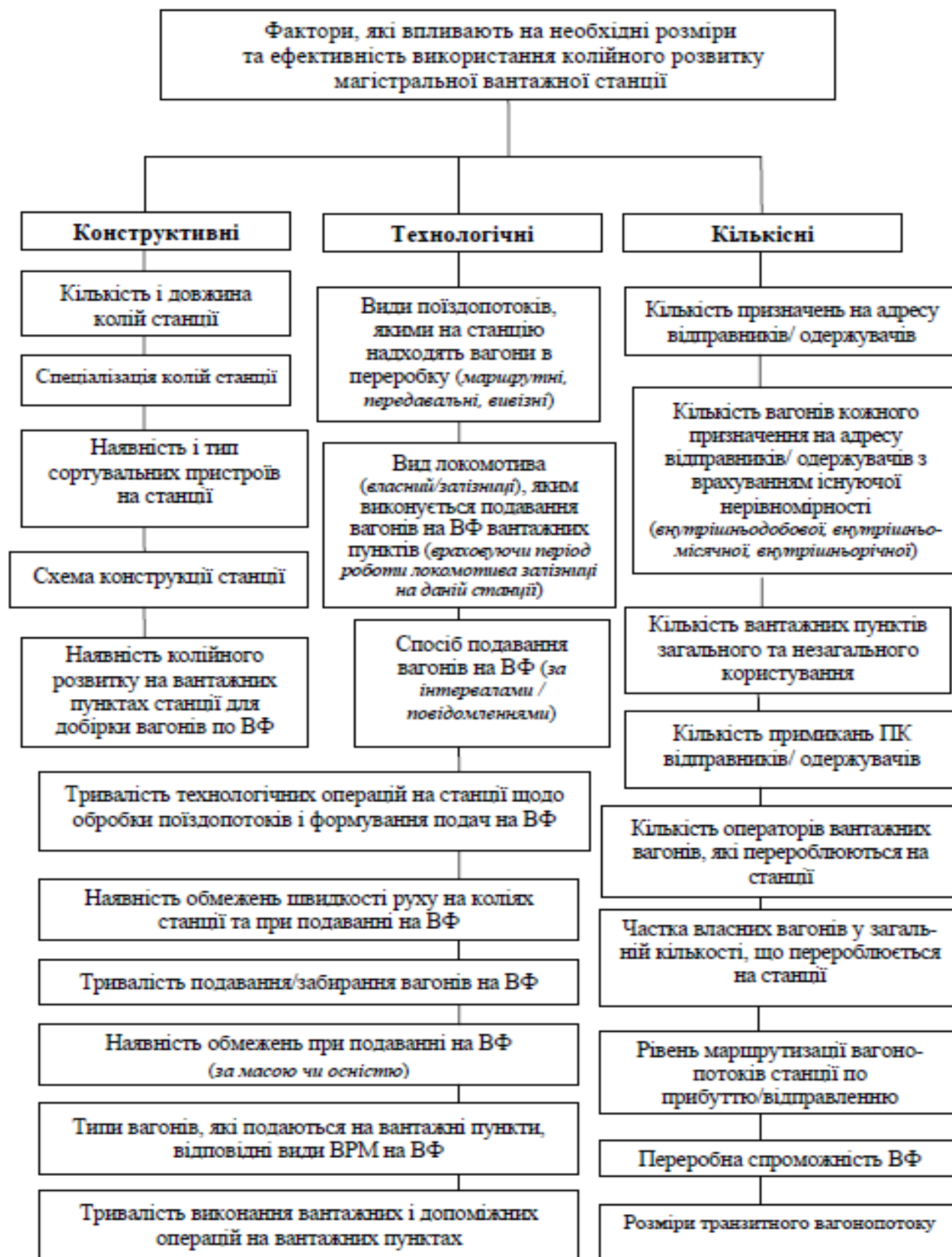


Рисунок 2.33 – Деталізована структура факторів, які впливають на необхідну ємність та ефективність використання колійного розвитку ВС магістрального залізничного транспорту



Рисунок 2.34 – Деталізована структура факторів, які впливають на необхідну ємність та ефективність використання колійного розвитку ПВС

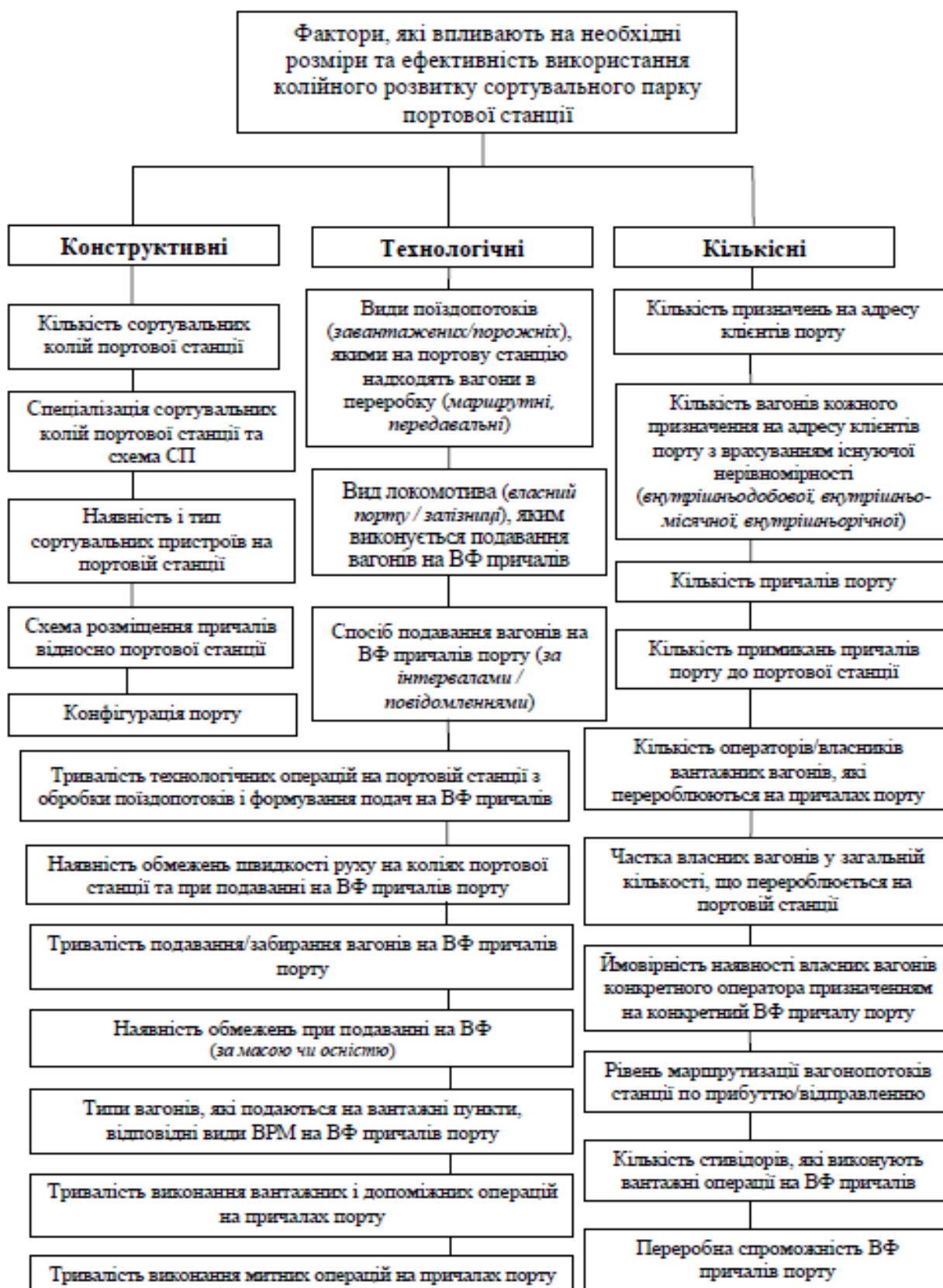


Рисунок 2.35 – Деталізована структура факторів, які впливають на необхідну ємність та ефективність використання колійного розвитку СП ПС

2.7 Висновки до розділу 2

1. Аналіз показників роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту й параметрів вагонопотоків, що підлягають переробці на них, дозволив встановити, що на тлі загального зменшення обсягів перевезень залізницями країни на окремих вантажних станціях спостерігається різке зростання обсягів вантажної роботи: на вугле- та рудонавантажувальних станціях відбувся приріст навантаження (переважно 5–30 %); на станціях, які обслуговують металургійні комбінати та підприємства хімічної промисловості, приріст обсягів вантажної роботи подекуди сягнув 20–50 %; на деяких портових станціях переробка зросла на 60–600 %.

2. Спад обсягів роботи залізниць України призвів до погіршення використання рухомого складу та до збільшення його простоїв під вантажними операціями.

3. На вантажних станціях мережі залізниць України збільшується частка виконання операцій, які є нехарактерними для таких станцій (відстій вагонів тривалого резерву, відстій залишених без локомотивів составів, операції з транзитними вагонами тощо), а рівень технічної зношеності їх колійного розвитку є значним.

4. Збільшення частки приватних вагонів і кількості операторів вагонного парку суттєво ускладнило роботу вантажних станцій, зокрема призвело до подрібнення вагонопотоку, який перероблюється, за більшою кількістю призначень. Крім цього, погіршення стану вантажних вагонів і розділення парку між власниками призводить до суттєвого погіршення використання вагонів під здвоєні операції та збільшення вагонообігу станцій, що викликає необхідність збільшення кількості колій для роботи з порожніми вагонами та виконання додаткової маневрової роботи.

5. Для вантажних станцій Придніпровської залізниці побудовано графіки динаміки зміни середньої кількості вагонів, які одночасно перебувають на станційних і під'їзних коліях, протягом 2014 р., на підставі чого встановлено, що відповідна випадкова величина розподілена переважно за гама- та нормальним законом. Аналіз статистичних даних щодо елементів тривалості знаходження вагонів

на вантажній станції протягом аналізованого періоду в 2014 р. і 2015 р. показав, що випадкові величини інтервалу між надходженням груп вагонів призначенням на під'їзні колії, тривалості знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту відправлення, тривалості знаходження груп вагонів на станції від моменту закінчення розформування (відчеплення) вагонів до моменту передавання на під'їзні колії, а також від моменту передавання груп вагонів на під'їзні колії до моменту повернення з під'їзних колій розподілені за експоненціальним законом, а тривалості знаходження груп вагонів на станції від моменту повернення з під'їзних колій до моменту відправлення зі станції – за нормальним законом. Перевірка гіпотези про приналежність вибірок до однієї генеральної сукупності, яка виконана за U -критерієм Уїлкоксона, довела, що дана гіпотеза не суперечить експериментальним даним і може бути прийнятою для порівняння.

6. Виконано деталізацію факторів, які впливають на необхідну ємність колійного розвитку вантажних станцій і ефективність її використання. Усі основні фактори при цьому поділено на три групи: конструкційні, технологічні та кількісні. Деталізація вказаних факторів дозволить під час аналізу роботи вантажних станцій виділяти найбільш впливові з них і значно підвищить адекватність імітаційного моделювання їх роботи.

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ

3.1 Удосконалення методів нормування тривалості операцій на ВС

3.1.1 Основні операції, які виконуються на ВС, і методи визначення їх тривалості

Усі операції, які виконуються на ВС, поділяються на технічні, вантажні та комерційні [157]. Перелік основних операцій охарактеризовано в розд. 2 і наведено в п. В.1 Додатку В. При цьому виконання маневрів може застосовуватися не лише під час технічних операцій (наприклад, витягування состава на ВК, розформування состава з ВК тощо), але й під час вантажних (вивантаження вагонів на вагоноперекидачах забезпечується маневрових локомотивом або дистанційно керованим штовхачем [212]; завантаження рудної сировини на окремих МК за допомогою конвеєрних установок і т. і.).

Послідовність виконання операцій встановлюється ТП роботи ВС. Тривалість виконання більшості операцій визначається кількістю вагонів у составі або подачі, характеристикою технічних засобів, які використовуються для здійснення операції та ін.

Тривалість виконання маневрових пересувань визначається за методами розрахункових параметрів, тягових розрахунків і аналітичних розрахунків (п. 1.3).

Тривалість виконання ВО на місцях незагального користування визначається відповідно до вимог [155].

Тривалість виконання ВО на місцях загального користування зазвичай визначається за розрахунковим способом [212]. В сучасних умовах доцільно при цьому врахувати суттєву зношеність технічних засобів виконання ВРР, яка не завжди дозволяє забезпечувати виконання передбаченої продуктивності

механізмів. Крім цього, об'єктивні причини можуть значно впливати на тривалість ВО за рахунок нераціонального розподілу механізмів між вагонами (групами вагонів). Так як тривалість виконання завантаження та вивантаження суттєво впливає на тривалість знаходження вагонів на ВС, використання АСК ВС дозволяє сприяти персоналу в прийнятті необхідного своєчасного та раціонального відповідного рішення.

З врахуванням наведеного вище є доцільним для тих ВС, на яких показник з тривалості знаходження вагону на станції не виконується в першу чергу за рахунок невиконання простою вагонів під ВО, що показують відповідні результати цільових аналізів роботи ВС, застосувати для перевірки встановлених норм виконання ВО за ТП роботи ВС хронометражний метод. Незважаючи на деяку витратність такого підходу, такий підхід в сучасних умовах роботи ВС дозволить врахувати існуючі особливості функціонування окремих її елементів і точніше визначати відповідні норми технологічного процесу.

3.1.2 Удосконалення аналітичного методу нормування тривалості маневрових напіврейсів з метою врахування обмежень швидкості руху составів, які діють на окремих стрілочних переводах, стрілочних зонах, ділянках колій

Як відмічено в п. 1.3 неадекватні результати, які надає вираз (1.9) під час розрахунків тривалості маневрових пересувань на коротких відстанях, виникають у зв'язку з тим, що він призначений для розрахунку тривалості напіврейсів типу РПУ, а фактично на малих відстанях використовуються маневрові напіврейси типу РУ.

Вираз (1.9) складається з двох доданків. Другий доданок являє собою розрахунок витрат часу на подолання відстані $l_{\text{нр}}$ з постійною швидкістю v_{max} . Перший доданок враховує додаткові витрати часу, пов'язані з розгоном составу до швидкості v_{max} та його уповільненням до зупинки. При цьому, величина першого доданку

визначається швидкістю $v_{\max}$ без урахування того, може вона бути розвинута на відстані $l_{\text{нр}}$ чи ні.

Для подолання вказаної невідповідності перед розрахунком тривалості напіврейсу необхідно визначити його тип. Максимальна відстань, яку маневровий состав може пройти у режимі РУ, складає

$$l_{\text{ру}} = \frac{(\alpha_{\text{ру}} + \beta_{\text{ру}} m_{\text{с}}) v_{\max}^2}{7,2}. \quad (3.1)$$

Якщо довжина напіврейсу $l_{\text{нр}}$ є меншою за $l_{\text{ру}}$, то тривалість напіврейсу визначається за формулою

$$t_{\text{нр}} = \frac{\sqrt{20 l_{\text{нр}} (\alpha_{\text{ру}} + \beta_{\text{ру}} m_{\text{с}})}}{100}, \quad (3.2)$$

інакше

$$t_{\text{нр}} = \frac{(\alpha_{\text{ру}} + \beta_{\text{ру}} m_{\text{с}}) v_{\max}}{120} + \frac{0,06 l_{\text{нр}}}{v_{\max}}. \quad (3.3)$$

Так, для розглянутого в п. 1.3 розрахунку тривалості напіврейсу перестановки 10 вагонів на 100 м його тривалість буде складати 0,83 хв., при цьому максимальна швидкість розгону складатиме 14,5 км/год.

З метою визначення тривалості маневрових напіврейсів в умовах зміни обмеження швидкості руху на маршруті прямування маневрового составу весь маршрут розбивається на окремі ділянки з постійною величиною обмеження швидкості, а потім для кожної з них фіксуються початкова $v_{\text{п}}$, кінцева $v_{\text{к}}$ та максимально допустима швидкість руху $v_{\max}$. Тривалість маневрового напіврейсу визначається як загальна тривалість руху состава окремими ділянками $t_{\text{д.і}}$

$$t_{\text{нр}} = \sum_{i=1}^n t_{\text{д.і}}, \quad (3.4)$$

де n – кількість ділянок.

У межах кожної окремої ділянки руху можуть бути виділені елементи, на яких відбувається уповільнення, розгін, розгін-уповільнення і рух з постійною швидкістю, відповідно довжиною l_y , l_p , l_{py} і l_{Π} .

Для визначення тривалості руху маневрового составу ділянкою застосовується наступний алгоритм.

Крок 1. Визначається час, необхідний для зміни швидкості маневрового составу на 1 км/год за формулою

$$\rho = \frac{(\alpha + \beta m_c)}{2}. \quad (3.5)$$

Крок 2. Якщо $v_k = v_{\Pi} = v_{\max}$, то приймається $l_y = 0$, $l_p = 0$, $l_{py} = 0$, $t_y = 0$, $t_p = 0$, $t_{py} = 0$ і здійснюється перехід до кроку 8.

Крок 3. Якщо $v_k = v_{\Pi}$, то приймається $l_y = 0$, $l_p = 0$, $t_y = 0$, $t_p = 0$, $v_p = v_{\Pi}$ і здійснюється перехід до кроку 7.

Крок 4. Якщо $v_k > v_{\Pi}$, то приймається $l_y = 0$, $t_y = 0$, $v_p = v_k$ і здійснюється перехід до кроку 6.

Крок 5. Визначається мінімально допустима довжина елемента уповільнення за формулою

$$l_y = \frac{\rho(v_{\Pi}^2 - v_k^2)}{7,2}. \quad (3.6)$$

Якщо довжина i -ї ділянки $l_{д,i}$ є меншою за l_y (тобто, довжини i -ї ділянки недостатньо для уповільнення составу до заданої кінцевої швидкості), то здійснюється об'єднання даної ділянки з попередньою та виконується аналогічний розрахунок для об'єднаної ділянки. Інакше, приймається $l_p = 0$, $t_p = 0$ і визначається тривалість уповільнення составу за формулою

$$t_y = \frac{\rho(v_{\Pi} - v_k)}{60}. \quad (3.7)$$

Після цього здійснюється перехід до кроку 7.

Крок 6. Виконується визначення максимально допустимої довжини елемента розгону.

$$l_p = \frac{\rho(v_k^2 - v_{\Pi}^2)}{7,2}. \quad (3.8)$$

Якщо довжина i -ї ділянки $l_{д.і}$ є меншою за l_p , то визначається тривалість розгону на ділянці за формулою

$$t_p = \frac{\sqrt{7,2\rho l_{д.і} + (\rho v_{\Pi})^2} - \rho v_{\Pi}}{60}, \quad (3.9)$$

а швидкість у кінці ділянки – за формулою

$$v_k = \sqrt{\frac{7,2l_{д.і}}{\rho} + v_{\Pi}^2}. \quad (3.10)$$

Після цього, коригується початкова швидкість на $i+1$ ділянці $v_{\Pi,i+1} = v_k$, приймається $l_p = l_{д.і}$, $l_{py} = 0$, $l_{\Pi} = 0$, $t_{py} = 0$, $t_{\Pi} = 0$, і здійснюється перехід до кроку 9. Інакше, розраховується час розгону за формулою

$$t_p = \frac{\rho(v_k - v_{\Pi})}{60}. \quad (3.11)$$

Крок 7. Початкова та кінцева швидкості на елементі РУ визначається за формулою

$$v_{д} = \max(v_k, v_{\Pi}). \quad (3.12)$$

Максимально можлива довжина елемента РУ визначається за формулою

$$l_{py} = \frac{\rho(v_{\max}^2 - v_{д}^2)}{3,6}. \quad (3.13)$$

Якщо довжина $l_{д.і} - l_p - l_y$ є меншою за l_{py} , то визначається тривалість елемента РУ на ділянці $l_{д.і} - l_p - l_y$ за формулою

Для автоматизації розрахунку тривалості маневрових напівреїсів та інших маневрових операцій розроблено програму [14], головне вікно якої зображено на рис. 3.1.

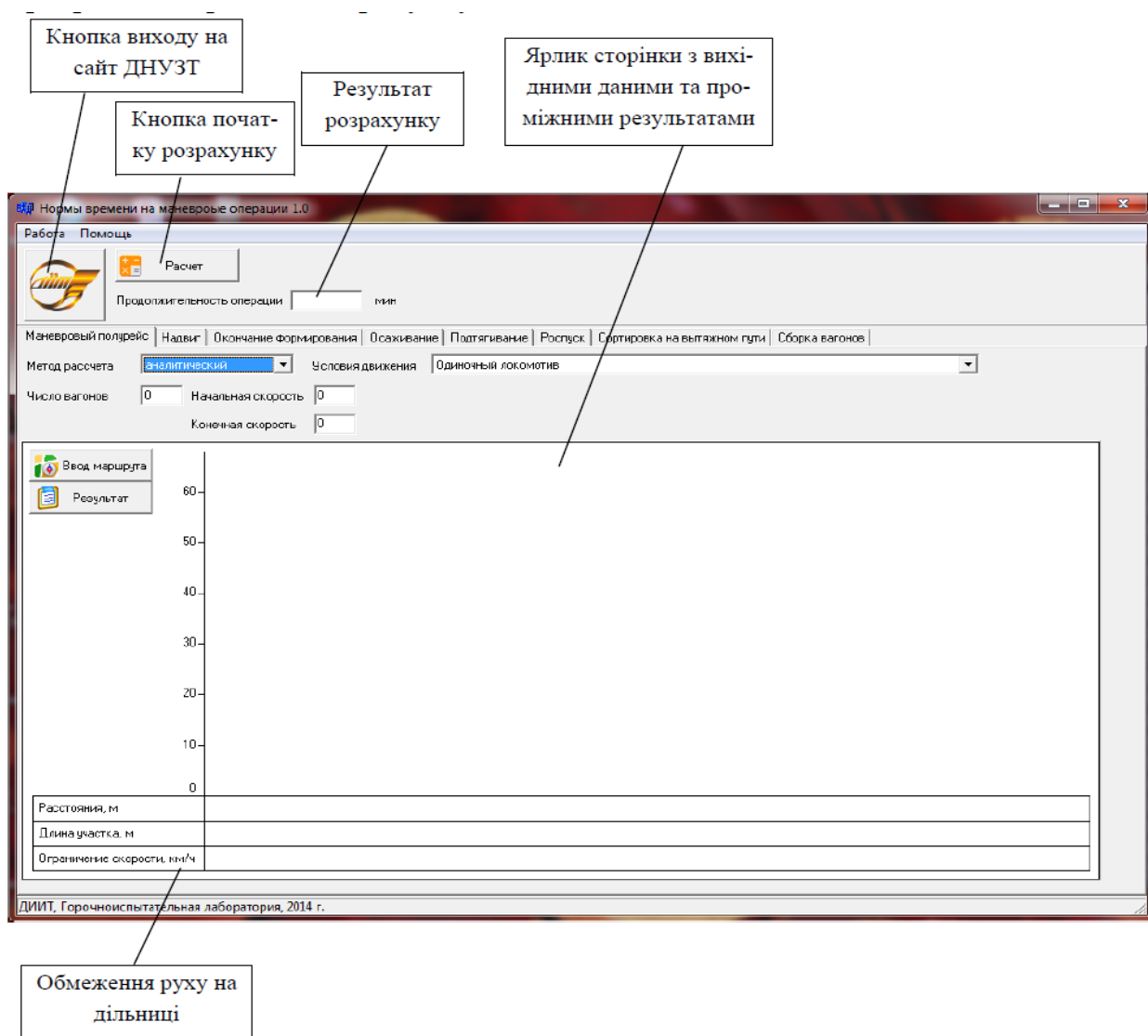


Рисунок 3.1 – Головне вікно програми розрахунку тривалості маневрових напівреїсів

Після введення елементів маршруту руху (див. рис. 3.2) програма розбиває маршрут руху на окремі елементи та наводить їх у нижній частині вікна. Загальний вигляд вікна програми після введення маршруту руху наведено на рис. 3.3, а після розрахунку результату – на рис. 3.4.

У разі необхідності, можна ознайомитися з підсумками детальних розрахунків, обравши команду «Результат». Загальний вигляд вікна результату розрахунку наведено на рис. 3.5.

Маршрут

OK Отмена Очистить

Ограничения скорости

№ п/п	Длина, м	Скорость, км/ч
1	800	25
2	150	5
3	1000	25
4	500	10
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Рисунок 3.2 – Вікно введення маршруту руху

Нормы времени на маневровые операции 1.0

Работа Помощь

Расчет

Продолжительность операции мин

Маневровый полурейс: Надвиг | Окончание формирования | Осаживание | Подтягивание | Роспуск | Сортировка на вытяжном пути | Сборка вагонов

Метод расчета: аналитический Условия движения: Локомотив с вагонами прицепленными впереди

Число вагонов: 5 Начальная скорость: 0 Конечная скорость: 10

Ввод маршрута

Результат

Расстояния, м	500	1000	1500	2000
Длина участка, м	800	150	1000	500
Ограничение скорости, км/ч	25	5	25	10

ДИИТ, Горочноиспытательная лаборатория, 2014 г.

Рисунок 3.3 – Вікно програми після введення маршруту руху

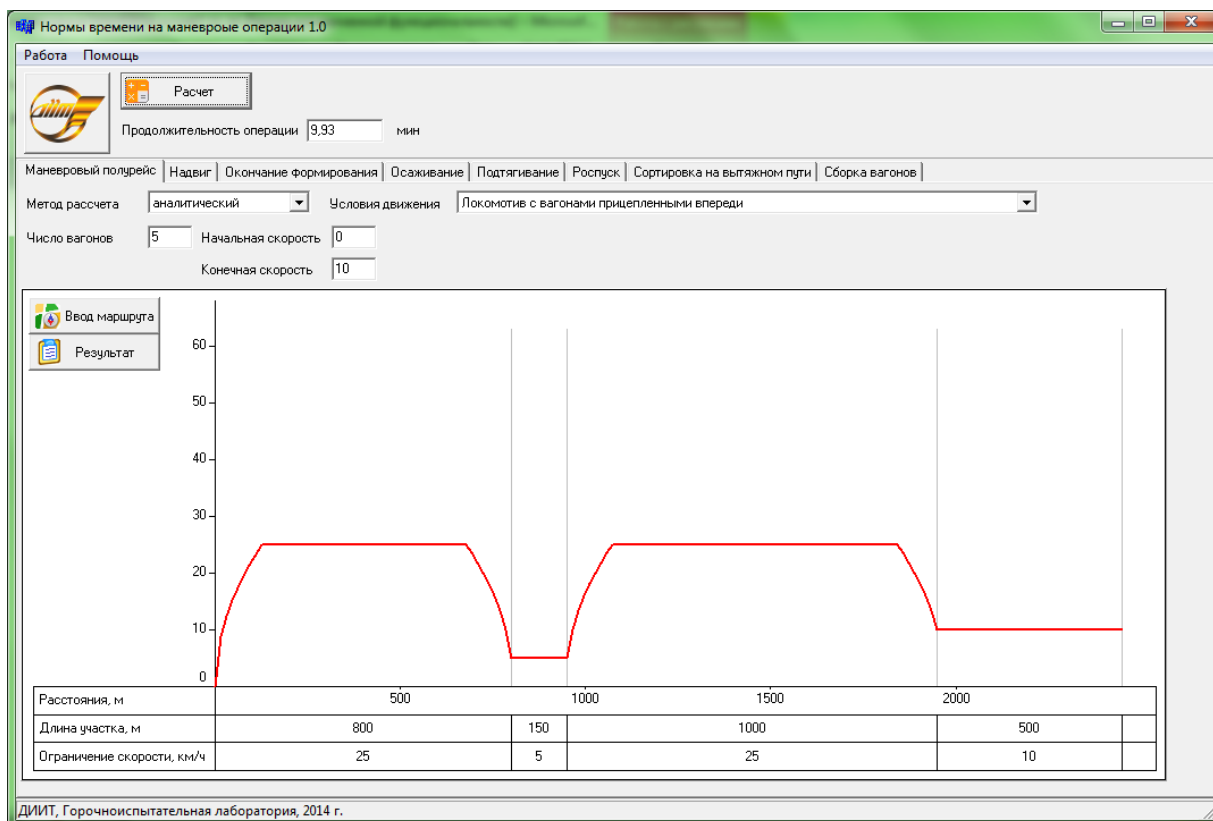


Рисунок 3.4 – Вікно отриманого результату розрахунку

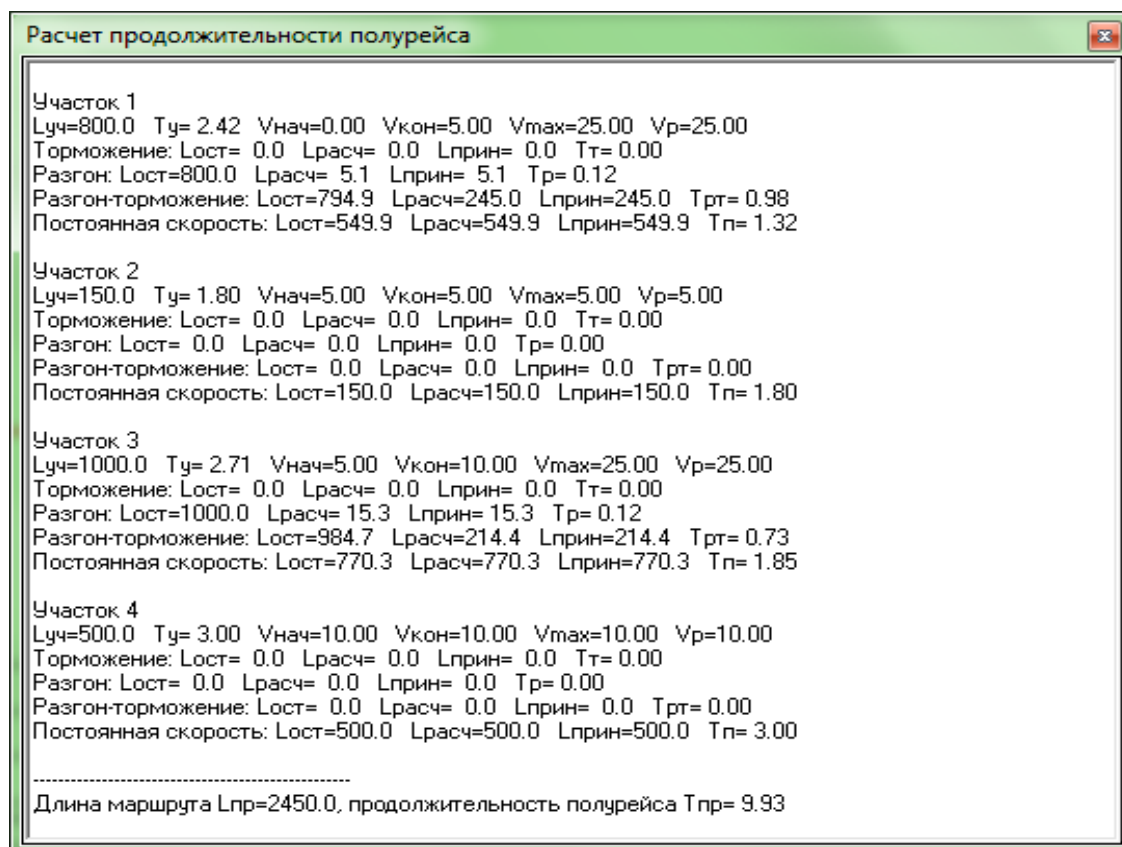


Рисунок 3.5 – Вікно детальних результатів розрахунків по кожній ділянці руху

Для порівняння результатів визначення тривалості виконання маневрових напівреїсів за умови обмеження швидкості руху на окремих елементах маршруту прямування маневрового составу розглянуто приклад з використанням двох методів – аналітичного та розрахункових параметрів щодо визначення тривалості маневрових напівреїсів з перестановки шести вагонів зі станційної колії № 3 на ВР, на коліях якого діє обмеження швидкості руху в 10 км/год. Розрахункова схема із зображенням розташування маневрового составу на різних етапах виконання маневрів наведена на рис. 3.6. При цьому прийнято, що розрахункова довжина вагону складає $l_{\text{ваг}} = 15$ м, довжина маневрового локомотива 18 м, а довжини елементів маршруту прямування складають відповідно $L_1 = 137$ м, $L_2 = 530$ м і $L_3 = 300$ м. Маневри виконуються із вимкненими гальмами.

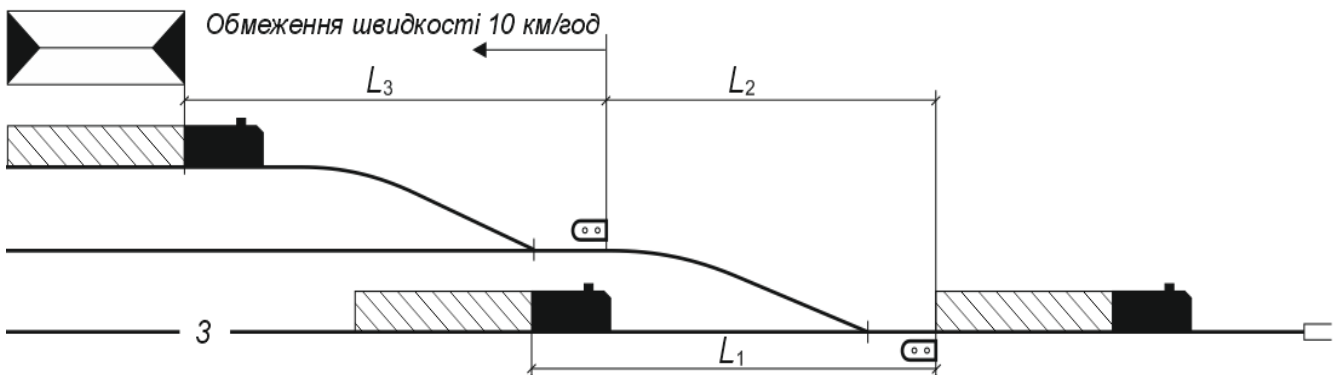


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема визначення тривалості маневрової операції

Маневрова операція складається з двох напівреїсів:

- витягування вагонів з колії № 3 на ВК станції;
- подача вагонів з ВК на ВР.

Довжина напівреїсу витягування $m = 6$ вагонів з колії № 3 на ВК може бути визначена за формулою

$$l_{\text{нр1}} = L_1 + ml_{\text{в}} \quad (3.19)$$

і складає $l_{\text{нр1}} = 137 + 6 \cdot 15 = 227$ м.

Рух маневрового составу під час виконання першого напівреїсу здійснюється локомотивом вперед вільною колією зі швидкістю 40 км/год (згідно з вимогами [156]).

Максимальна відстань, яку зможе пройти при цьому маневровий состав у режимі РУ, визначається за формулою (3.1) і складає

$$l_{\text{ру}} = \frac{(2,44 + 0,1 \cdot 6) \cdot 40^2}{7,2} = 675,5 \text{ м.}$$

Так як $l_{\text{ру}} \geq l_{\text{нр1}}$, то тривалість маневрового напіврейсу визначається за формулою (3.2) і складає

$$t_{\text{нр}} = \frac{\sqrt{20 \cdot 227 \cdot (2,44 + 0,1 \cdot 6)}}{100} = 1,17 \text{ хв.}$$

Рух маневрового состава під час подавання вагонів з ВК на ВР здійснюється вагонами вперед, тому швидкість руху обмежено 25 км/год [156]. На самому ВР діє обмеження руху в 10 км/год, тому другий напіврейс виконується на двох розрахункових ділянках обмеження швидкості.

Довжина першої ділянки при цьому складає $l_{\text{д1}} = L_2 = 530$ м. Початкова швидкість руху на першій ділянці складає 0 км/год, а кінцева – 10 км/год, максимально допустима швидкість на ділянці – 25 км/год.

Довжина другої ділянки визначається за формулою

$$l_{\text{д2}} = L_3 + ml_{\text{в}} \quad (3.20)$$

і складає $l_{\text{д2}} = 300 + 6 \cdot 15 = 390$ м. Початкова швидкість руху на другій ділянці складає 10 км/год, а кінцева – 0 км/год, максимально допустима швидкість на ділянці – 10 км/год.

Загальна довжина маневрового напіврейсу складає 920 м. Так як під час напіврейсу здійснюється зміна обмеження швидкості руху, то розрахунки виконано за формою табл. 3.1. Час, який необхідний для зміни швидкості маневрового состава на 1 км/год, визначено за формулою (3.5) і складає

$$\rho = \frac{(2,44 + 0,1 \cdot 6)}{2} = 1,52 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків наведено в табл. 3.2.

Сумарна тривалість маневрової операції перестановки вагонів на ВР (без урахування витрат часу на зміну напрямку руху) за аналітичним методом складає $1,17 + 4,16 = 5,33$ хв.

Під час виконання розрахунків за методом розрахункових параметрів для довжини першого напіврейсу 227 м відповідно до [182] нормативи часу складають $a = 1,00$ хв. і $b = 0,034$ хв. Тоді тривалість першого напіврейсу за формулою (1.8) складатиме

$$t_{\text{нр}} = 1,00 + 0,034 \cdot 6 = 1,204 \text{ хв.}$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок тривалості другого маневрового напіврейсу подавання групи вагонів на ВР

Номер ділянок	Довжина ділянки	Швидкості, км/год			Елемент	Довжина елементів, м			Тривалість руху, хв.	Примітка
		$v_{\text{П}}$	$v_{\text{К}}$	v_{max}		залишок	розрахункова	прийнято		
1	530	0	10	25	У	530	-	0	0	
					Р	530	21,1	21,1	0,25	
					РУ	508,9	221,7	221,7	0,76	
					П	287,2	-	287,2	0,69	
	Всього								1,70	
2	390	10	0	10	У	390	21,1	21,1	0,25	
					Р	-	-	0	0	
					РУ	0	0	0	0	
					П	368,9	-	368,9	2,21	
	Всього								2,46	
Загальна тривалість маневрового напіврейсу									4,16	

Для довжини другого напіврейсу 920 м відповідно до [182] нормативи часу коефіцієнти складають $a = 2,01$ хв. і $b = 0,070$ хв. Тоді тривалість другого напіврейсу за формулою (1.8) становить

$$t_{\text{нр}} = 2,01 + 0,070 \cdot 6 = 2,520 \text{ хв.}$$

Сумарна тривалість маневрової операції перестановки вагонів на ВР за методом розрахункових параметрів складає $1,204 + 2,520 = 3,724$ хв.

Порівняння результатів розрахунку тривалості виконання елементів маневрової операції перестановки вагонів на ВР наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняльна характеристика тривалості виконання маневрових напіврейсів подавання групи вагонів на ВР за аналітичним методом і методом розрахункових параметрів

Номер напіврейсу	Тривалість напіврейсу, хв.		Абсолютна різниця, хв.
	за аналітичним методом	за методом розрахункових параметрів	
1	1,17	1,20	0,03
2	4,16	2,52	1,64

Як видно з табл. 3.3, для першого напіврейсу за відсутності обмеження швидкості руху на окремих елементах прямування маневрового состава різниця між результатами розрахунків, виконаних за вдосконаленим аналітичним методом і за методом розрахункових параметрів, є несуттєвою (0,03 хв. або близько 3 %), але в разі наявності відповідних обмежень ця різниця є досить значною (близько 40 %).

Підсумки методики, запропонованої в [127], для зручності виконання розрахунків тривалості напіврейсів подавання вагонів на ВР наведено у відповідних таблицях [155]. Порівняння підсумків розрахунків тривалості маневрових напіврейсів відповідно до [155] з розрахунками за вдосконаленим аналітичним методом наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Порівняльна характеристика тривалості виконання маневрових напіврейсів подавання групи вагонів на ВР за вдосконаленим аналітичним методом та за вимогами Правил обслуговування під'їзних колій

Номер напіврейсу	Тривалість напіврейсу, хв.		Абсолютна різниця, хв.
	за вдосконаленим аналітичним методом	за вимогами [155]	
1	1,17	1,17	0
2	4,16	2,45	1,71

Як видно з табл. 3.4, для першого напіврейсу за відсутності обмеження швидкості руху на окремих елементах прямування маневрового состава різниця між результатами розрахунків, виконаних за запропонованим вдосконаленим аналітичним методом і за аналітичним методом з використанням відповідних таблиць [155], відсутня (0 хв.), але за наявності відповідних обмежень ця різниця значна (близько 40 %).

3.2 Удосконалення функціональної моделі вантажних станцій

Одним з основних завдань, які вирішуються на етапі проектування та вдосконалення технології роботи ВС, є визначення техніко-експлуатаційних показників їх функціонування. Ефективним методом оцінки роботи станцій є імітаційне моделювання її функціонування, але воно вимагає значних витрат часу на опис технології роботи станцій, особливо ВС і ПВС.

В якості базової моделі в дослідженні використано модель, представлену в [20] з урахуванням її вдосконалення згідно з [74]. В даній моделі ВС чи її окремий технологічний комплекс розглядається як багатофазна багатоканальна керована СМО, вхідний потік якої утворюють об'єкти, що вимагають обслуговування на станції (поїзди, состави, локомотиви, вагони). Обслуговуючими пристроями на ВС є виконавці – маневрові локомотиви, сортувальні пристрої, оглядачі вагонів, приймальники поїздів тощо. Фазами обслуговування є окремі операції (закріплення состава, огороження, ТО та комерційний огляд (КО), розформування состава, подавання вагонів на ПК, ВО тощо).

На ВС і ПВС, на відміну від технічних станцій, робота виконується з окремими вагонами (групами вагонів). При цьому можуть реалізовуватися різні сценарії їх обслуговування. Внаслідок цього, виникає необхідність створення значно більшої кількості об'єктів, які відповідають окремим вагонам чи групам, більшість з яких зі складною технологією. Крім цього, на ПВС обертаються вагони внутрішнього парку, які використовуються циклічно. Пропонується розглядати роботу ВС не як обслуговування окремих об'єктів від моменту їх надходження до моменту їх вибуття зі станції, а як процес узгодженої взаємодії елементарних технологічних об'єктів. В якості таких об'єктів можуть розглядатися як об'єкти, що надходять для обслуговування на станцію (поїзди, поїзні локомотиви, вагони, вантажі), так і окремі технічні засоби станції (маневрові локомотиви, СК, ВФ тощо).

Основними елементами ТП на ВС є технологічні операції Q , виконавці B і об'єкти технології O .

Для можливості створення бібліотеки типових елементів станційної технології на ВС розроблено структуру даних для формального представлення функціонування окремих її об'єктів незалежно від роботи інших.

Функціонування станції пов'язано з виконанням технологічних операцій з вантажами, вагонами, локомотивами, поїздами тощо, які передбачені її ТП. В розробленій моделі кожна технологічна операція представляється структурою.

Виконання технологічних операцій на ВС забезпечують виконавці. Прийнято, що кожен технологічний операцію повинні виконувати виконавці визначеної спеціалізації (наприклад, огороження состава виконує сигналіст, КО вагонів – приймальники поїздів, розпуск состава – маневровий локомотив і СГ або ВК тощо). В той же час, виконавець конкретної спеціалізації може виконувати кілька різноманітних операцій (наприклад, сигналіст виконує закріплення состава, його огороження, зняття огороження та прибирання гальмівних башмаків). Якщо на ВС є кілька виконавців однієї спеціалізації, то для виконання роботи можна використовувати будь-якого з вільних виконавців даної спеціалізації. На початку моделювання усі виконавці вважаються вільними. Для спрощення моделі ВС колії та стрілочні зони також можуть розглядатися як виконавці. Опис структури виконавців і порядку виконання технологічної операції окремим виконавцем для залізничної станції наведено в [74].

Використання виконавців робіт на ВС моделюється за допомогою списків B , які динамічно змінюються. Виконавець B_r вважається зайнятим, якщо на поточний момент часу він виконує вже конкретну технологічну операцію (тобто, знаходиться в списку B_q будь-якої операції) або знаходиться в списку очікування виконання наступних операцій з тим же об'єктом (список B_o будь-якого об'єкта). Для обліку вільних виконавців в моделі ТП ведеться динамічний список B_r . Наприклад, після виконання операції з групою вагонів щодо подавання-прибирання на ВФ станції маневровий локомотив, який виконує цю операцію, звільняється та може виконувати іншу операцію з будь-яким об'єктом – подавання-прибирання нової групи вагонів або розформування-формування состава тощо. Але одразу після постановки вагонів

на кожен ВФ локомотив не звільняється одразу, а очікує моменту закінчення закріплення вагонів на колії. Аналогічно, після виконання операції причеплення маневрового локомотива до складу з метою його розформування цей локомотив не звільняється, а очікує моменту закінчення прибирання башмаків і виконує з даним складом наступні елементи розформування.

Порядок звільнення виконавців ВС визначається параметром f_p шаблону роботи:

- якщо $f_p = -1$, то після закінчення виконання технологічної операції виконавця необхідно перемістити до списку вільних виконавців станції B_r ;

- якщо $f_p = 0$, після закінчення виконання технологічної операції виконавця необхідно перемістити до списку виконавців, які очікують виконання операцій B_o того ж об'єкта, що ним обслуговувався;

- якщо $f_p > 0$, то після закінчення виконання технологічної операції виконавця необхідно перемістити до списку виконавців, які очікують виконання операцій B_o об'єкта, ідентифікатор якого дорівнює f_p .

В процесі зайняття та звільнення виконавця згідно з параметрів, які вказують на необхідність графічного виводу позначки роботи на добовому плані-графіку станції, а також позначки відповідної технологічної операції подаються команди до інформаційної моделі [80] для формування плану-графіку роботи станції.

Згідно з об'єктно-орієнтованою парадигмою кожен окремий об'єкт ВС характеризується властивостями та поведінкою [30]. Як об'єкти ВС розглядаються окремі її елементи – такі, як СГ або ВК, колія накопичення, пункт виконання ВО тощо. Під поведінкою об'єкта розглядаються технологічні операції, які виконуються за його участю, а також передбачений ТП порядок виконання цих операцій.

Формалізація об'єктів спільно з їх поведінкою дозволяє створювати бібліотеки елементарних технологічних процесів і, за рахунок їх використання, скоротити витрати часу на формалізацію технології роботи ВС.

ТП кожного об'єкта ВС представляється у вигляді детермінованого СА

$$A = \{X, Z, S, F_Z, F_S\} \quad (3.21)$$

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

S – множина станів автомата;

F_z, F_s – функції виходів і переходів.

Кожен стан СА відповідає певному стану технологічного обслуговування об'єкта. Множина станів СА визначається кількістю різних фаз обслуговування об'єкта, які розрізняються комбінаціями технологічних операцій, що мають різну ступінь завершеності.

Кожен виконавець, що працює на ВС, із загальної кількості виконавців n_b в моделі ТП, представляється структурою

$$B_r = \{I_b, \gamma, \varepsilon_b\}, r = 1, 2, \dots, n_b, \quad (3.22)$$

де I_b – ідентифікатор виконавця ВС;

γ – спеціалізація виконавця (перелік робіт, які ним можуть виконуватися);

ε_b – показник активності конкретного виконавця.

Властивості об'єктів ВС та їх поведінка описуються в шаблонах O_z , які представляються у вигляді структур

$$O_z = \{I_o, P_o, W_o, B_o, C\}, z = 1, 2, \dots, n_o \quad (3.23)$$

де I_o – ідентифікатор шаблону об'єкта ВС;

P_o – множина властивостей об'єкта ВС;

W_o – шаблони технологічних операцій, які виконуються з об'єктом ВС;

B_o – список виконавців для обслуговування об'єкта ВС;

C – СА, який описує порядок виконання технологічних операцій із об'єктом ВС.

При цьому параметри P_o представляють властивості об'єкта, а W_o і C – його поведінку.

Функції виходів F_z і переходів F_s автомата A виконують перетворення вхідної послідовності сигналів $x_j = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ у відповідну вихідну послідовність $z_j = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}$. Для формалізації різних варіантів технології обслуговування деякого об'єкту використовуються різні вхідні послідовності x_j . Вибір послідовності

x_j виконується особою, яка приймає рішення. Порядок обробки сигналів при їх надходженні до СА залежить від того, до якої підмножини вони відносяться. По завершенню деякої послідовності операцій об'єкти виключаються з моделі ВС або залишаються в стані очікування виконання такої послідовності операцій.

Так як таблиці виходів і переходів відповідних СА є надто розрідженими, то для представлення СА обрано орієнтований граф.

У разі додавання нового шаблону об'єктів до моделі ВС з бібліотеки встановлюється відповідність між виконавцями об'єкта B_0 і виконавцями станції B_r . Враховуючи те, що на різних ВС на одних і тих же об'єктах виконуються подібні операції, то така структура моделі дозволяє формувати бібліотеку шаблонів об'єктів і, за рахунок цього, скоротити час на побудову моделі ВС в цілому.

У процесі моделювання на підставі шаблонів класів об'єктів O_z при ініціалізації моделі ВС, по командах, які надходять від генератора вхідного потоку або від інших об'єктів, проводиться створення екземплярів об'єктів O_y . ТП окремого об'єкта моделюється послідовністю переходів СА з одного стану до іншого по мірі виконання передбачених операцій.

При цьому об'єкти ВС представляються за допомогою структур

$$O_y = \{I_0, O_z, P, s, B_0, Q_0\}, z = 1, 2, \dots, n_0, \quad (3.24)$$

де I_0 – ідентифікатор об'єкта;

P – множина властивостей об'єкта;

s – поточний стан об'єкта, який визначає фазу ТП його обслуговування;

B_0 – список виконавців, які очікують початку виконання операцій з об'єктом;

Q_0 – список технологічних операцій, що виконуються з об'єктом у поточний момент часу;

n_0 – загальне число об'єктів, які знаходяться в системі обслуговування.

Властивості об'єктів в пам'яті ЕОМ зберігаються у вигляді асоціативного списку, кожен елемент якого описується структурою, що містить ключ і дані. Ключ являє собою ціле число. Значення ключів поділені як за видами (цілі числа, речові

числа та текстові значення), так і за характеристиками (обов'язкові властивості та властивостей, які визначені користувачем).

ТП окремого об'єкта моделюється послідовністю переходів СА з одного стану до іншого по мірі виконання передбачених операцій.

В загальному вигляді ТП роботи ВС описується в наступному порядку:

- створення опису об'єктів і визначення їх властивостей;
- створення визначень: спеціалізації виконавців, експлуатаційних подій, команд і перемикачів;
- створення виконавців;
- створення макросів;
- створення робіт;
- створення структури СА.

Під час виконання опису технології конкретної ВС вказані операції можуть виконуватися у разі необхідності.

Редактор ТП роботи ВС дозволяє в графічному вигляді створювати графи переходів СА, а також заповнювати дані про об'єкти, їх властивості, роботи тощо у вигляді спеціальних форм [74]. Список об'єктів станції створюється та доповнюється за допомогою діалогового вікна (рис. 3.7).

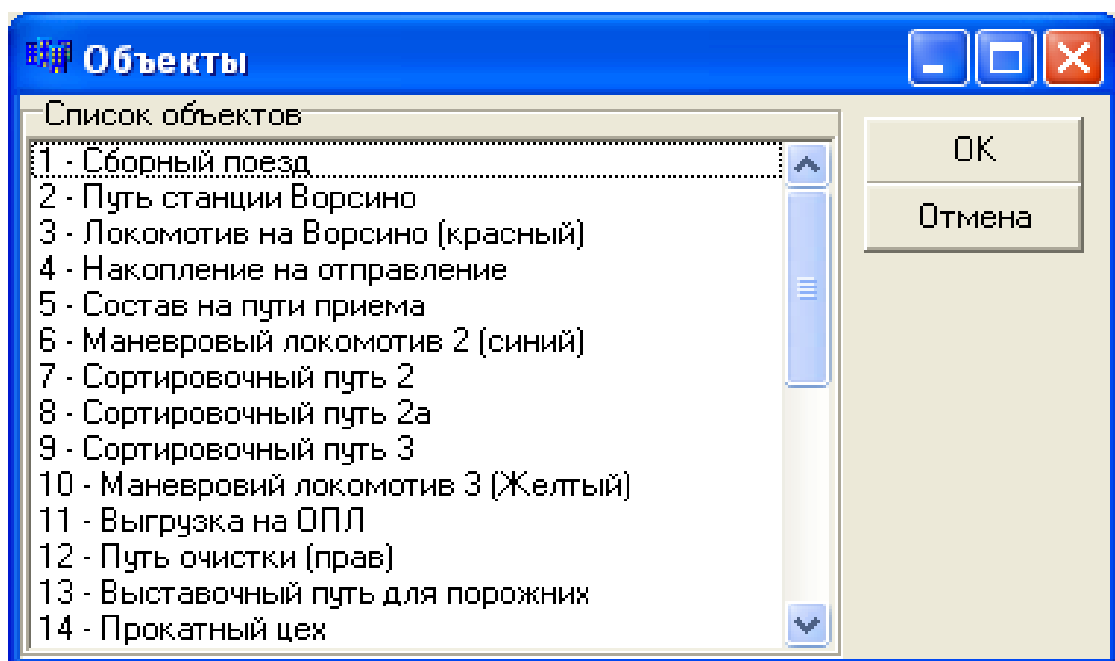


Рисунок 3.7 – Діалогове вікно списку об'єктів станції

Для створення нового опису об'єкта необхідно виконати відповідну команду з використанням панелі інструментів. Завдання властивостей об'єкту виконується за допомогою діалогового вікна (рис. 3.8).

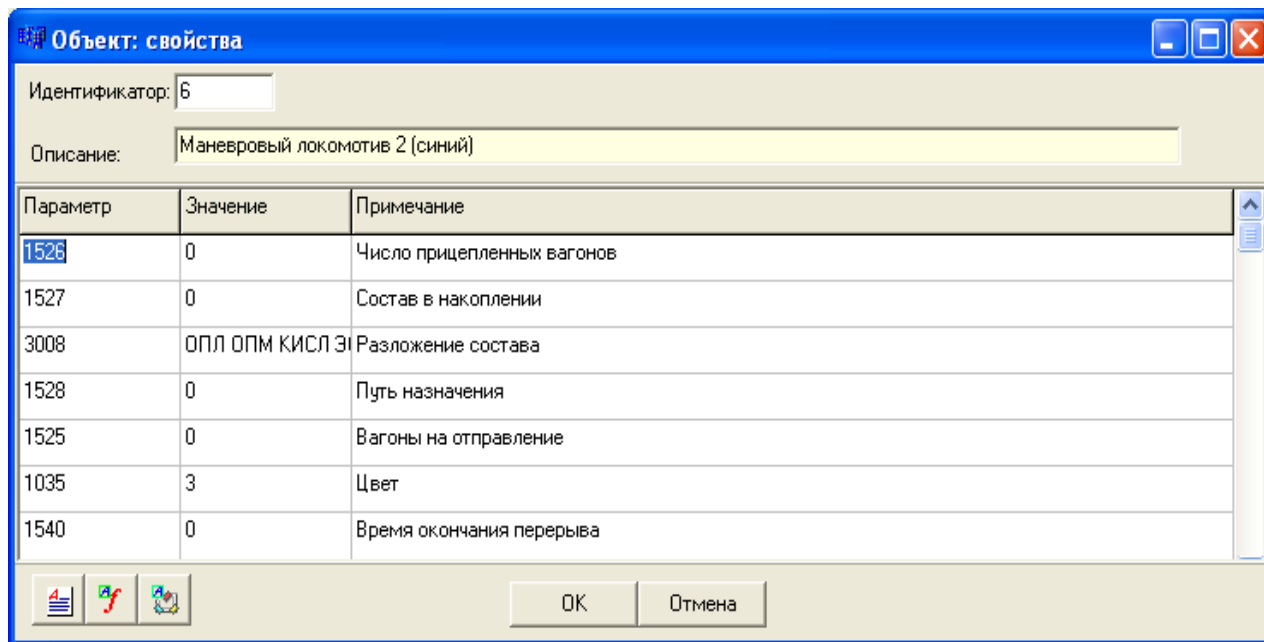


Рисунок 3.8 – Діалогове вікно властивостей об'єкту

Створення визначень (спеціалізації виконавців, подій, експлуатаційних команд і перемикачів) виконується за допомогою відповідного діалогового вікна (рис. 3.9).

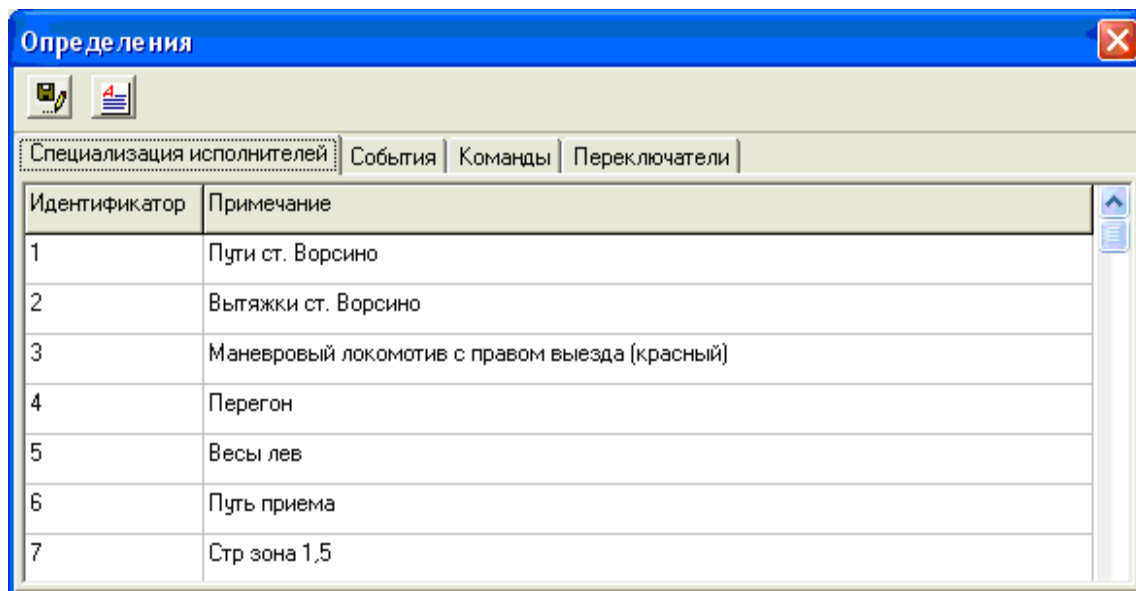


Рисунок 3.9 – Діалогове вікно визначень

Список виконавців станції створюється та доповнюється за допомогою відповідного діалогового вікна (рис. 3.10).

З метою прискорення редагування складних виразів використовується побудовник виразів, діалогове вікно якого наведено на рис. 3.11.

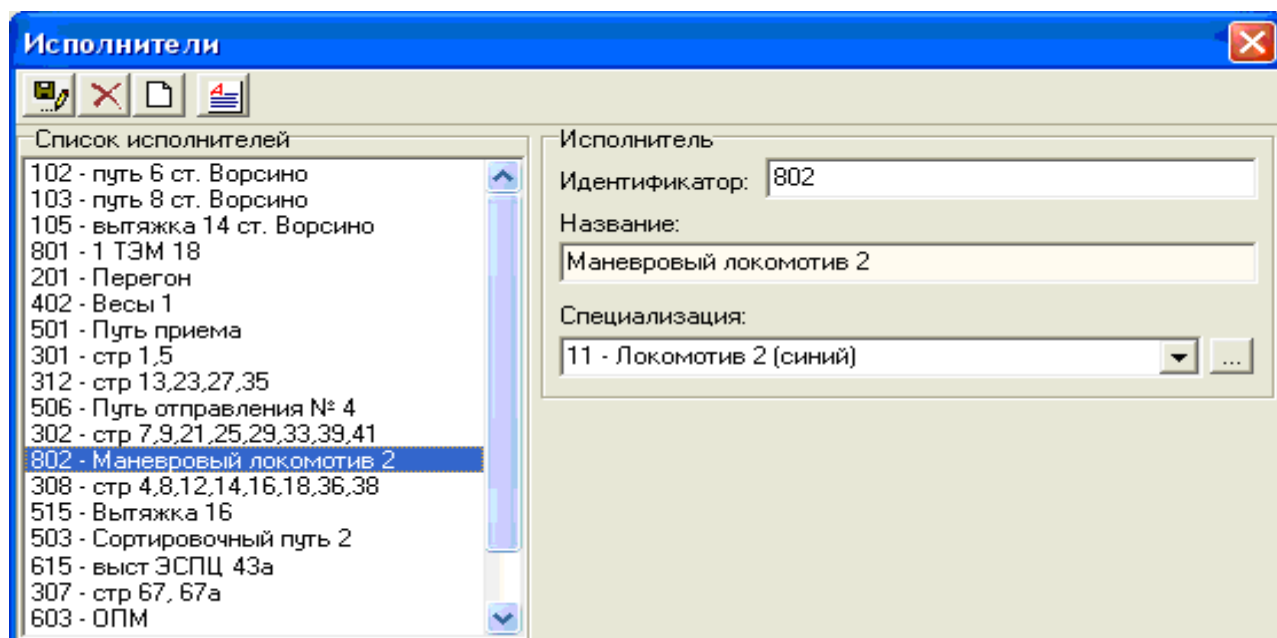


Рисунок 3.10 – Діалогове вікно списку виконавців станції

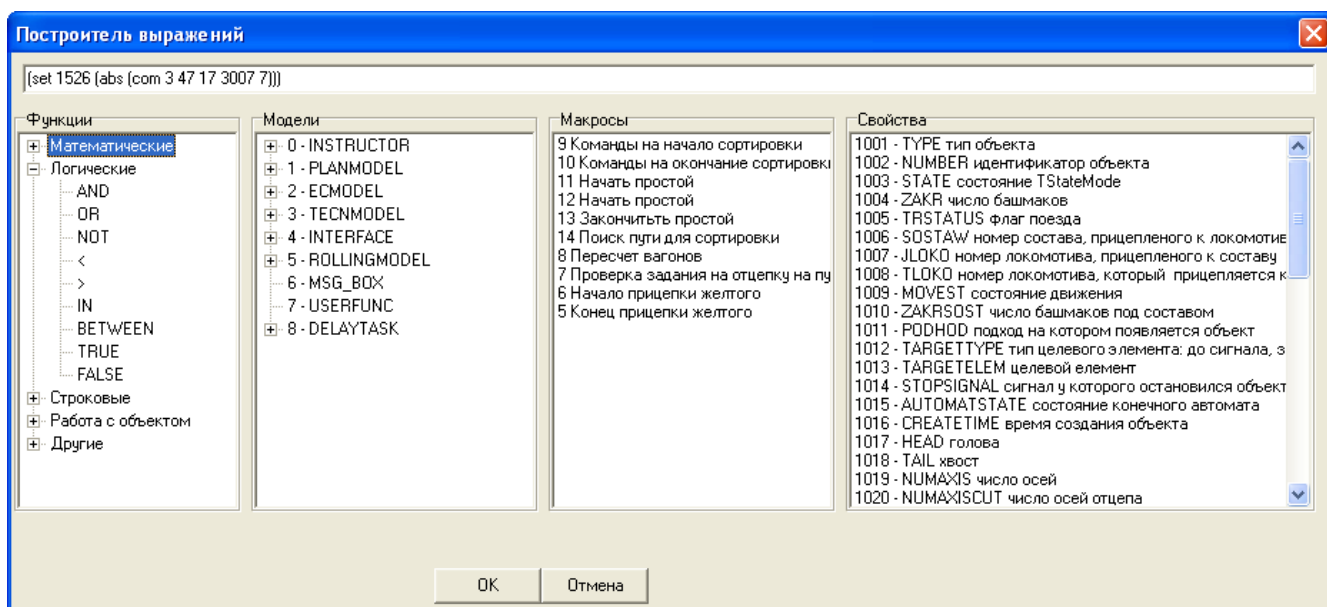


Рисунок 3.11 – Діалогове вікно побудовника виразів

В моделі присутні три типи макросів: глобальні, макроси об'єктів і макроси станів. Створення чи редагування макросів виконується у відповідній формі панелі інструментів. Приклад діалогового вікна макросів наведено на рис. 3.12.

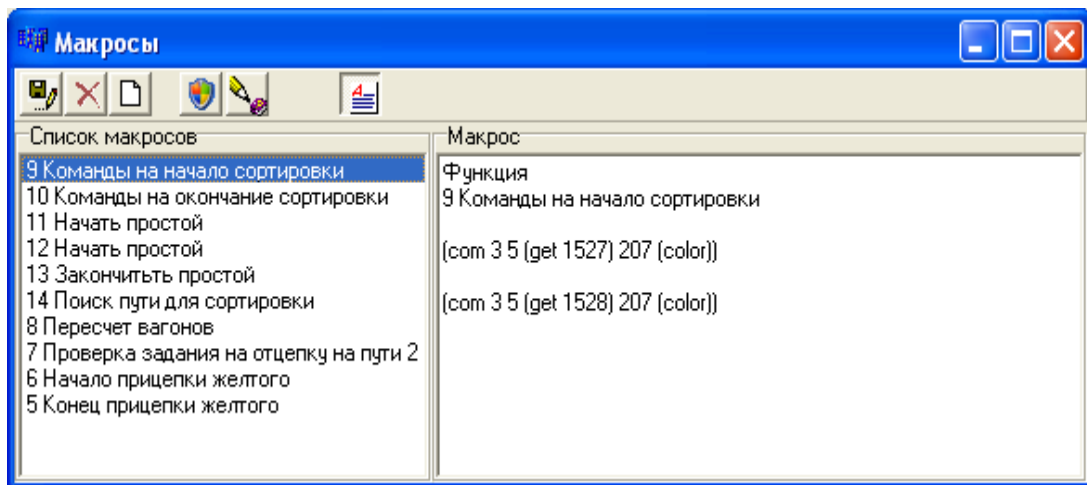


Рисунок 3.12 – Діалогове вікно макросів

В моделі присутні два типи робіт: глобальні роботи та роботи об'єктів. Приклад діалогового вікна робіт наведено на рис. 3.13.

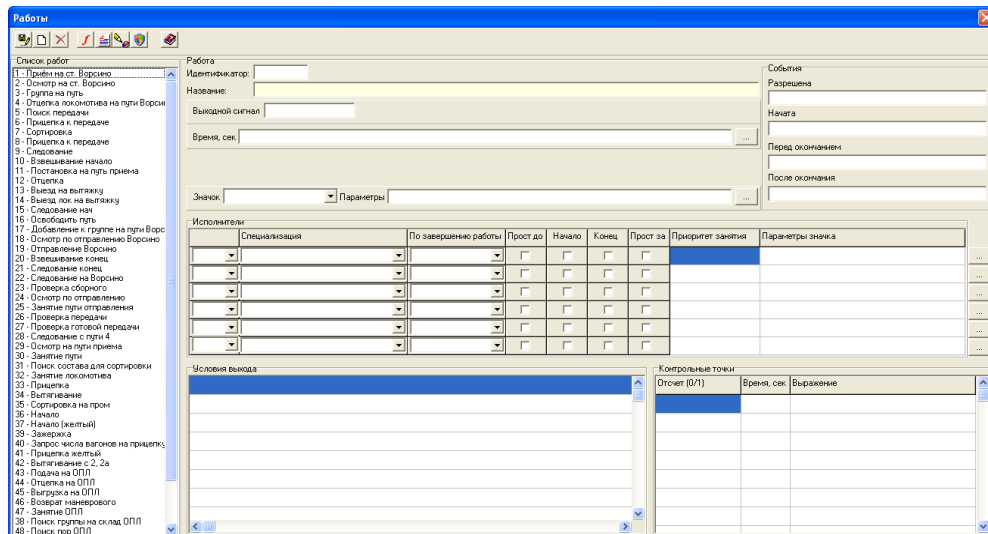


Рисунок 3.13 – Діалогове вікно робіт

У дисертаційній роботі вдосконалено програмний комплекс для функціонального моделювання станцій шляхом деталізації та вдосконалення бібліотеки операцій, які можуть виконуватися на ВС магістрального і промислового транспорту. Програмний комплекс містить дві основні програми – «Редактор технологічного процесу роботи станцій» і «Добовий план-графік роботи станцій». У процесі описання технології роботи ВС формується СА, налаштовуються функції виходів і переходів, описуються параметри конкретних об'єктів станції. Приклад представлення технології роботи шлакового двору у вигляді СА як типового елементу бібліотеки операцій на ВС наведено на рис. 3.14.

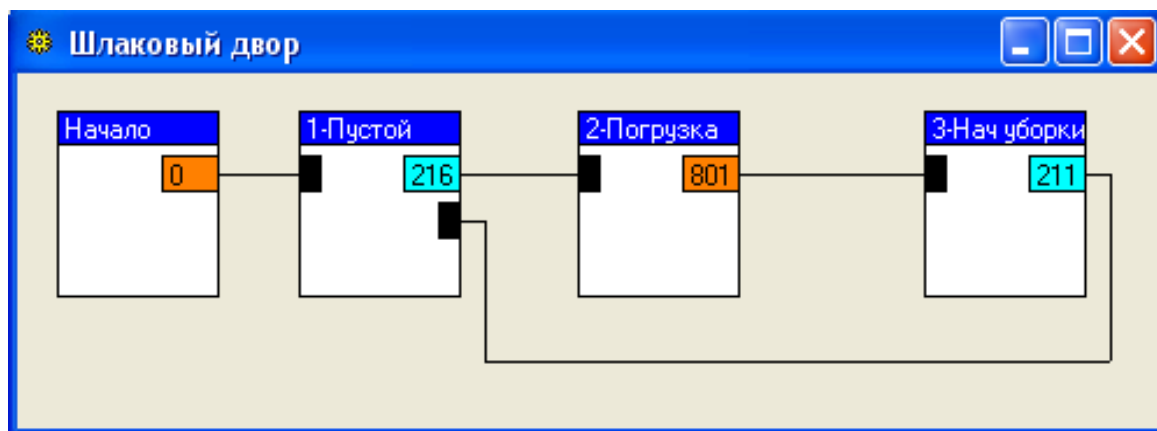


Рисунок 3.14 – Представлення технологічного процесу ВО
на шлаковому дворі

Програма «Добовий план-графік» забезпечує виконання імітаційного моделювання роботи ВС. Головне вікно програми представлено на рис. 3.15. Процес функціонування ВС відображається на годинній сітці у традиційному вигляді добового плану-графіку.

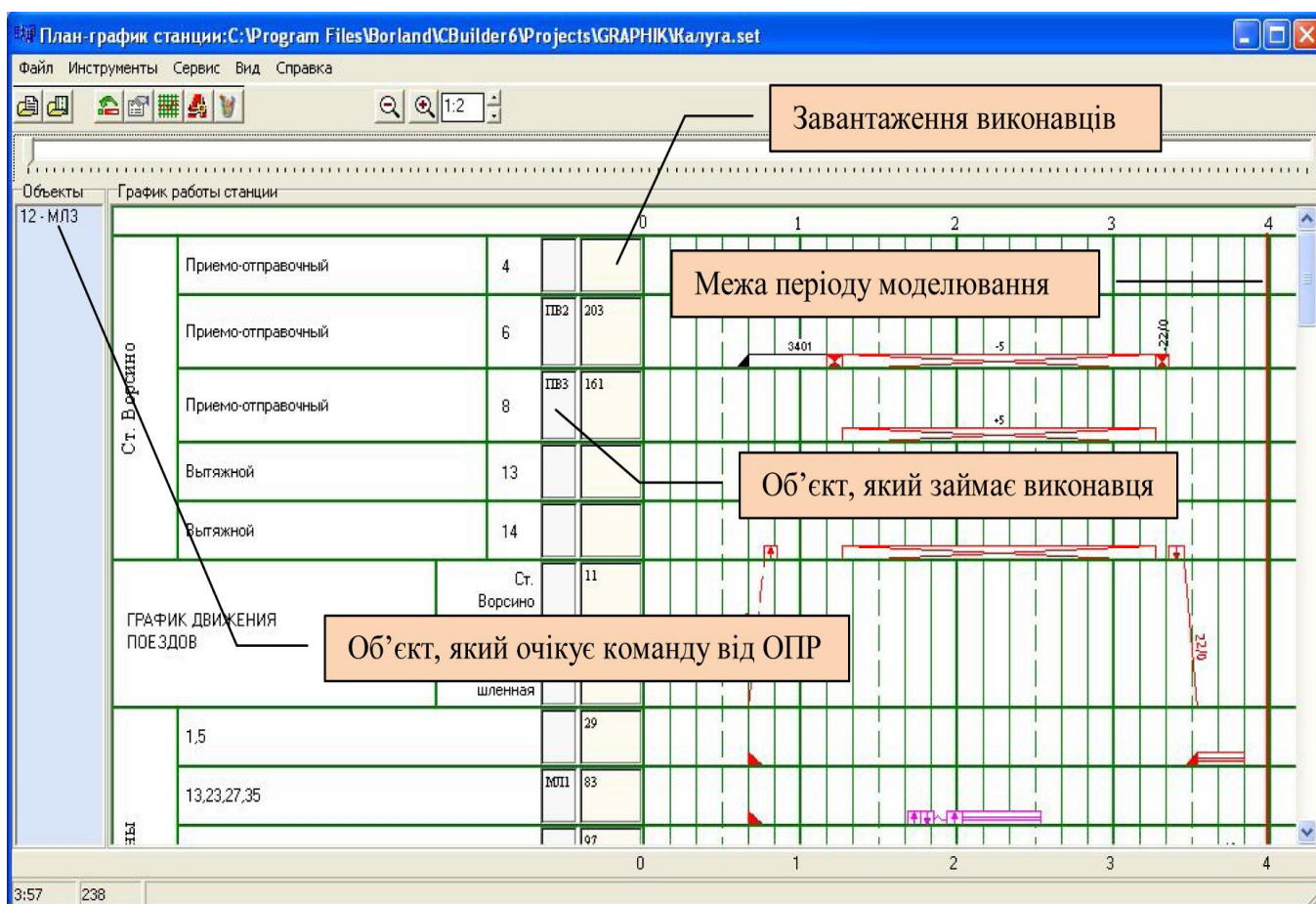


Рисунок 3.15 – Головне вікно програми «Добовий план-графік роботи станції»

Моделювання роботи станції здійснюється особою, яка приймає рішення, в інтерактивному режимі. Якщо в процесі імітації роботи станції відбувається перехід одного з об'єктів до стану, який містить вхідний сигнал підмножини ХЗ (команда від особи, яка приймає рішення), то процес моделювання призупиняється в очікуванні її рішення.

Відповідний об'єкт виводиться у лівій частині вікна програми. Зміна положення межі періоду моделювання забезпечує повторення процесу моделювання з певного моменту з можливістю зміни порядку зайняття виконавців.

Результатами функціонального моделювання роботи ВС є план-графік роботи станції, який можна експортувати у вигляді графічних файлів dxf, wmf и eps, а також показники роботи станції, такі як завантаження окремих виконавців і тривалості знаходження об'єктів в окремих фазах обслуговування.

Імітаційне моделювання станційних процесів є ефективним засобом аналізу та оцінки показників функціонування залізничних станцій, їх техніко-технологічних і економічних параметрів. Використання імітаційних моделей як під час виконання проектних робіт, так і під час оперативного управління на станціях дозволяє приймати найбільш раціональні рішення, що направлені на скорочення власних витрат станцій і збільшення прибутку від виконання перевізного процесу.

3.3 Висновки до розділу 3

1. Традиційна методика нормування маневрових напіврейсів не враховує існуючих на багатьох станціях обмежень швидкості руху окремими елементами, що може призводити до суттєвих похибок під час визначення тривалості маневрових напіврейсів. Для розв'язання вказаної задачі вдосконалено аналітичний метод нормування тривалості маневрових напіврейсів, який дозволяє врахувати наявні обмеження швидкості руху окремими стрілочними переводами, стрілочними зонами та коліями. Вдосконалений метод реалізовано у вигляді програмного продукту.

2. За відсутності обмеження швидкості руху на окремих елементах прямування маневрового состава різниця між результатами розрахунків, виконаних за вдосконаленим аналітичним методом і за методом розрахункових параметрів, є несуттєвою (до 3 %), але в разі наявності відповідних обмежень вона досить значна (близько 40 %).

3. У відповідності до принципів об'єктно-орієнтованого підходу запропоновано структуру моделі, яка забезпечує формалізацію об'єктів сумісно з їх поведінкою. Такий підхід дозволяє описувати функціонування окремих об'єктів незалежно від роботи інших елементів станцій і створювати на їх основі бібліотеки типових елементів технологічних процесів.

4. Реалізований на основі вдосконаленої моделі програмний комплекс дозволяє в автоматизованому режимі розробляти технологію роботи станцій та здійснювати імітаційне моделювання їх функціонування в ергатичному режимі під контролем людини. Використання представленого програмного комплексу дозволяє скоротити витрати часу на отримання техніко-експлуатаційної оцінки вантажних станцій, які проектуються, та існуючих.

РОЗДІЛ 4

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ

4.1 Встановлення допустимої кількості вагонів, які можуть знаходитися на існуючому колійному розвитку вантажної станції

У зв'язку зі зміною обсягів роботи на станціях і тривалості знаходження вагонів під технологічними операціями виникає необхідність перевірки відповідності колійного розвитку станцій умовам їх функціонування.

На відміну від технічних станцій, які працюють переважно з поїздами і потужність колійного розвитку яких визначається в коліях, ВС працюють переважно з окремими вагонами і групами вагонів. Аналіз експлуатаційної роботи ВС магістральних залізниць та промислових підприємств показує, що для згладжування нерівномірності перевезень використовується вся вільна колійна ємність станцій. У зв'язку з цим оцінку використання колійної ємності станцій запропоновано здійснювати шляхом аналізу випадкової величини

$$\xi = \frac{L_{\text{кр}}}{\sum_{j=1}^k n_j l_{\text{в},j}}, \quad (4.1)$$

де $L_{\text{кр}}$ – загальна корисна довжина колій станції;

$n_j l_{\text{в},j}$ – відповідно кількість і довжина вагонів j -го типу.

Під час аналізу за даними за даними номерного обліку вагонів за АСК ВП УЗ-Є та форм статистичної звітності ДО-2 визначається кількість вагонів на початок кожної години та виконується її статистична обробка (див. п. 2.3.3). Завантаження колійного розвитку станції оцінюється ймовірністю p_k перевищення критичного завантаження $k=0,7$ протягом року.

Запропоновано наступну шкалу для оцінки колійної ємності ВС:

- 1) $p_k > 0,1$ – недостатня колійна ємність і, як наслідок, виникають простой поїздів на підходах до станції та систематично виконуються маневри з метою звільнення колій від вагонів для виконання технологічних операцій;
- 2) $0,1 > p_k > 0,01$ – суттєве завантаження колій станції, що викликає додаткові простой та збільшує обсяги маневрової роботи в окремі періоди року;
- 3) $0,01 > p_k > 0,003$ – допустиме завантаження колій станції;
- 4) $0,003 > p_k$ – колійний розвиток станції має резерви, які не використовуються для роботи.

Приклад оцінки відповідності колійного розвитку ВС розмірам вагонопотоків, які на них обробляються, наведено для станції НД. У результаті побудови графіка динаміки зміни вагонів на станційних коліях ВС НД, фрагмент якого наведено на рис. 4.1, визначено ймовірність того, що кількість вагонів перевищить критичне значення.

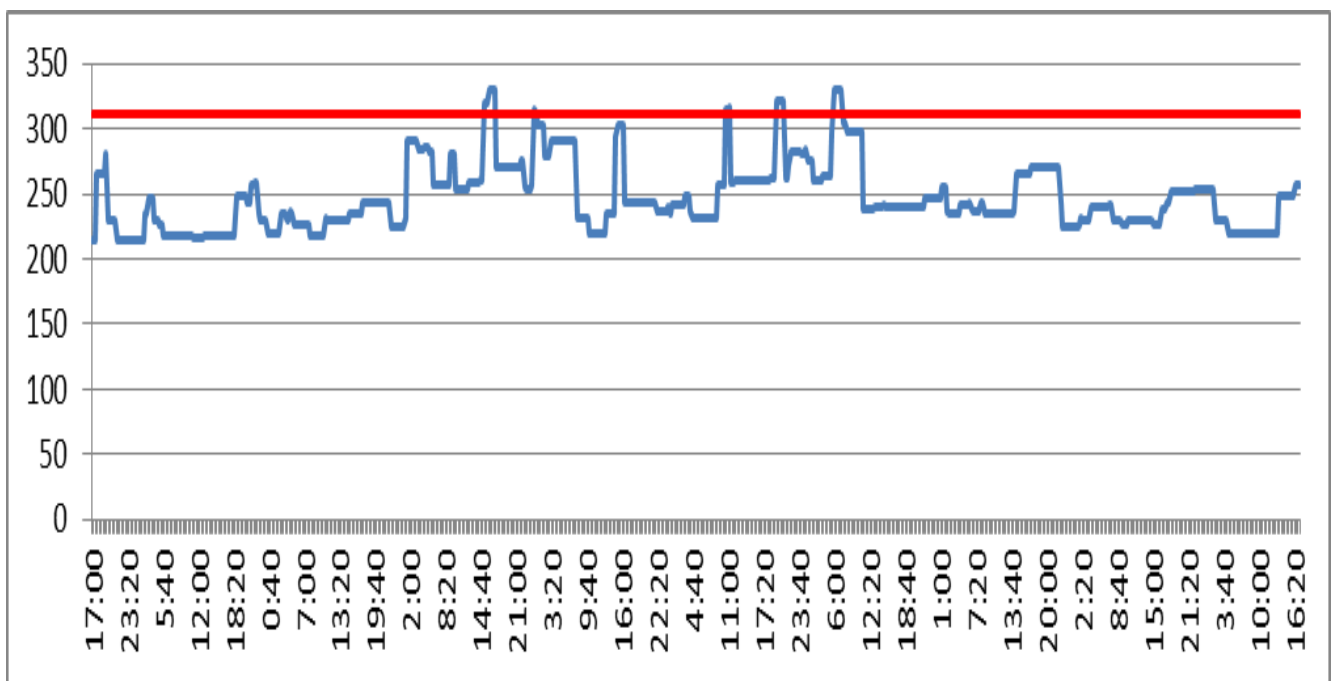


Рисунок 4.1 – Графік динаміки зміни кількості вагонів на ВС НД порівняно з критичним значенням кількості вагонів на станції (312 ваг.)

Існуюча ємність колійного розвитку станції НД з урахуванням закритих колій становить 445 ваг. На станції згідно з існуючою технологією на початку побудови

графіку (див. рис. 4.1) знаходиться 1 залишений без локомотива состав, а також перебувають вагони для передачі для ПК станції та повернені групи вагонів з ПК (сумарна кількість вагонів на станції НД становить 215 ваг.). При цьому зайнятими є більшість колій станції за рахунок того, що довжина груп вагонів є значно меншими за ємність відповідних колій. За даними АСК ВП УЗ-Є проаналізовано за обраний період дані по кожному вагону, який знаходився на станції НД і на ПК, з метою встановлення їх місця знаходження по елементах доби.

Гістограма та графік щільності ймовірності для випадкової величини середньої кількості вагонів, які перебувають на коліях станції НД протягом 2014 р., наведено на рис. 4.2. Випадкова величина розподілена за гама-розподілом. Ймовірність перевищення критичного значення становить 0,0354, тобто колійний розвиток ВС має суттєве завантаження протягом року, що вимагає розробки пропозицій щодо підвищення ефективності роботи.

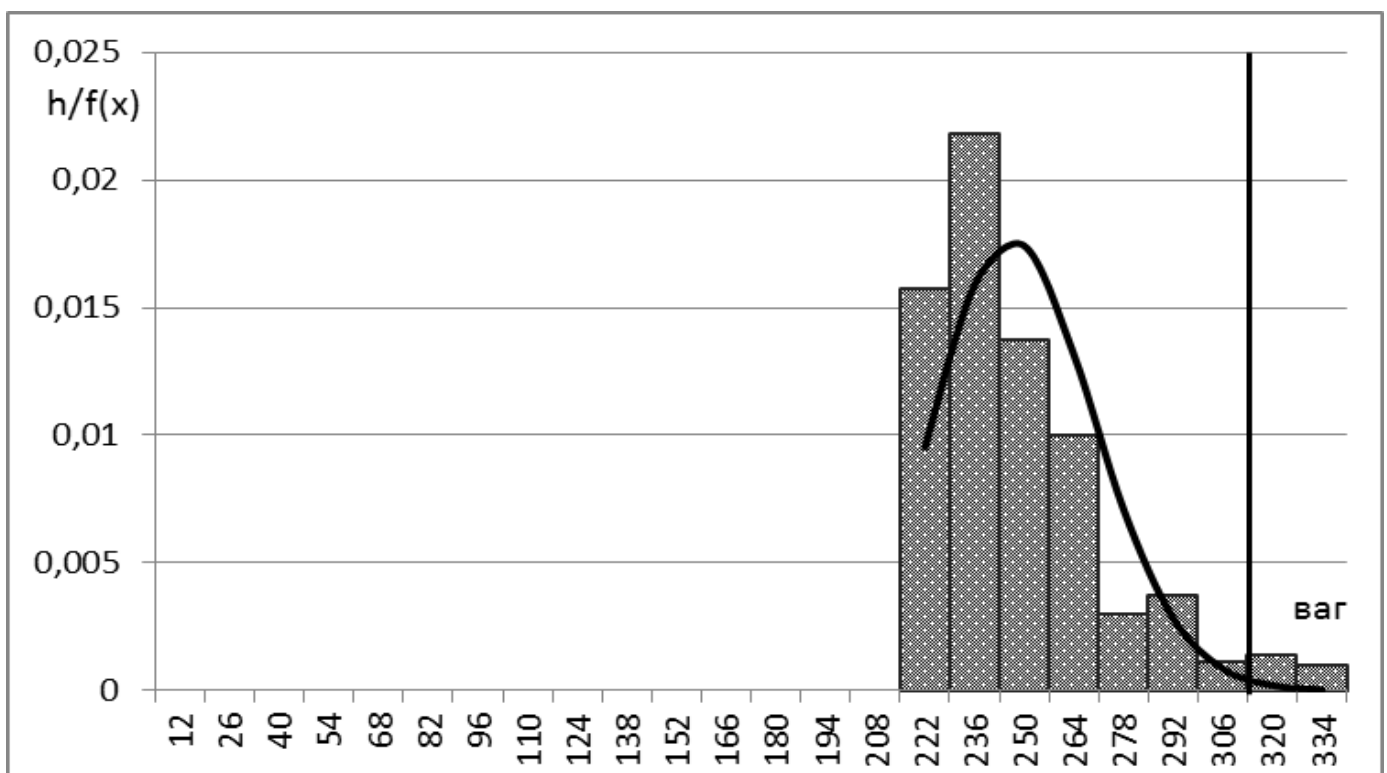


Рисунок 4.2 – Гістограма та графік щільності ймовірності для випадкової величини середньої кількості вагонів, які перебувають на коліях ВС НД протягом 2014 р.

4.2 Обґрунтування залежності між кількістю колій, їх довжиною, колійною ємністю вантажних станцій та характеристиками вагонопотоків, які на них переробляються, з урахуванням зміни структури вагонного парку

4.2.1 Визначення можливої максимальної кількості вагонів, які одночасно розташовуються на станційних і під'їзних коліях ВС

Нормальна робота ВС з приймання та відправлення поїздів і маневровим пересуванням може виконуватись лише при визначеній кількості вагонів, яка знаходиться на її коліях [204]. У разі великого накопичення вагонів на ВС її маневреність суттєво ускладнюється, погіршуються умови розформування та формування составів, приймання та відправлення поїздів, що відповідно зменшує пропускну та переробну спроможність станції.

Під ємністю станції вважають найбільшу кількість вагонів, що можуть розміститися на її коліях, за якої станція забезпечить нормальну експлуатаційну роботу [204]. Ємність станційних колій і ПК промислових підприємств повинна забезпечувати одночасне розташування на них максимальної кількості вагонів $m_{N,max}$. Проте, на значення $m_{N,max}$ впливає значна кількість випадкових чинників, які залежать або не залежать від організації перевізного процесу. Під дією окремих чинників (пошкодження вагонів, затримка митними органами, закриття колій для проведення ремонтних робіт тощо) можуть виникати значні простої, які суттєво збільшують відповідну кількість вагонів. Отже, використання значень $m_{N,max}$, які отримано у результаті аналізу статистичних даних (див п. 2.3.3), призведе до появи грубих помилок. Таким чином, для подальшого нормування використано практично можливі максимальні значення $m_{N,p}$, які відносяться до генеральної сукупності із ймовірністю 0,95.

У дисертаційній роботі (див. табл. 2.16 і 2.17) встановлено, що випадкова величина кількості вагонів, які одночасно знаходяться на станційних і під'їзних коліях,

може мати нормальний розподіл (17 станцій), гама-розподіл (12 станцій) або логарифмічно-нормальний розподіл (2 станції).

За нормального та логнормального розподілу значення $m_{N,\Pi}$ із ймовірністю $p = 0,95$ не перевищуватиме $1,644854s_N$. Тоді

$$m_{N,\Pi} = m_N^* + 1,644854s_N. \quad (4.2)$$

За гама-розподілу для встановлення значень $m_{N,\Pi}$ використано метод виключення аномальних значень із вибірових сукупностей [212], за якого критичне значення $\tau_{(\omega; n)}$ ($\omega = 5\%$ – відсоткова точка нормованого вибіркового відхилення, $p = 0,95$) визначається з критичного значення розподілу Стюдента $t_{(\omega; n-2)}$

$$\tau_{(\omega; n)} = \frac{t_{(\omega; n-2)} \sqrt{n-1}}{\sqrt{(n-2) + t_{(\omega; n-2)}^2}}. \quad (4.3)$$

Для виділення аномального значення розраховують

$$\tau = \frac{|m_i - m_N^*|}{s_N}, \quad (4.4)$$

де m_i – найбільший елемент вибіркової сукупності.

Значення $m_{N,\Pi}$ визначається з використанням умови

$$\tau > \tau_{(5\%; n)}, \quad (4.5)$$

у разі виконання якої відповідне значення m_i відкидається.

Якщо $n = 364$, то $t_{(5\%; 362)} = 1,6492$ [116]. За виразом (4.3)

$$\tau_{(5\%; 364)} = \frac{1,6492 \cdot \sqrt{364-1}}{\sqrt{(364-2) + 1,6492^2}} = 1,65.$$

На підставі даних, наведених у табл. 2.16 і 2.17 і на рис. В.2–В.37 додатку В, за формулами (4.2) і (4.5) розраховано значення $m_{N,\Pi}$ (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Значення $m_{N.п}$ для ВС ДН-1 і ДН-2 Придніпровської залізниці

Станція	Ємність ($E_{ст}$) станційних колій (без головних), м	$m_{N.п}$, вагонів	Станція	Ємність ($E_{ст}$) станційних колій (без головних), м	$m_{N.п}$, вагонів
Нижньодніпровськ	6647	603	Балівка	2980	111
Вільногірськ	2597	390	Богуславський	3378	559
Горяїнове	3460	641	Ароматна	5052	887
Дніпропетровськ- Вантажний	6638	156	Нижньодніпровськ- Пристань	5410	103
Верхньодніпровськ	3544	227	Миколаївка-Донецька	5007	387
Вечірній Кут	2841	411	Кривий Ріг-Західний	5436	482
Жовті Води-2	2904	432	Чортомлик	5478	289
Ігрень	4029	455	Баглий	13699	1149
Самарівка	4796	251	Терни	5899	744
Правда	7137	770	Інгулець	5997	893
Шмакове	5115	365	Нікополь	7627	1454
Марганець	4331	376	Грекувата	7637	844
Мудрьона	5602	469	Кривий Ріг	8744	1762
Рядова	5183	542	Батуринська	11838	980
Рокувата	5237	607	Кривий Ріг-Головний	13860	2781

4.2.2 Встановлення зв'язку між ємністю станційних колій і можливою максимальною кількістю вагонів, які одночасно розташовуються на станційних і під'їзних коліях ВС

Якщо кожному значенню величини X відповідає статистичний ряд можливих значень величини Y , то такого роду зв'язок між величинами є статистичним (кореляційним) [6]. Вивчення такого зв'язку між величинами X і Y передбачає розгляд розподілу величини Y для кожного x .

Для оцінки тісноти нелінійного кореляційного зв'язку [6] використовується кореляційне відношення Y та X

$$\eta_{y/x} = \frac{\sigma_{y_x}}{\sigma_y}, \quad (4.6)$$

де σ_y – середньоквадратичне відхилення величини y від загальної середньої $\bar{y}$;

σ_{y_x} – середньоквадратичне відхилення умовних середніх y_x від їх середньої $\bar{y}_x$.

Значення σ_y згідно з [6] визначається за формулою

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_y n_y (y - \bar{y})^2}, \quad (4.7)$$

де N – кількість дослідів (значень величини Y);

$n_y = \sum_x m_{xy}$, де m_{xy} – частоти, які показують скільки разів за даних значень

x зустрічалися вказані значення y .

Значення σ_{y_x} згідно з [6]

$$\sigma_{y_x} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_x m_x (y_x - \bar{y}_x)^2}, \quad (4.8)$$

де $m_x = \sum_y m_{xy}$.

Умовне середнє y по x згідно з [6]

$$y_x = \frac{\sum_y m_{xy} y}{m_x}. \quad (4.9)$$

Наявність статистичного зв'язку між X і Y [6] відповідає умові $0 > \eta_{y/x} > 1$, причому $\eta_{y/x}$ тим ближче до 1, чим тіснішим є кореляційний зв'язок Y з X . Аналізуючи рис. 4.3 (вихідні дані прийнято за табл. 4.1) можна зробити висновок, що між ємністю станційних колій $E_{ст}$ та можливою максимальною кількістю вагонів $m_{N,п}$, які одночасно розташовуються на станційних коліях і ПК, є певний кореляційний нелінійний зв'язок.

Якщо $N = 30$, $\sum_y n_y (y - \bar{y})^2 = 29239704$, то за формулою (4.7)

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{29239704}{30}} = 987,247.$$

Якщо $\bar{y}_x = 1034,667$, $\sum_x m_x (y_x - \bar{y}_x)^2 = 328554,778$, то за формулою (4.8)

$$\sigma_{y_x} = \sqrt{\frac{328554,778}{30}} = 573,197.$$

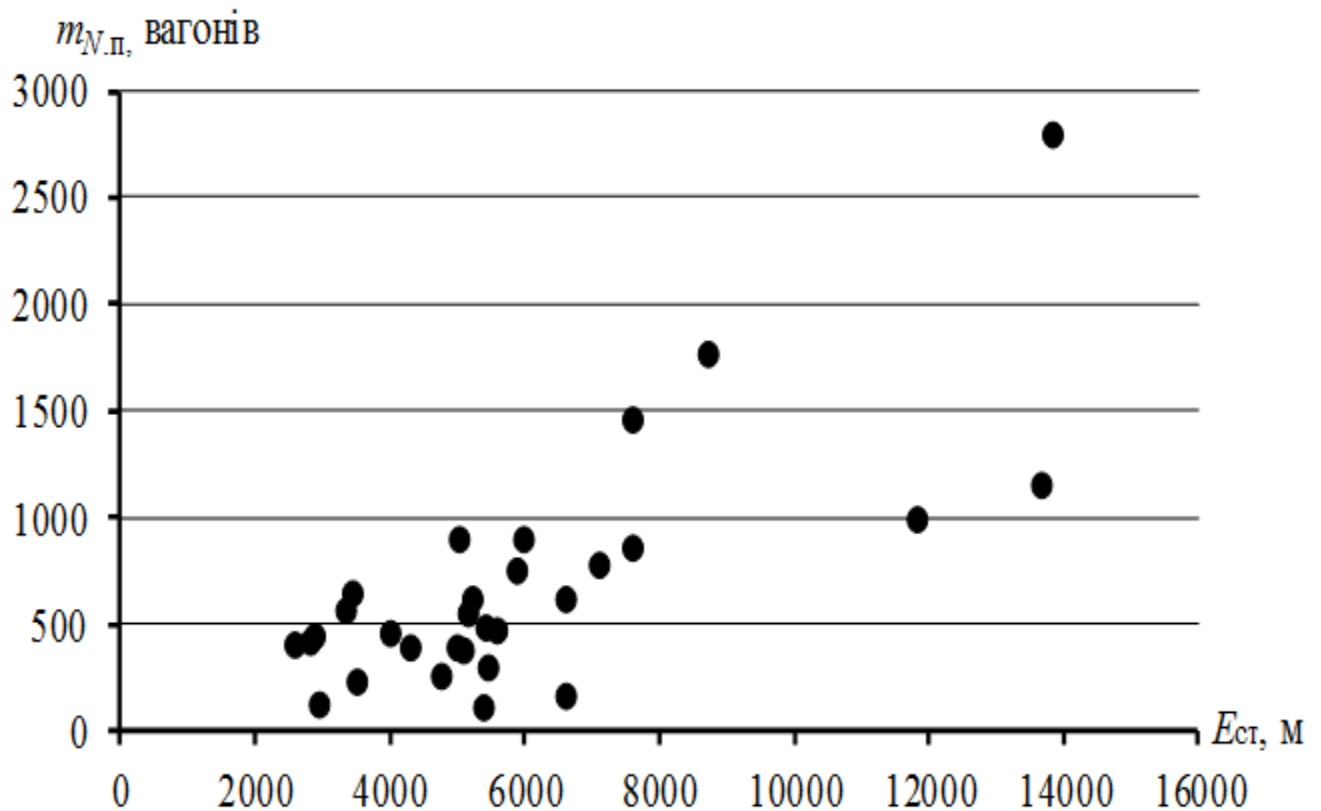


Рисунок 4.3 – Значення максимальної кількості вагонів, які одночасно розташовуються на станційних коліях і ПК, за відповідної ємності колій ВС

Тоді за формулою (4.6)

$$\eta_{y/x} = \frac{573,197}{987,247} = 0,6.$$

Якісну оцінку тісноти зв'язку виконано за шкалою Чеддока [169], згідно з якою зв'язок між ємністю станційних колій і максимальною кількістю вагонів, які одночасно розташовуються на станційних та під'їзних коліях ВС, є помітним ($0,5 < 0,6 < 0,7$).

Наявність нелінійного кореляційного зв'язку між ємністю станційних колій та максимальною кількістю вагонів, які одночасно розташовуються на станційних і під'їзних коліях, дає можливість встановити регресійну модель для її нормування.

Коефіцієнти регресійної моделі $y_x = f(x)$ визначаються за методом найменших квадратів, згідно з яким [6] найкращими коефіцієнтами $b_0, b_1, \dots, b_k$ вважаються ті, для яких сума квадратів відхилень є мінімальною (принцип Лежандра).

В якості оцінки дисперсії випадкової величини Y використовується залишкова дисперсія (чи дисперсія відносно лінії регресії), яка визначається [209] як

$$D_3 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{S}, \quad (4.10)$$

де y_i – дійсні значення величини Y , що відповідають певним x_i ;

$\hat{y}_i$ – значення, які розраховано за рівнянням регресії для відповідних x_i ;

$S = N - 2$ (де N – кількість значень величини Y), що призводить до того, що D_3 стає незміщеною оцінкою дисперсії теоретичного розподілу.

Якщо опис залежності y_x від x або y_x від x_1 і x_2 є можливим кількома рівняннями регресії $y_x = f(x)$, то їх слід обирати таким чином, щоб D_3 була мінімальною.

Для перевірки значимості регресійної моделі використано F -критерій Фішера [116], який визначається за формулою

$$F = \frac{D_y}{D_3}, \quad (4.11)$$

де D_y – емпірична дисперсія

$$D_y = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{S}, \quad (4.12)$$

де $S = N - 1$, що призводить до того, що D_y стає незміщеною оцінкою дисперсії теоретичного розподілу.

Емпіричне середнє значення величини Y згідно з [209]

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}. \quad (4.13)$$

Регресійна модель адекватно описує результати експериментів [116], якщо виконується умова

$$F > F_{(\alpha; m_1; m_2)}^T, \quad (4.14)$$

де $F_{(\alpha; m_1; m_2)}^T$ – межа (табличне значення) F -критерію у разі визначених: ймовірності помилки (рівня значимості) α , ступеня свободи емпіричної дисперсії m_1 і ступеня свободи залишкової дисперсії m_2 . У дисертаційній роботі прийнято, що $\alpha = 5\%$.

Ступінь свободи емпіричної дисперсії згідно з [116]

$$m_1 = N - 1. \quad (4.15)$$

Ступінь свободи залишкової дисперсії згідно з [116] визначається як

$$m_2 = N - 2. \quad (4.16)$$

Значення $F_{(\alpha; m_1; m_2)}^T$ визначається згідно з [209].

У дисертаційній роботі розглянуто 40 видів можливих однофакторних регресійних моделей (див. Додаток Г). З усієї розглянутої сукупності однофакторних регресійних моделей за принципом найменшої залишкової дисперсії $D_3 = 137338,068$ вагонів² обрано модель виду

$$\hat{m}_{N.\Pi} = b_0 + b_1 E_{\text{ст}}^{0,5} \quad (4.17)$$

з коефіцієнтами $b_0 = -1078,954$, $b_1 = 23,275$.

Якщо $S = 30 - 1 = 29$, $\bar{y} = 670,667$ вагонів, $\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 = 8768325$ вагонів²,

то за формулою (4.12)

$$D_y = \frac{8768325}{29} = 302356,023 \text{ вагонів}^2.$$

Значення F -критерію Фішера формулою (4.11) становить

$$F = \frac{302356,023}{137338,068} = 2,2.$$

Табличне значення $F_{(5\%; 29; 28)}^T = 1,87$ [209].

Отже, умова (4.14) виконується ($2,2 > 1,87$). Таким чином, регресійна модель виду

$\hat{m}_{N.\Pi} = -1078,954 + 23,275 \cdot E_{\text{ст}}^{0,5}$ (рис. 4.4) адекватно описує результати експериментів.

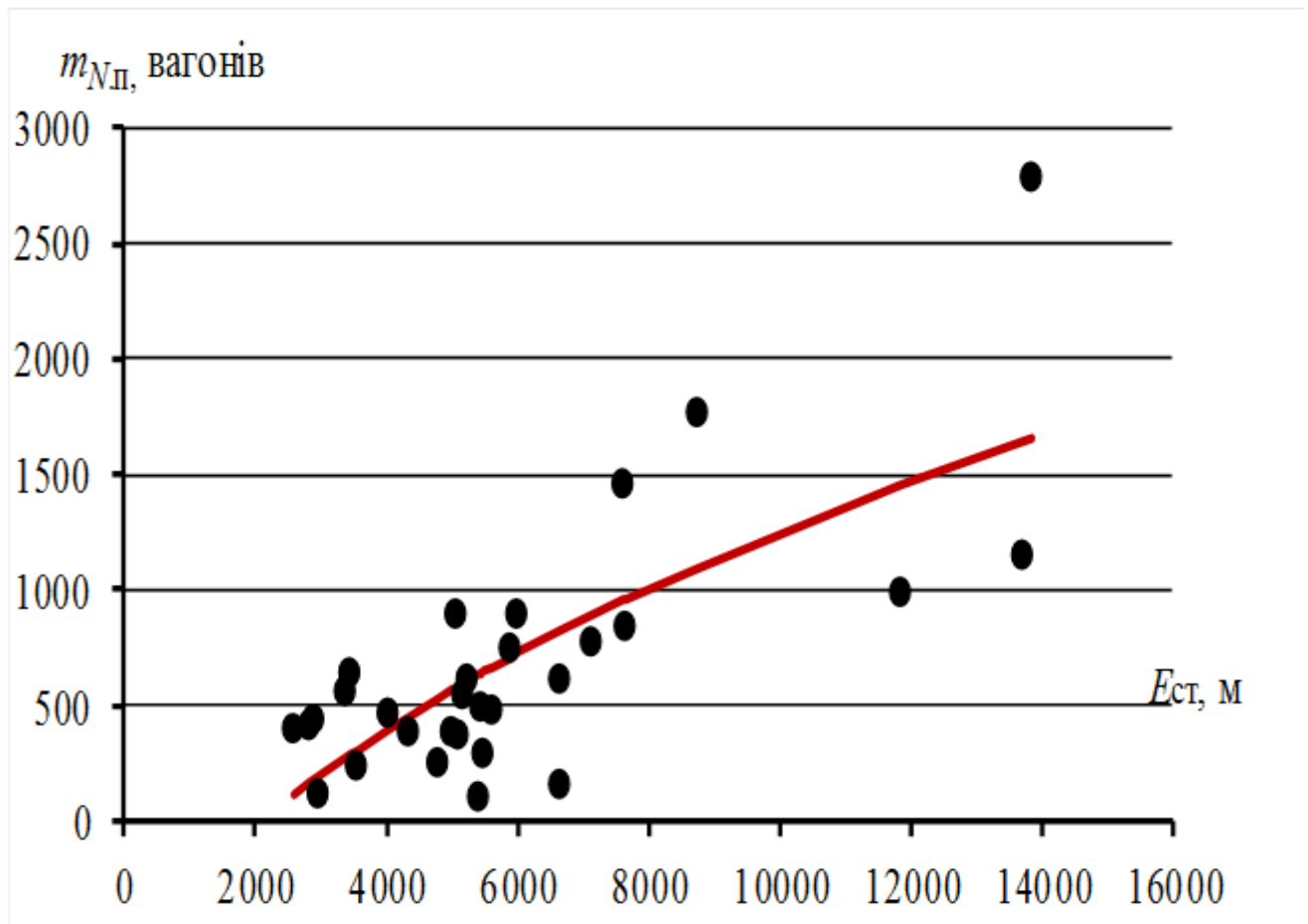


Рисунок 4.4 – Крива регресії, яка описує зв'язок між $E_{ст}$ і максимальною кількістю вагонів $m_{NΠ}$, які одночасно розташовуються на станційних і ПК ВС

4.2.3 Визначення ємності та кількості станційних колій, яка забезпечує одночасне розташування на станційних і під'їзних коліях ВС можливої максимальної кількості вагонів

В результаті розв'язку рівняння $\hat{m}_{NΠ} = -1078,954 + 23,275 \cdot E_{ст}^{0,5}$ відносно $E_{ст}$ визначено ємність станційних колій, яка забезпечує одночасне розташування на станційних і під'їзних коліях відповідної можливої максимальної кількості вагонів (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Ємність станційних колій та можлива максимальна кількість вагонів, які одночасно розташовуються на станційних і під'їзних коліях ВС

Ємність ($E_{\text{ст}}$) станційних колій (без головних), м	$m_{N.\text{п}}$, вагонів	Ємність ($E_{\text{ст}}$) станційних колій (без головних), м	$m_{N.\text{п}}$, вагонів	Ємність ($E_{\text{ст}}$) станційних колій (без головних), м	$m_{N.\text{п}}$, вагонів
2565	100	5520	650	9585	1200
2790	150	5840	700	10015	1250
3020	200	6175	750	10450	1300
3260	250	6515	800	10895	1350
3510	300	6865	850	11340	1400
3770	350	7230	900	11805	1450
4035	400	7600	950	12275	1500
4315	450	7975	1000	12755	1550
4605	500	8365	1050	13250	1600
4900	550	8765	1100	13745	1650
5205	600	9170	1150	14255	1700

На підставі даних, наведених у табл. 4.2, встановлено кількість станційних колій $N_{\text{ст}}$, яка забезпечує одночасне розташування на них і на ПК можливої максимальної кількості вагонів $m_{N.\text{п}}$ (див. табл. Е.1 і Е.2 Додатку Е).

На ПВК ВС загального користування можуть виконуватися технологічні операції з поїздами, які мають встановлену для даного напрямку довжину. Отже, корисна довжина $L_{\text{кор}}$ всіх або частини станційних колій (у т. ч. виставних) має відповідати стандартній, яку встановлено у [183]. Тому під час розрахунків $N_{\text{ст}}$ у якості максимального значення корисної довжини $L_{\text{кор}}^{\text{max}}$ для ПВК, СК і СВК станції прийнято 850 м [183].

Нормативи щодо $L_{\text{кор}}$ ПВК у разі обслуговування ВС лише передавального руху відсутні. Але згідно з [183] на ВС загального користування довжина СК і виставних колій повинна бути не менше 300 м. Отже, у якості мінімального значення корисної довжини $L_{\text{кор}}^{\text{min}}$ для ПВК, СК і СВК станції прийнято 300 м.

Таким чином, значення $L_{\text{кор}}$ під час розрахунків $N_{\text{ст}}$ варіюються у межах від 300 до 850 м.

Критичні (мінімальні та максимальні) значення $N_{\text{ст}}$ утворюють область допустимих рішень (рис. 4.5), яка передбачає множину конкретних рішень, які приймаються проектувальником у залежності від особливостей роботи конкретної ВС. Дана область має наступні обмеження:

$$m_{N.\Pi}^{\min} \leq m_{N.\Pi} \leq m_{N.\Pi}^{\max}; \quad (4.18)$$

$$N_{\text{ст}}'' = f(m_{N.\Pi}; E_{\text{ст}}; L_{\text{кор}}'') \leq N_{\text{ст}} \leq N_{\text{ст}}' = f(m_{N.\Pi}; E_{\text{ст}}; L_{\text{кор}}'). \quad (4.19)$$

де $m_{N.\Pi}^{\min}, m_{N.\Pi}^{\max}$ – мінімальне та максимальне значення $m_{N.\Pi}$ відповідно;

$N_{\text{ст}}'', N_{\text{ст}}'$ – мінімальна та максимальна кількість станційних колій, яка забезпечує одночасне розташування на них і на ПК практично можливої максимальної кількості вагонів $m_{N.\Pi}$ відповідно.

У свою чергу значення $L_{\text{кор}}', L_{\text{кор}}''$ встановлюються за таких умов:

$$L_{\text{кор}}' \geq L_{\text{кор}}^{\min}; L_{\text{кор}}' - L_{\text{кор}}^{\min} = \min; \quad (4.20)$$

$$L_{\text{кор}}'' \leq L_{\text{кор}}^{\max}; L_{\text{кор}}^{\max} - L_{\text{кор}}'' = \min. \quad (4.21)$$

Під час розрахунків $N_{\text{ст}}$ прийнято, що всі станційні колії є однаковими за корисною довжиною.

Отже, середнє значення корисної довжини колій $\bar{L}_{\text{кор}}$ відповідає умові

$$L_{\text{кор}}^{\min} \leq \bar{L}_{\text{кор}} = \frac{E_{\text{ст}}}{N_{\text{ст}}} \leq L_{\text{кор}}^{\max}. \quad (4.22)$$

Одержані в результаті моделювання дані (див. рис. 4.5) дозволяють зробити висновок, що між можливою максимальною кількістю вагонів $m_{N.\Pi}$, які одночасно перебувають на станційних і під'їзних коліях, і мінімальною $N_{\text{ст}}''$ або максимальною $N_{\text{ст}}'$ кількістю станційних колій є певний кореляційний нелінійний зв'язок.

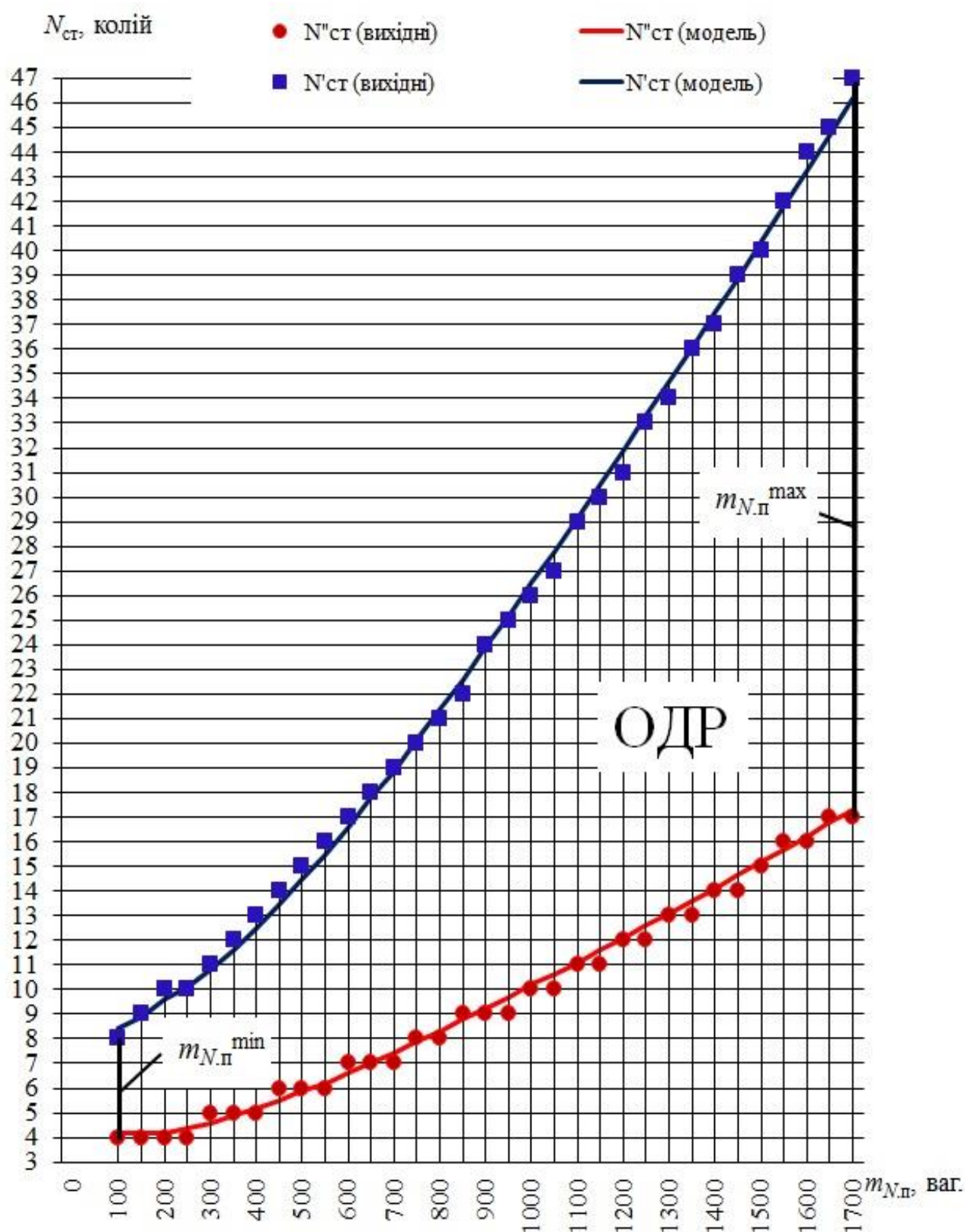


Рисунок 4.5 – Область допустимих рішень щодо кількості станційних колій на ВС

Із 40 видів однофакторних регресійних моделей (див. Додаток Г) за принципом найменшої залишкової дисперсії D_3 обрано модель виду

$$\hat{N}_{\text{CT}} = b_0 + b_1 m_{N.\Pi}^{0,5} + b_2 m_{N.\Pi} \quad (4.23)$$

з коефіцієнтами:

$$- b_0 = 6,129, b_1 = -0,347, b_2 = 0,015 \text{ для } N''_{\text{CT}} (D_3 = 0,13 \text{ колії}^2);$$

$$- b_0 = 13,745, b_1 = -0,862, b_2 = 0,040 \text{ для } N'_{\text{CT}} (D_3 = 0,25 \text{ колії}^2).$$

Для перевірки значимості регресійної моделі використано F -критерій Фішера, який становить:

$$- 131,8 \text{ для } N''_{\text{CT}} (D_y = 17,26 \text{ колії}^2);$$

$$- 526,4 \text{ для } N'_{\text{CT}} (D_y = 139,16 \text{ колії}^2).$$

Табличне значення $F_{(5\%; 32; 31)}^T = 1,84$ [209].

Отже умова (4.14) виконується. Таким чином, регресійна модель виду $\hat{N}_{\text{CT}} = b_0 + b_1 m_{N.\Pi}^{0,5} + b_2 m_{N.\Pi}$ (рис. 4.5) адекватно описує результати експериментів.

4.2.4 Визначення кількості колій, їх довжини та колійної ємності ВС в залежності від характеристик вагонопотоків

Під час визначення необхідної ємності колійного розвитку ВС до уваги не беруться головні, витяжні та ходові колії, запобіжні та вловлюючі тупики, колії вагонного та локомотивного господарств.

На тлі падіння загальних обсягів перевезень для більшості ВС існуюча ємність колійного розвитку є переважно достатньою. При цьому у разі необхідності додаткового формування передач і составів недостатня ємність колій для відправлення

покривається за рахунок ємності колій для приймання або СВК. У разі збільшення дрібності вагонопотоків необхідно мати більшу кількість колій.

Необхідна ємність колійного розвитку ВС повинна включати в себе

$$E_{\text{СТ}}^* = E_{\text{ПВК}} + E_{\text{СВК}} + E_{\text{СК}} + E_{\text{ДОД}} + E_{\text{ІН}}, \quad (4.24)$$

де $E_{\text{ПВК}}$ – ємність ПВК ВС, яка визначається необхідною їх довжиною відповідно до довжини поїздів, що встановлена на напрямку (за [183] 850 м), і їх кількістю $N_{\text{ПВК}}$. Кількість ПВК пропонується визначати за формулою

$$N_{\text{ПВК}} = N_{\text{ПВП}} + N_{\text{марш}} + N_{\text{вуз}}, \quad (4.25)$$

де $N_{\text{ПВП}}$ – кількість ПВК ВС, яка повинна забезпечити приймання та відправлення поїздів та яку можливо визначати аналогічно до вимог для проміжних станцій (для одноколіїної лінії за пропускнуої спроможності до 24 пар поїздів – 2 колії, а більше за 24 пари поїздів – 2–3 колії; для двоколіїних ліній – 2–3 колії; для триколіїних ліній – 3–4 колії) [183];

$N_{\text{марш}}$ – кількість ПВК ВС, яка повинна забезпечити приймання та відправлення маршрутів на прилеглі ПК, виконання відповідних передавальних операцій, простою у випадку затримки вагонів під митними операціями під час виконання маршрутних перевезень у міжнародному сполученні тощо; згідно з [183] рекомендовано встановлювати відповідними розрахунками;

$N_{\text{вуз}}$ – кількість додаткових ПВК передвузлової ВС, яка допускається [183] рівною 1 у разі необхідності;

$E_{\text{СВК}}$ – ємність СВК ВС, яка повинна забезпечити зазвичай накопичення, формування (з врахуванням приватних вагонів різних операторів вагонного парку, суттєвої частки вагонів з небезпечними вантажами, що відповідно вимагає виконання додаткового підформування составу тощо), обробку та відправлення поїздів відповідного призначення, а також, у разі необхідності, також і сортування вагонів. Ємність СВК ВС визначається їх довжиною (згідно зі стандартною

довжиною колій на напрямку, але не менше за 300 м [183]) та кількістю N_{CB} за формулою

$$E_{\text{CBK}} = \sum_{i=1}^n N_{\text{CB}i} l_{\text{CB}i}, \quad (4.26)$$

де $l_{\text{CB}i}$ – довжина i -ї СВК, м;

$E_{\text{СК}}$ – ємність СК ВС, яка повинна забезпечити сортування вагонів, їх добірку у разі необхідності (за ВП, ВФ, належністю вагонів тощо), так і для очікування виводу вагонів зі станції на ВП. Ємність СК ВС визначається їх довжиною (згідно зі стандартною довжиною колій на напрямку, але не менше за 300 м [183]), та їх кількістю $N_{\text{СК}}$:

$$E_{\text{СК}} = \sum_{i=1}^n N_{\text{СК}i} l_{\text{СК}i} \quad (4.27)$$

де $l_{\text{СК}i}$ – довжина i -ї СК, м;

$E_{\text{ДОД}}$ – можливо необхідна додаткова ємність, яка пов'язана з очікуванням протягом часу $t_{\text{очу}}^{\text{мл}}$ прибулими на станцію (з ділянки або з ПК) вагонами моменту подавання маневрового локомотива з іншої ВС ділянки для виконання необхідної маневрової роботи (розформування, добірки, подавання та забирання на ВП тощо);

$E_{\text{ІН}}$ – ємність інших колій ВС, пов'язаних з технологією роботи ВС (вантажні колії та ін.), до яких також можна віднести колії станції, зайняті постійно відстоєм вагонів резерву. Ємність інших колій ВС визначається їх довжиною та кількістю $N_{\text{ІН}}$.

Необхідна кількість колій на ВС таким чином становить

$$N_{\text{СТ}}^* = N_{\text{ПВК}} + N_{\text{СВК}} + N_{\text{СК}} + N_{\text{ДОД}} + N_{\text{ІН}}. \quad (4.28)$$

У роботі встановлено комплексні залежності кількості колій, їх довжини та колійної ємності ВС від характеристик вагонопотоків, що на них переробляються, які дозволяють врахувати існуючі зміни в структурі вагонного парку.

Зокрема, необхідна кількість СК залежить від кількості призначень, а ємність кожної колії – від кількості вагонів, що надходять у певному поїзді на окремий ВП

або ВФ чи належать певному оператору вагонного парку, яка є випадковою величиною. При цьому ємність окремої колії має значний розкид, що дозволяє розглянути питання щодо об'єднання окремих призначень на одній СК (рис. 4.6).

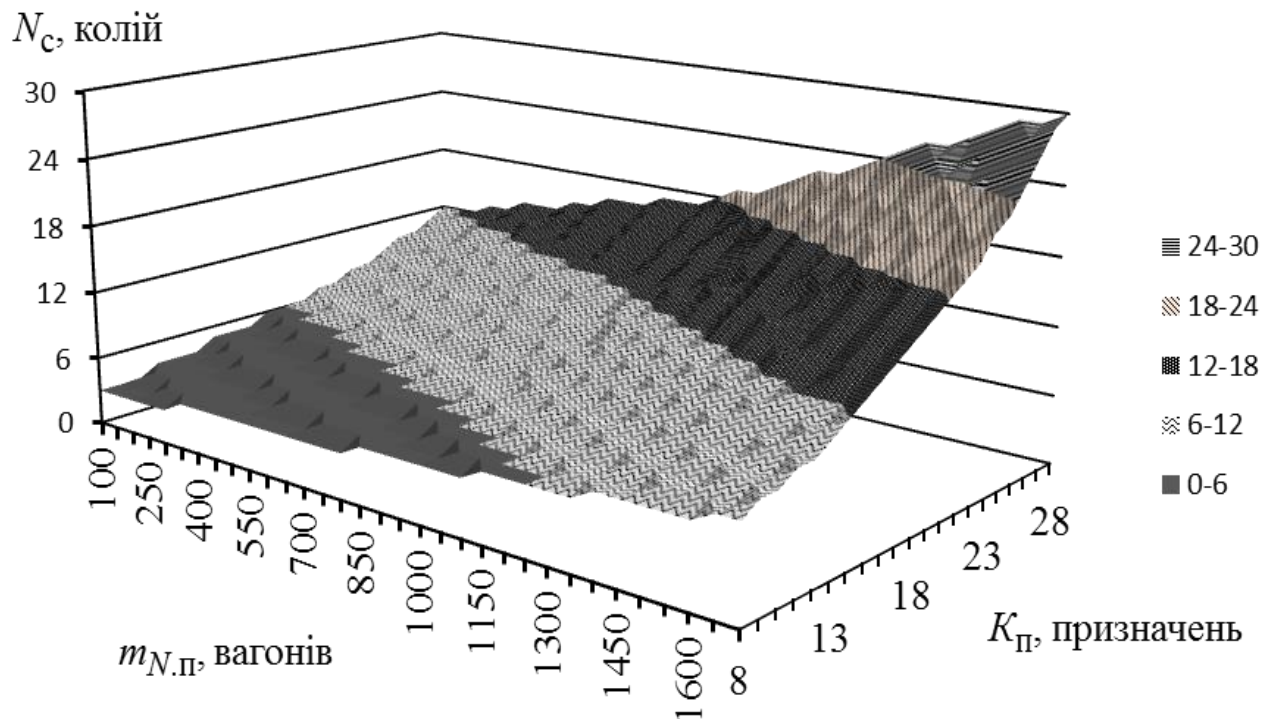


Рисунок 4.6 – Кількість СК в залежності від розміру вагонопотоку, який перероблюється на ВС, і кількості призначень місцевих вагонів

У даному випадку зменшуються витрати, які пов'язані зі спорудженням колій за рахунок скорочення надлишків їх довжини, укладкою стрілочних переводів й обладнанням їх пристроями електричної централізації, а також витрати на їх подальше утримання. Але при цьому виникають додаткові витрати, які пов'язані із повторним сортуванням вагонів для добірки груп за окремими ВП, ВФ або операторами вагонного парку, а також можливим збільшенням кількості маневрових локомотивів.

У п. 4.2.3 встановлено ємність станційних (ПВК, СК і СВК) колій ВС. З метою розподілу даної ємності відповідно до призначення колій враховано дані аналізу колійного розвитку станцій ДН-1 і ДН-2 відповідно до п. 2.1.2 (рис. 4.7).

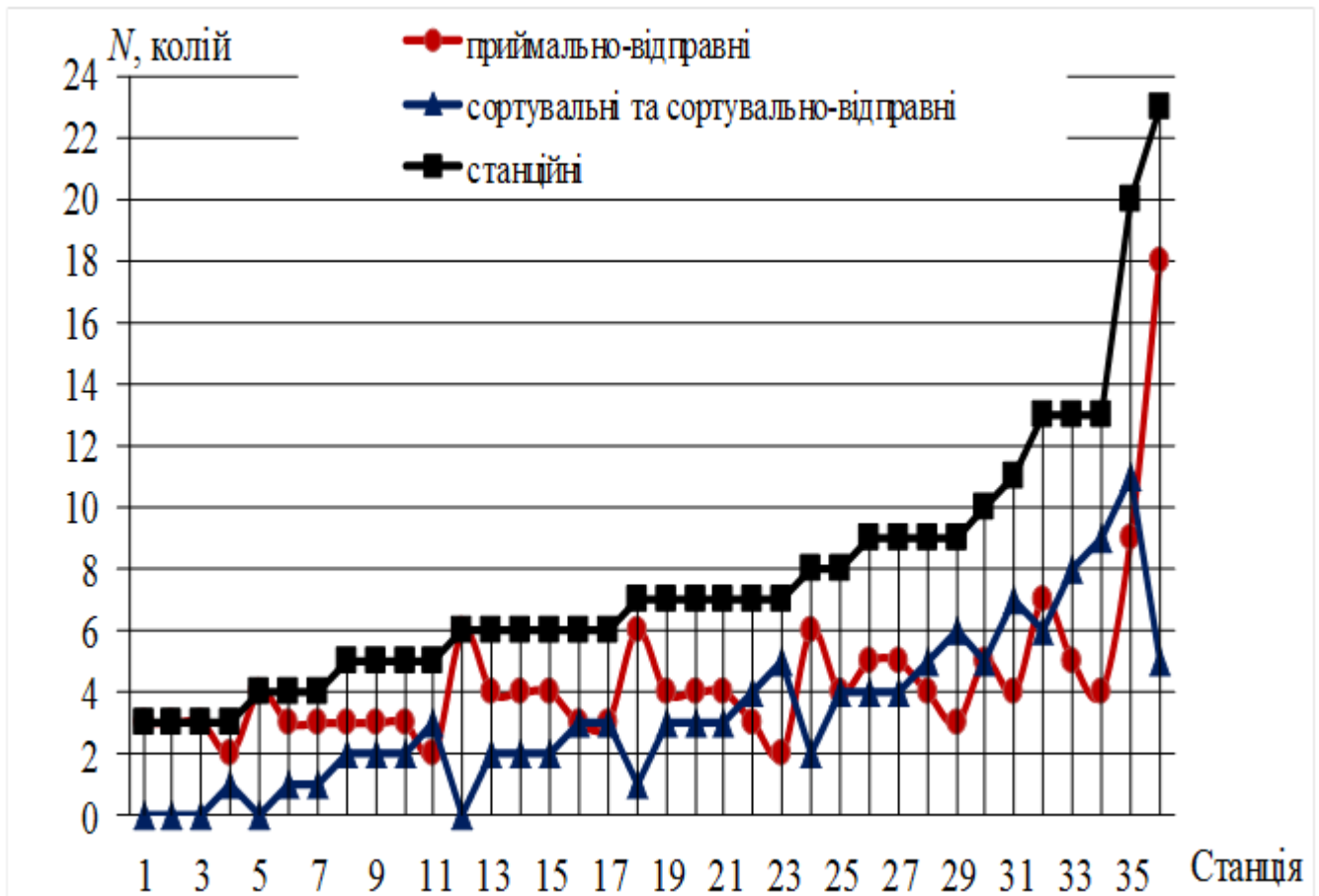


Рисунок 4.7 – Кількісна характеристика колійного розвитку ВС ДН-1 і ДН-2

Загальна кількість станційних колій дорівнює 277, із них 158 колій (57,0 %) є ПВК, а 119 колій (43,0 %) є СК і СВК. При цьому, на кожній окремій станції ПВК можуть складати від 100 до 28,6 % колійного розвитку.

Також для окремої ВС є суттєвим (див. рис. 4.7) і діапазон зміни кількості колій, а саме: станційних – від 3 до 23; ПВК – від 2 до 18; СК і СВК – від 0 до 11.

У дисертаційній роботі виконано розподіл ємності станційних колій (див. табл. 4.2) за мінімальної їх кількості (див. рис. 4.5), що забезпечує максимальне значення середньої корисної довжини колії, для характерних випадків співвідношення кількості ПВК і СК (СВК), які встановлено за даними, наведеними на рис. 4.7. При цьому корисну довжину всіх станційних колій прийнято однаковою. Результати досліджень наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Можливий розподіл ємності колійного розвитку ВС за призначенням і кількістю колій

Колії									
станційні				із них					
				приймально-відправні			сортувальні та сортувально-відправні		
кількість	ємність, м	середня корисна довжина, м	місткість, умовних вагонів	кіль- кість	ємність, м	місткість, умовних вагонів	кіль- кість	ємність, м	місткість, умовних вагонів
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	2565	641,25	184	4	2565,00	184	0	0,00	0
				3	1923,75	138	1	641,25	46
	2790	697,50	200	4	2790,00	200	0	0,00	0
				3	2092,50	150	1	697,50	50
	3020	755,00	216	4	3020,00	216	0	0,00	0
				3	2265,00	162	1	755,00	54
	3260	815,00	234	4	3260,00	234	0	0,00	0
			233	3	2445,00	175	1	815,00	58
5	3510	702,00	251	3	2106,00	151	2	1404,00	100
				2	1404,00	100	3	2106,00	151
	3770	754,00	270	3	2262,00	162	2	1508,00	108
				2	1508,00	108	3	2262,00	162
	4035	807,00	288	3	2421,00	173	2	1614,00	115
				2	1614,00	115	3	2421,00	173
6	4315	719,17	309	6	4315,00	309	0	0,00	0
				4	2876,67	206	2	1438,33	103
			308	3	2157,50	154	3	2157,50	154
	4605	767,5	330	6	4605,00	330	0	0,00	0
				4	3070,00	220	2	1535,00	110
				3	2302,50	165	3	2302,50	165
	4900	816,67	352	6	4900,00	352	0	0,00	0
			351	4	3266,67	234	2	1633,33	117
			352	3	2450,00	176	3	2450,00	176
7	5205	743,57	373	6	4461,43	320	1	743,57	53
				4	2974,29	213	3	2230,71	160
				3	2230,71	160	4	2974,29	213
				2	1487,14	106	5	3717,86	267
	5520	788,57	395	6	4731,43	339	1	788,57	56
				4	3154,29	226	3	2365,71	169
				3	2365,71	169	4	3154,29	226
			396	2	1577,14	113	5	3942,86	283
	5840	834,29	418	6	5005,71	359	1	834,29	59
				4	3337,14	239	3	2502,86	179
				3	2502,86	179	4	3337,14	239
				2	1668,57	119	5	4171,43	299

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	6175	771,88	442	4	3087,50	221	4	3087,50	221
	6515	814,38	468	4	3257,50	234	4	3257,50	234
9	6865	762,78	492	5	3813,89	273	4	3051,11	219
				4	3051,11	219	5	3813,89	273
				3	2288,33	164	6	4576,67	328
	7230	803,33	518	5	4016,67	288	4	3213,33	230
				4	3213,33	230	5	4016,67	288
			519	3	2410,00	173	6	4820,00	346
	7600	844,44	545	5	4222,22	303	4	3377,78	242
				4	3377,78	242	5	4222,22	303
			544	3	2533,33	181	6	5066,67	363
10	7975	797,50	572	5	3987,50	286	5	3987,50	286
	8365	836,50	600	5	4182,50	300	5	4182,50	300
11	8765	796,82	628	4	3187,27	228	7	5577,73	400
	9170	833,64	658	4	3334,55	239	7	5835,45	419
12	9585	798,75	687	5	3993,75	286	7	5591,25	401
	10015	834,58	718	5	4172,92	299	7	5842,08	419
13	10450	803,85	750	7	5626,92	404	6	4823,08	346
			749	5	4019,23	288	8	6430,77	461
				4	3215,38	230	9	7234,62	519
	10895	838,08	782	7	5866,54	421	6	5028,46	361
				5	4190,38	301	8	6704,62	481
			781	4	3352,31	240	9	7542,69	541
14	11340	810,00	814	7	5670,00	407	7	5670,00	407
	11805	843,21	848	7	5902,50	424	7	5902,50	424
15	12275	818,33	881	8	6546,67	470	7	5728,33	411
16	12755	797,19	916	8	6377,50	458	8	6377,50	458
	13250	828,13	950	8	6625,00	475	8	6625,00	475
17	13745	808,53	986	9	7276,76	522	9	6468,24	464
	14255	838,53	1023	8	7546,76	542	8	6708,24	481

Під час роботи з табл. 4.3 проектувальник із загальної необхідної кількості колій станції (наприклад 5) приймає той з варіантів, який задовольняє потребам конкретної ВС: або 3 ПВК і 2 СВК і СК, або 2 ПВК і 3 СК і СВК тощо. Завдяки цьому прискорюється прийняття рішення проектувальником щодо можливих варіантів необхідного колійного оснащення ВС.

З метою підвищення ефективності роботи ВС пропонується наступний алгоритм перевірки достатності кількості колій та ємності існуючого колійного розвитку конкретної вантажної станції (при цьому не враховується ємність головних

колій, а також витяжних, ходових і постійно зайнятих відстоєм вагонів тривалого резерву та тупиків).

Крок 1. В залежності від можливої максимальної кількості вагонів $m_{N,П}$, які одночасно розташовуються на станційних і під'їзних коліях ВС, за табл. 4.2 або в результаті розв'язку рівняння $\hat{m}_{N,П} = -1078,954 + 23,275 \cdot E_{ст}^{0,5}$ відносно $E_{ст}$ встановлюється необхідна ємність станційних колій.

Крок 2. Із області допустимих рішень (рис. 4.5) обирається кількість станційних (ПВК, СК і СВК) колій $N_{ст}$ на ВС.

Крок 3. За формулою (4.25) встановлюється необхідна кількість ПВК $N_{ПВК}$, обирається їх середня корисна довжина $\bar{L}_{кор}$ та визначається сумарна ємність $E_{ПВК} = f(N_{ПВК}, \bar{L}_{кор})$.

Крок 4. Встановлюється значення загальної ємності $E_{СВК} + E_{СК} = E_{ст} - E_{ПВК}$ та кількості $N_{СВК} + N_{СК} = N_{ст} - N_{ПВК}$ СВК і СК.

Крок 5. Для ємності колій $E_{СВК} + E_{СК}$ обирається таке раціональне сполучення корисних довжин СВК і СК (як довгих, так і коротких) та їх кількості $N_{СВК} + N_{СК}$, яка забезпечить мінімум сумарних експлуатаційних витрат $E_{екс}$, які пов'язані з утриманням колійного розвитку $E_{утр}$ та виконанням маневрової роботи $E_{ман}$:

$$E_{екс} = E_{утр} + E_{ман}. \quad (4.29)$$

У випадку мінімізації значення $N_{ст}$ за однакової середньої корисної довжини колій можна скористатися даними, які наведено у табл. 4.3.

4.3 Підвищення ефективності роботи вантажної станції шляхом вдосконалення конструкції її колійного розвитку

Одним зі шляхів приведення плану колійного розвитку існуючих ВС до нових умов їх функціонування є секціонування колій, які мають нормативну довжину, з метою одержання групи колій меншої довжини для добірки та накопичення вагонів

за відповідними ВП, ВФ або операторами вагонного парку без втрати загальної ємності колій. Це дозволяє уникнути повторного сортування вагонів і відповідних експлуатаційних витрат, а також можливого збільшення кількості маневрових локомотивів. Тобто, ефективністю роботи ВС вважаємо зменшення маневрової роботи на станції та відповідних експлуатаційних витрат за умови раціонального використання її колійного розвитку.

У разі недостатності секціонування колій ВС для підвищення ефективності її роботи, необхідно розглядати доцільність впровадження додаткового колійного розвитку, або, у разі достатньо розвинутої схеми – використання додаткового маневрового локомотива.

4.3.1 Підвищення ефективності роботи ПВС за рахунок вдосконалення її конструкції шляхом секціонування

З метою розробки пропозицій щодо підвищення ефективності функціонування станції розглянуто ПВС П, характеристику якої наведено в п. 2.5.

Завантажені ЗК групи, що складаються з 10 піввагонів, після виконання ВО передаються на ПВС П під накопичення. За існуючої технології накопичення маршрутів із ЗК здійснюється в основному (див. рис. 4.8) на коліях № 1 (місткістю 35 піввагонів), № 2 (місткістю 35 піввагонів) і № 3 (місткістю 43 піввагона), а за оперативних обставин можуть використовуватися й інші колії станції П (№ 6 і № 7 кожна місткістю 43 піввагона).

Місткість жодної колії ПВС П не дозволяє накопичити в межах її корисної довжини маршрут із ЗК у складі 55 вагонів. Тому таке накопичення здійснюється з використанням двох, а іноді й трьох колій.

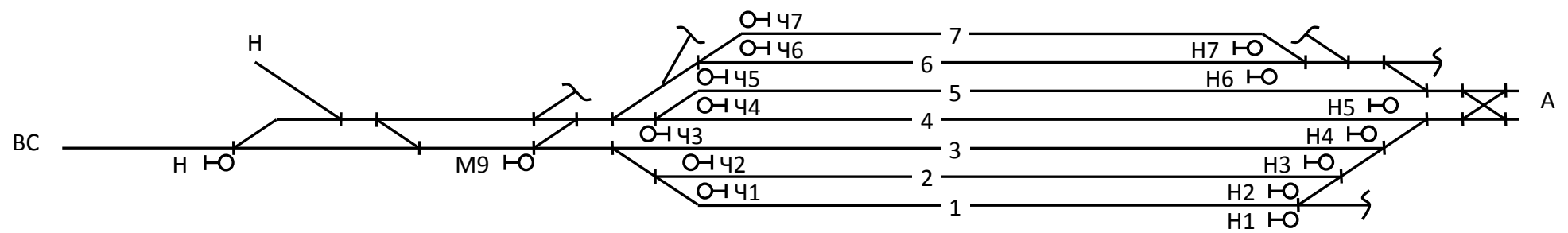


Рисунок 4.8 – Принципова схема існуючої схеми колійного розвитку ПВС П для накопичення маршрутів із ЗК

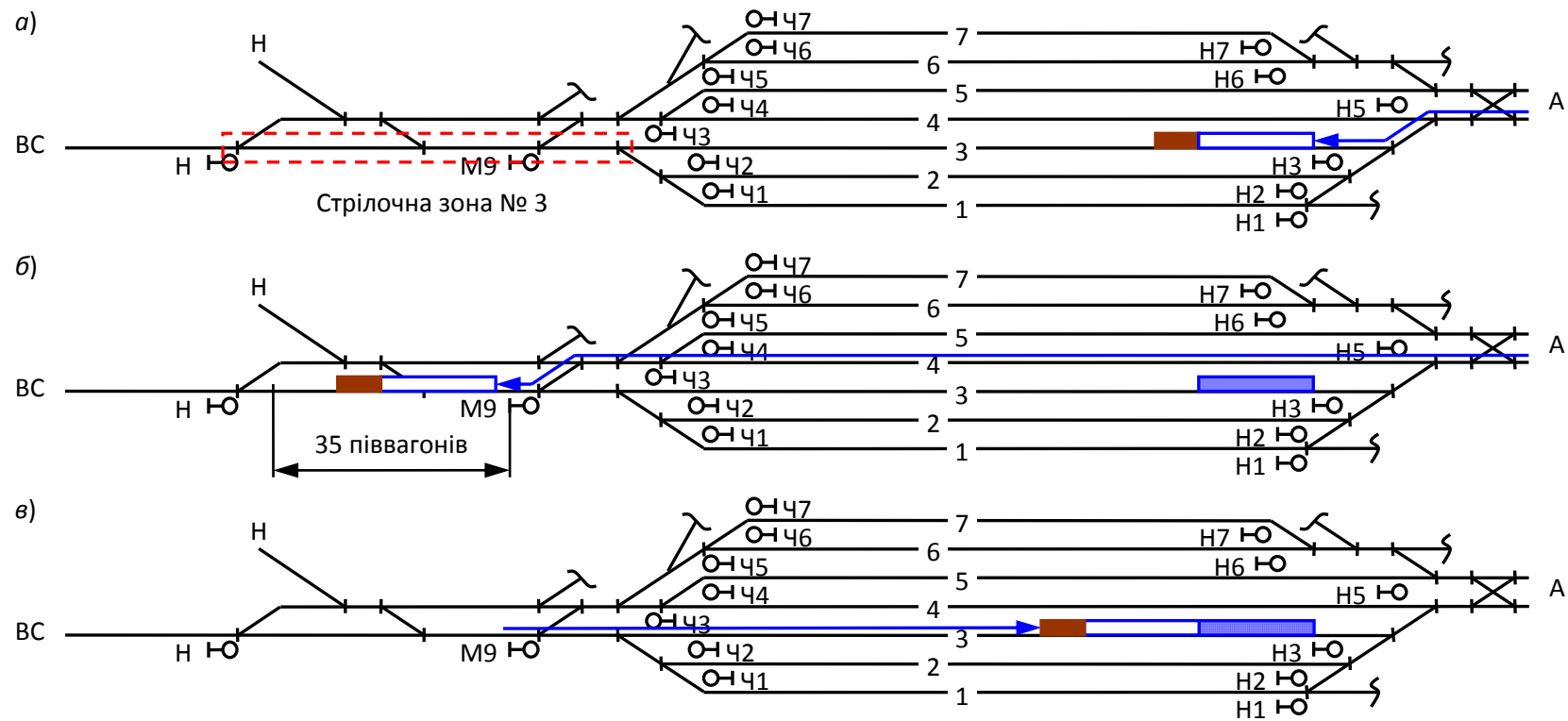


Рисунок 4.9 – Приклад порядку виконання маневрів за існуючої конструкції колійного розвитку ПВС II

За існуючої конструкції колійного розвитку перша група вагонів із ЗК витягується на вільну колію № 3 (рис. 4.9, *а*) маневровим локомотивом, який після відчеплення прямує за світлофор М9, а далі відправляється резервом на ПВС А або на іншу колію ПВС П для виконання маневрової роботи.

Друга група (рис. 4.9, *б*) витягується по колії № 4 за світлофор М9, а потім осаджується на зайняту колію № 3 (рис. 4.9, *в*) до з'єднання з вагонами. Пересування локомотива після відчеплення є аналогічними до наведених вище.

При цьому, у якості витяжної використовується ділянка колії між світлофором М9 і граничним стовпчиком 1 місткістю у 35 піввагонів.

Моделювання вхідного потоку груп вагонів, завантажених ЗК, для заданого періоду моделювання здійснюється у наступній послідовності:

1. Моделювання кількості составів, які накопичуються протягом доби, як повної групи несумісних подій із ймовірностями $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$.
2. Моделювання призначення для кожного состава, як повної групи несумісних подій із ймовірностями $P_{п1}, P_{п2}, P_{п3}, \dots, P_{пn}$.
3. Моделювання призначення кожної групи вагонів, яка надходить у накопичення (у залежності від попередньо встановленої кількості составів та їх призначення), як повної групи несумісних подій із ймовірностями $P_{пг1}, P_{пг2}, P_{пг3}, \dots, P_{пгn}$.
4. Моделювання інтервалу надходження у накопичення груп вагонів, як випадкової величини із заданим законом розподілу.

У дисертаційній роботі вказані вище ймовірності подій отримано у результаті статистичного аналізу натурних даних (розд. 2). Також встановлено, що інтервали надходження у накопичення груп вагонів розподілено за законом Ерланга із параметом $K = 6$ у разі накопичення протягом доби 1 состава, $K = 8 - 2$ составів, $K = 9 - 3$ составів, $K = 10 - 4$ составів.

Передача груп вагонів, завантажених ЗК, з ПВС А на ПВС П під накопичення загалом включає наступні технологічні операції:

- 1) прямування маневрового состава з ПВС А на ПВС П;
- 2) прямування локомотива без вагонів у межах ПВС П і між ПВС П і А;
- 3) витягування вагонів з відповідної колії;

- 4) осаджування вагонів на відповідну колію;
- 5) прохід складача вздовж состава;
- 6) укладання сигналістом гальмових башмаків;
- 7) відчеплення локомотива;
- 8) розчеплення вагонів.

Перші чотири операції є маневровими напіврейсами, тривалість виконання яких можна представити у вигляді залежності

$$t_{\text{нр}} = f(l_{\text{нр}}, m_{\text{с}}, v_{\text{п}}, v_{\text{к}}, v_{\text{max}}, \Omega), \quad (4.30)$$

де Ω – умови руху (локомотив без вагонів, локомотив із вагонами, які причеплені позаду, локомотив із вагонами, які причеплені попереду).

Тривалість виконання п'ятої операції залежить від відстані, яку проходить складач, і визначається за діючими нормативами [127]. Тривалість виконання останніх трьох операцій також встановлюється за діючими нормативами [127].

За існуючої конструкції колійного розвитку процес передачі з ПВС А на ПВС П завантажених груп вагонів для накопичення состава із ЗК можна розділити на блоки операцій, частина з яких циклічно повторюються.

Блок 1 «Витягування групи на вільну колію» включає наступні технологічні операції: прямування маневрового состава з ПВС А на відповідну колію; укладання сигналістом гальмових башмаків; відчеплення локомотива та прямування за маневровий світлофор; прямування локомотива від світлофора на ПВС А.

Блок 2 «Витягування групи для перестановки на зайняту колію» включає наступні технологічні операції: прямування маневрового состава з ПВС А за маневровий світлофор; осаджування групи вагонів від маневрового світлофора на відповідну колію; прохід складача до локомотива; відчеплення локомотива та прямування за маневровий світлофор; прямування локомотива від маневрового світлофора на ПВС А.

Блок 3 «Витягування останньої групи для перестановки на зайняту колію» включає наступні технологічні операції: прямування маневрового состава з ПВС А за маневровий світлофор; осаджування групи вагонів від маневрового світлофора

на колію накопичення другої частини состава; прохід складача на певну кількість вагонів уперед; розчеплення вагонів.

Блок 4 «Збирання состава на одній колії» включає наступні технологічні операції: витягування вагонів з колії накопичення другої частини состава за маневровий світлофор; осаджування вагонів від маневрового світлофора на колію накопичення першої частини состава.

Таким чином, даний процес зручно описати у вигляді блок-схеми алгоритму, яка наведена на рис. 4.10.

Накопичення вагонів розпочинається на колії, яка має максимальну місткість (у разі її вільності), інакше обирається інша колія, місткість якої близька до максимальної. Це дозволяє зменшити тривалість виконання маневрових операцій під час збирання состава на одній колії.

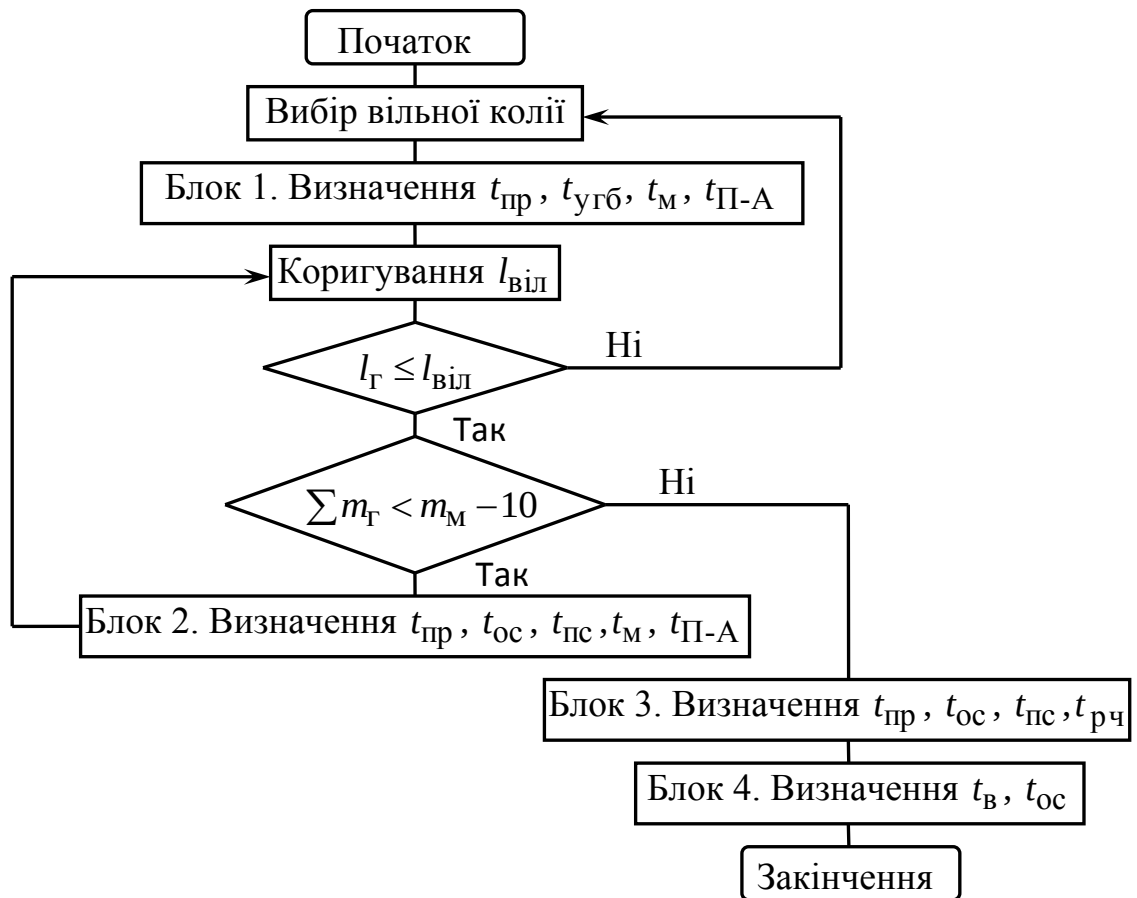
Для визначення тривалості виконання маневрових операцій як для існуючої схеми ПВС П, так і для запропонованої, раціонально використати програму [14], яка показала свою ефективність в умовах наявності обмеження швидкості руху маневрового состава на окремих елементах, особливо під час нормування коротких маневрових напівреїсів.

Зокрема, на ПВС П і А за технічним станом наявні наступні обмеження швидкості руху составів: в усій розглядаємій під час імітаційного моделювання частині ПВС П – 15 км/год, на колії № 31 ПВС А – 5 км/год, на коліях № 32 і 34 ПВС А – 15 км/год.

У такий самий спосіб здійснюється маневрова робота з іншими групами вагонів, які прямують на зайняту колію № 3.

Порядок виконання маневрової роботи із групами вагонів, які прямують на колії № 2 і № 1 є аналогічним.

За існуючої конструкції колійного розвитку та технології виконання маневрової роботи збільшуються пробіги маневрових груп, які прямують на зайняті колії, пробіги поодиноких локомотивів під час прямування за світлофор М9 після витягування або осаджування груп, а також завантаження колії № 4 та стрілочної зони № 3 (рис. 4.9, а).



$t_{пр}$ – тривалість прямування маневрового состава з ПВС А; $t_{угб}$ – тривалість укладання гальмових башмаків; t_m – тривалість відчеплення локомотива та його прямування за маневровий світлофор; $t_{П-А}$ – тривалість прямування локомотива від маневрового світлофора на ПВС А; $t_{ос}$ – тривалість осаджування групи вагонів від маневрового світлофора на відповідну колію; $t_{пс}$ – тривалість проходу складача вздовж состава; $t_{рч}$ – тривалість розчеплення вагонів; t_B – тривалість витягування вагонів з колії за маневровий світлофор; $l_{віль}$ – довжина вільної ділянки колії; $l_{Г}$ – довжина групи вагонів; $\sum m_{Г}$ – сумарна кількість вагонів, які знаходяться на колії; m_M – кількість вагонів у составі маршруту

Рисунок 4.10 – Блок-схема алгоритму процесу передачі завантажених груп вагонів з ПВС А на ПВС П для накопичення состава

Після накопичення груп вагонів на колії № 3 (40 вагонів) і, наприклад, колії № 2 (20 вагонів) здійснюється збирання состава на колії № 3 у такій послідовності:

1) витягування 15 вагонів з колії № 2 за світлофор М9 (при цьому на даній колії залишається 5 вагонів);

2) осаджування 15 вагонів від світлофора М9 на колію № 3 до з'єднання з вагонами, які знаходяться на даній колії.

Недоліком існуючої схеми колійного розвитку ПВС П є перепробіги (під час виконання операцій блоку 2) маневрових составів, які прямують з ПВС А за світлофор М9 (рис. 4.11) або осаджуються від цього світлофора на відповідну колію, а також локомотивів, які прямують за світлофор М9 після виконання осаджування, а потім повертаються від нього на ПВС А. Також мають місце й перепробіги під час виконання операцій блоків 3 і 4, тому що всі пересування здійснюються тільки з виїздом за світлофор М9.

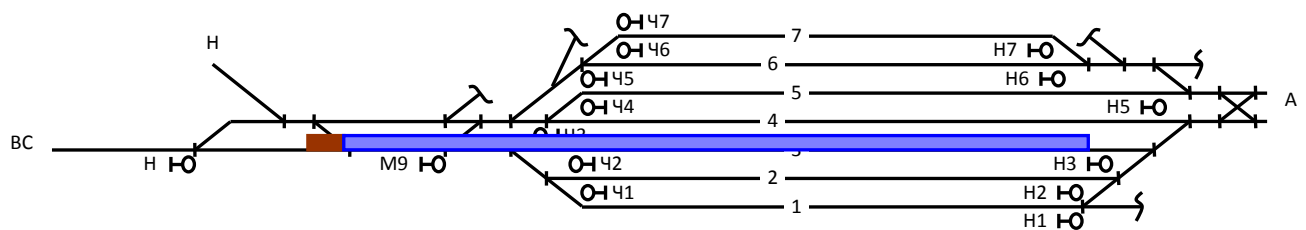


Рисунок 4.11 – Розташування состава після з'єднання накопичених груп вагонів

Наслідком таких перепробігів є збільшення тривалості виконання маневрових операцій, збільшення тривалості заняття колії № 4, що викликає затримки пересувань на маршрутах, які перетинаються у горловинах ПВС П, збільшення завантаження маневрових локомотивів, що може призводити до збільшення їх необхідної кількості, та викликає додаткові простой вагонів в очікуванні виконання операцій та зростання тривалості їх знаходження на ПК.

У випадку зайнятості колії № 3 під обробкою состава із ЗК по відправленню (ТО та виконання обробувань автогальм виконується близько 1 год) вагони нових груп виставляються на колію № 6, яка не закріплена для накопичення маршрутів.

Зменшення впливу вказаних негативних чинників можливе шляхом секціонування (див. рис. 4.12) колій № 1–3. Місткість секцій 1б, 2б і 3б відповідно становить 20, 22 і 22 вагона, а секцій 1а, 2а і 3а – 10, 6 і 10 вагонів. При цьому зберігається можливість (у разі потреби) накопичення составів по всій довжині даних колій без втрати загальної місткості, а також збирання накопичених груп состава на одній колії, але порядок виконання маневрів змінюється (рис. 4.13).

За даної конструкції колійного розвитку процес передачі з ПВС А на ПВС П завантажених груп вагонів для накопичення состава також можна описати у вигляді блок-схеми алгоритму, яка наведена на рис. 4.10.

Проте під час реалізації даного алгоритму мають місце певні розбіжності. Так, у разі накопичення протягом доби одного составу:

- за існуючої конструкції блок 1 буде використано двічі, наприклад, для вільних колій № 3 і 2, а блок 2 – тричі для колії № 3, яка має найбільшу місткість;
- за пропонованої конструкції блок 1 буде використано тричі (для вільних секцій № 3б, 2б і 1б), а блок 2 – двічі, наприклад, для секцій № 3б, 2б.

Збирання состава на одній колії (блок 4) за існуючої конструкції включає переставлення вагонів на колію № 3 лише з колії № 2, а за пропонованої – з двох секцій № 1б і 3б на колію № 2.

За запропонованої конструкції колійного розвитку перша група вагонів із ЗК витягується на вільну колію № 3б (рис. 4.13, а) маневровим локомотивом, який після відчеплення прямує на вільну секцію № 3а, а далі відправляється резервом на ПВС А або на іншу колію ПВС П для виконання маневрової роботи.

Друга група (рис. 4.13, б) витягується по колії № 4 на секцію № 3а (місткістю 10 піввагонів, яка в цій ситуації застосовується як ВК), а потім осаджується на зайняту секцію № 3б (рис. 4.13, в) до з'єднання з вагонами. Пересування локомотива після відчеплення є аналогічними до наведених вище.

Порядок виконання маневрової роботи із групами вагонів, які прямують на секції № 2б і № 1б є аналогічним. При цьому, у якості витяжної колії використовується вільна секція № 2а місткістю у 6 піввагонів.

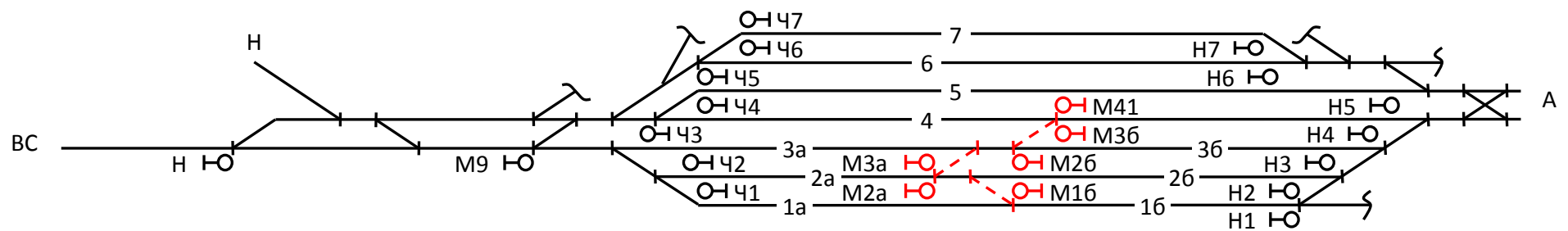


Рисунок 4.12 – Принципова схема запропонованої схеми колійного розвитку ПВС П для накопичення маршрутів із ЗК

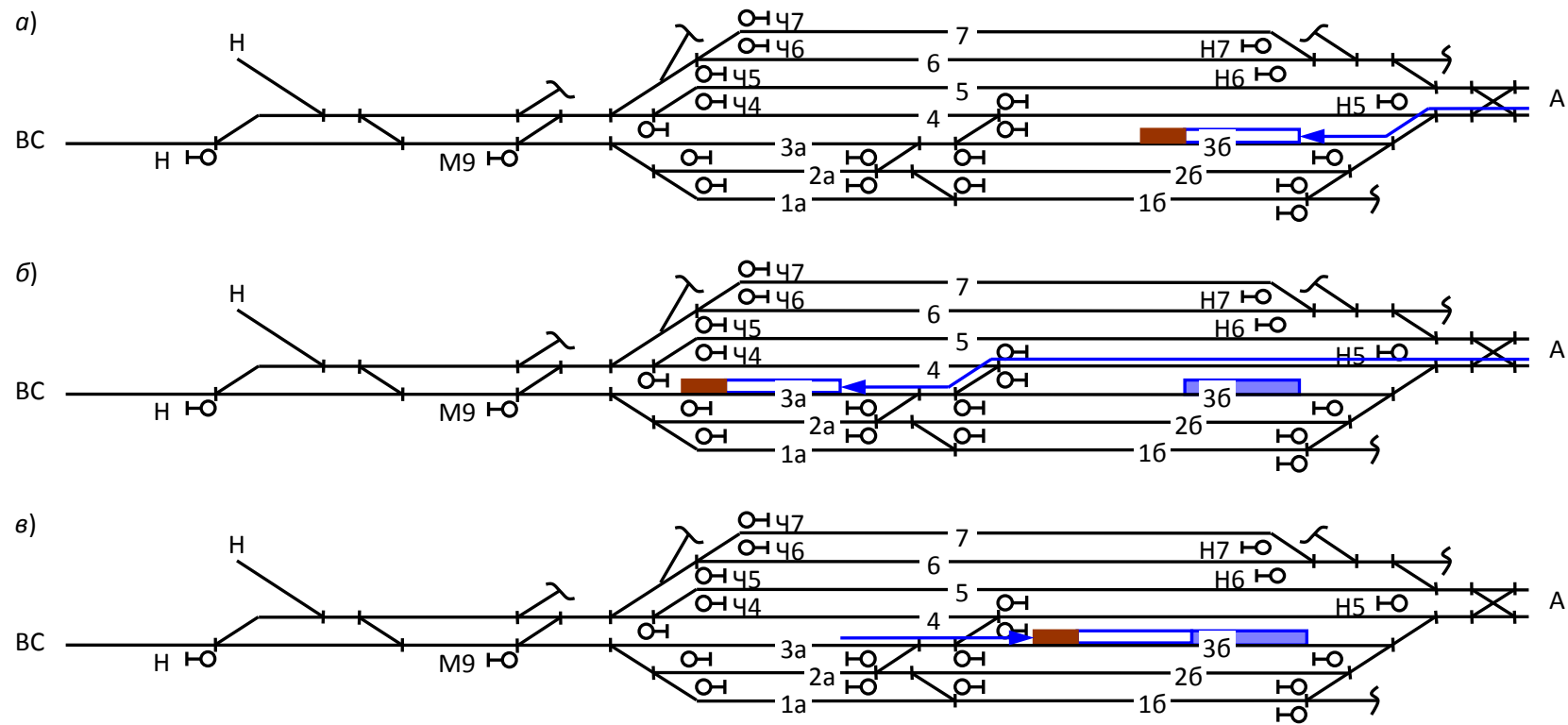


Рисунок 4.13 – Приклад порядку виконання маневрів за запропонованої конструкції колійного розвитку ПВС П

У разі секціонування колій пересування здійснюються з виїздом за світлофори М2а та М3а (рис. 4.12), а не за світлофор М9, тому зменшуються пробіги маневрових составів і поодиноких локомотивів під час виконання маневрових операцій.

За запропонованої конструкції колійного розвитку та технології виконання маневрової роботи зменшуються пробіги маневрових груп, які прямують на зайняті колії, пробіги поодиноких локомотивів під час прямування за світлофор М3а або М2а після витягування або осаджування груп, а також завантаження колії № 4 та стрілочної зони № 3 (рис. 4.13, а), яка не займається під час виконання маневрів.

Після накопичення груп вагонів на секціях № 3б, № 2б і № 1б (по 20 вагонів на кожній) здійснюється збирання состава на колії № 2 у такій послідовності:

- 1) витягування 15 вагонів з секції № 1б за світлофор М2а (при цьому на вказаній секції залишається 5 вагонів);
- 2) осаджування 15 вагонів від світлофора М2а на секцію № 3б до з'єднання з вагонами, які знаходяться на даній секції;
- 3) витягування 35 вагонів з секції № 3б за світлофор М2а;
- 4) осаджування 35 вагонів від світлофора М2а на секцію № 2б до з'єднання з вагонами, які знаходяться на даній секції.

Дослідження процесу передачі з ПВС А на ПВС П завантажених груп вагонів у разі накопичення протягом доби маршруту із ЗК на одне призначення дозволили встановити, що секціонування колій № 1–3 дозволяє зменшити тривалість виконання маневрових операцій на 20 хв. (з 143 до 123 хв.). Порівняльну діаграму тривалості виконання кожної з п'яти маневрових операцій для існуючої схеми ПВС та для запропонованої наведено на рис. 4.14. Це відбулося за рахунок зменшення тривалості: прямування маневрового состава з ПВС А (операція 1); осаджування групи вагонів від маневрового світлофора на відповідну колію (операція 2); прямування локомотива за маневровий світлофор (операція 3); прямування локомотива від маневрового світлофора на станцію А (операція 4). Певне збільшення тривалості збирання состава на одній колії (операція 5) суттєво не вплинуло на загальну тривалість виконання операцій.

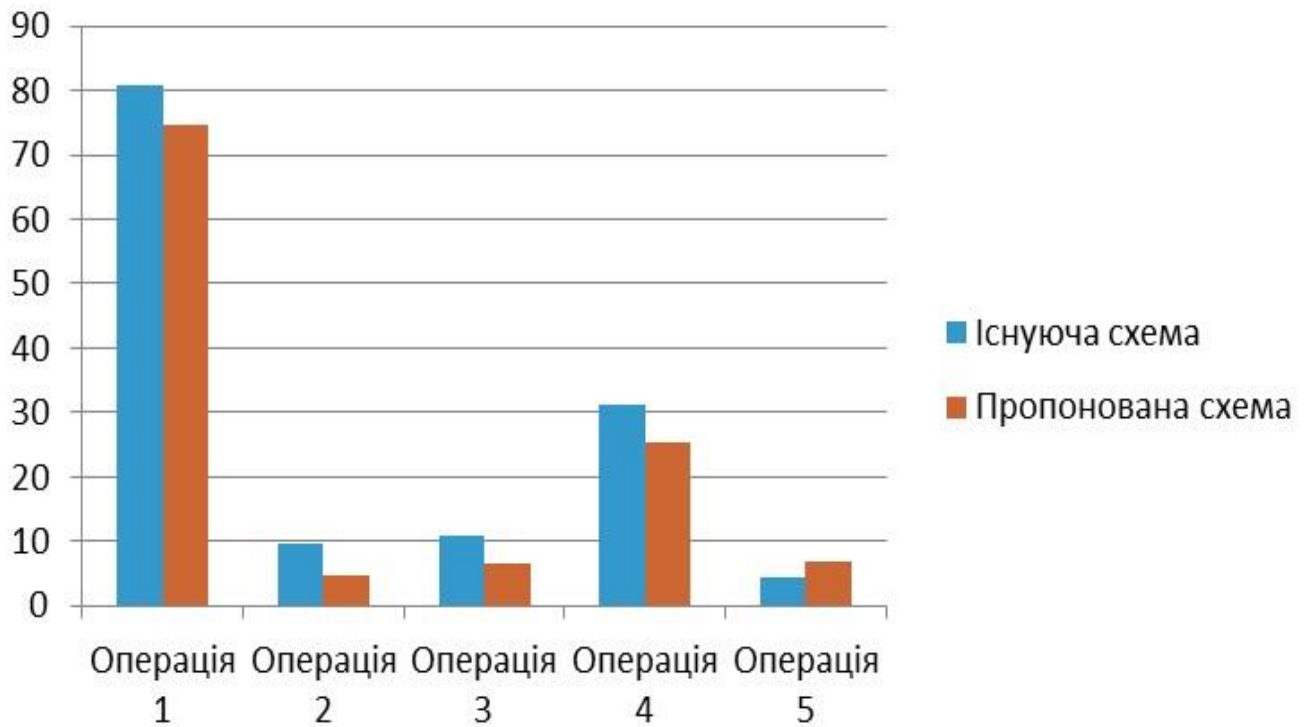


Рисунок 4.14 – Порівняльна діаграма тривалості виконання кожної з п’яти маневрових операцій для схем станції П – існуючої та запропонованої

Моделювання роботи ПВС П з метою визначення показників її функціонування здійснювалось з використанням вдосконаленого програмного комплексу (див. розд. 3). Головне вікно програми «Добовий план-графік роботи станції» моделювання роботи ПВС П наведено на рис. 4.15.

Річна тривалість виконання локомотивами ПВС П маневрових операцій, пов’язаних з передачею груп вагонів із ЗК між ПВС А та П, а також формуванням составів, за запропонованої конструкції колійного розвитку порівняно з існуючою зменшилася на 124 год/рік (для прикладу, у разі витрати пального маневровим локомотивом 40 л/год і вартості пального 18 грн./л економія відповідних експлуатаційних витрат може скласти близько 90 тис. грн.).

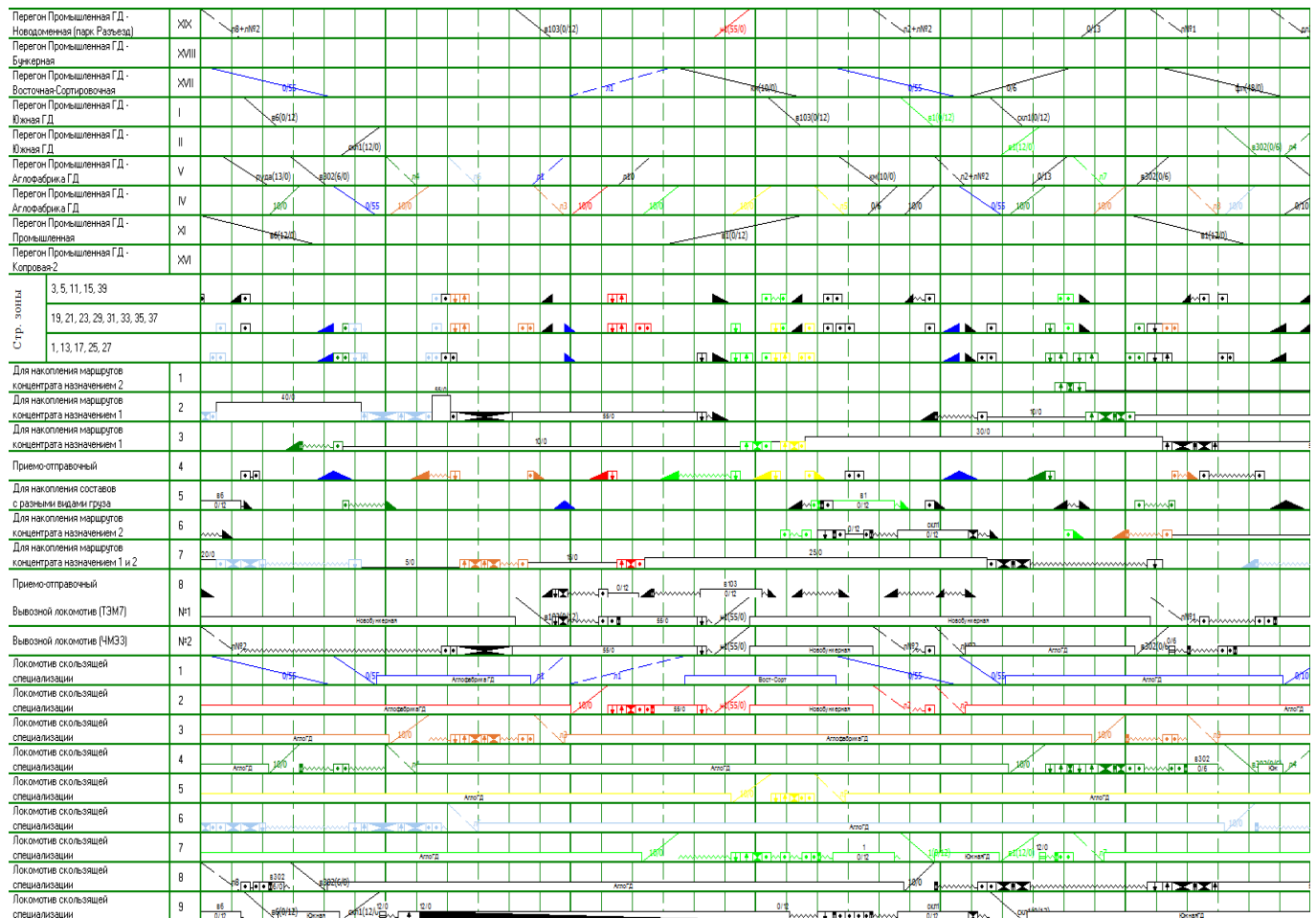


Рисунок 4.15 – Головне вікно програми «Добовий план-графік роботи станції»
для моделювання роботи ПВС П

4.3.2 Підвищення ефективності роботи ПВС в умовах використання під навантаження вагонів різних операторів вагонного парку

Сучасні умови функціонування ринку залізничних перевезень характеризуються наявністю декількох операторів, що володіють парком піввагонів, кожен з яких має ліцензію на здійснення певних перевезень. Отже, у певних випадках складається ситуація, коли група завантажених вагонів, які належать оператору-перевізнику, не може бути включена до складу маршруту певного призначення. В цьому разі дані групі можуть очікувати такого включення

на окремих секціях колій № 1–3, не заважаючи усталеній роботі ПВС П. У противному випадку простій груп вагонів на окремих наскрізних коліях в очікуванні відправлення призводить до зниження пропускної спроможності станції.

При збільшенні кількості операторів вагонного парку для існуючого варіанта колійного розвитку станції зростає необхідність в окремих коліях для накопичення маршрутів різних призначень, збільшується тривалість маневрової роботи, вона суттєво ускладнюється. У цьому випадку секціонування колій дозволяє більш раціонально завантажити їх у цілому та забезпечити сталу роботу станції.

В дисертаційній роботі досліджено процес передачі з ПВС А на ПВС П завантажених груп вагонів у разі накопичення протягом доби маршрутів із ЗК на два призначення (по одному на кожне) різних операторів вагонного парку.

Порядок надходження завантажених груп вагонів на кожне призначення наведено на рис. 4.16, на якому також по кроках показано суттєві зміни у розташуванні груп вагонів, які надійшли з ПВС А, на коліях ПВС П за існуючої конструкції колійного розвитку та за секціонування колій.

Таким чином, секціонування колій № 1–3 і у випадку накопичення вагонів двох операторів дозволяє зменшити тривалість виконання маневрових операцій на 20,5 хв.

Також у запропонованому варіанті секціонування колій для накопичення складу на призначення 1 було використано тупикову колію № 11 (місткістю 15 вагонів), а не наскрізну колію № 5, яку використано за існуючої схеми колійного розвитку.

Слід зазначити, що накопичення вагонів є процесом, який досить повільно протікає у часі, тому звільнення наскрізної колії № 5 (місткістю 39 вагонів), дозволяє використовувати її для накопичення складів з іншими вантажами, виконання поїзних і маневрових операцій і в цілому підвищує ефективність використання колійного розвитку ПВС П.

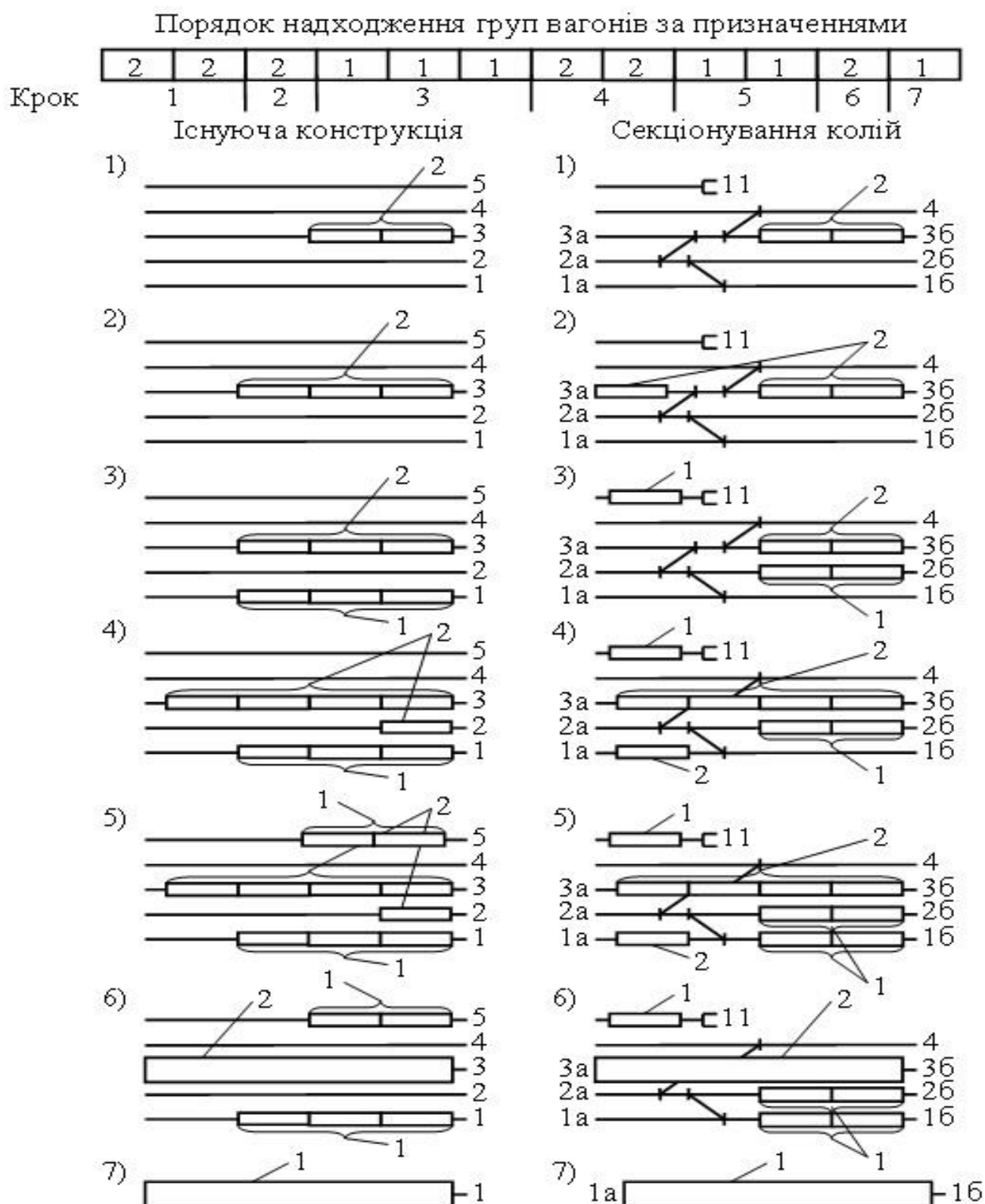


Рисунок 4.16 – Розташування груп вагонів на коліях ПВС II під час накопичення

З метою обґрунтування доцільності впровадження секціонування колій визначено показники функціонування станції для обох варіантів конструкції, зокрема щодо завантаження колій станції та річної тривалості виконання

маневровими локомотивами операцій, пов'язаних з передачею груп вагонів із залізрудним концентратом, а також формуванням составів.

За існуючої конструкції колійного розвитку спостерігається недовикористання колій № 1 і № 2 (рис. 4.17), внаслідок неможливості направлення на них груп вагонів під виконання операцій з технічного обслуговування состава поїзда на колії № 3.

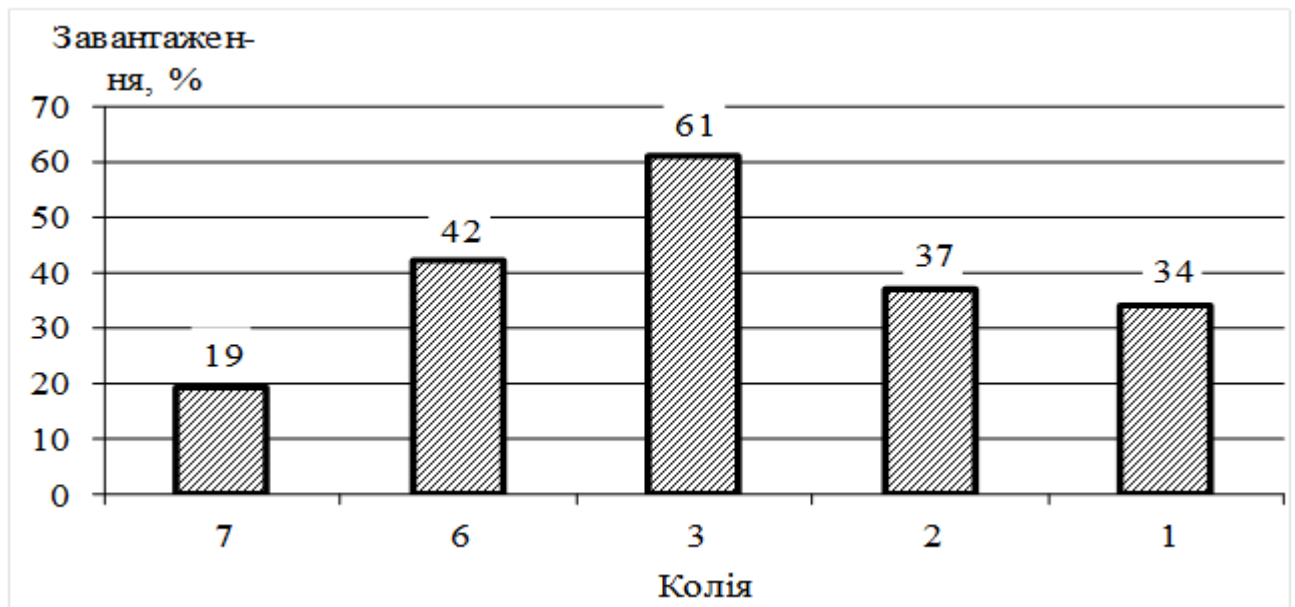


Рисунок 4.17 – Завантаження колій ПВС П за існуючої конструкції колійного розвитку

Прагнення до зменшення обсягу маневрової роботи викликає додаткове завантаження колій № 6 і № 7 (рис. 4.17) накопиченням груп вагонів із ЗК. За даними натурних спостережень завантаження цих колій операціями з іншими поїздами становить 65 % для колії № 6 і 71 % для колії № 7. Таким чином, сумарне завантаження колії № 6 перевищує 100 %, що робить неможливим у більшості випадків її використання для накопичення вагонів, а колії № 7 дорівнює 90 %, що також суттєво обмежує можливість накопичення на ній вагонів.

За запропонованої конструкції колійного розвитку (рис. 4.18) підвищується рівень використання секцій № 3б, № 2б, № 1б, і в цілому колій № 1...3, які спеціалізовані для накопичення груп вагонів із ЗК, знижується до 3 % рівень використання колії № 6, а колія № 7 взагалі не використовується для накопичення.

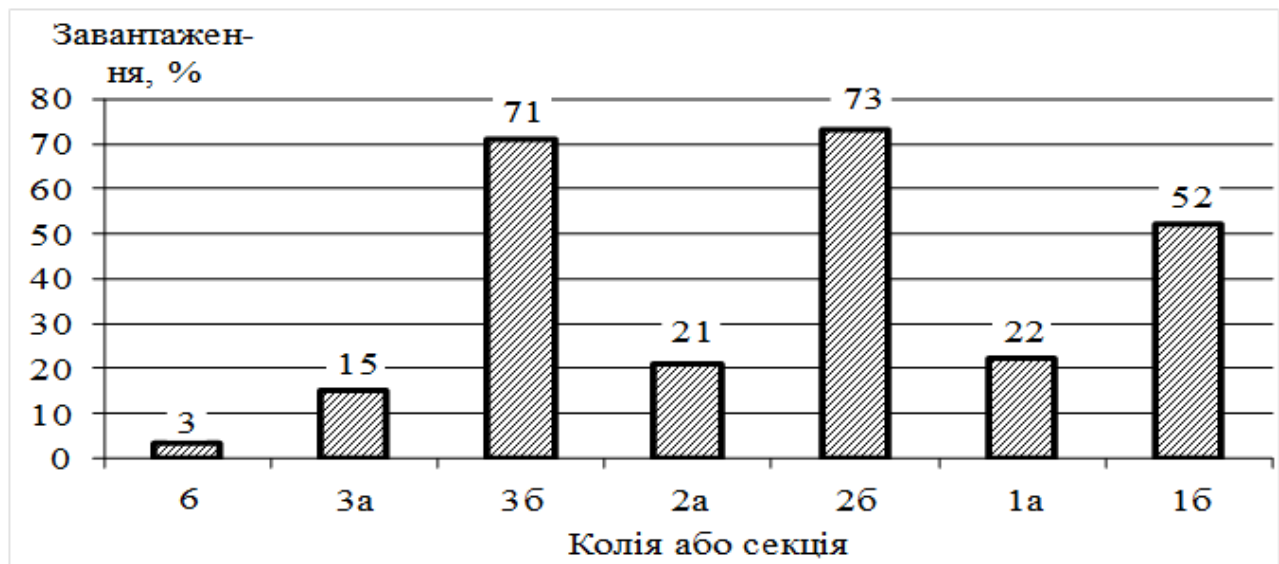


Рисунок 4.18 – Завантаження колій ПВС П за запропонованої конструкції колійного розвитку

Річна тривалість виконання локомотивами (рис. 4.19) маневрових операцій, пов'язаних з передачею груп вагонів із ЗК між станціями А та П, а також формуванням составів, за запропонованої конструкції колійного розвитку зменшилася на 386 год/рік зі зменшенням відповідних експлуатаційних витрат (для прикладу, у разі витрати пального маневровим локомотивом 40 л/год і вартості пального 18 грн./л економія відповідних експлуатаційних витрат може скласти до 278 тис. грн.).

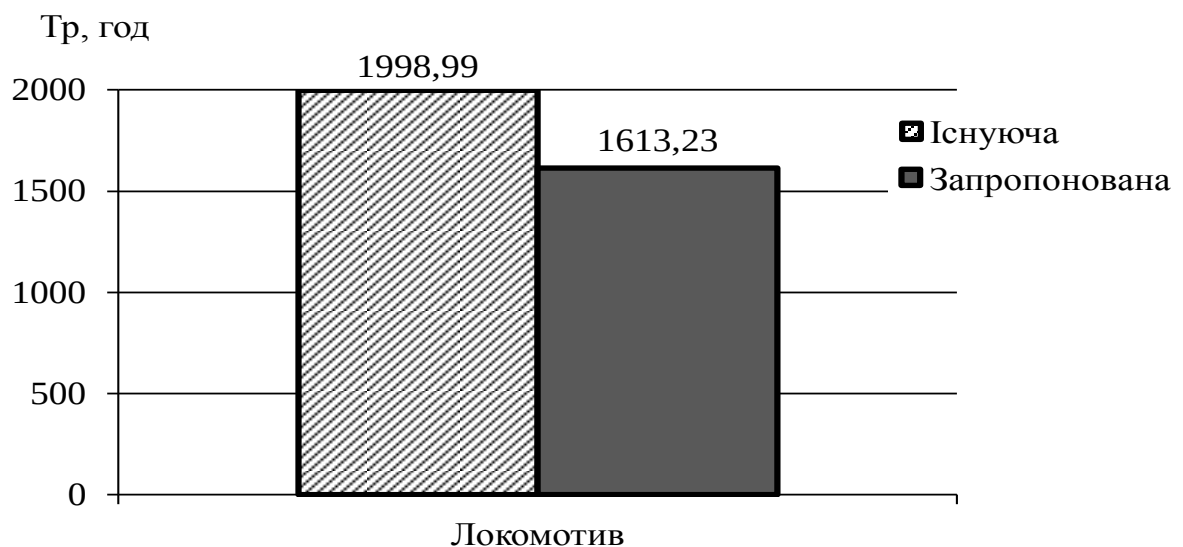


Рисунок 4.19 – Тривалість роботи маневрових локомотивів для існуючої та запропонованої схеми ПВС П

Таким чином, секціонування колій станції П дозволяє зменшити маневрову роботу, яка пов'язана з передачею груп вагонів із ЗК між станціями А та П, а також формуванням составів і ЗК.

Основною ж перевагою запропонованої схеми ПВС П за рахунок секціонування (див. рис. 4.17 і 4.18), є те, що зменшилась завантаженість колій станції, тобто з врахуванням інших операцій, виконуваних на ПВС П (див. п. 2.5) зменшується ймовірність виникнення затримок, пов'язаних з відсутністю вільних колій для прослідування, приймання та відправлення поїздів і маневрових составів тощо, тобто є можливим зменшення тривалості знаходження вагонів на ПК в цілому.

4.5 Рекомендації щодо практичного впровадження результатів дослідження

Удосконалений метод оцінки відповідності ємності колійного розвитку вантажних станцій вагонопотокам, які на них переробляються, шляхом використання ймовірнісних методів дозволяє оцінювати використання колійного розвитку будь-якої ВС з урахуванням нерівномірності перевезень. Зроблено висновки виконаної оцінки відповідності ємності колійного розвитку ВС ДН-1 і ДН-2 Придніпровської залізниці, які дозволяють приймати рішення щодо вжиття конструкційних заходів у випадку суттєвого завантаження, в т. ч. з використанням секціонування колій.

Для першого випадку отриманої під час оцінки відповідності ємності колійного розвитку ВС вагонопотокам, які на них переробляються, ймовірності перевищення критичного значення найбільш доцільним вбачається вжиття як конструктивних заходів (наприклад, добудова недостатнього колійного розвитку), так і технологічних (зокрема, перерозподіл вагонопотоків, в першу чергу транзитних, і дії в ув'язці з клієнтами). Для другого випадку раціонально вживати в першу чергу технологічні заходи, але також можливе запровадження секціонування окремих колій станції. Третя ситуація спеціальних заходів не передбачає, а у випадках тимчасових

ускладнень в роботі ВС переважно вирішується за рахунок технологічних заходів. У разі наявності резервів в колійному розвитку, тобто незначному його завантаженні, вантажні станції відіграють роль резерву колійного розвитку на дільниці, тому для підвищення їх ефективності можливо перерозподілити вагонопотоки або використовувати їх для відстою залишених без локомотивів составів або, за можливості, виконання на них операцій з транзитними вагонами.

До станцій ДН-1 і ДН-2 Придніпровської залізниці, які мають допустиме завантаження колійного розвитку протягом року, відносяться ВС Правда, Обвідна, Ігрені, Рядова, Шмакове, Вечірній Кут, Марганець, Чортомлик, Кривий Ріг-Західний, резерви колійного розвитку є характерними для ВС Губиниха, Верхньодніпровськ, Зустрічний, Балівка, Улянівка, а інші ВС мають суттєве завантаження колійного розвитку.

Підвищення ефективності роботи станцій із суттєвим завантаженням можливо за рахунок впровадження секціонування колій. Приклад секціонування для вантажної станції НД наведено на рис. 4.20.

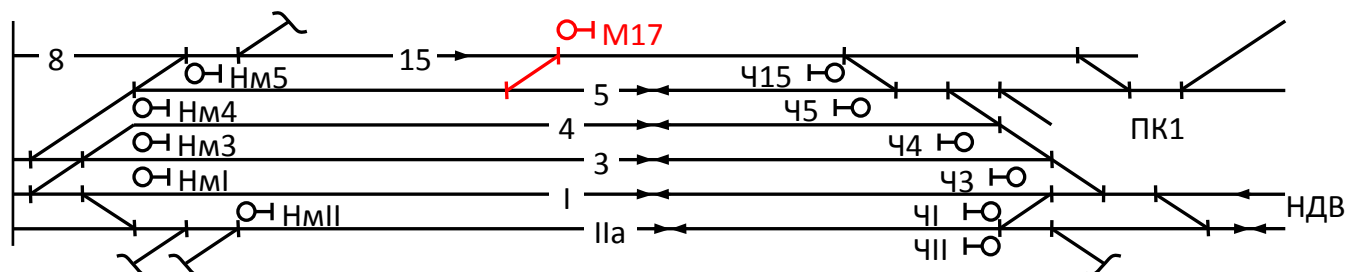


Рисунок 4.20 – Запропонована схема секціонування ВС НД

Аналіз груп вагонів, які прибувають для подавання на ПК1 і повертаються звідти показав, що за місткості колій № 15 і № 5, на яких ці групи можуть перебувати відповідно 50 і 58 ум. ваг., кількість вагонів в групах зазвичай складає 15–25 ваг. Таким чином, колії станції НД зайняті практично постійно протягом року, але ємність колійного розвитку використовується не в повній мірі.

Застосування розробленої програми [14] дозволить значно прискорити виконання розрахунків тривалості маневрових напіврейсів під час імітаційного моделювання роботи ВС, а також за рахунок удосконалення аналітичного методу

нормування тривалості маневрових напіврейсів врахувати існуючі на станціях обмеження швидкості руху окремими елементами (стрілочними переводами, стрілочними зонами, коліями та їх ділянками) внаслідок недостатнього технічного стану.

Використання вдосконаленої моделі функціонування вантажної станції дозволить використовувати розроблену бібліотеку типових елементів технологічних процесів станцій для описання технології роботи конкретної ВС.

Комплексні залежності кількості колій, їх довжини та колійної ємності вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту від характеристик вагонопотоків, які на них переробляються, з врахуванням зміни структури вагонного парку можуть бути використанні в системах підтримки рішень для оцінки варіантів удосконалення конструкції та технології роботи цих станцій. Крім цього, вказані залежності можуть бути застосовані для прогнозування показників функціонування вантажних станцій за різного рівня технічного оснащення, клієнтури та структури вагонопотоків.

Запропоновано алгоритм перевірки достатності кількості колій та ємності існуючого колійного розвитку вантажних станцій, який дозволить прискорити та спростити процедуру визначення необхідних розмірів колійного розвитку ВС.

4.6 Висновки до розділу 4

1. Оцінка відповідності ємності колійного розвитку вантажних станцій вагонопотокам, які на них переробляються, може здійснюватися шляхом використання ймовірнісних методів, що, на відміну від існуючих підходів, дозволяє характеризувати використання колійного розвитку з урахуванням нерівномірності перевезень.

2. У роботі наведено комплексні залежності кількості колій, їх довжини та колійної ємності вантажних станцій від характеристик вагонопотоків, які на них переробляються, що дозволяє врахувати зміни в структурі вагонного парку.

3. Запропоновано алгоритм перевірки достатності кількості колій та ємності існуючого колійного розвитку вантажних станцій, який дозволить прискорити та спростити процедуру визначення необхідних розмірів колійного розвитку ВС.

4. З метою підвищення ефективності роботи вантажних станцій запропоновано використовувати секціонування колій.

5. Внаслідок застосування секціонування колій є можливим скорочення тривалості виконання маневрових пересувань протягом року (на прикладі однієї зі станцій ПК «АрселорМіттал Кривий Ріг» склало 386 год/рік) зі зменшенням відповідних експлуатаційних витрат, підвищення ефективності використання колійного розвитку та функціонування станцій в цілому. Особливо актуальним секціонування колій є для станцій, які характеризуються суттєвою дрібністю вагонопотоку, що перероблюється, з урахуванням диференціації за операторами вагонного парку, технічним станом тощо.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують науково-практичне завдання підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту за рахунок удосконалення їх колійного розвитку на основі науково обґрунтованих методів їх комплексної оцінки. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки та пропозиції:

1. Виконаний аналіз наукових праць показав, що питання підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту за рахунок обґрунтування раціонального колійного розвитку є актуальним. Існуючі методи визначення раціональних параметрів колійного розвитку вантажних станцій на відміну від технічних практично не формалізовані, а нормативні документи переважно містять рекомендації проектувальникам.

2. Аналіз показників роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту й параметрів вагонопотоків, що підлягають переробці на них, дозволив встановити, що на тлі загального зменшення обсягів перевезень залізницями країни на окремих вантажних станціях спостерігається різке зростання обсягів вантажної роботи: на вугле- та рудонавантажувальних станціях відбувся приріст навантаження (переважно 5–30 %); на станціях, які обслуговують металургійні комбінати та підприємства хімічної промисловості, приріст обсягів вантажної роботи подекуди сягнув 20–50 %; на деяких портових станціях переробка зросла на 60–600 %. При цьому збільшується частка виконання операцій, які є нехарактерні для таких станцій (відстій вагонів тривалого резерву, відстій залишених поїздів, операції з транзитними вагонами тощо), а рівень технічної зношеності їх колійного

розвитку є значним. Збільшення частки приватних вагонів і кількості операторів вагонного парку суттєво ускладнило роботу вантажних станцій, зокрема призвело до подрібнення вагонопотоку, який перероблюється, за більшою кількістю призначень. При цьому, фактори, які впливають на необхідну ємність колійного розвитку таких станцій раніше розглядалися переважно знеособлено, без комплексного підходу. Для розв'язання цієї проблеми розроблено деталізовану структуру основних факторів, які впливають на ємність колійного розвитку вантажних станцій і ефективність її використання в сучасних умовах функціонування залізничного транспорту: конструкційні, технологічні та кількісні. Деталізація вказаних факторів дозволить під час аналізу роботи вантажних станцій виділяти найбільш впливові з них і значно підвищить адекватність імітаційного моделювання їх роботи.

3. Традиційна методика нормування маневрових напіврейсів не враховує існуючих на багатьох станціях обмежень швидкості руху окремими елементами, що може призводити до суттєвих похибок під час визначення тривалості маневрових напіврейсів. Для розв'язання вказаної задачі вдосконалено аналітичний метод нормування тривалості маневрових напіврейсів, який дозволяє врахувати наявні обмеження швидкості руху окремими стрілочними переводами, стрілочними зонами та коліями. Вдосконалений метод реалізовано у вигляді програмного продукту. За відсутності обмеження швидкості руху на окремих елементах прямування маневрового состава різниця між результатами розрахунків, виконаних за вдосконаленим аналітичним методом і за методом розрахункових параметрів, є несуттєвою (до 3 %), але в разі наявності відповідних обмежень вона досить значна (близько 40 %).

4. Для вдосконалення функціональної моделі вантажної станції формалізовано її технологію роботи з використанням деталізованої бібліотеки типових елементів і спеціалізованих програмних засобів для побудови технології роботи станцій у автоматизованому режимі.

5. Оцінка відповідності ємності колійного розвитку вантажних станцій вагонопотокам, які на них переробляються, може здійснюватися шляхом використання ймовірнісних методів, що на відміну від існуючих підходів, дозволяє оцінювати використання колійного розвитку з урахуванням нерівномірності перевезень. У роботі наведено комплексні залежності кількості колій, їх довжини та колійної ємності вантажних станцій від характеристик вагонопотоків, які на них переробляються, що дозволяє врахувати зміни в структурі вагонного парку.

6. З метою підвищення ефективності функціонування вантажних станцій запропоновано використовувати секціонування колій, внаслідок чого є можливим скорочення тривалості виконання маневрових пересувань протягом року (на прикладі однієї з промислових вантажних станцій ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» склало 386 год/рік) зі зменшенням відповідних експлуатаційних витрат, підвищення ефективності використання колійного розвитку та функціонування станцій в цілому. Особливо актуальним секціонування колій є для станцій, які характеризуються суттєвою дрібністю вагонопотоку, що перероблюється, з урахуванням диференціації за операторами вагонного парку, технічним станом тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Абрамов А. А. Оптимизация путевого развития местных сортировочных парков [Текст] / А. А. Абрамов, Е. Н. Кирьянова // Вопросы увеличения пропускной и провозной способности железных дорог: тр. Рост. инст. инж. ж.-д. трансп. – Ростов-на-Дону, 1985 – Вып. 182. – С. 155–160.

2 Абрамов А. А. Соотношение длины и числа путей сортировочного парка грузовой станции [Текст] / А. А. Абрамов, Е. Н. Кирьянова // Проблемы наращивания мощности станций и узлов: межвуз. сб. науч. тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. – Москва, 1985. – Вып. 765. – С. 76–78.

3 Аксенов В. И. Емкость путевого развития железных дорог и ее резервы в условиях тепловозной и электровозной тяги [Текст] / В. И. Аксенов – Ташкент: ТашиИИТ, 1960. – 72 с.

4 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.

5 Акулиничев В. М. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж.-д. трансп. [Текст] / В. М. Акулиничев, Н. В. Правдин, В. Я. Болотный, И. Е. Савченко // Под ред. В. М. Акулиничева – Москва: Транспорт, 1992. – 480 с.

6 Акулиничев В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог [Текст]: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков – Москва: Транспорт, 1981. – 223 с.

7 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.

8 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.

9 Альошинський Є. С. Прогнозування обсягів вантажних перевезень через Одеський морський торговельний порт на основі кореляційно-регресійного аналізу / Є. С. Альошинський, Є. І. Балака, С. О. Світлична, О. С. Рижонков // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2014. – Вип. 150. – С. 4-11. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpudazt_2014_150_3.pdf. – Загол. з екрану.

10 Аникеева-Науменко Л. О. Методы повышения эффективности использования вагонов грузового парка на железнодорожном транспорте [Текст]: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Аникеева-Науменко Любовь Олеговна // Моск. ун-т путей сообщения (МИИТ) – Москва, 2014. – 190 с.

11 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.

12 Апатцев В. И. О неравномерности грузовой работы на станции [Текст] / В. И. Апатцев, А. Г. Седых // Вопросы организации движения на железнодорожном транспорте: тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. – Москва: Транспорт, 1978. – Вып. 592. – С. 3–8.

13 Апатцев В. И. Оценка технологической устойчивости функционирования грузовых станций [Текст] / В. И. Апатцев, А. В. Подорожкина. – Москва: Наука и прогресс транспорта, 2007. – № 1. – С. 8–11.

14 Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 58932 – комп'ютерна програма «Норми часу на маневрові операції» від 16.03.2015 р. / Д. М. Козаченко, Р. Г. Коробйова, І. Л. Журавель. // Рішення про реєстрацію авторського права на твір № 1-9/2291 від 23.03.2015 р.

15 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.

16 Бартенев П. В. Железнодорожные станции и узлы [Текст]: учебник для ВУЗов / П. В. Бартенев. – Москва: Трансжелдориздат, 1953. – 504 с.

17 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.

18 Бобровский В. И. Совершенствование конструкции и технологии работы сортировочных комплексов железнодорожных станций [Текст]: монография коллектива авторов / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, А. И. Колесник, Е. Б. Демченко, А. С. Дорош. – Днепропетровск: Изд-во Маковецкий, 2012. – 236 с.

19 Бобровский В. И. Совершенствование технологии формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 19. – 2007. – С. 88–93.

20 Бобровский В. И. Техничко-економическое управление железнодорожными станциями на основе эргатических моделей [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Інформаційно-керуючі системи на залізн. трансп. – 2004. – № 6. – С. 17–21.

21 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.

22 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.

23 Болотный В. Я. Выбор схем предпортовых железнодорожных станций и размещение районных парков порта в условиях резко возрастающих смешанных железнодорожно-водных перевозок [Текст] / В. Я. Болотный // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: тр. Днепропетр. ин-та инж. ж.-д. трансп. – Днепропетровск, 1971. – Вып. 125/7. – С. 92–100.

24 Болотный В. Я. Проектирование железнодорожных узлов [Текст]: учеб. пособие для вузов / В. Я. Болотный – Москва: Транспорт, 1989. – 151 с.

25 Болотный В. Я. Совершенствование схем и технологии работы железнодорожных станций [Текст]: учеб. пособие для вузов – Москва: Транспорт, 1986. – 280 с.

26 Бородин А. Ф. Емкость железных дорог и управление вагонными парками [Текст] / А. Ф. Бородин // РЖД-Партнер. – 2011. – № 5 (201). – С. 32–34.

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

28 Бородин А. Ф. Эффективно использовать станционные мощности [Текст] / А. Ф. Бородин // Ж.-д. трансп. – 2006. – № 6. – С. 37–43.

29 Булавченко И. Д. К вопросу о сокращении простоя местных вагонов на грузовых станциях [Текст] / И. Д. Булавченко, С. А. Елисеев // В кн.: Вопросы проектирования и организация работы железнодорожных станций и узлов: тр. Новосиб. инст. инж. ж.-д. трансп. – Новосибирск, 1976. – Вып. 174. – С. 67–73.

30 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.

31 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.

32 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.

33 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 телекоммуни-

кациях» (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.

34 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.

35 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.urau.ua/eejet/article/view/4236/3998/> – Загл. с экрана.

36 Вернигора Р. В. Система автоматизированного построения планов-графиков работы станции [Текст] / Р. В. Вернигора, Р. Г. Коробьева, В. В. Малашкин // Проблемы 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.

37 Верховых Г. В. Эффективность формирования отправительских маршрутов на федеральных путях ОАО «РЖД» [Текст] / Г. В. Верховых, А. Т. Осьминин, Л. А. Бойкова, О. А. Никифорова // Экономика железных дорог. – 2006. – № 9. – С. 78–83.

38 Ветухов Е. А. Грузовые станции [Текст] / Е. А. Ветухов, Я. Ф. Гулев – Москва: Транспорт, 1974. – 256 с.

39 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.

40 Ветухов Е. А. Резервы железнодорожных станций [Текст] / Ветухов Е. А. и др. – Москва: Транспорт, 1971. – 104 с.

41 Гольский А. В. Выбор вариантов подачи и уборки вагонов в случае занятости ими подъездных путей [Текст] / А. В. Гольский // Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог: сб. науч. тр. Сиб. гос. ун-та путей сообщ. – Новосибирск: СГУПС, 2007. – С. 238–245.

42 Гончаров М. Ю. Оптимальні режими керування маневровим локомотивом [Текст] – Київ: Товариство «Знання» УРСР, 1975. – 20 с.

43 Данько Н. И. Научная школа железнодорожной академии по эксплуатации железнодорожного транспорта в решении прикладных задач отрасли [Электронный ресурс] / Н. И. Данько, Т. В. Бутко, Д. В. Ломотько // Залізн. трансп. України. – 2006. – № 5. – С. 43-44 – Режим доступа: http://rail.narod.ru/science_scool.htm – Загол. з екрану.

44 Державна статистична служба України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/> – Загол. з екрану

45 Довідник основних показників роботи залізниць України за 1997–2007 р. – Київ: «Швидкий рух». – 46 с.

46 Ефименко Ю. И. О комплексном расчете подгорочных парков [Текст] / Ю. И. Ефименко, Ф. П. Мамаев / Тр. Ленинград. инст. инж. ж.-д. трансп. – Вып. 334. – Ленинград, 1972. – С. 43–51.

47 Железнодорожные станции и узлы промышленного транспорта: учебн. для вузов [Текст] / Под ред. В. М. Акулиничева – Москва: Транспорт, 1986. – 352 с.

48 Железные дороги Советского Союза в 1970–1980-е годы (разд. III т. 3 История железнодорожного транспорта Советского Союза) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://wiki.nashtransport.ru/> – Загл. с экрана.

49 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.

50 Жуков В. И. Методика оперативного планирования окончания накопления составов на технических и грузовых станциях [Текст] / В. И. Жуков / Вестн. Сиб. гос. ун-та путей сообщ. – № 6. – 2003. – С. 99–102.

51 Журавель В. В. Визначення необхідної ємності колій станції в сучасних умовах [Текст] / В. В. Журавель, І. Л. Журавель // Транспорт: зб. наук. пр. Дніпропетр. держ. ун-ту залізн. трансп. – 2002. – Вип. 12. – С. 79–80.

52 Журавель В. В. Дослідження поїздо- та вагонопотоків гірничо-збагачувального комбінату [Текст] / В. В. Журавель, І. Л. Журавель, П. О. Яновський //

Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – 2012. – Вип. 4. – С. 35–39.

53 Журавель В. В. Дослідження процесу постачання сировини на металургійне підприємство [Текст] / В. В. Журавель // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – 2014. – Вип. 7. – С. 20–26.

54 Журавель В. В. Підвищення ефективності функціонування промислової станції шляхом вдосконалення її конструкції [Текст] / В. В. Журавель, І. Л. Журавель // Вост.-Европ. журн. передових технологій. – 2015. – № 2/3 (74). – С. 61–67.

55 Журавель І. Л. Проблеми регулювання ємності колійного розвитку залізничних станцій [Текст] / І. Л. Журавель // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2014. – Вип. 8. – С. 51–57.

56 Журавель І. Л. Расчет емкости и количества путей в сортировочном парке грузовой станции [Текст] / І. Л. Журавель, В. В. Журавель // Транспорт: зб. наук. праць Дніпропетр. держ. ун-ту залізн. трансп. – 2001. – Вип. 9. – С. 92–95.

57 Забело М. Л. Маневровые локомотивы электрифицированных железных дорог [Текст] / М. Л. Забело, А. М. Баранов – Москва: Транспорт, 1967. – 152 с.

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

59 Запара В. М. Аналіз стану роботи при взаємодії станції примикання Чумакове і під'їзної колії ТОВ «ЦЗФ «Чумаківська»» [Текст] / В. М. Запара, А. О. Лисенко // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2011. – Вип. 120. – С. 23–28.

60 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.

61 Зеленков В. И. Определение основных характеристик вагонопотоков при разработке технологии работы железнодорожных станций и транспорта обслуживаемых ими промпредприятий [Текст] / Зеленков В. И., Сапежинский Ф. Н. //

Математические методы в эксплуатации железных дорог: сб. тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. – 1974. – Вып. 379. – С. 232–242.

62 Зубков И. И. Взаимодействие грузовых и сортировочных станций в узле [Текст] / Ж.-д. трансп. – 1962. – № 4. – С. 53–55.

63 Иванков Н. М. Скользящая специализация сортировочных путей [Текст] / Н. М. Иванков // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: тр. Днепропетр. ин-та инж. ж.-д. трансп. – Вып. 81/5. – Днепропетровск, 1967. – С. 20–41.

64 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. – № 7. – С. 7–10.

65 Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР ВСН 56-78 [Текст] – Москва, Транспорт, 1978. – 176 с.

66 Казаков А. Л. Модель прогнозирования суточного вагонопотока на грузовых станциях общего пользования [Текст] / А. Л. Казаков, А. М. Маслов // Тезисы докладов XXVIII Рос. школы – Москва: Изд-во Миасс, 2008. – С. 101.

67 Кизим О. В. Оптимізація взаємодії вантажної станції та під'їзної колії коксохімічного заводу на основі ресурсозберігаючих технологій [Текст] / О. В. Кизим, В. Ф. Чеклов, Д. В. Куценко // Зб. наук. пр. Дон. інст. залізн. трансп. – 2006. – Вип. 5. – С. 62–67.

68 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.

69 Козаченко Д. Н. Анализ инфраструктуры Украины по обеспечению перспективных объемов переработки и экспорта зерна [Текст] / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, Р. В. Рустамов // «Розвиток теорії та практики функціонування залізничних станцій і вузлів» (11.12.2014-12.12.2014): тези наук.-практ. конф. / Мін-во освіти і науки України, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. – С. 34–37.

70 Козаченко Д. Н. Исследование потребности в вагонном парке для обеспечения перевозок массовых грузов по расписанию [Текст] / Д. Н. Козаченко // 3б. наук. пр. Дон. інст. залізн. трансп. – 2013. – Вип. 35. – С. 11–16.

71 Козаченко Д. Н. Исследование эффективности организации перевозок металлургических грузов по расписанию [Текст] / Д. Н. Козаченко, А. И. Верлан, Ю. Н. Германюк // Наука и транспорт: Вестн. Белорус. гос. ун-та трансп. – Гомель, 2013. – Вип. 1 (26). – С. 52–54.

72 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.

73 Козаченко Д. М. Нормування тривалості виконання маневрових пересувань з врахуванням обмеження швидкості руху на окремих елементах прямуювання составів [Текст] / Д. М. Козаченко, І. Л. Журавель, І. Ю. Левицький // Залізн. трансп. України. – 2014. – № 6 (109). – С. 30–36.

74 Козаченко Д. Н. Объектно-ориентированная модель функционирования железнодорожных станций [Текст] / Д. Н. Козаченко // Наука та прогрес транспорту: Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2013. – № 4 (46). – С. 47–55.

75 Козаченко Д. Н. Оценка неравномерности поступления вагонов на подъездные пути промышленных предприятий [Текст] / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, Р. Ш. Рустамов // «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»: тези 73-ї міжн. наук.-практ. конф. (23.05 – 24.05. 2013 р.) / Мін-во освіти і науки, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2013. – С. 150.

76 Козаченко Д. Н. Оценка эффективности маршрутизации перевозки массовых грузов железнодорожным транспортом в современных условиях [Текст] / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, А. И. Верлан // 3б. наук. пр. Дон. інст. залізн. трансп. – 2012. – № 31. – С. 25–29.

77 Козаченко Д. Н. Проблемы стимулирования отправительской маршрутизации на железнодорожном транспорте [Текст] / Д. М. Козаченко // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – № 3 (192). – Луганськ, 2013. – С. 207–211.

78 Козаченко Д. М. Програмний 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. – № 4 (70). – С. 18–20.

79 Козаченко Д. М. Програмні засоби для функціонального моделювання залізничних станцій [Текст] / Д. М. Козаченко, І. Л. Журавель, О. М. Пасічний // Зб. наук. пр. Дон. інст. залізн. трансп. – 2013. – Вип. 36. – С. 25–33.

80 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.

81 Коробйова Р. Г. Підвищення ефективності експлуатації технічних засобів залізничних вузлів при переробці місцевих вагонопотоків [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Коробйова Руслана Геннадіївна: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровськ, 2009. – 30 с.

82 Коробйова Р. Г. Совершенствование переработки местных вагонопотоков в железнодорожных узлах [Текст] / Р. Г. Коробйова, И. Е. Левицкий // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – № 23. – 2008. – С. 104–107.

83 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.

84 Котенко А. Н. Математические модели массового обслуживания вагонов на грузовых станциях / Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: міжвуз. зб. наук. праць ХарДАЗТ. – Харків, 1998. – № 33. – С. 214.

85 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.

86 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.

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

88 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.

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

90 Кочнев Ф. П. Управление эксплуатационной работой железных дорог [Текст]: учеб. пособие для вузов / Ф. П. Кочнев, И. Б. Сотников. – Москва: Транспорт, 1990. – 424 с.

91 Крохин Л. С. Распределение груженных вагонов по грузовым фронтам [Текст] / Л. С. Крохин, А. Г. Седых, И. С. Беседин // Тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. – Москва, 1980. – № 670. – С. 164–178.

92 Крохин Л. С. Роль, значение и этапность развития грузовой станции в перевозочном процессе [Текст] / Л. С. Крохин // Тр. инст. инж. ж. д. трансп. – Москва: МИИТ, 1994. – Вып. 115. – С. 72.

93 Крячко К. В. Обґрунтування проектних рішень технічного оснащення залізничних вантажних станцій [Текст] / Зб. наук. пр. ХНЕУ – Харків: ХНЕУ, 2006. – Вип. 1 – С. 73–75.

94 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.

95 Крячко К. В. Удосконалення методів визначення конструктивно-технологічних параметрів технічних засобів вантажних станцій [Текст]: автореф.

дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Крячко Катерина Віталіївна // Укр. держ. акад. залізн. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – 21 с.

96 Крячко К. В. Удосконалення технології і конструкції вантажних станцій загального користування [Текст] / Зб. наук. пр. Дон. інст. залізн. трансп. – 2010. – № 21 – С. 35–39.

97 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.

98 Куренков П. В. Инфраструктура железных дорог России и регулирование вагонных парков [Текст] / П. В. Куренков, Ф. И. Хусаинов // Экономика железных дорог. – 2013. – № 9. – С. 35–48.

99 Курзов Н. Р. Применение комбинаторного метода сортировки вагонов на грузовой станции / Пути технического перевооружения и модернизации железнодорожного транспорта: тезисы докладов XVI науч.-техн. конф. кафедр БелИИЖТа и ДорНТО Бел. ж. д., ч. I – Гомель, 1989. – 81 с.

100 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.

101 Лаврухін О. В. Розгляд питань взаємодії залізничного та морського транспорту України / О. В. Лаврухін, Д. І. Мкртичян, Д. С. Афонін // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2015. – Вип. 152. – С. 10–14. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpudazt_2015_152_4.pdf. – Загол. з екрану.

102 Лаврухін О. В. Удосконалення автоматизованої технології оперативного планування роботи залізничної станції [Текст] / О. В. Лаврухін, О. В. Митрофанова // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2014. – Вип. 144. – С. 35–40.

103 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.

104 Лазарев Х. М. Методика построения сетевых графиков работы грузовой станции [Текст] / Х. М. Лазарев, М. Л. Мануйлова // Математические и сетевые модели грузовых станций: тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. – 1970. – Вып. 300. – С. 43–65.

105 Левин Д. Ю. Анализ и синтез работы грузовых станций [Текст] / Д. Ю. Левин, В. И. Липкин // Проблемы наращивания мощности станций и узлов: межвуз. сб. науч. тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп. – Москва, 1985. – Вып. 765. – С. 64.

106 Левин Д. Ю. Моделирование работы грузовых станций [Текст] / Д. Ю. Левин // Проблемы наращивания мощности станций и узлов: межвуз. сб. науч. тр. Всесоюз. науч.-исслед. инст. ж.-д. трансп. – Москва, 1985. – Вып. 765. – 72 с.

107 Левин Д. Ю. Определение оптимально допустимого уровня загрузки грузовых фронтов [Текст] / Д. Ю. Левин, Б. Ц. Бебчук, В. И. Липкин // Вест. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп. – Москва, 1982. – № 8. – С. 8–13.

108 Левин Д. Ю. Оптимизация оснащения грузовых станций [Текст] / Д. Ю. Левин, В. И. Липкин // Повышение надежности технических средств на станциях: сб. науч. тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп. – Москва, 1984. – С. 109–114.

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

110 Логинов С. И. Исследование вопросов технического оснащения грузовых станций общего пользования [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Логинов Сергей Иванович // Ленинград. инст. инж. ж.-д. трансп. – Ленинград: ЛИИЖТ, 1972. – 20 с.

111 Логинов С. И. Определение числа сортировочных путей на грузовых станциях [Текст] / С. И. Логинов // Вопросы эксплуатации железных дорог и проектирования станций: тр. Ленинград. инст. инж. ж.-д. трансп. – Вып. 334. – Ленинград, 1972. – С. 71–78.

112 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.

113 Ломотько Д. В. Удосконалення вантажної роботи на місцях незагального користування в умовах станції С [Текст] / Д. В. Ломотько, Н. М. Панченко // 36. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2012. – Вип. 133. – С. 74–78.

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

115 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.

116 Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул [Текст]: учеб. пособие / Е. Н. Львовский. – Москва: Высшая школа, 1982. – 224 с.

117 Лэнговяк Я. Разработка рациональных параметров грузовых станций общего пользования Польской Народной Республики [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Лэнговяк Януш // Ленинград. инст. инж. ж.-д. трансп. – Ленинград: ЛИИЖТ, 1984. – 177 с.

118 Малашкін В. В. Удосконалення методів техніко-технологічної оцінки залізничних станцій з метою підвищення ефективності їх функціонування [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук: спец. 05.22.20 / Малашкін Вячеслав Віталійович: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровськ, 2012. – 203 с.

119 Макуха А. М. Исследование организации движения передаточных поездов в железнодорожных узлах [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Макуха Алексей Михайлович: Новосиб. инст. инж. ж.-д. трансп. – Новосибирск: НИИЖТ, 1973. – 22 с.

120 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.

121 Мартынов И. М. Эксплуатационные расчеты с применением теории вероятности [Текст] / И. М. Мартынов и др. – Москва: Транспорт, 1970. – 239 с.

122 Маслов А. М. Техничко-технологические параметры функционирования грузовых станций железнодорожного транспорта в условиях стохастического характера вагонопотока [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Маслов Александр Михайлович – Екатеринбург, 2009. – 196 с.

123 Мацкель С. С. Расчет элементов станций на ЭВМ [Текст] – Москва: Транспорт, 1980. – 177 с.

124 Мацюк В. І. Науково-методичні підходи щодо визначення меж обслуговування вантажних фронтів промислових зон розвиненими залізничними вузлами [Текст] / В. І. Мацюк, Г. Шкурко // Транспортні системи і технології: зб. наук. пр. Держ. екон.-техн. ун-ту трансп. – 2012. – Вип. 21. – С. 164–167.

125 Методические указания по проектированию железнодорожных узлов и станций № 111 [Текст] – Киев, Киевгипротранс, 1987. – 33 с.

126 Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте [Текст] / Утверждены ЦЗ МПС РФ 19. 03. 1998 г. / Мин. путей сообщения РФ. – Москва, 1998. – 84 с.

127 Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті [Текст] / Затв. наказом Укрзалізниці № 72-ЦЗ 25. 03. 2003 р. / Держ. адміністрація залізн. трансп. України. – Київ, 2003. – 82 с.

128 Мироненко В. К. Визначення оптимального місця концентрації технічної переробки місцевого вагонопотоку в розвинених залізничних вузлах за критерієм мінімізації часу [Текст] / В. К. Мироненко, В. І. Мацюк // Транспортні системи і технології: зб. наук. пр. Держ. екон.-техн. ун-ту трансп. – 2012. – Вип. 20. – С. 246–253.

129 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.

130 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.

131 Мишкурое П. Н. Типизация промышленных станций [Электронный ресурс] / П. Н. Мишкурое, 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.

132 Мілецька І. М. Дослідження показників вантажної роботи на місцях незагального користування в умовах підприємства Д [Текст] / І. М. Мілецька // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 118. – С. 220–225.

133 Москалев П. И. Непрерывность процессов переработки вагонов на станции [Текст] / П. И. Москалев – Москва: Транспорт, 1976. – 160 с.

134 Музикіна С. І. Вплив розподілу роботи з обслуговування морського порту у вузлі на показники роботи вантажної станції [Текст] / С. І. Музикіна, Г. І. Переста, І. Л. Журавель, В. В. Журавель // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – С. 57–61.

135 Негрей В. Я. Грузовые станции общего пользования / В. Я. Негрей, Т. С. Банек // В кн.: Проектирование железнодорожных станций и узлов. Ч. II. (Гл. 8) [Текст] / Правдин Н. В., Банек Т. С., Негрей В. Я. – Минск: Высшая школа, 1984. – С. 78–96.

136 Никифоров Б. Д. Проблема емкости железных дорог и регулирование вагонных парков [Текст] / Б. Д. Никифоров, Е. А. Сотников // Вестн. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп. – Москва, 1981. – № 4. – С. 7–13.

137 Николашин В. М. Выбор оптимальной очередности операций по расформированию поездов на грузовых станциях [Текст] / В. М. Николашин // Резервы повышения уровня комплексной механизации и автоматизации процессов на грузовых станциях: межвуз. сб. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. – Москва, 1981. – Вып. 883. – С. 44–54.

138 Орлов А. И. Математика случая: Вероятность и статистика – основные факты: учеб. пособие. – Москва: МЗ-Пресс, 2004. – 110 с.

139 Орлов В. Г. Сокращение простоев вагонов на грузовых станциях и подъездных путях [Текст] / В. Г. Орлов // Грузовая и коммерческая работа: Сборник трудов ЦНИИТЭИ МПС. – Москва, 1976. – Вып. 6 (68). – С. 1–16.

140 Осьминин А. Т. Оценка эффективности маршрутизации с мест погрузки [Текст] / А. Т. Осьминин, В. М. Грошев, О. А. Никифорова // Ж.-д. трансп. – 2008. – № 1. – С. 62–65.

141 Рекомендації з техніко-економічних розрахунків окремих показників експлуатаційної роботи залізниць [Текст] – Київ, 2002. – 64 с.

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

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

144 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.

145 Парунакян В. Э. Совершенствование процесса приема и обработки вагонопотока с сырьем грузовой станцией металлургического завода в зимний период [Текст] / В. Э. Парунакян, В. Г. Дженчако // Вісн. Приазов. держ. техн. ун-ту. – 2003. – № 13. – С. 272–275.

146 Пальчик Л. В. К выбору специализации путей подгорочного парка и ее применению [Текст] / Л. В. Пальчик и др. // Вопросы усиления пропускной способности железных дорог: труды Рост. ин-та инж. ж.-д. трансп. – Вып. 152. – Ростов-на-Дону, 1979. – С. 51.

147 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.

148 ПГОК экспортировал более 3.8 млн тонн окатышей, опередив другие ГОКи СНГ [Електронний ресурс] – Режим доступа: / <http://uaprom.info/news/144672>. – Загол. з екрану.

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

150 Плахов Г. Н. Определение числа путей в сортировочном парке грузовых и участковых станций [Текст] / Г. Н. Плахов, В. Л. Быкадорова, А. А. Гольцева // Вопросы увеличения пропускной и провозной способности железных дорог: тр. Рост. инст. инж. ж.-д. трансп. – Вып. 182. – Ростов-на-Дону, 1985. – С. 75–79.

151 Повороженко В.В. Основы взаимодействия железных дорог с другими видами транспорта [Текст] / Под ред. В.В. Повороженко. – Москва: Транспорт, 1986. – 214 с.

152 Пособие по проектированию промышленных железнодорожных станций (к СНиП 2.05.07-85) / Промтрансниипроект. – Москва: Стройиздат, 1990. – 198 с.

153 Правдин Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта (примеры и расчеты) [Текст] / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. О. Подкопаев // Под ред. Н. В. Правдина. – Москва: Транспорт, 1989. – 208 с.

154 Правдин Н. В. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты) [Текст] / Н. В. Правдин, Т. С. Банек, В. Я. Негрей и др. // Под ред. Н. В. Правдина. – Москва: Транспорт, 1984. – 296 с.

155 Правила обслуговування залізничних під'їзних колій [Електронний ресурс]: / Затв.: Наказ МТУ від 21.11. 2000 р. № 644 і зареєстровані Мін'юстом України 24.11. 2000 р. за № 875/5096 (зі змінами). – Режим доступу: http://uz.gov.ua/cargo_transportation/legal_documents/terms_of_freight/264638/ – Загол. з екрану.

156 Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст] / Затв.: Наказ МТУ від 20.12.96 № 41 і зареєстровані Мін'юстом України 25.02.97 за № 50/184 (зі змінами) – Київ: Транспорт України, 2002. – 140 с.

157 Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи вантажної станції [Текст] / Затв.: Наказ Укрзалізниці від 04.03.2011 р. № 078-Ц. – Київ, 2011. – 256 с.

158 Приднепровская железная дорога [Електронний ресурс] – Режим доступа: / <https://ru.wikipedia.org/wiki/> – Загол. з екрану.

159 Проектирование железнодорожных станций и узлов [Текст]: справ. и метод. руководство / Под ред. А. М. Козлова, К. Г. Гусевой. – Москва: Транспорт, 1980. – 592 с.

160 Промышленный транспорт [Текст] / Под общей редакцией А. Т. Дерибаса – Москва: Транспорт, 1974. – 560 с.

161 Ратин А. С. Исследование параметров технологического процесса грузовой станции на имитационной модели с использованием универсальной системы моделирования [Текст] / А. С. Ратин // Тр. инст. инж ж. д. трансп. – Москва: МИИТ, 1978. – Вып. 587. – С. 104–113.

162 Раткин М. И. Преимущества скользящей специализации путей сортировочного парка [Текст] / М. И. Раткин // Вестн. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп. – Москва, 1977. – № 1. – С. 41–44.

163 Ray C. Полугорка с противоуклоном для повторной сортировки – новое эффективное средство формирования многогруппных поездов [Текст] / С. Ray // Железные дороги мира, 1976. – № 12. – С. 64–68.

164 Рыбин П. К. Маневровое обслуживание морских портов и его влияние на путевое развитие портовых станций [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Рыбин Петр Кириллович // Петербург. гос. ун-т путей сообщ. РФ – Санкт-Петербург, 2003. – 192 с.

165 Савченко И. Е., Железнодорожные станции и узлы [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / И. Е. Савченко, С. В. Земблинов, И. И. Страковский // Под ред. В. М. Акулиничева, Н. Н. Шабалина – Москва: Транспорт, 1980. – 479 с.

166 Садиков П. П. Техническое оснащение крупных грузовых станций общего пользования [Текст] / П. П. Садиков, С. А. Ананьева, Т. П. Лебедева, Е. К. Смирнов // Тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп. – Москва: Трансжелдориздат, 1958. – Вып. 161. – 187 с.

167 Седов В. И. Установление емкости станций, участков и НОД [Текст] / В. И. Седов // Техника железных дорог – 1946. – № 10–11.

168 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.

169 Сизова Т. М. Статистика [Текст]: учеб. пособие / Т. М. Сизова. – Санкт-Петербург: СПб ГУИТМО, 2005. – 80 с.

170 Сковрон И. Я. Оптимизация выбора схемы формирования многогруппных составов [Текст] / И. Я. Сковрон // Вост.-Европ. журн. передовых технологий. – 2012. – № 1/3 (55). – С. 20–26.

171 Сковрон И. Я. Совершенствование методики оценки продолжительности формирования многогруппных составов [Текст] / И. Я. Сковрон // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2014. – Вип. 8 – С. 134–138.

172 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.

173 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.

174 Смирнов И. А. Эффективность накопления вагонов нескольких назначений на одном пути местного сортировочного парка [Текст] / И. А. Смирнов // Проблемы наращивания мощности станций и узлов: межвуз. сб. науч. тр. Рост. ин-та инж. ж.-д. трансп. – Москва, 1985. – Вып. 765. – С. 78–80.

175 Сологуб Н. К. Анализ схем и путевого развития грузовых станций, обслуживающих подъездные пути в крупнейших узлах [Текст] / Н. К. Сологуб, А. Б. Фокеев // Межвуз. сб. науч. тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. – Москва, 1992. – Вып. 855. – С. 75–80.

176 Сологуб Н. К. Исследование сфер применения различных схем путевого развития грузовых пунктов [Текст] / В кн.: Путевое развитие грузовых станций: тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп., деп. в ЦЕШИТЭИ МПС 28.05.1981. – Москва, 1981. – С. 75–119.

177 Сологуб Н. К. Определение оптимального числа путей сортировочного парка грузовой станции [Текст] / В кн.: Путевое развитие грузовых станций: тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп., деп. в ЦЕШИТЭИ МПС 28.05.1981 г. – Москва, 1981. – С. 14–66.

178 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.

179 Сотников Е. А. Определение рационального соотношения вместимости путей и размеров вагонного парка для грузовых станций [Текст] / Е. А. Сотников, Д. Ю. Левин, Б. Ц. Бебчук, Г. М. Газиев // Вестн. Всесоюз. науч.-исслед. инст. ж.-д. трансп. – Москва, 1982. – № 4. – С. 1–6.

180 Сотников Е. А. О соотношении потребной емкости путевого развития и размеров вагонных парков для сортировочных систем [Текст] / Е. А. Сотников,

Ф. В. Бахадиров, Р. С. Мильман // Вестн. Всесоюз. науч.-исслед. инст. ж.-д. трансп. – Москва, 1981. – № 1. – С. 8–11.

181 Сотников Е. А. Эксплуатационная работа железных дорог (состояние, проблемы, перспективы) [Текст] / Е. А. Сотников – Москва, 1986. – 256 с.

182 Сотников, И. Б. Эксплуатация железных дорог: в примерах и задачах [Текст]: учеб. пособие / И. Б. Сотников – Москва: Транспорт, 1982. – 232 с.

183 Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм. ДБН В.2.3-19-2008 [Текст] / Мін-во регіонального розвитку та будівництва України. – Київ, 2008. – 123 с.

184 Стрельбин В. И. Взаимодействие в работе станций и подъездных путей [Текст] / В. И. Стрельбин, Г. И. Евсеев, М. Г. Воротников, С. Н. Дементьев, Д. Т. Малахов // Грузовая и коммерческая работа: сб. тр. ЦНИИТЭИ МПС. – Москва, 1977. – Вып. 1 (69). – С. 24–31.

185 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.

186 Транспортна стратегія України на період до 2020 року: Розпорядження Каб. Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174-р [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>. – Загл. с экрана.

187 Транспортные узлы капиталистических стран [Текст] / под. ред. Скалова К. Ю. – Москва: Издательство АН СССР – 1962. – 320 с.

188 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.

189 Туйчиев Э. Т. Интенсификация использования транспортных и технических средств на грузовых станциях [Текст] / Э. Т. Туйчиев, С. М. Джумамбаев // Ташкент: Мехнат, 1990. – 243 с.

190 Украина может снизить поставки ЖРС в Китай [Електронний ресурс] – Режим доступа: / <http://odnako.su/news/finance/-313449>. – Загол. з екрану.

191 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.

192 Улучшение взаимодействия подъездных путей и грузовых станций [Текст] / Под общ. ред. А. И Смирнова // Тр. Центр. науч.-исслед. инст. Мин-ва путей сообщ. – Вып. 375. – Москва: Транспорт, 1969. – 160 с.

193 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.

194 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.

195 Федотов Н. И. Колебания объемов работы на грузовых станциях [Текст] / Тр. Новосиб. инст. инж. ж.-д. трансп. – Вып. 39 – Новосибирск, 1964. – С. 53–76.

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

197 Чеклов В. Ф. Аналіз колійного розвитку та інших технічних засобів станції Центральна збагачувальна фабрика (ЦЗФ) під'їзної колії ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» [Текст] / В. Ф. Чеклов, В. М. Чеклова, Л. О. Лях, А. Г. Саввіді // Зб. наук. пр. Дон. інст. залізн. трансп. – 2011. – № 28. – С. 21–27.

198 Чеклов В. Ф. Удосконалення роботи ВАТ«ЦЗФ» Олександрівська у взаємодії зі станцією примикання Донецької залізниці [Текст] / В. Ф. Чеклов, Г. В. Бобик, О. І. Шеховцов, О. М. Науменко // Залізн. трансп. України. – 2009. – № 4. – С. 47–50.

199 Чеклов В. Ф. Удосконалення технології роботи під'їзної колії ВАТ «Павлоградвугілля» в умовах посилення технічних засобів [Текст] / В. Ф. Чеклов, В. М. Чеклова, Л. О. Лях, Д. П. Даценко, О. М. Науменко // Зб. наук. пр. Дон. інст. залізн. трансп. – 2010. – № 24. – С. 53–61.

200 Цветов Ю. М. Залізничний транспорт України та Росії: тенденції розвитку та проблеми реформування[Текст] / Ю. М. Цветов, М. В. Макаренко, М. Ю. Цветов, О. В. Левченко та ін. – Київ: ДЕТУТ, 2008. – 277 с.

201 Цегура В. И. Решение квадратичной задачи о назначениях при выборе оптимальной специализации путей сортировочного парка [Текст] / В. И. Цегура, Е. В. Нагорный, В. И. Крячко // Вопросы проектирования и технология транспортных узлов: межвуз. сб. науч. тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. – Вып. 674. – Москва, 1980. – С. 49–51.

202 Циркунов, Г. А. Совершенствование технологии грузовых станций в условиях взаимодействия с другими видами транспорта [Текст] / Г. А. Циркунов и др. // Методы интенсификации процессов грузовой и коммерческой работы железных дорог: межвуз. сб. науч. тр. Моск. инст. инж. ж.-д. трансп. – Москва, 1988. – Вып. 791. – С. 93–99.

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

204 Шабалин Н. Н. Устройство и организация работы железнодорожных станций [Текст] / Н. Н. Шабалин, А. М. Фефелов. – Москва: Транспорт, 1977. – 243 с.

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

206 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.

207 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.

208 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.

209 Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества [Текст] / Р. Шторм. – Москва: Мир, 1970. – 368 с.

210 Ющенко Н. Р. Выбор оптимального варианта организации маневровой работы грузовых станций на основе методов линейного программирования [Текст] / Н. Р. Ющенко, М. М. Бакалов // Вопросы эксплуатации железных дорог: тр. Днепропетр. инст. инж. ж.-д. трансп. – Днепропетровск: ДИИТ, 1966. – Вып. 61. – С. 97–159.

211 Яневич В. З. Використання методу статистичного моделювання для розрахунку вихідних даних при аналізі роботи станцій і під'їзних колій підприємств [Текст] / В. З. Яневич, С. М. Церковний // Транспортні

системи та технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – Вип. 1. – С. 106–109.

212 Яневич В. З. «Організація та технологія вантажних робіт»: методичні вказівки до виконання курсового проекту [Текст] / В. З. Яневич, І. Л. Журавель, А. М. Огороков // – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2006. – 44 с.

213 Ярошевич В. П. Закономерности и параметры колебаний грузовой работы станций [Текст] / В кн.: Совершенствование эксплуатационной работы железнодорожных станций и участков: тр. Белорус. инст. инж. ж.-д. трансп. – Гомель, 1973. – Вып. 125. – С. 10–29.

214 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.

215 Belošević, I. Conditions for simultaneous formation of multigroup freight trains [Text] / I. Belošević, M. Ivić, M. Kosijer // *Gradevinar*. – 2012. – Vol. 7, Issue 64. – P. 553–563.

216 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.

217 Forkenbrock D. J. Comparison of external costs of rail and truck freight transportation [Text] / D. J. Forkenbrock // *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*. – 2001. – Vol. 35, Issue 4. – P. 321–337. doi: 10.1016/s0965-8564(99)00061-0 .

218 Kenkel P. An Economic Analysis Of Uit-Train Facility Investment [Electronic resource] / P. Kenkel, S. Henneberry, H. N. Agustini // Sel. Paper prepared for presentation at the Southern Agr. Economics Assoc. Annu. Meet. (14.02–18.02.2004). – Tulsa, 2004. – Available at: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/34748/1/sp04ke02.pdf> – Загол. з екрану.

219 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.

220 Rassõlkin A. Calculation of the Traction Effort of Switching Locomotive [Text] / A. Rassõlkin, H. Hõimoja // 11th International Symposium «Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering» (Tallinn University of Technology). - Tallinn, 2012. - P. 61–65.

Додаток А

Акти про впровадження результатів роботи



**У К Р З А Л І З Н И Ц Я
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ПРИДНІПРОВСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»**

Служба перевезень

А К Т

м. Дніпропетровськ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Головний інженер служби перевезень
ДП «Придніпровська залізниця»

Баркалов І. В.

16 вересня 2015 р.



впровадження результатів дисертаційної роботи на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук старшим викладачем кафедри «Управління експлуатаційною роботою» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ)

Журавель Ірини Леонідівни

на тему «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ
ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ»

Службою перевезень ДП «Придніпровська залізниця» розглянуто методи та моделі, які розроблені в дисертаційній роботі старшого викладача кафедри «Управління експлуатаційною роботою» ДНУЗТ Журавель І. Л.

У роботі:

- виконано аналіз проблем функціонування вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту України;
- удосконалено метод оцінки відповідності ємності колійного розвитку вантажних станцій вагонопотоків, які на них переробляються, шляхом використання імовірнісних методів, що на відміну від існуючих підходів, дозволяє оцінювати використання колійного розвитку з урахуванням нерівномірності перевезень;
- отримано комплексні залежності кількості колій, їх довжини та колійної ємності вантажних станцій від характеристик вагонопотоків, які на них переробляються, що дозволяє врахувати зміни в структурі вагонного парку;

- розроблено пропозиції щодо удосконалення колійного розвитку існуючих вантажних станцій ДП «Придніпровська залізниця» з метою підвищення ефективності їх експлуатації.

Розроблені методи та моделі дозволяють адекватно оцінювати роботу вантажних станцій і визначати раціональні параметри їх колійного розвитку.

Результати дисертаційної роботи Журавель Ірини Леонідівни прийнято до впровадження на вантажних станціях ДП «Придніпровська залізниця» з метою підвищення ефективності їх функціонування.

Начальник технічного відділу

Начальник відділу технології перевезень

Інженер служби



П. І. Стехін



О.А. Шабанов



В.О. Тітяпова



**У К Р З А Л І З Н И Ц Я
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ПРИДНІПРОВСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»**

Служба комерційної роботи та маркетингу

пр. Карла Маркса, 108, м. Дніпропетровськ, 49600, тел. (0562) 33-06-10; тел./факс 33-03-82
E-mail: r.skitenko@dp.uz.gov.ua

15.09.2015 № МТН-12/189

На № _____ від _____

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук старшим викладачем кафедри «Управління експлуатаційною роботою» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ)

Журавель Ірини Леонідівни

на тему «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ
ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ»

Службою комерційної роботи та маркетингу ДП «Придніпровська залізниця» розглянуто методи та моделі, які розроблені в дисертаційній роботі старшого викладача кафедри «Управління експлуатаційною роботою» ДНУЗТ Журавель І. Л.

У роботі:

- виконано аналіз проблем функціонування вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту України;
- удосконалено метод оцінки відповідності ємності колійного розвитку вантажних станцій вагонопотокам, які на них переробляються, шляхом використання імовірнісних методів, що на відміну від існуючих підходів, дозволяє оцінювати використання колійного розвитку з урахуванням нерівномірності перевезень;
- розроблено пропозиції щодо удосконалення колійного розвитку існуючих вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту, в т. ч. ДП «Придніпровська залізниця» з метою підвищення ефективності їх експлуатації.

Розроблені методи та моделі дозволяють адекватно оцінювати роботу вантажних станцій і визначати раціональні параметри їх колійного розвитку.

Результати дисертаційної роботи Журавель Ірини Леонідівни прийнято до впровадження на вантажних станціях ДП «Придніпровська залізниця» з метою прискорення просування вагонопотоків і підвищення ефективності функціонування вантажних станцій.

Начальник служби комерційної роботи
та маркетингу ДП «Придніпровська залізниця»

К.А. Гуня

Головний інженер служби комерційної роботи
та маркетингу ДП «Придніпровська залізниця»

Д. П. Табаков



Затверджую:

Директор ТОВ «Металургійний завод

«Дніпросталь»

Осмаков Б.О.

* «МЕТАЛУРГІЙНИЙ

ЗАВОД

«ДНІПРОСТАЛЬ»

33718431

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

* «ДНІПРОСТАЛЬ»

Дніпропетровська

область

2008 р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи Журавель І. Л., старшого викладача кафедри «Управління експлуатаційною роботою» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ)

В 2008 р. на замовлення ТОВ «МЗ «Дніпросталь» була виконана науково-дослідна робота «Розробка і аналіз варіантів будівництва зовнішньої під'їзної залізничної колії подачі металевих брухту ТОВ «МЗ «Дніпросталь» (договір №55/0408 від 16 квітня 2008 р., державний реєстраційний номер 0108U008053).

Під час виконання науково-дослідної роботи в якості відповідального виконавця брала участь старший викладач кафедри «Управління експлуатаційною роботою» ДНУЗТа Журавель Ірина Леонідівна, яка розробила методику обґрунтування необхідної ємності сортувальних колій станції «Сортувальна-ІІ» і дослідила вплив ємності колій на ефективність роботи станції.

Впровадження результатів дисертаційної роботи під час вибору ємності колій станції «Сортувальна-ІІ» дозволяє зменшити експлуатаційні витрати, які пов'язані з процесом розформування-формування передаточних поїздів.

Координатор проекту



О.О. Сегеда

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук старшим викладачем кафедри «Управління експлуатаційною роботою» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ)

Журавель Ірини Леонідівни

на тему «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ»

ТОВ з П «Трансінвестсервіс» розглянуто методи та моделі, які розроблені в дисертаційній роботі старшого викладача кафедри «Управління експлуатаційною роботою» ДНУЗТ Журавель І. Л.

У роботі:

- удосконалено метод оцінки відповідності ємності колійного розвитку вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту України вагонопотокам, які на них переробляються, шляхом використання імовірнісних методів, що на відміну від існуючих підходів, дозволяє оцінювати використання колійного розвитку з урахуванням нерівномірності перевезень;

- удосконалено метод нормування тривалості маневрових пересувань шляхом врахування обмежень швидкості руху на окремих елементах маршруту слідування состава, що, на відміну від існуючих, дозволяє оцінювати вплив умов виконання маневрів і стану колії на тривалість маневрових пересувань;

- удосконалено модель функціонування вантажної станції за рахунок формалізації об'єктів сумісно з їх поведінкою, яка, на відміну від існуючих, дозволяє описувати функціонування окремих об'єктів незалежно від роботи інших елементів вантажних станцій та створювати на їх основі бібліотеки типових елементів технологічних процесів.

Розроблені методи та моделі дозволяють адекватно оцінювати роботу вантажних станцій і визначати раціональні параметри їх колійного розвитку.

Результати дисертаційної роботи Журавель Ірини Леонідівни прийняті до впровадження на станціях ТОВ з П «Трансінвестсервіс» з метою зменшення тривалості знаходження вагонів і підвищення ефективності функціонування ТОВ з П «Трансінвестсервіс» в цілому.

Заступник генерального
директора ТОВ з П «Трансінвестсервіс»

«2» 06 2015 р.



/А.І. Верлан/

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна



С. В. Мямлін

11 червня 2015 р.

АКТ

про використання результатів дисертації Журавель Ірини Леонідівни
«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ
ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ»

м. Дніпропетровськ

11 червня 2015 р.

Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна виконано наступні науково-дослідні роботи, в яких використано результати дисертації Журавель І. Л. «Підвищення ефективності роботи вантажних станцій за рахунок удосконалення їх колійного розвитку»:

- «Розробка і аналіз варіантів будівництва зовнішньої під'їзної залізничної колії подачі металевих брухту ТОВ «МЗ «Дніпроспецсталь»» (№ держреєстрації 0108U008053);
- «Удосконалення методів оцінки та підвищення функціональної безпеки в експлуатаційній роботі на залізницях» (№ держреєстрації 0112U003560);
- «Аналіз відповідності технічного оснащення залізничного транспорту ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» існуючим та перспективним обсягам роботи» (№ держреєстрації 0111U009657);
- «Удосконалення методики оперативного управління сортувальним процесом на станціях» (№ держреєстрації 0108U000642);
- «Розробка технологічного процесу Одеської залізниці» (№ держреєстрації 0108U010418);
- «Розробка вимог до інфраструктури залізничного транспорту та удосконалення методів її експлуатації в умовах розділення парку вантажних вагонів» (№ держреєстрації 0114U002544);
- «Формування підходів щодо покращення використання вантажних вагонів та оперативного управління просуванням вагонопотоків в міжнародних перевезеннях» (№ держреєстрації 0115U002423)

Начальник НДЧ
Д. Т. Н., професор

 Д. М. Козаченко

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор Дніпропетровського
національного університету залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

Б. Є. Боднар

березня 2015 р.

АКТ

про використання результатів дисертації Журавель Ірини Леонідівни
«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ
ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ»

м. Дніпропетровськ

«18» березня 2015 р.

Цей акт складений про те, що в навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна під час підготовки спеціалістів і магістрів за спеціальністю 7(8).07010102 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» використовуються наукові та практичні результати, які отримані в дисертації Журавель І. Л., а саме:

1. Теоретичні результати дисертації використовуються під час викладання дисциплін «Станції та вузли», «Вантажні перевезення» та «Управління експлуатаційною роботою».

2. Результати дисертації використовуються під час виконання дипломних проектів і дипломних магістерських робіт студентів спеціальності 7(8).07010102 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті».

декан факультету УПП

к. т. н., доцент

Р. В. Вернигора

завідувач кафедри

«Станції та вузли», д. т. н., професор

В. І. Бобровський

завідувач кафедри

«Управління експлуатаційною роботою»

к. т. н., доцент

М. І. Березовий

Додаток Б

Принципові схеми вантажних станцій

Б.1 Принципові схеми вантажних станцій

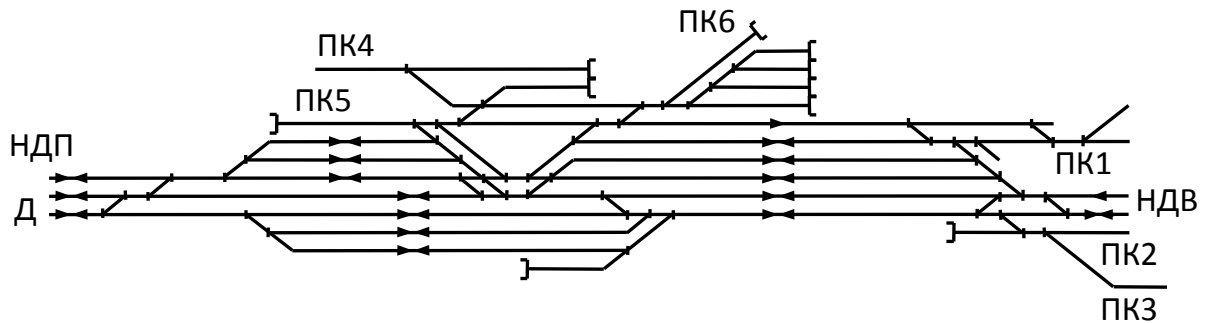


Рисунок Б.1 – Принципова схема ВС НД, яка обслуговує прилеглі ПК



Рисунок Б.2 – Принципова схема ПВС П

Б.2 Порядок визначення кількості колій в сортувальному парку вантажної станції

Згідно з [154] оптимальна кількість колій СП для формування подач на ВС з механізованою СГ при розмірі добового вагонообігу на ВС $n_{\text{под}}$, кількості вагонів в передачі $m_{\text{п}}$, кількості вагонів в подачі $m_{\text{под}}$, кількості призначень в передачі $c_{\text{п}}$, кількості призначень в подачі $c_{\text{под}}$, довжині вагону $l_{\text{в}}$, м, нормативному коефіцієнті ефективності капітальних вкладень $E_{\text{н}}$, річних витратах на утримання 1 км колії $p_{\text{п}}$ та 1 стрілочного перевodu $p_{\text{сп}}$, а також вартості вагоно-години простою вагона на станції $e_{\text{в-год}}$ і вартості локомотиво-години роботи маневрового локомотива $e_{\text{л-год}}$ визначається за формулою:

$$m_c^M = 1 + \sqrt{\frac{\frac{\sum X_i b(e_{л-год} + e_{ваг-год} m_{под}) (m_{под} + m_{п})}{60} \times \left(1 + \frac{m_{под} (c_{под} - 1)^3}{(m_{под} - 1) c_{под}^2} \right) - \frac{N_{п} (e_{л-год} + e_{ваг-год} m_{п}) l_{в} (m_{п} - 1)}{2000 [4,49(c_{пер} - 1) + 0,52(m_{п} - 1)]}}{\frac{1}{365} \left[E_{н} \left(\frac{n_{доб} l_{в} c_{п}}{2000 \sum X_i} + 2c_{стр} + f_2 \right) + \left(\varphi_2 + 2p_{стр} + \frac{p_{п} n_{доб} l_{в}}{2000 \sum X_i} \right) \right] + \frac{2a \sum X_i (e_{л-год} + e_{ваг-год} m_{под})}{60} \left(1 - \frac{m_{под} (c_{под} - 1)^2}{(m_{под} - 1) c_{под}^2} \right)}}}, \quad (Б.1)$$

де – φ_2 , f_2 – параметри відповідно до [154].

Згідно з [154] оптимальна кількість колій СП для формування подач на ВС з немеханізованою СГ визначається за формулою:

$$m_c^H = 1 + \sqrt{\frac{\frac{\sum X_i b(e_{л-год} + e_{ваг-год} m_{под}) (m_{под} + m_{п})}{60} \times \left(1 + \frac{m_{под} (c_{под} - 1)^3}{(m_{под} - 1) c_{под}^2} \right) - \frac{N_{п} (e_{л-год} + e_{ваг-год} m_{п}) l_{в} (m_{п} - 1)}{2000 [2,905(c_{пер} - 1) + 0,535(m_{пер} - 1)]}}{\frac{1}{365} \left[E_{н} \left(\frac{n_{доб} l_{в} c_{п}}{2000 \sum X_i} + 2c_{стр} + f_2 \right) + \left(\varphi_2 + 2p_{стр} + \frac{p_{п} n_{доб} l_{в}}{2000 \sum X_i} \right) \right] + \frac{2a \sum X_i (e_{л-год} + e_{ваг-год} m_{под})}{60} \left(1 - \frac{m_{под} (c_{под} - 1)^2}{(m_{под} - 1) c_{под}^2} \right)}}}, \quad (Б.2)$$

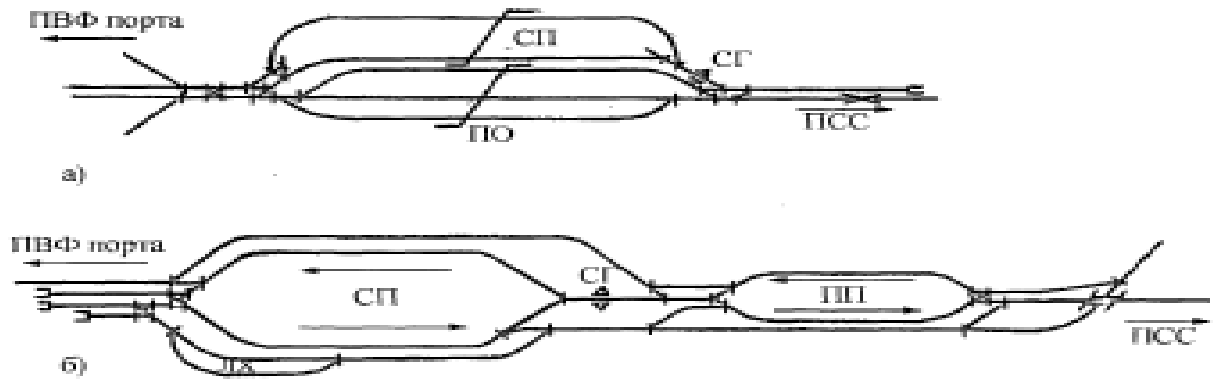
Згідно з [5, 154] кількість колій СП на ВС для кількості призначень c і витратах на будівництво та утримання колії $E_{п}$ визначається за формулою

$$m_c^{вант} = 1 + \sqrt{\frac{365 N_{п} (e_{л-год} + e_{в-год} m_{п}) \left[2A(c - 1) + (c^2 - 1) m_{п} B \right]}{730 N_{п} (e_{л-год} + e_{в-год} m_{п}) (E + D m_{п}) + 2 E_{п}}}, \quad (Б.3)$$

де – A , B , E , D – нормативи часу на виконання маневрової роботи згідно з [182].

Б.3 Принципові схеми портових станцій

На рис. Б.3 прийнято позначення: ПО – приймально-відправний парк, СП – сортувальний парк, ПП – парк приймання, СГ – сортувальна гірка, ЛХ – локомотивне господарство



а) з паралельним розміщенням парків, б) з послідовним розміщенням парків;

Рисунок Б.3 – Принципові схеми портів станцій (за Рибіним П. К.)

Б.4 Розрахунок норми допустимої наявності вагонів на припортовій станції

Розрахунок норми допустимої наявності вагонів на припортовій станції для загальної середньодобової кількості вагонів за родами вантажів $n_{\text{доб}}$ визначається за формулою [157]

$$N_{\text{СТ}} = \frac{\sum n_{\text{доб}} t_{\text{ОП}}^{\text{В}}}{24} + \sum n_{\text{пр}}, \quad (\text{Б.4})$$

де $t_{\text{ОП}}^{\text{В}}$ – норма простою вагонів під однією вантажною операцією, хв.;

$\sum n_{\text{пр}}$ – середньодобове число вагонів, що очікують перевалки за прямим варіантом.

Середньодобова кількість вагонів за родом вантажу, який оброблюється в порту відповідно до норми одноразової обробки суден, визначається за формулою [157]

$$n_{\text{доб}} = \frac{KM_{\text{В}} t_{\text{В}} m n_i}{g}, \quad (\text{Б.5})$$

де K – коефіцієнт, який враховує частку вантажообігу, що пов'язано із залізницею;

$M_{\text{В}}$ – інтенсивність обробки судна, т/судно-год;

$t_{\text{В}}$ – тривалість навантаження-вивантаження вагонів однієї подачі, хв.;

m – кількість подач вагонів на фронт навантаження-вивантаження за добу;

n_i – кількість одночасно оброблюваних суден за даним родом вантажу;

g – статистичне навантаження вагонів для даного роду вантажу, Н.

Нормативна наявність вагонів, яка допускається, з експортними та перевалочними вантажами на передпортовій залізниці або ДН визначається за формулою [157]

$$N_H = N^{\text{СТ}} + N^{\text{ПДХ}}, \quad (\text{Б.6})$$

де $N^{\text{СТ}}$ – кількість навантажених вагонів, які одночасно знаходяться на станції;

$N^{\text{ПДХ}}$ – кількість навантажених вагонів, що знаходяться в русі на підході:

$$N^{\text{ПДХ}} = \sum N'_{\text{ДОБ}} T_{\text{СТ}}, \quad (\text{Б.7})$$

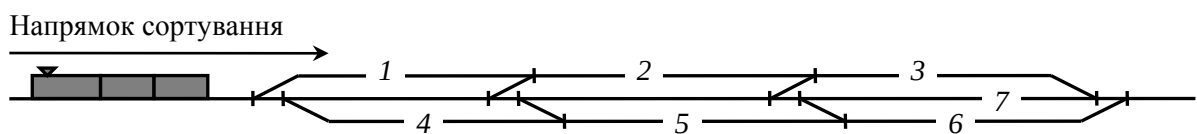
де $\sum N'_{\text{ДОБ}}$ – середньодобова кількість вагонів за даним родом вантажу, які надходять на адресу порту, вагонів/добу;

$T_{\text{СТ}}$ – час проходження вагонами відстані l від пунктів навантаження до припортової станції, діб, з урахуванням простою (год) на дільничних, стикових або сортувальних станціях,

$$T_{\text{СТ}} = \frac{1}{24} \left(\sum \frac{l}{v_{\text{дїл}}} + \sum t_{\text{СТ}} \right), \quad (\text{Б.8})$$

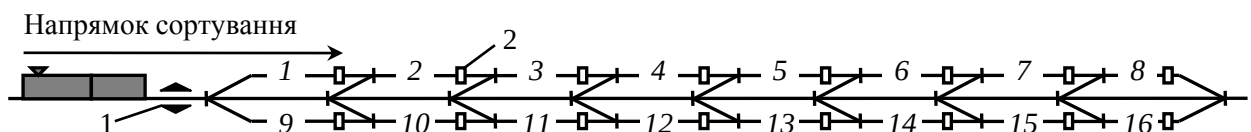
де $v_{\text{дїл}}$ – дільнична швидкість руху поїздів, км/год.

Б.3 Принципові схеми секціонування колій станцій



1-7 – секції СП

Рисунок Б.4 – Принципова схема СП із секціонованими коліями
за В. І. Аксеновим



1-16 – секції СП; 1 – СГ; 2 – «стоппер»

Рисунок Б.5 – Принципова схема СП із секціонованими коліями за С. Рау

Додаток В
Показники роботи вантажних станцій магістрального
залізничного транспорту

В.1 Основні елементи технологічного процесу роботи вантажної станції

Основними елементами технологічного процесу роботи ВС є наступні:

- приймання поїздів на станцію та їх обробка по прибуттю;
- розформування составів прибулих на станцію передавальних поїздів;
- збирання вагонів на СК для подавання на ВП, їх добірка по ВФ, подавання на ВП і розстановка (у разі обслуговування локомотивом залізниці);
- необхідна маневрова робота на ВП відповідно до договорів про подавання/забирання вагонів (зважування, добірка по ВФ, перестановка з одного ВФ на інший тощо);
- збирання вагонів на ВФ і прибирання вагонів з ВП на станцію;
- накопичення составів поїздів по відправленню та його формування згідно з діючими вимогами;
- обробка поїздів по відправленню та їх відправлення зі станції.

У разі обслуговування ВП власним локомотивом відповідна частина елементів виконується саме ним.

Під час організації маршрутизації в технологічному процесі роботи ВС структура елементів, пов'язаних з цим, може змінюватися – зазвичай відсутні розформування та формування составів маршрутних поїздів, тому що передача вагонів на ВП здійснюється або поїзним порядком цілими составами (у разі наявності можливості такої переробки на ВФ ВП), або маневровим порядком частинами составів. В той же час маршрутизація може передбачати згідно з договором накопичення та формування маршрутів на самій ВС, а не на ПК. Підведення порожніх вагонів у значній кількості зазвичай передбачається також

маршрутами. Аналогічно у разі відправлення значної кількості порожніх вагонів з ПК, але у випадку підводу вагонів різних операторів або власників це не завжди може застосовуватися.

Паралельно з технологічним операціям з поїздами виконуються елементи технологічного процесу, які пов'язані з обробкою інформації та документів [157]. До елементів технологічного процесу щодо взаємодії з клієнтурою залізниць відносяться приймання вантажів до перевезення, їх зважування у разі необхідності, зберігання на місцях загального користування, навантаження вантажів до транспортних засобів та вивантаження їх звідти, сортування вантажів у разі необхідності, переробка контейнерів, оформлення перевізних документів на прибулі місцеві вагони та на місцеві вагони по відправленню, інформування вантажовідправників і вантажоодержувачів про підхід, прибуття вантажів і подавання вагонів. В деяких випадках виконується переадресування вантажів за заявою клієнтів, транспортно-експедиційне обслуговування тощо.

Маневрова робота на станціях ПК складає основну частину перевізного процесу, яка включає розформування поїздів з добіркою встановлених груп вагонів, подавання та прибирання вагонів на ВФ, осаджування та з'єднання на СК, відчеплення та причеплення вагонів на проміжних станціях ПК, маневрові пересування під час виконання операцій щодо зважування та дозування вантажів, очищення вагонів, відбору проб для перевірки якості вантажу тощо.

Перелік елементів, виконання яких передбачено на конкретній ВС, визначається різними факторами: наявністю місць загального користування; наявністю та потужністю ПК; схемою колійного розвитку ВС, місць загального користування та ПК; кількістю та місцями примикання ПК до ВС; наявністю на станції пункту підготовки вагонів або дезпромстанції тощо.

В.2 Принципова схема розміщення вантажних станцій на Придніпровській залізниці



Рисунок В.1 – Принципова схема ДН-1, ДН-2 і ДН-3 Придніпровської залізниці з розміщенням ВС на мережі

В.3 Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажних станціях і їх під'їзних коліях по ДН-1 і ДН-2 Придніпровської залізниці

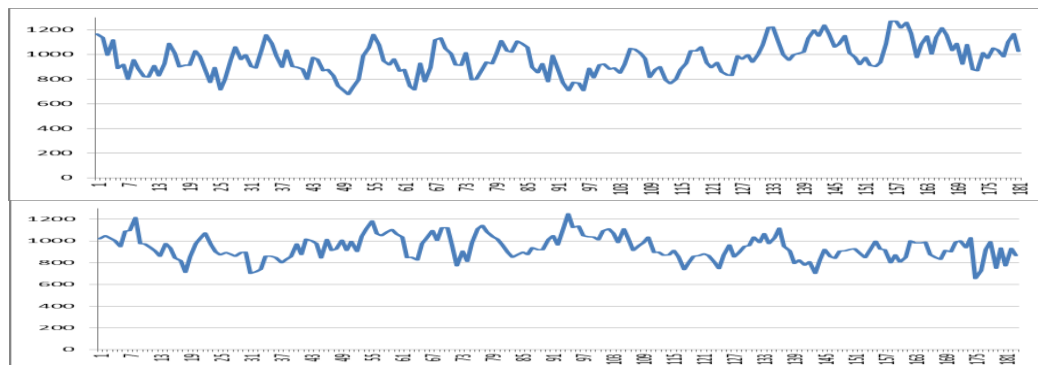


Рисунок В.2 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Баглій і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

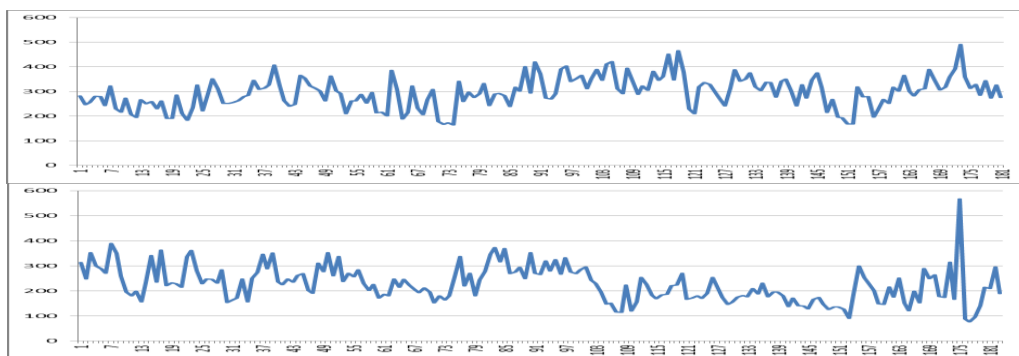


Рисунок В.3 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Вільногірськ і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

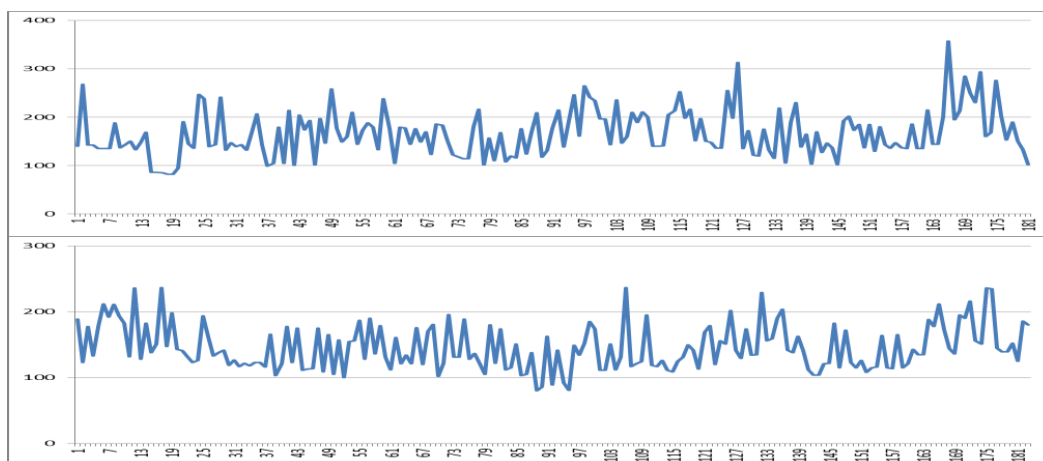


Рисунок В.4 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Верхньодніпровськ і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

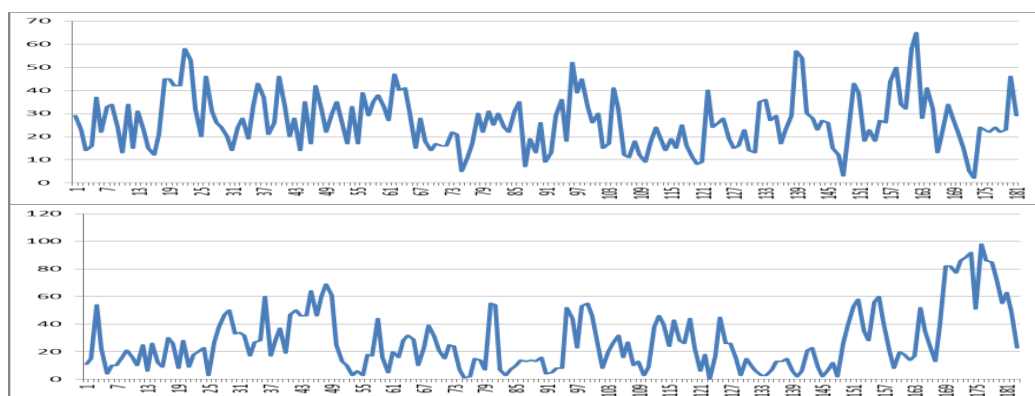


Рисунок В.5 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Губиниха і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

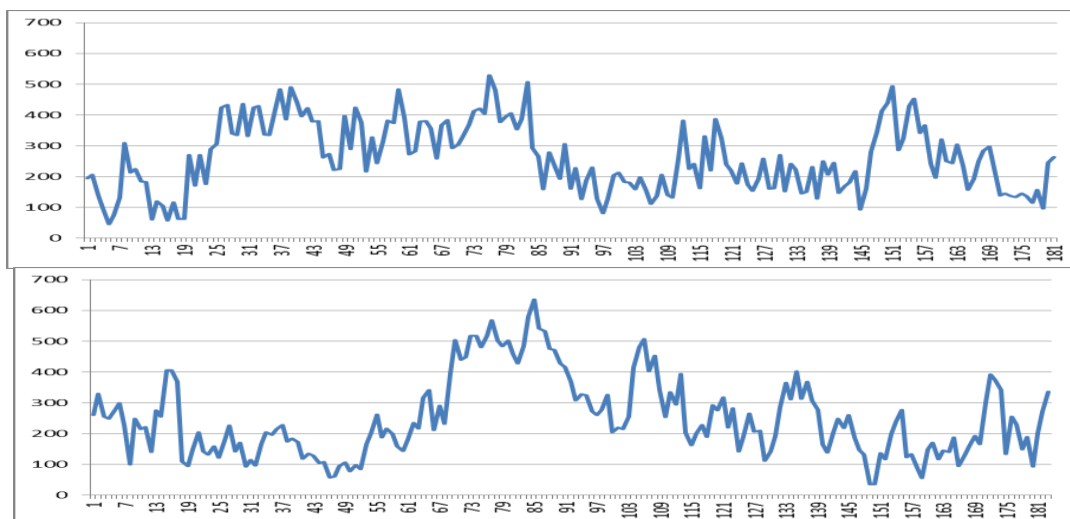


Рисунок В.6 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Ігрень і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

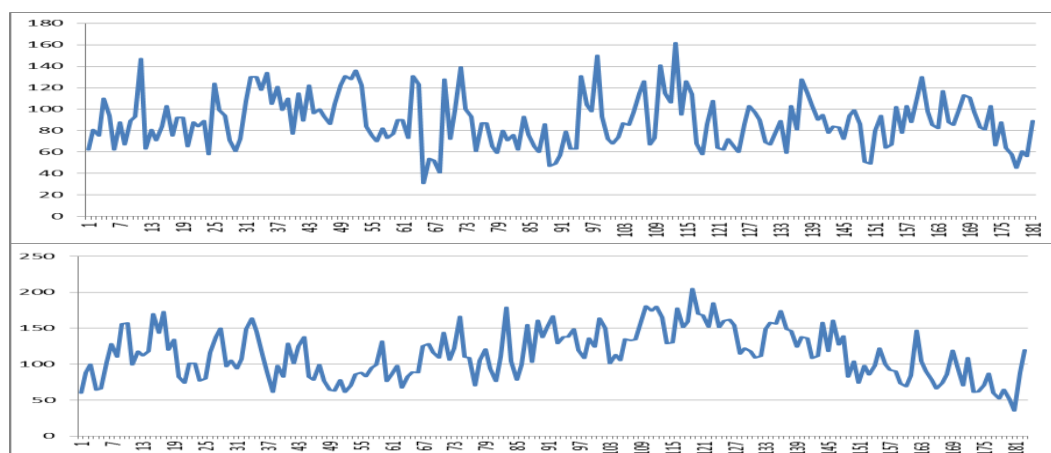


Рисунок В.7 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Дніпропетровськ-Вантажний і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

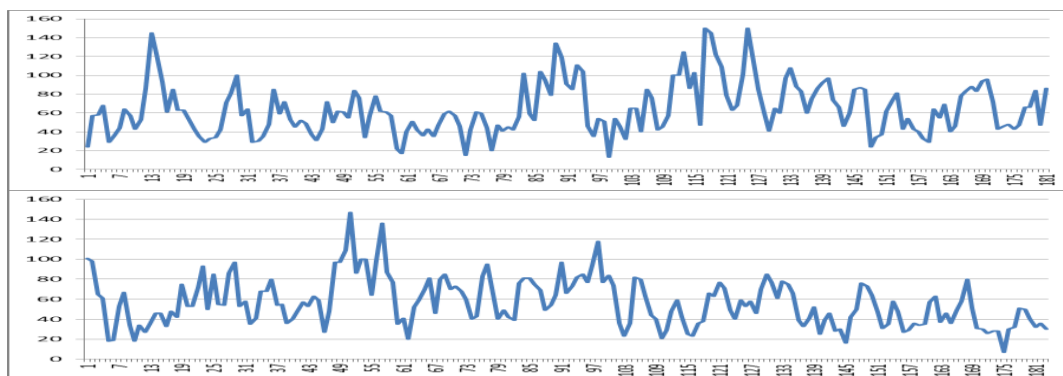


Рисунок В.8 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Нижньодніпровськ-Пристань і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

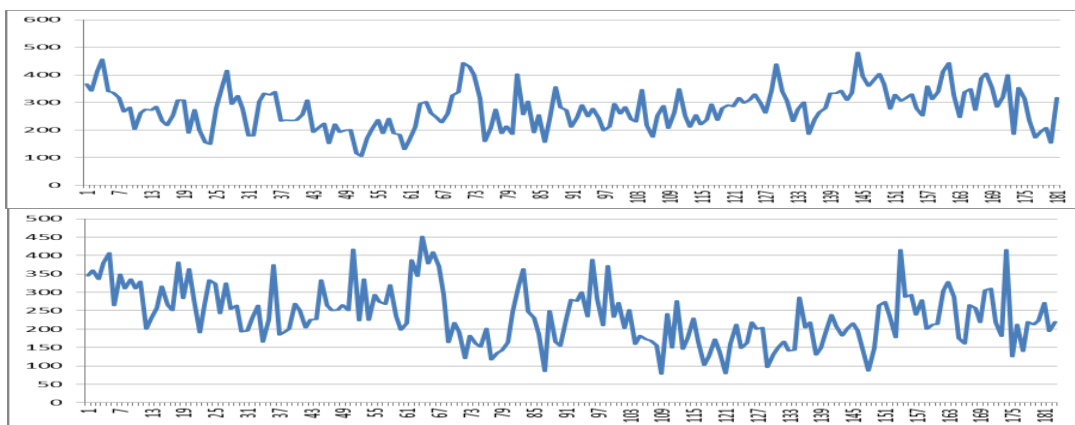


Рисунок В.9 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Миколаївка-Донецька та її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

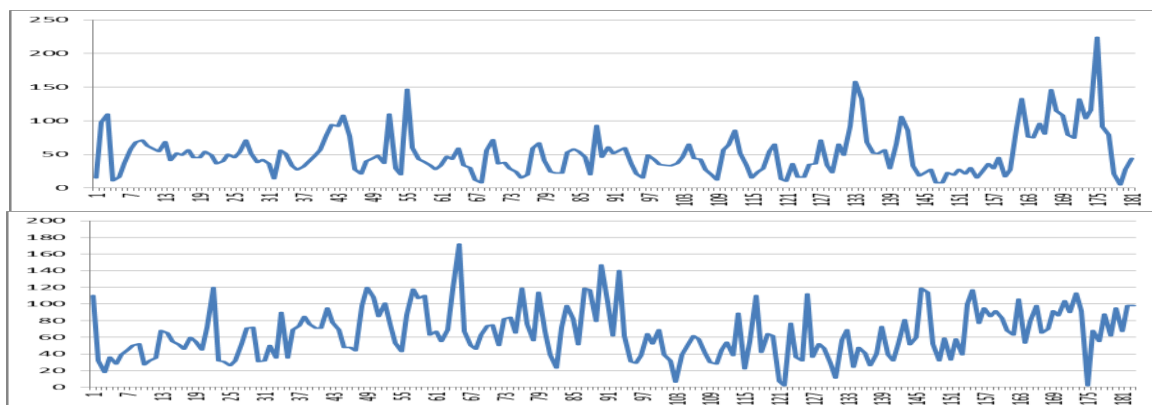


Рисунок В.10 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Балівка і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

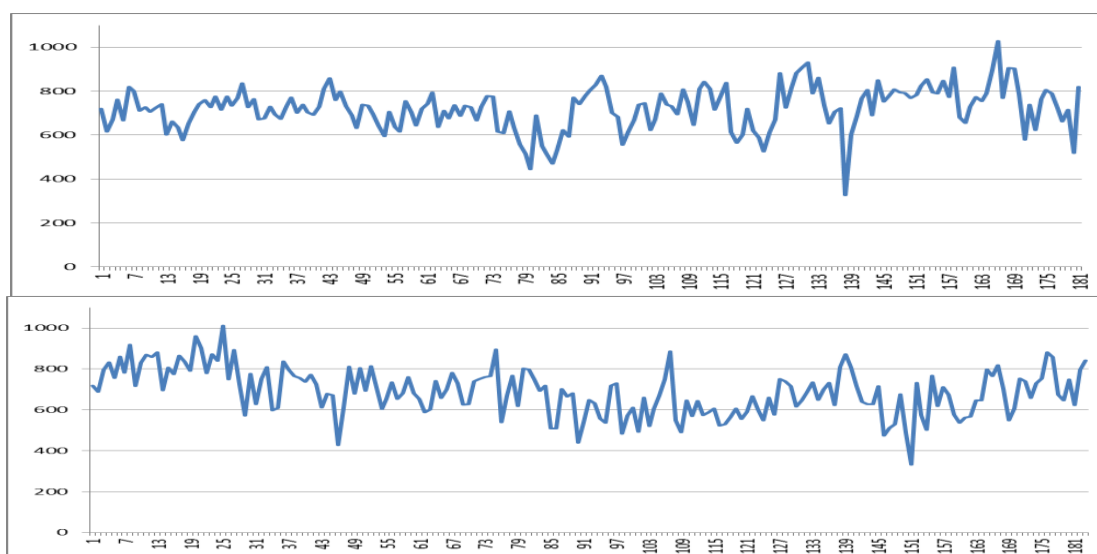


Рисунок В.11– Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Ароматна і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

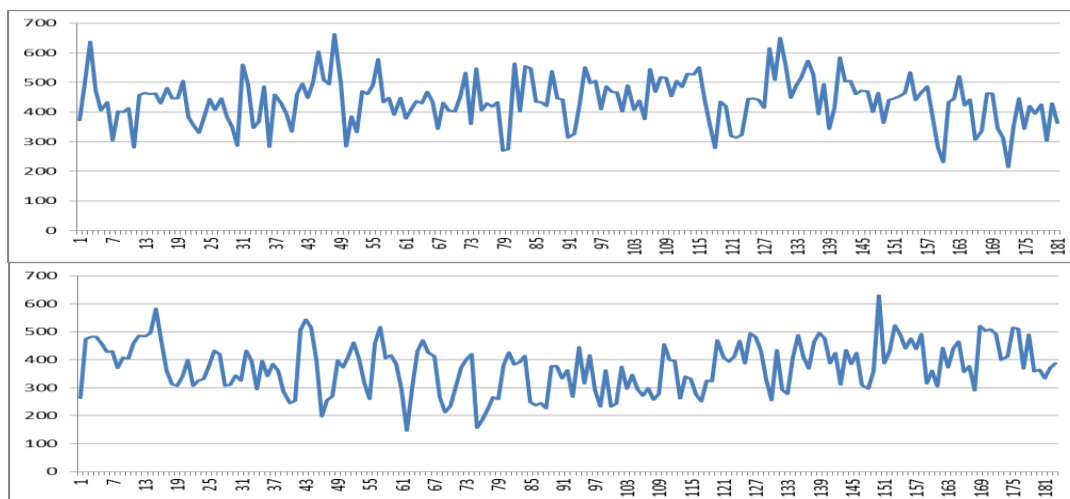


Рисунок В.12 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Богуславський і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

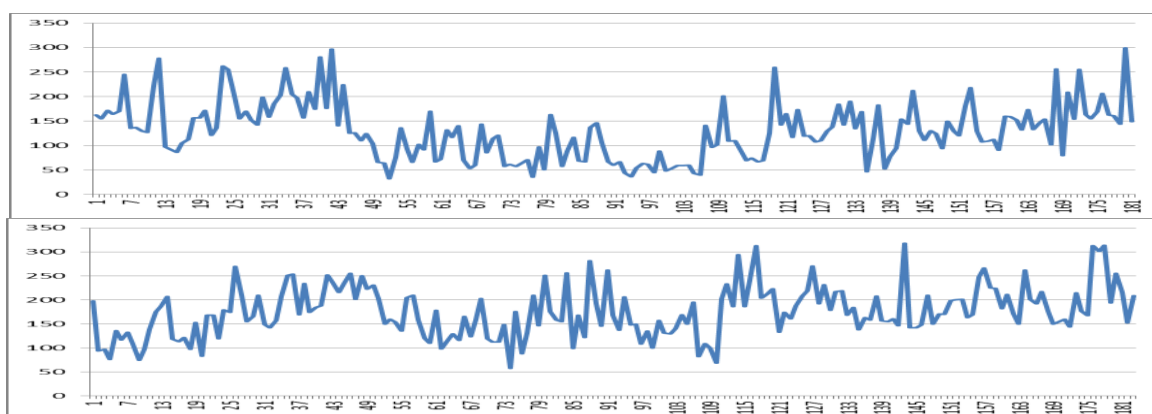


Рисунок В.13 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Самарівка і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

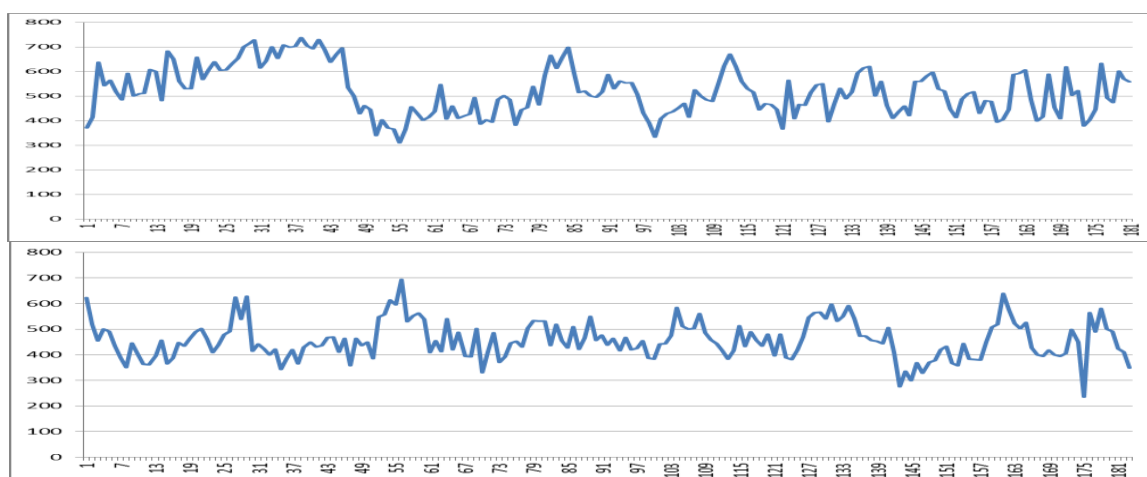


Рисунок В.14 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Горяїнове і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

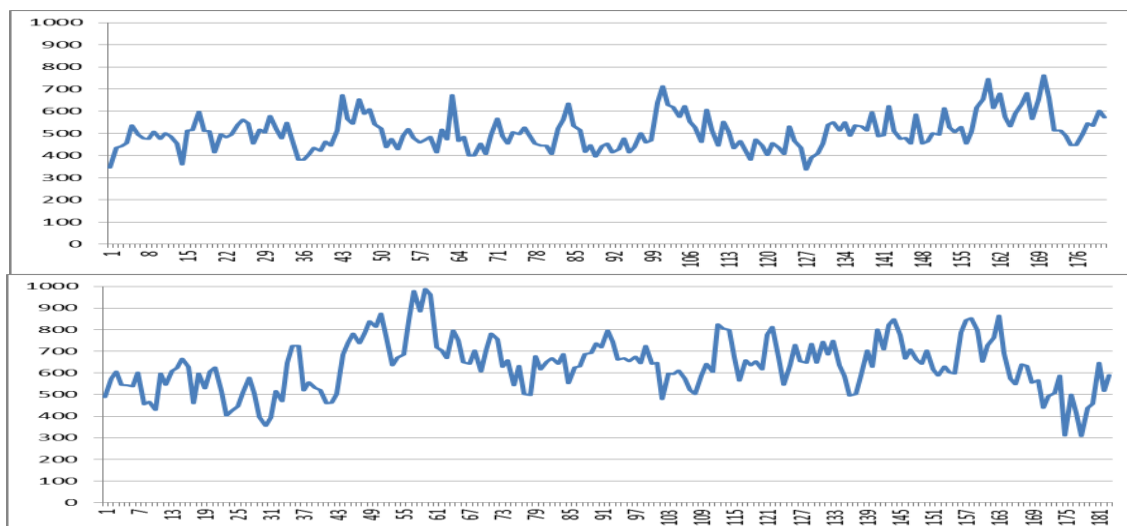


Рисунок В.15 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Правда і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

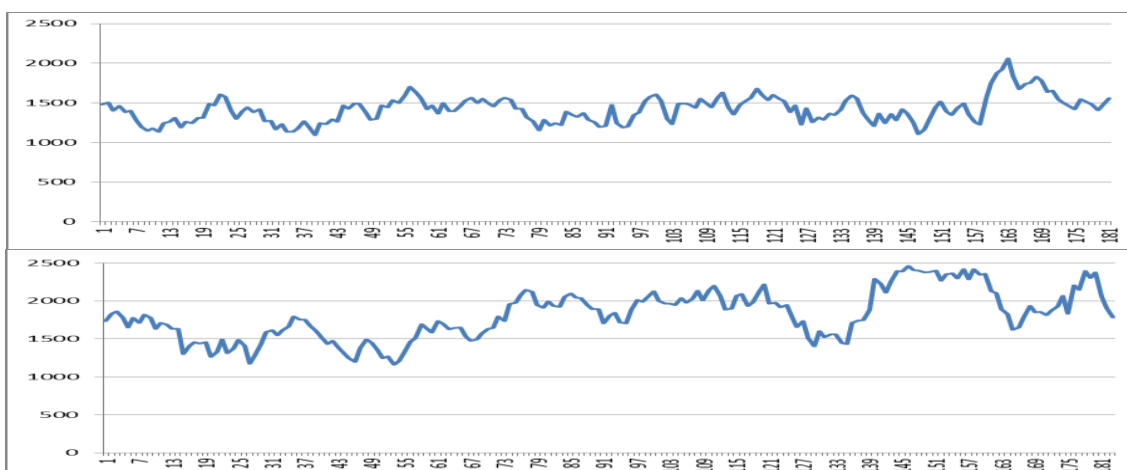


Рисунок В.16 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Дніпродзержинськ і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

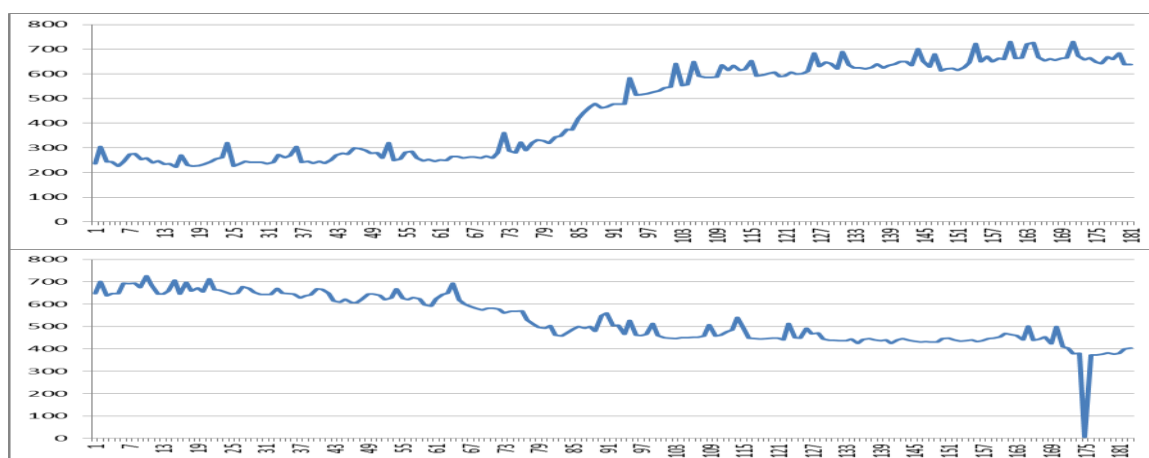


Рисунок В.17 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Обвідна і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

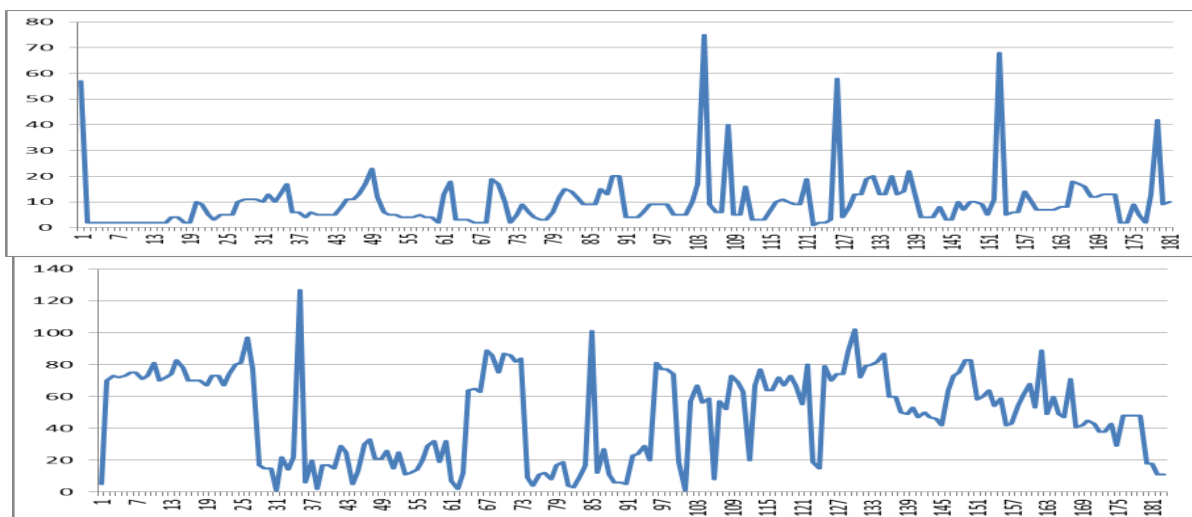


Рисунок В.18 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Зустрічний і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

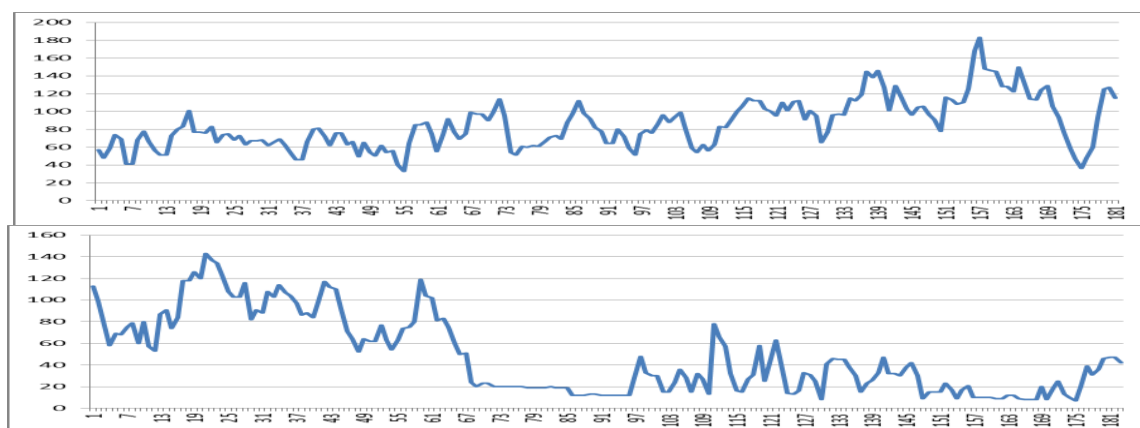


Рисунок В.19 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Тритузна та її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

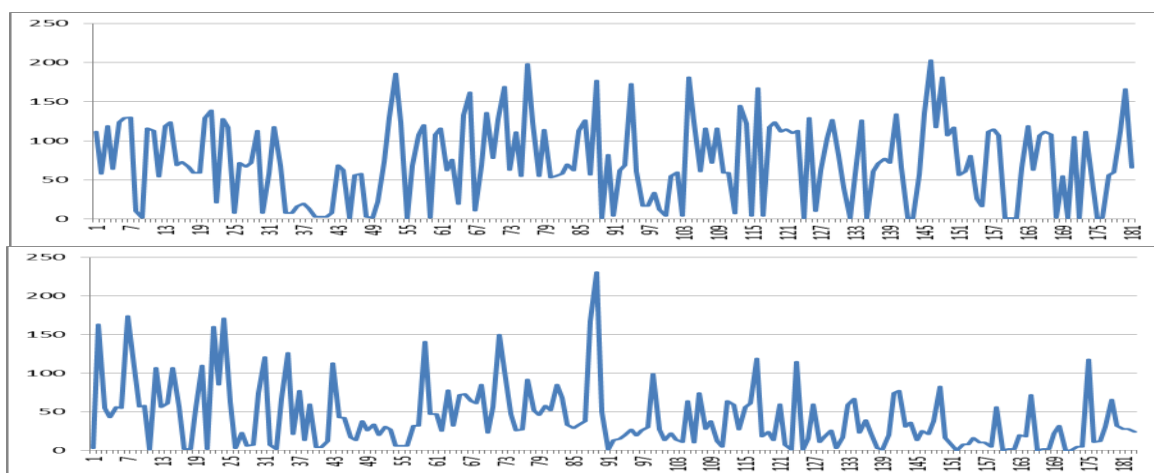


Рисунок В.20 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Улянівка та її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

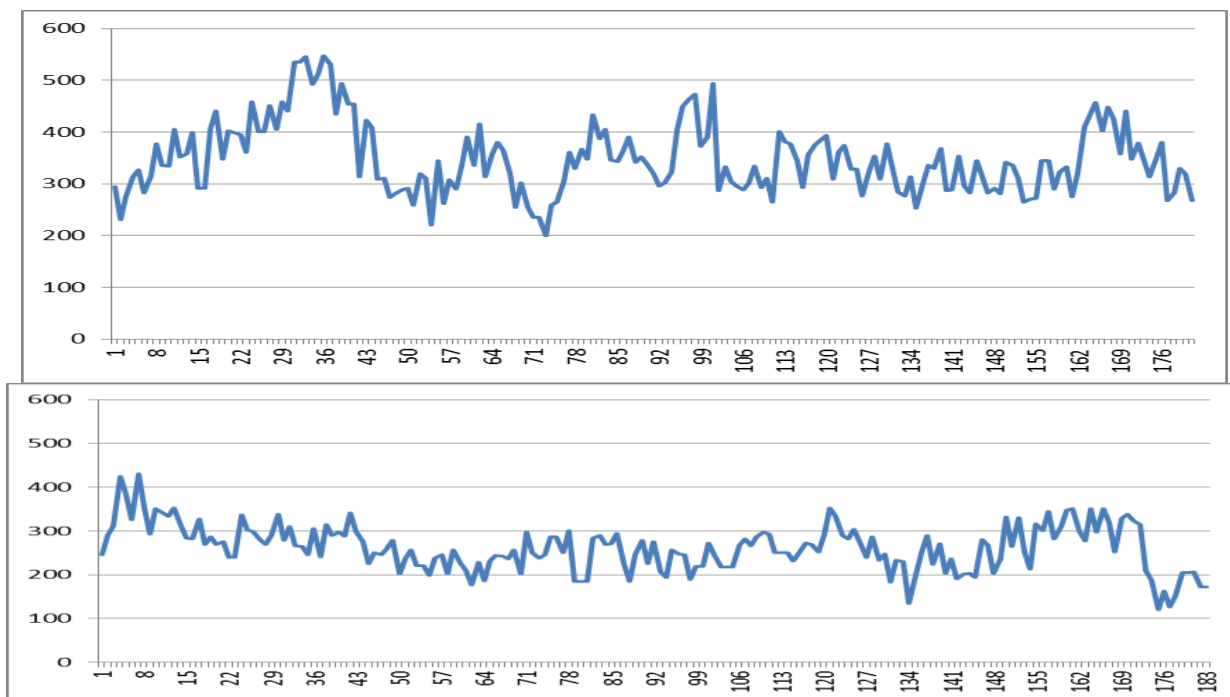


Рисунок В.21 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Жовті Води-2 та її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

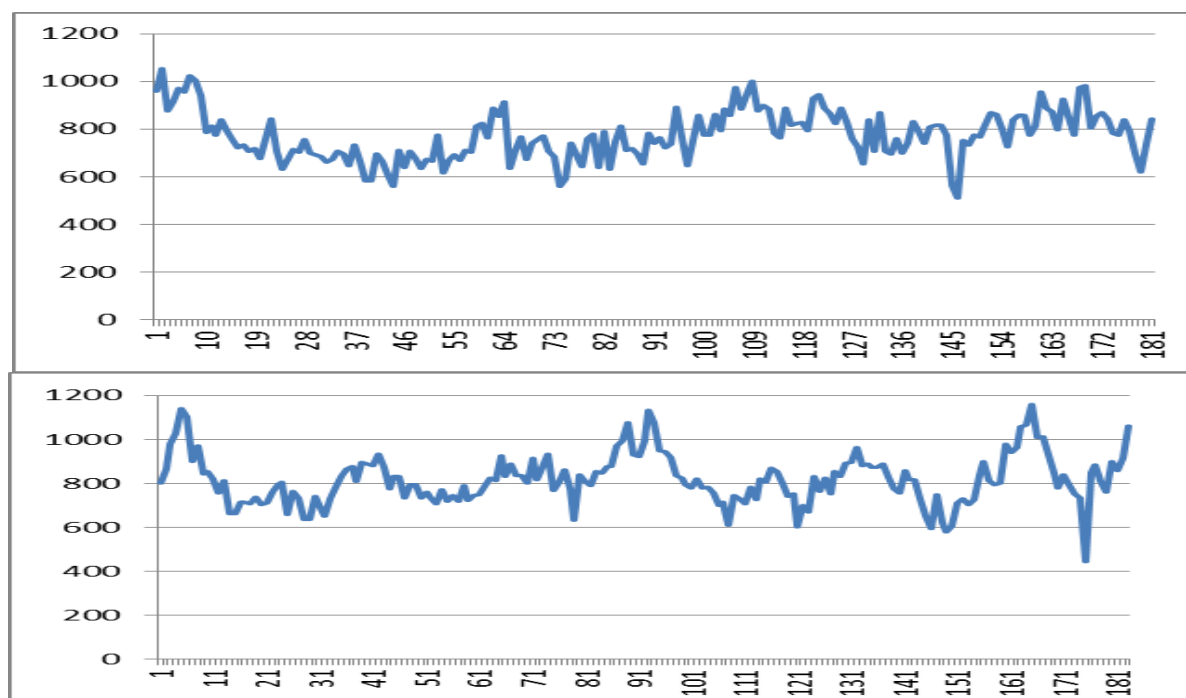


Рисунок В.22 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Батуринська і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

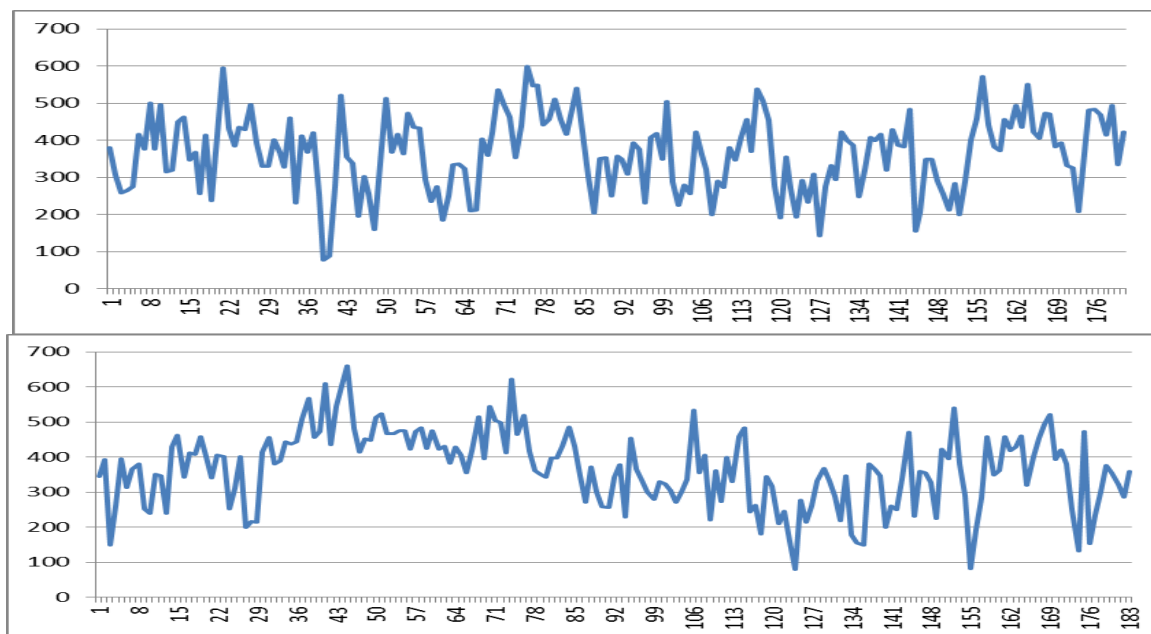


Рисунок В.23 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Рядова та її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

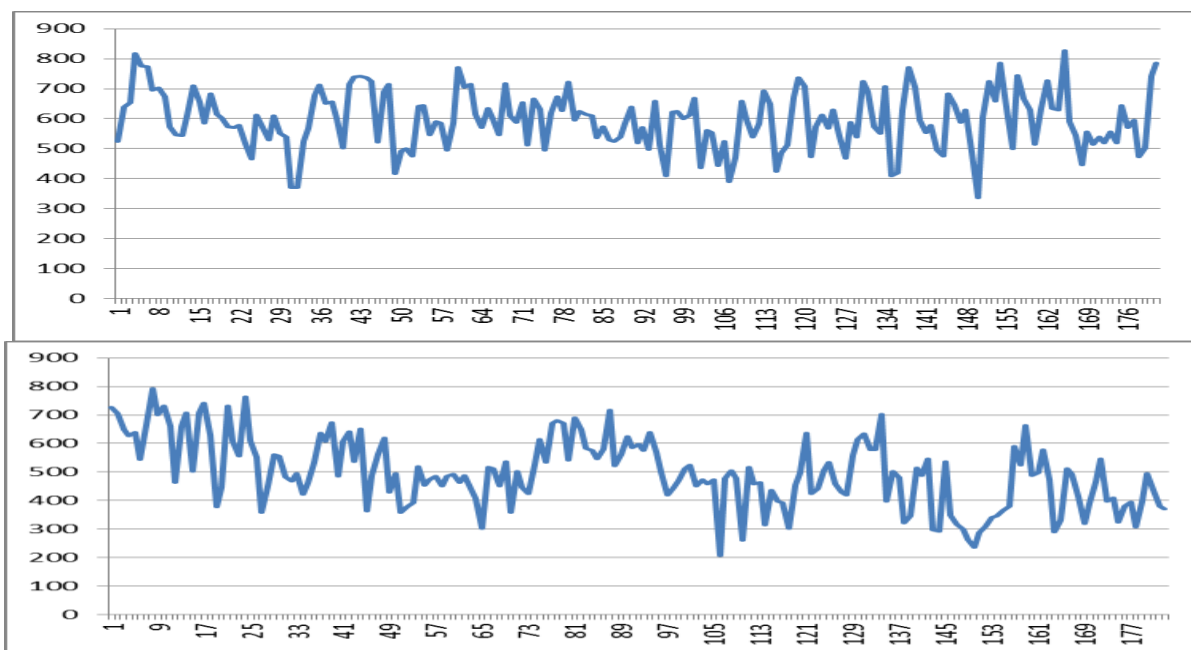


Рисунок В.24 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Терни та її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

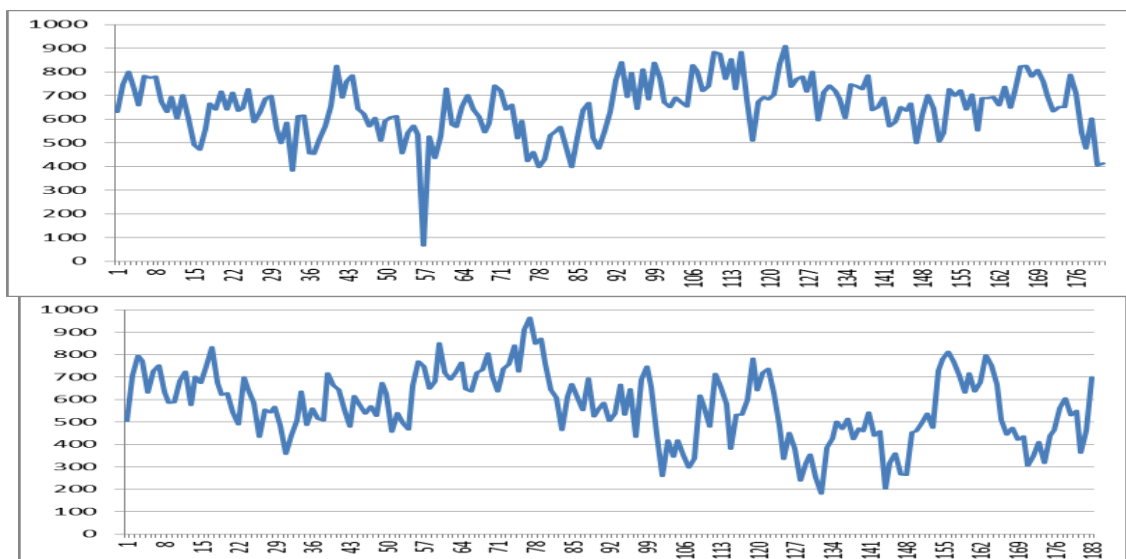


Рисунок В.25 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Грекувата та її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

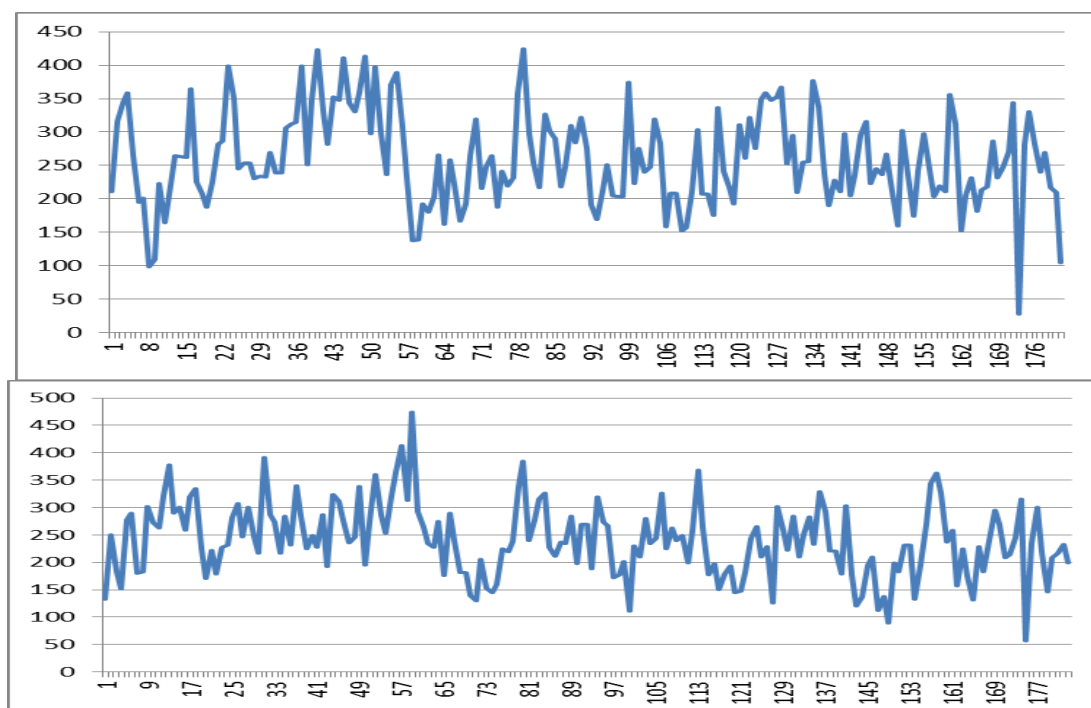


Рисунок В.26 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Шмакове та її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

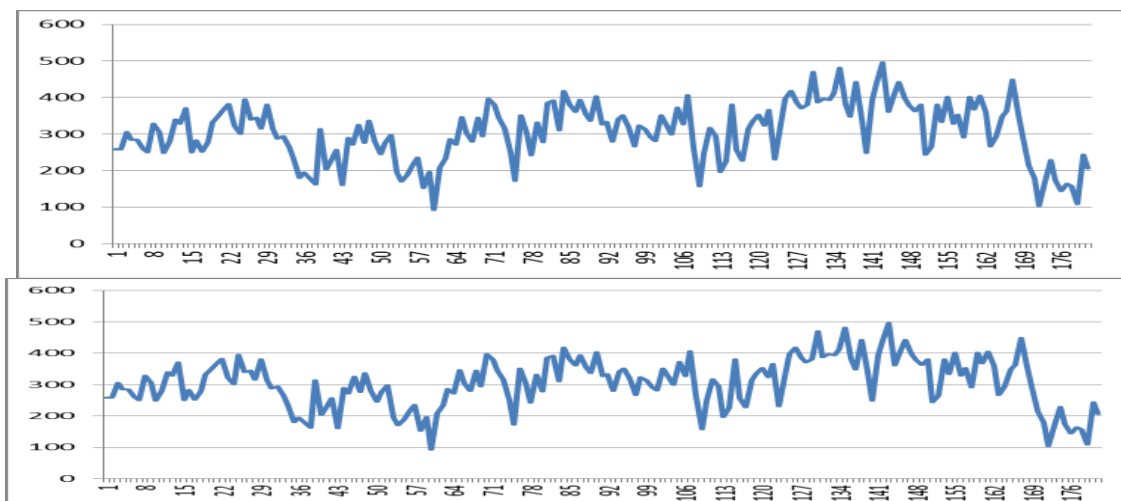


Рисунок В.27 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Вечірній Кут і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

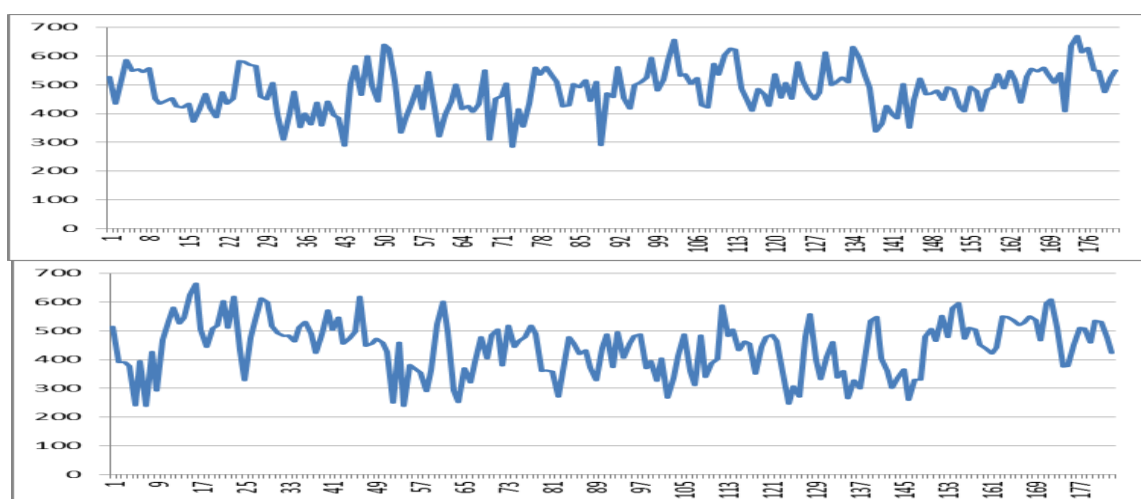


Рисунок В.28 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Рокувата та її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

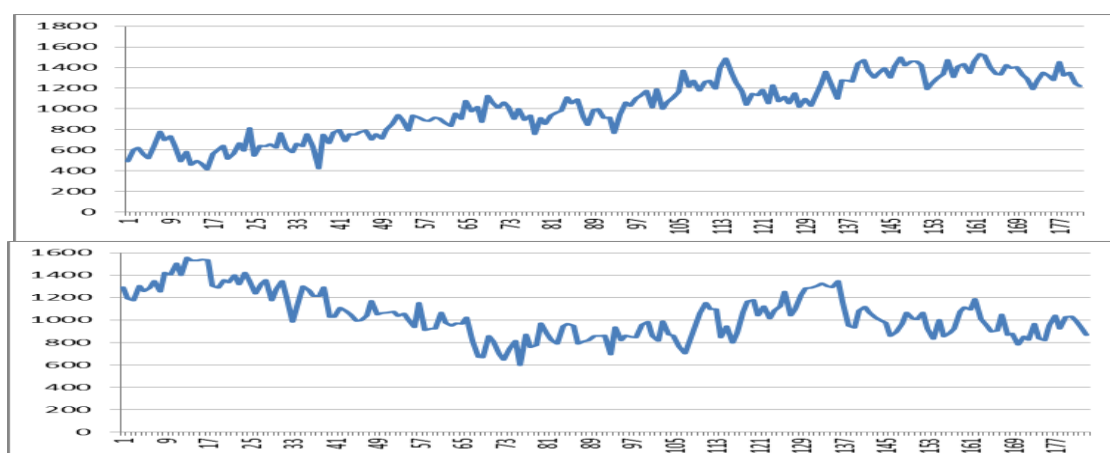


Рисунок В.29 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Нікополь і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

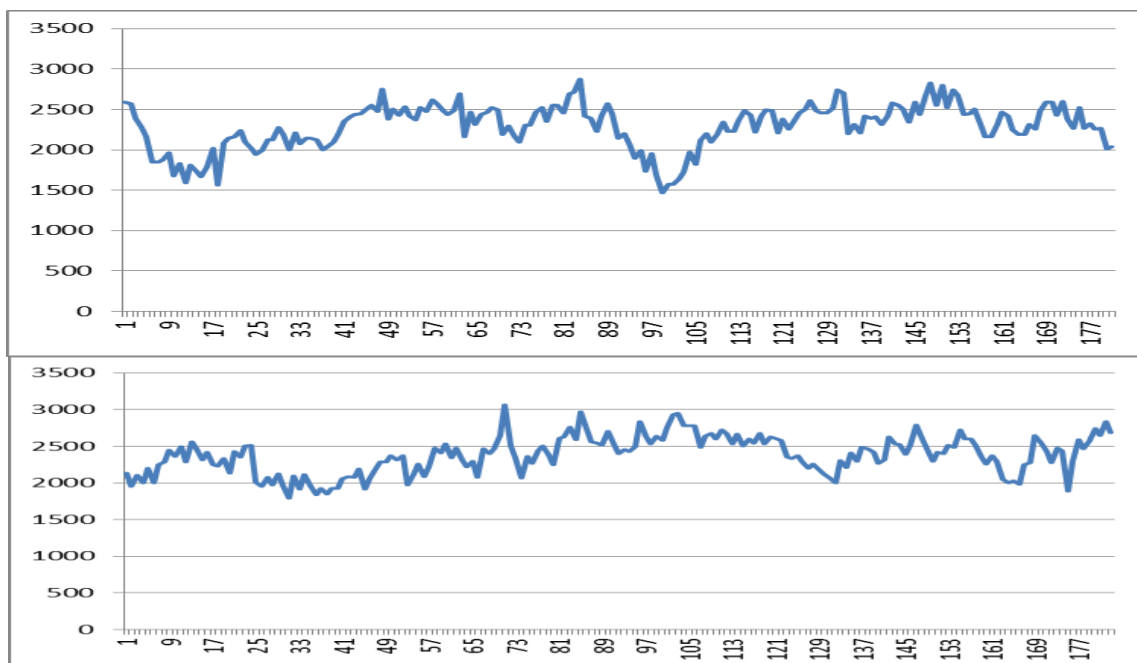


Рисунок В.30 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Кривий Ріг–Головний і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

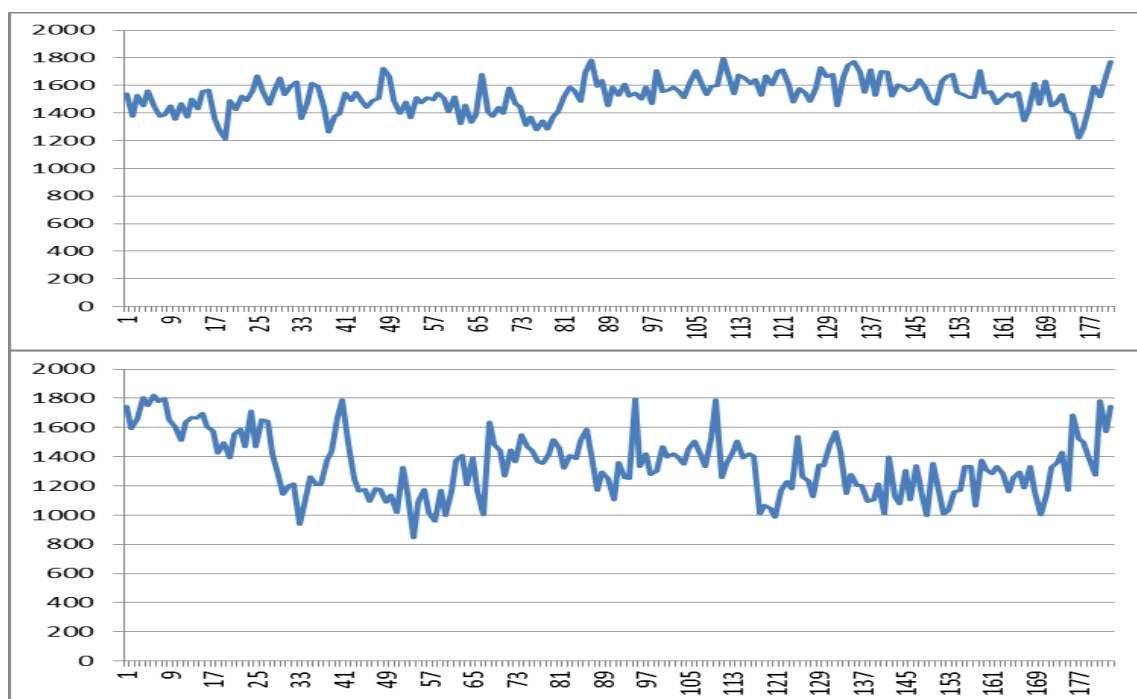


Рисунок В.31 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Кривий Ріг і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

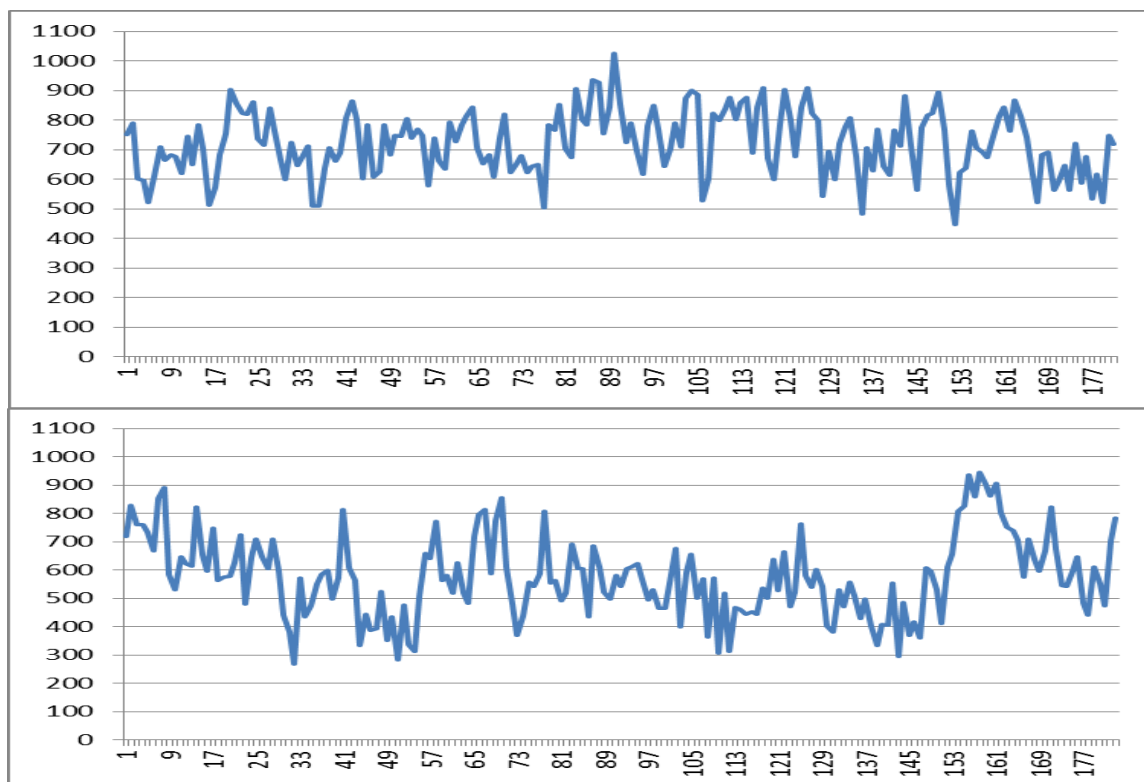


Рисунок В.32 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Інгулець і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

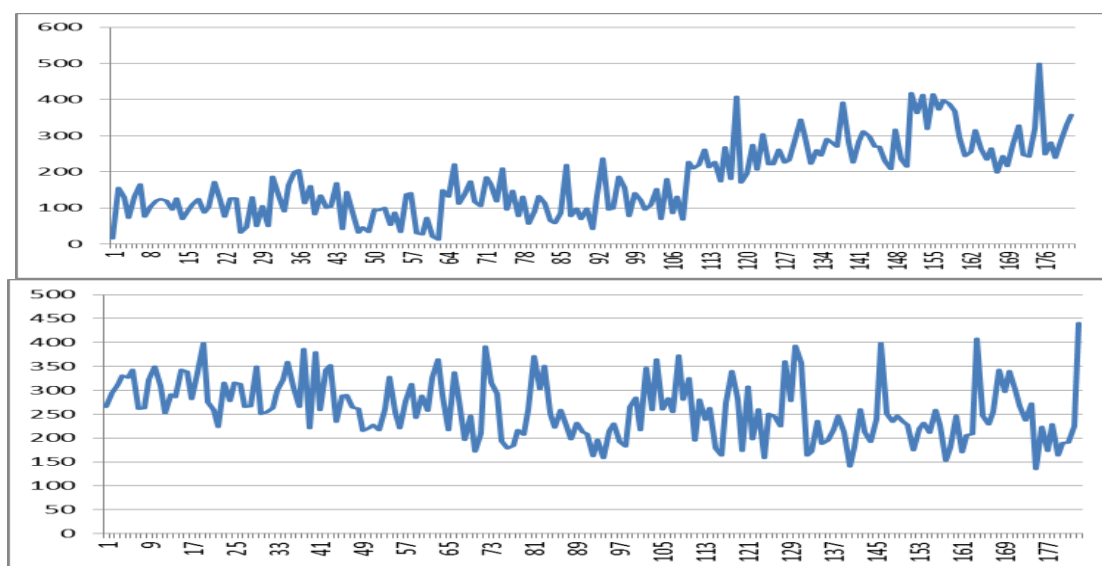


Рисунок В.33 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Марганець і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

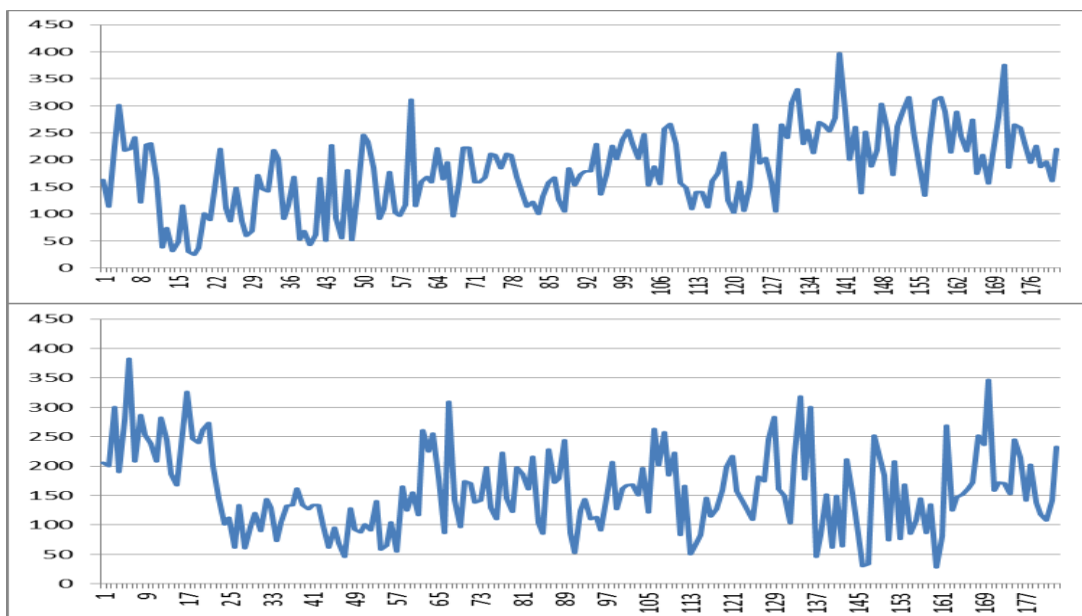


Рисунок В.34 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Чортомлик і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

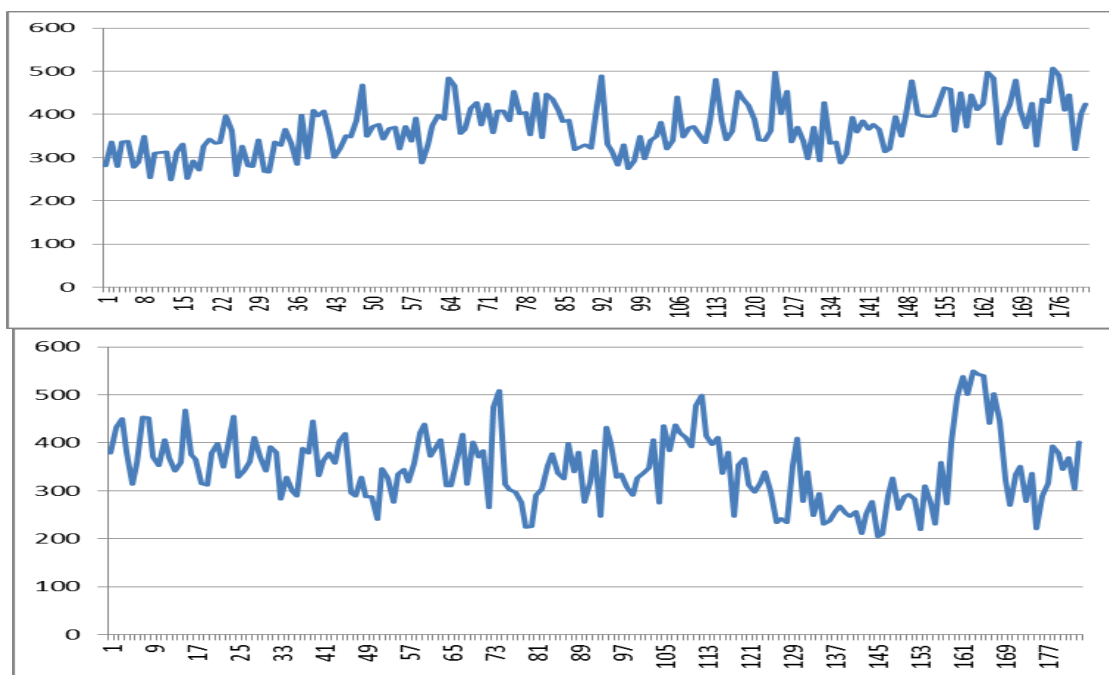


Рисунок В.35– Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Мудрьона та її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

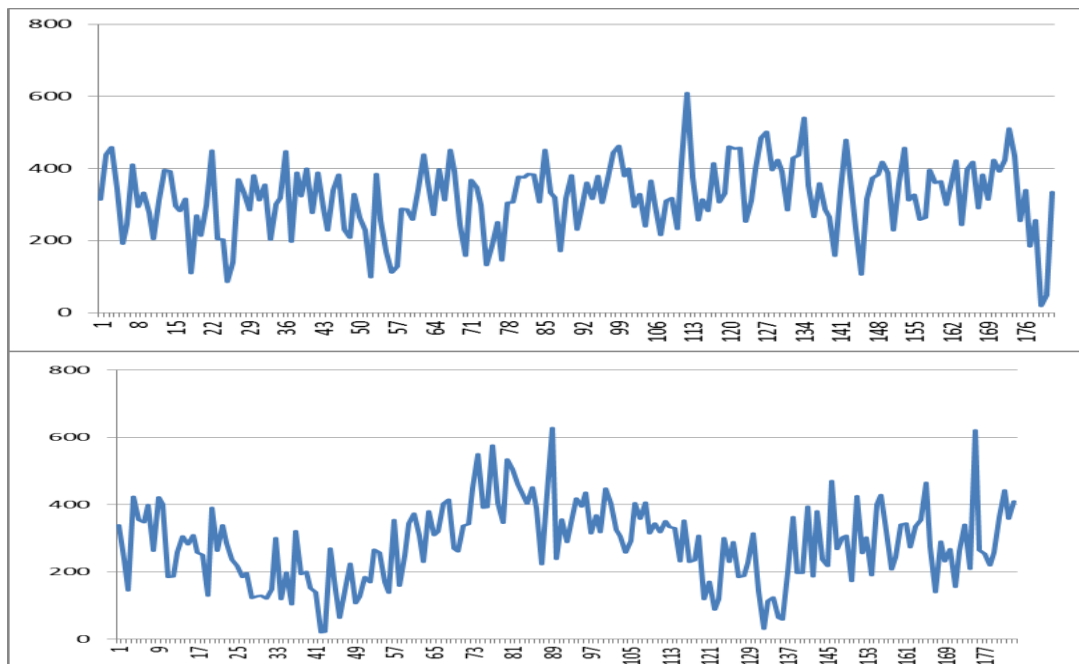


Рисунок В.36 – Динаміка зміни середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Кривий Ріг-Західний і її ПК, протягом 1 і 2 півріччя 2014 р.

В.4 Характеристики середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажних станціях ДН-1 і ДН-2 Придніпровської залізниці та їх під'їзних коліях

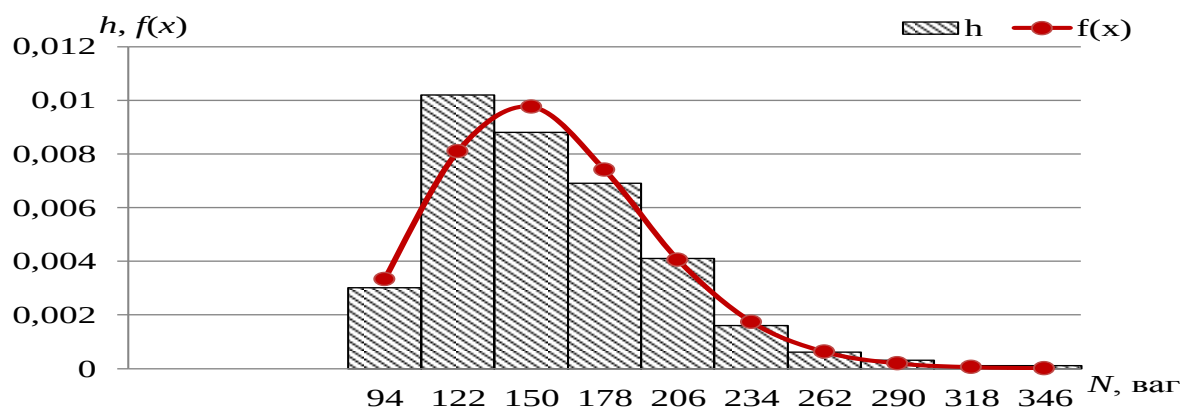


Рисунок В.37 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Верхньодніпровськ і її ПК протягом 2014 р.

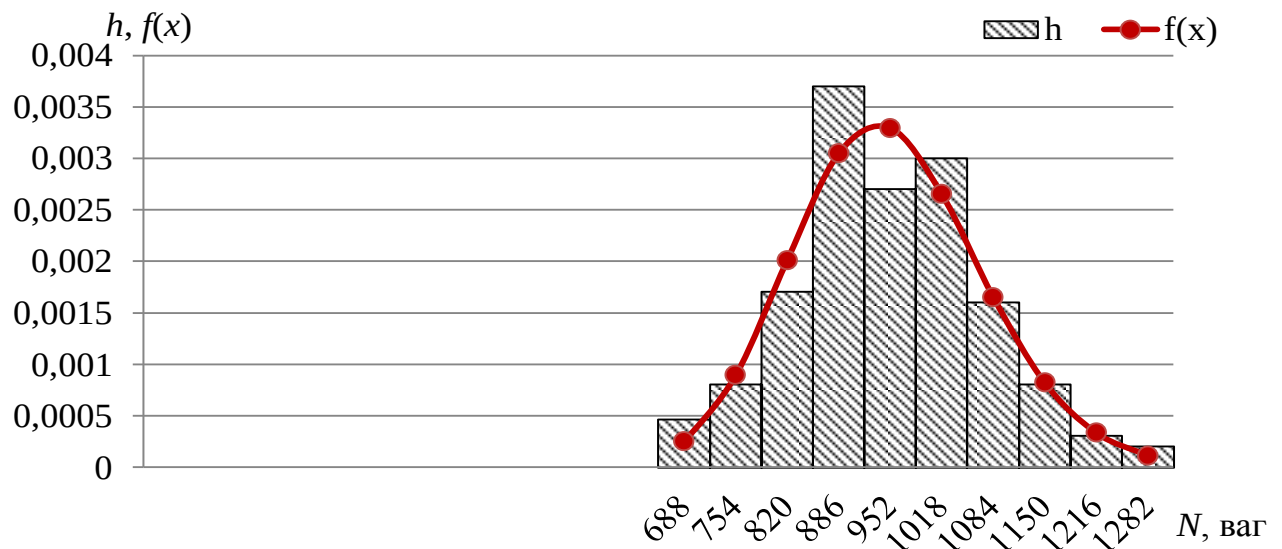


Рисунок В.38 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Баглій і її ПК, протягом 2014 р.

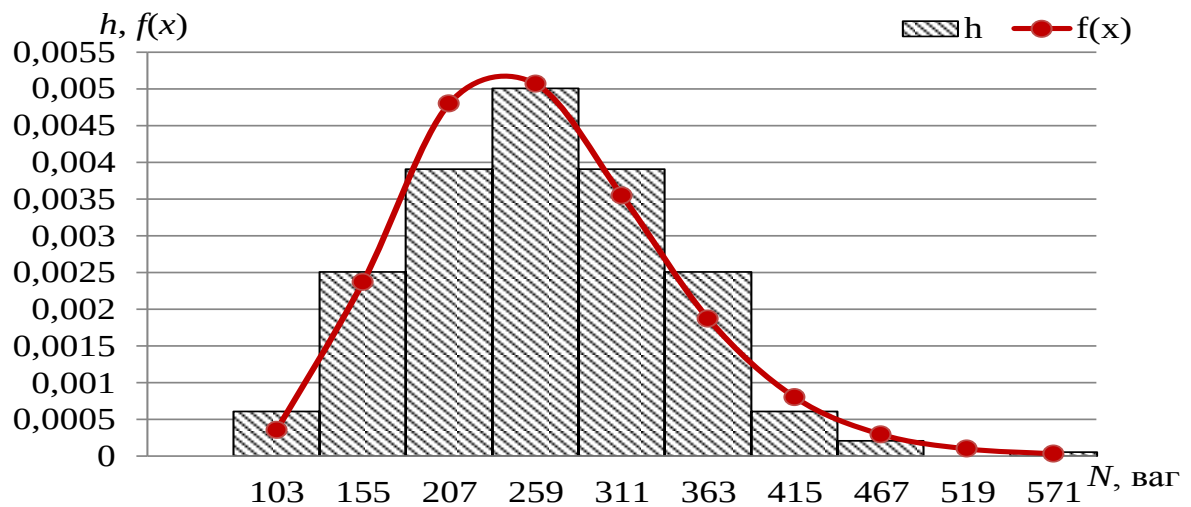


Рисунок В.39 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Вільногірськ і її ПК протягом 2014 р.

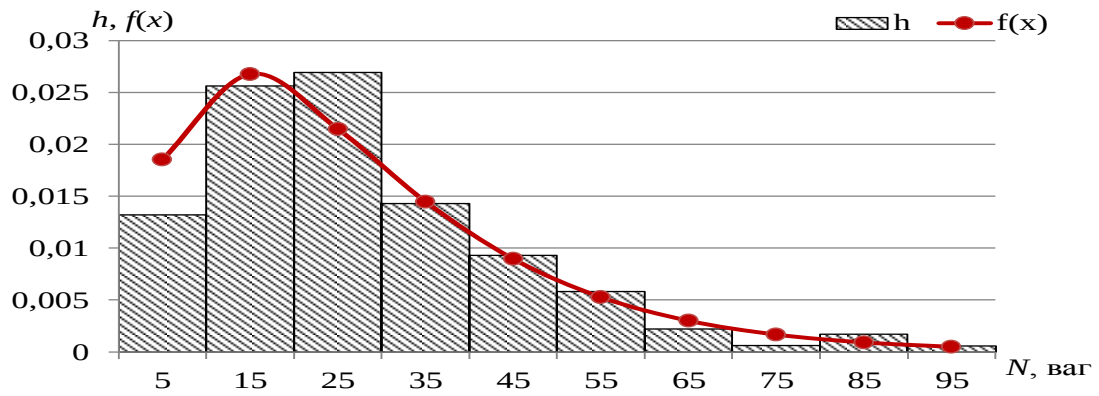


Рисунок В.40 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Губиниха і її ПК протягом 2014 р.

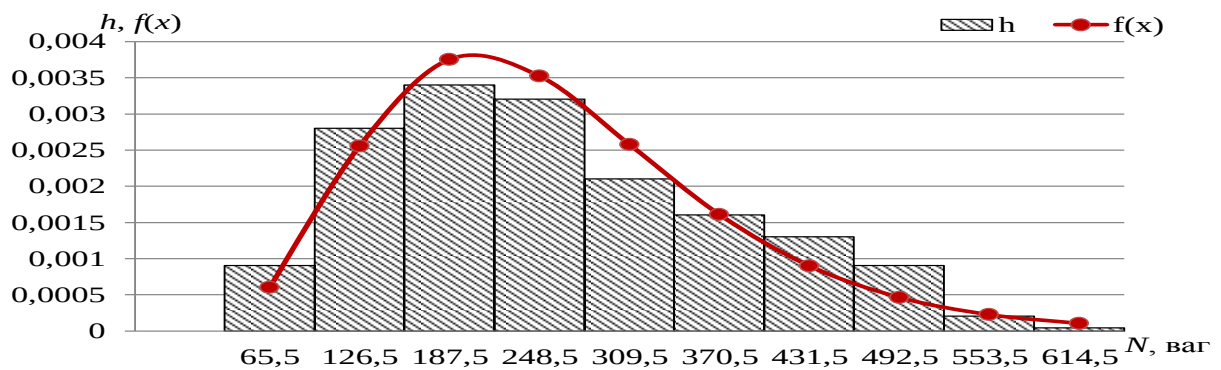


Рисунок В.41 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Ігрень і її ПК протягом 2014 р.

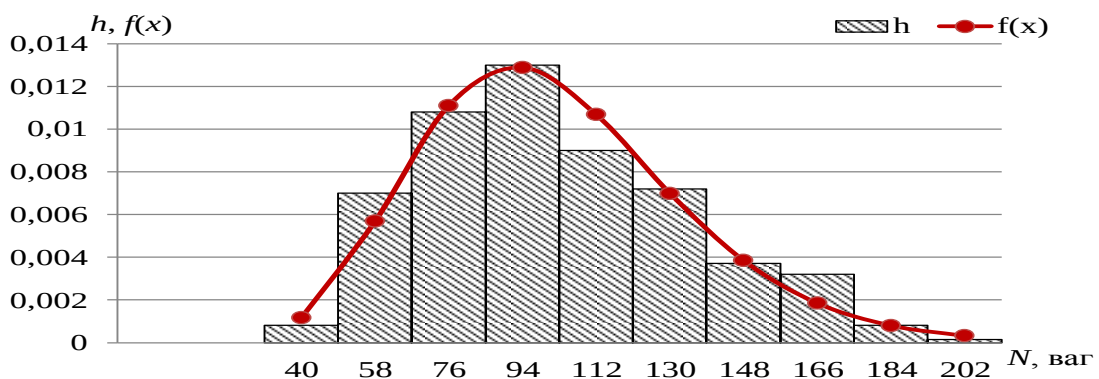


Рисунок В.42 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Дніпропетровськ-Вантажний і її ПК протягом 2014 р.

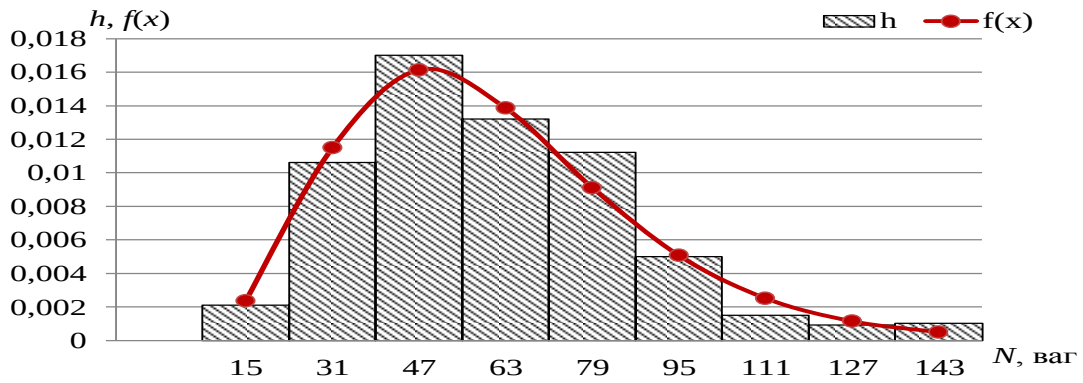


Рисунок В.43 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Нижньодніпровськ-Пристань і її ПК протягом 2014 р.

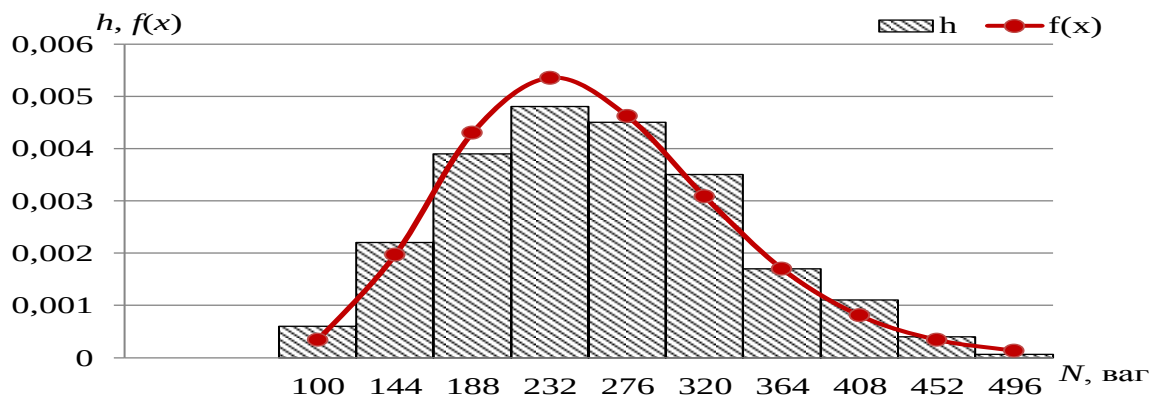


Рисунок В.44 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Миколаївка-Донецька і її ПК протягом 2014 р.

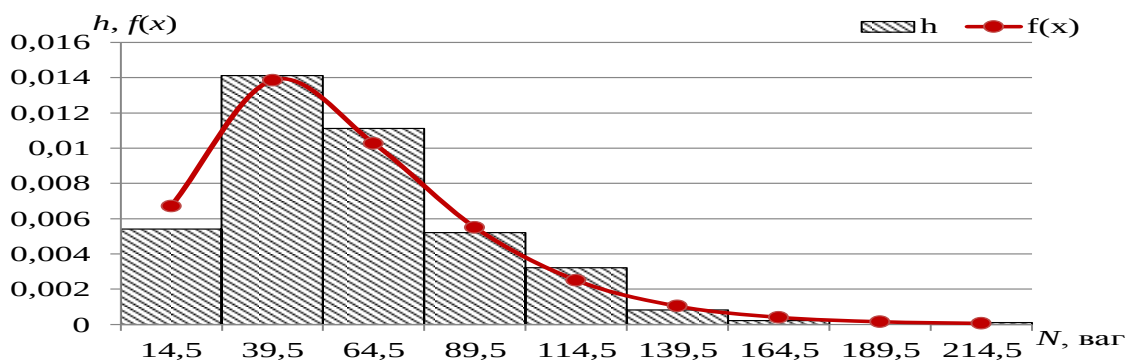


Рисунок В.45 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Балівка і її ПК протягом 2014 р.

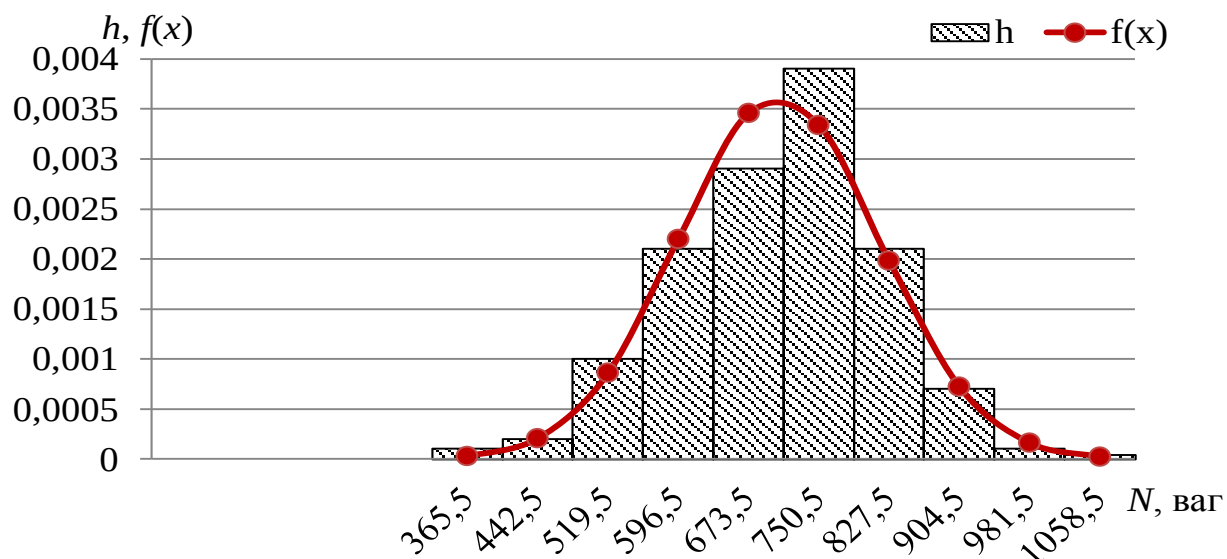


Рисунок В.46 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Ароматна та її ПК протягом 2014 р.

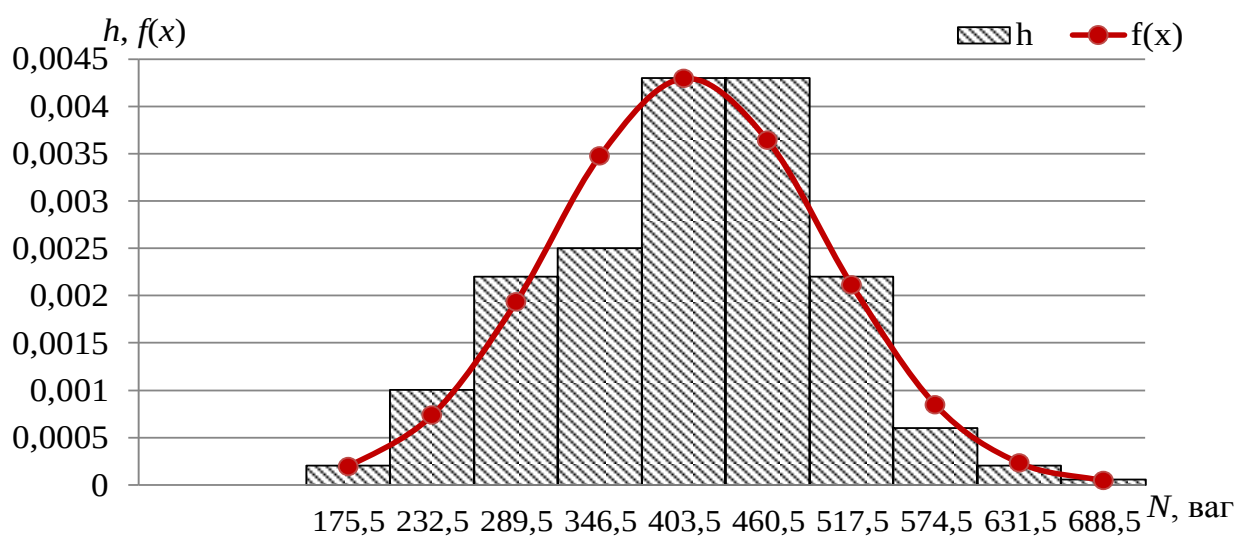


Рисунок В.47 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Богуславський і її ПК протягом 2014 р.

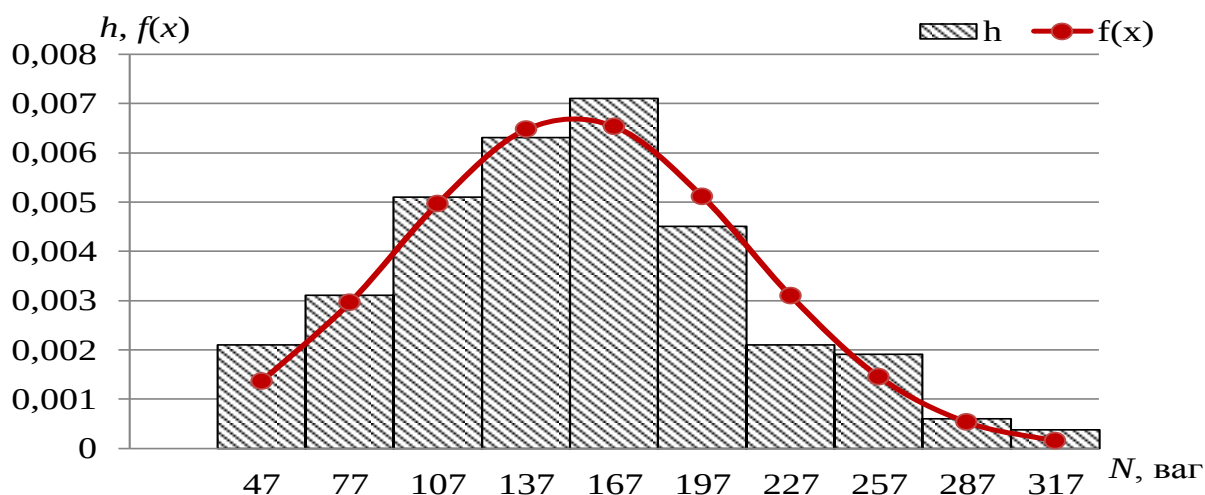


Рисунок В.48 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Самарівка та її ПК протягом 2014 р.

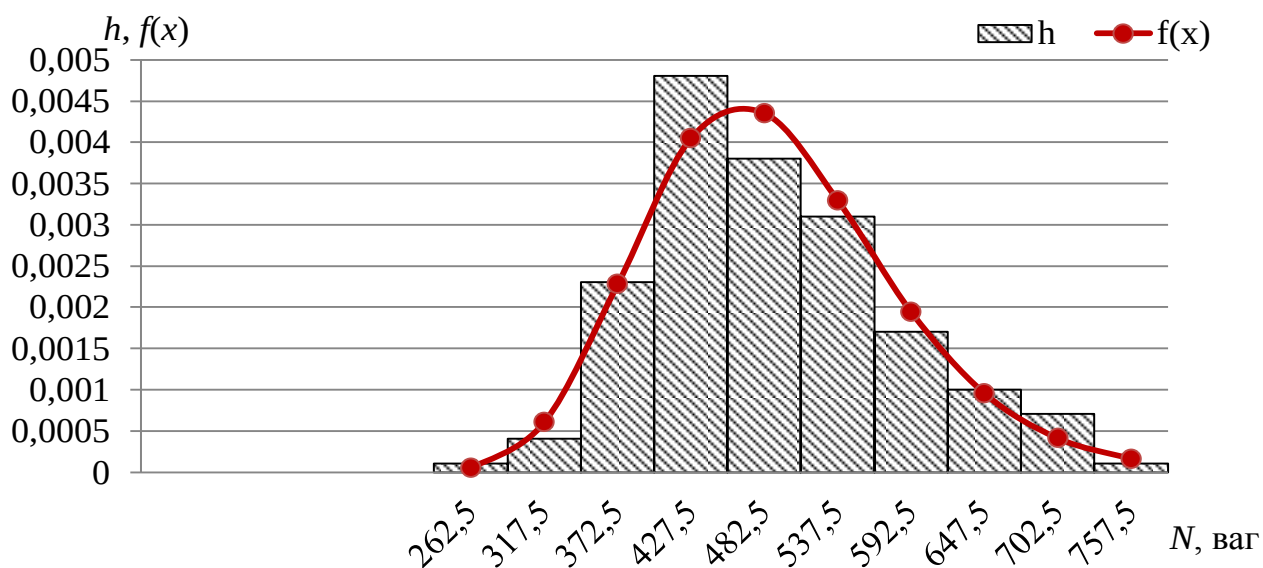


Рисунок В.49 – Гістограма та графік щільності ймовірності логнормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Горяїнове та її ПК протягом 2014 р.

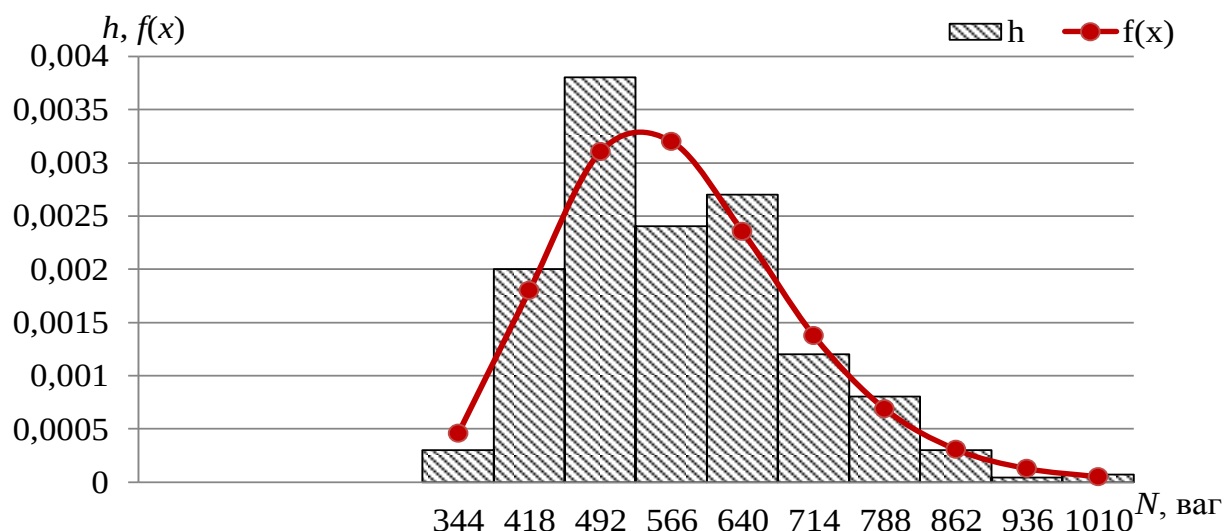


Рисунок В.50 – Гістограма та графік щільності ймовірності логнормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Правда та її ПК протягом 2014 р.



Рисунок В.51 – Гістограма розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Дніпродзержинськ та її ПК, протягом 2014 р.

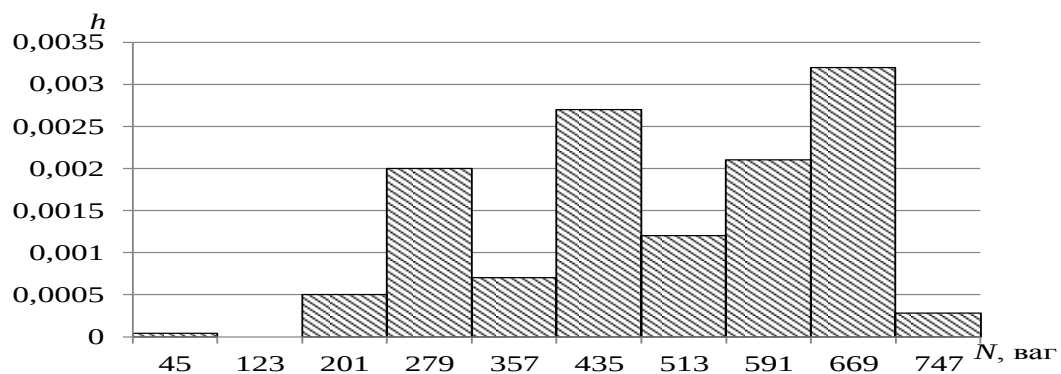


Рисунок В.52 – Гістограма розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Обвідна та її ПК, протягом 2014 р.

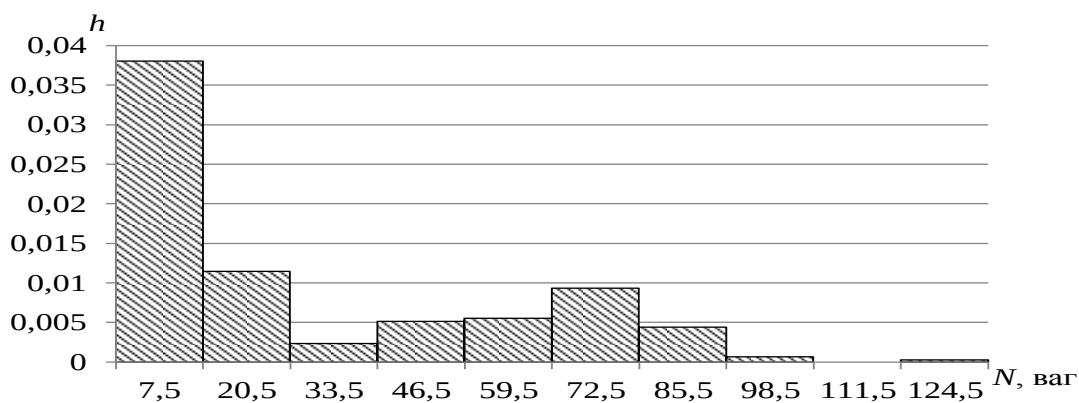


Рисунок В.53 – Гістограма розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Зустрічний та її ПК, протягом 2014 р.

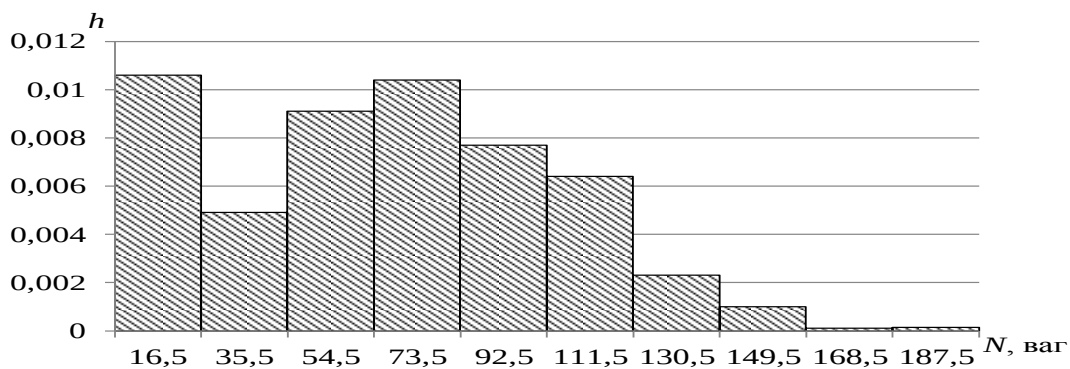


Рисунок В.54 – Гістограма розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Тритузна та її ПК, протягом 2014 р.

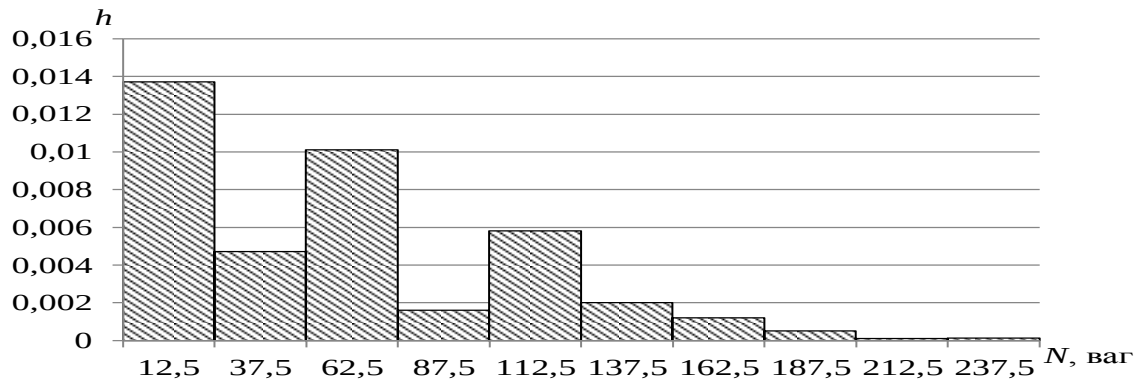


Рисунок В.55 – Гістограма розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Улянівка та її ПК, протягом 2014 р.

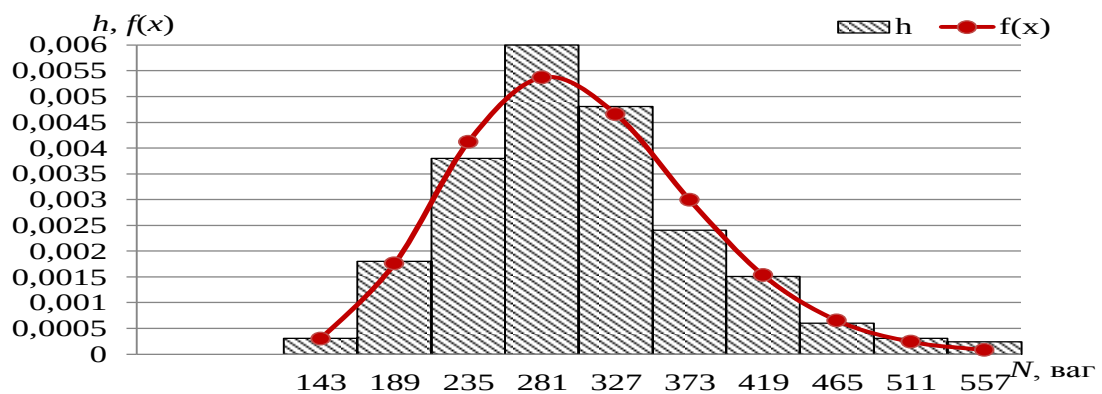


Рисунок В.56 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Жовті Води-2 та її ПК протягом 2014 р.

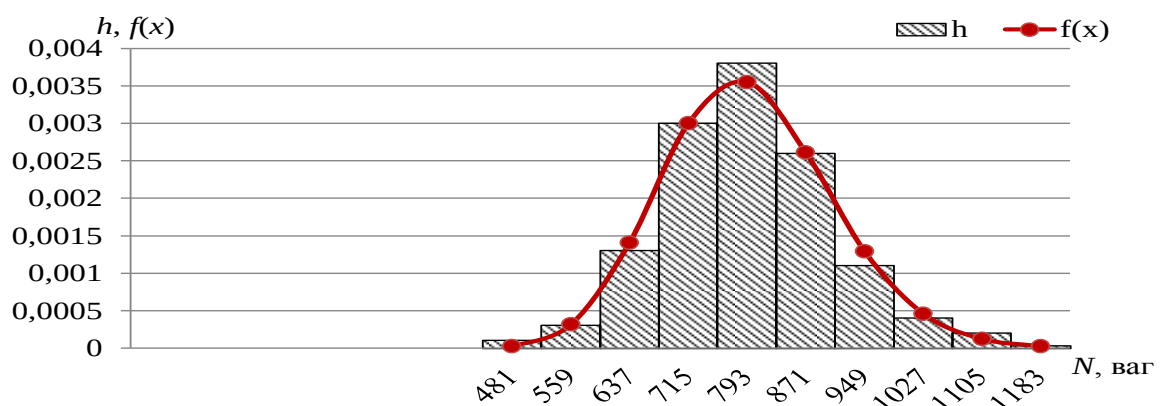


Рисунок В.57 – Гістограма та графік щільності ймовірності гама-розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Батуринська та її ПК, протягом 2014 р.

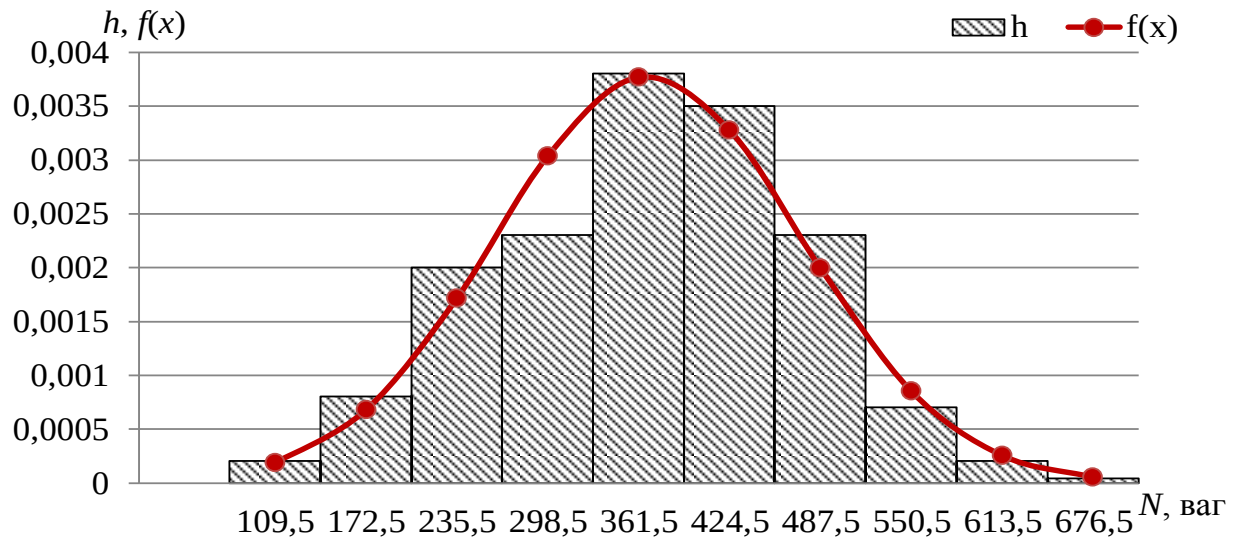


Рисунок В.58 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Рядова та її ПК, протягом 2014 р.

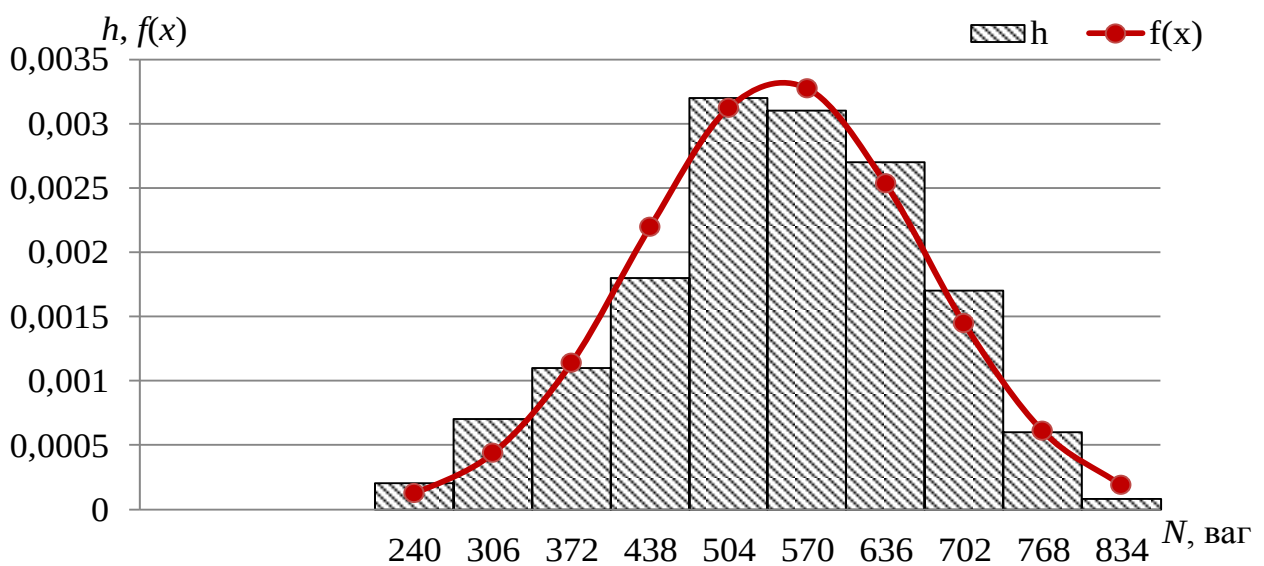


Рисунок В.59 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Терни та її ПК, протягом 2014 р.

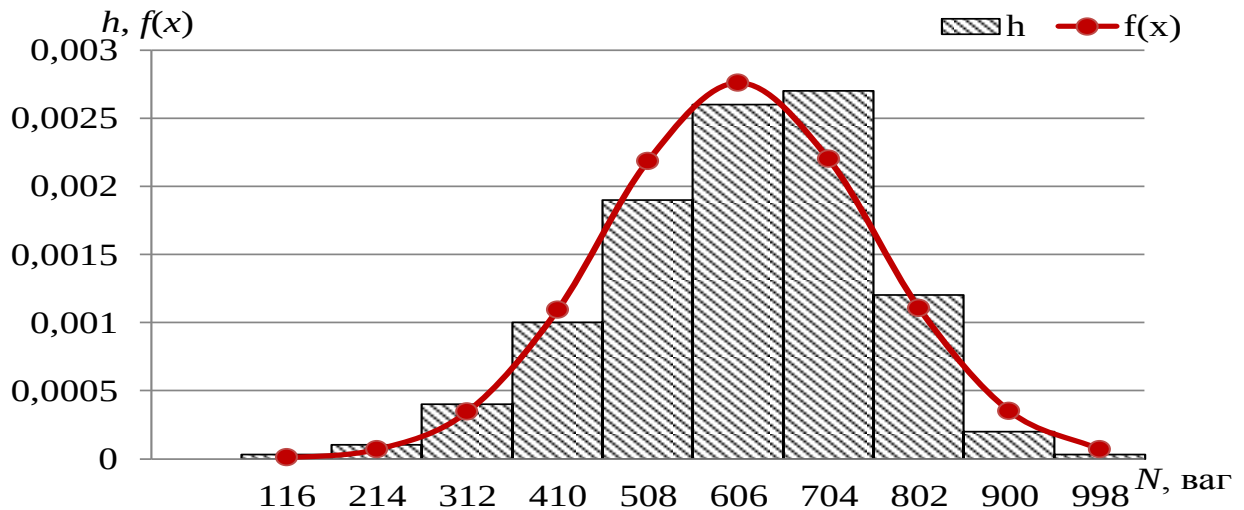


Рисунок В.60 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Грекувата та її ПК, протягом 2014 р.

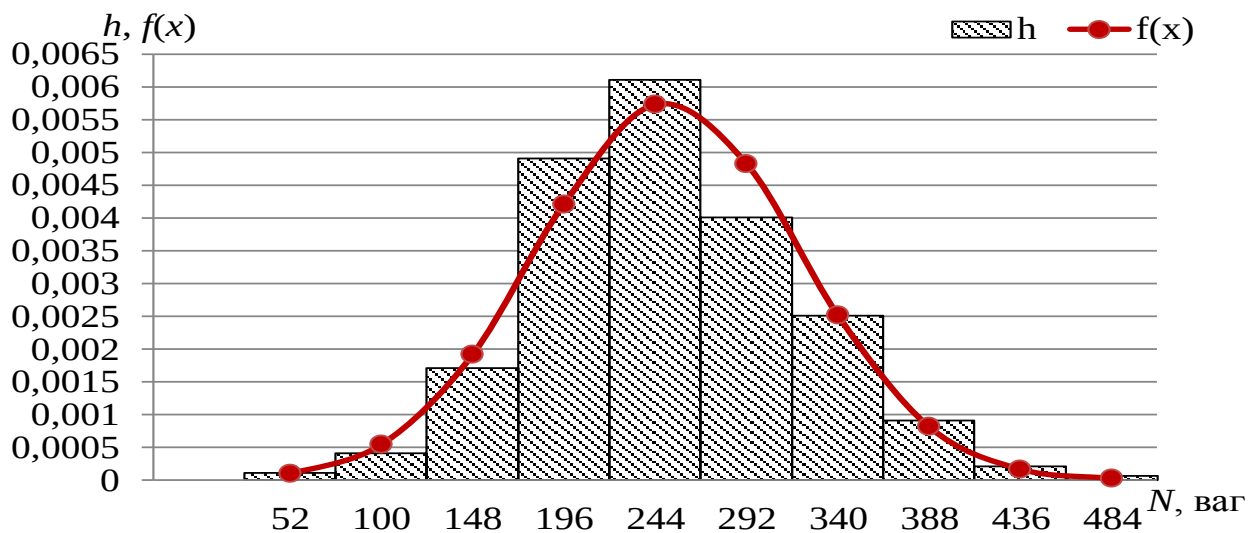


Рисунок В.61 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Шмакове та її ПК, протягом 2014 р.

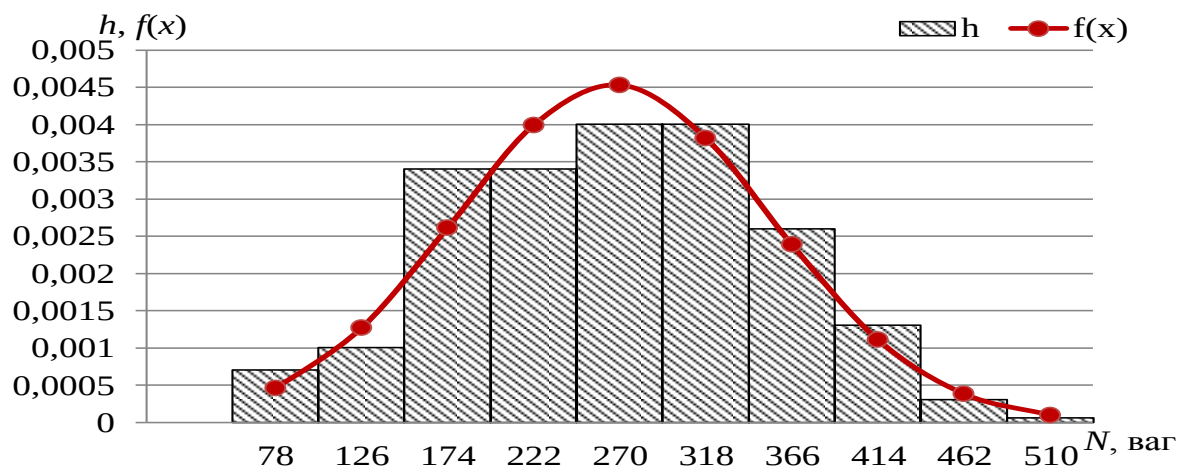


Рисунок В.62 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Вечірній Кут та її ПК, протягом 2014 р.

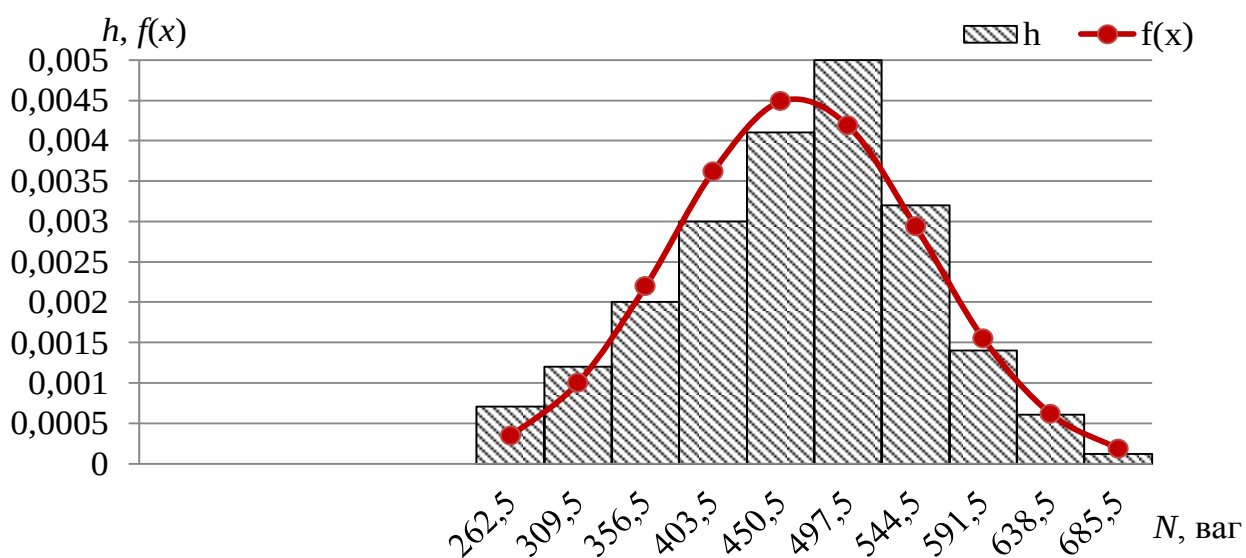


Рисунок В.63 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на ВС Рокувата та її ПК, протягом 2014 р.

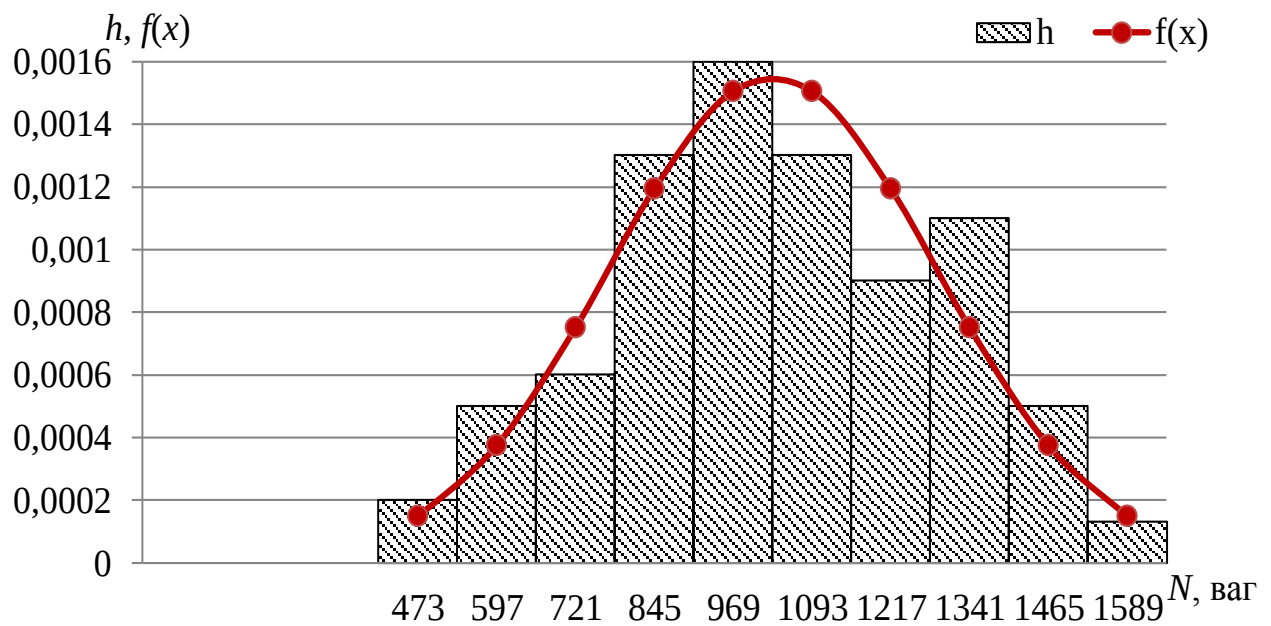


Рисунок В.64 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажній станції Нікополь та її ПК, протягом 2014 р.

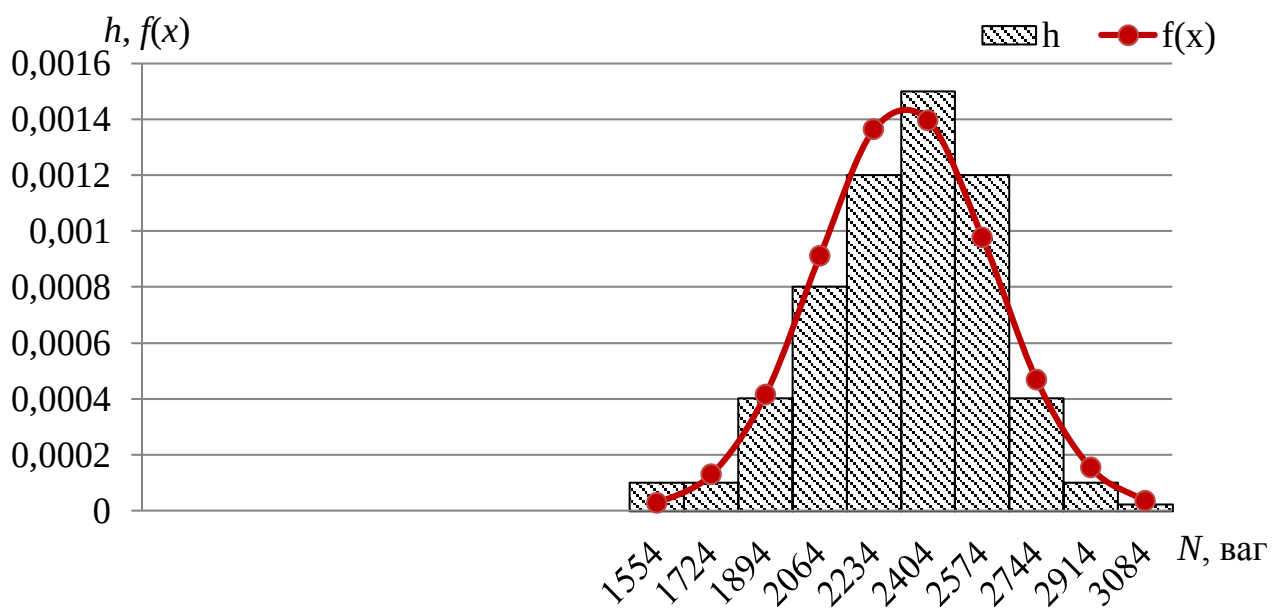


Рисунок В.65 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажній станції Кривий Ріг - Головний та її ПК, протягом 2014 р.

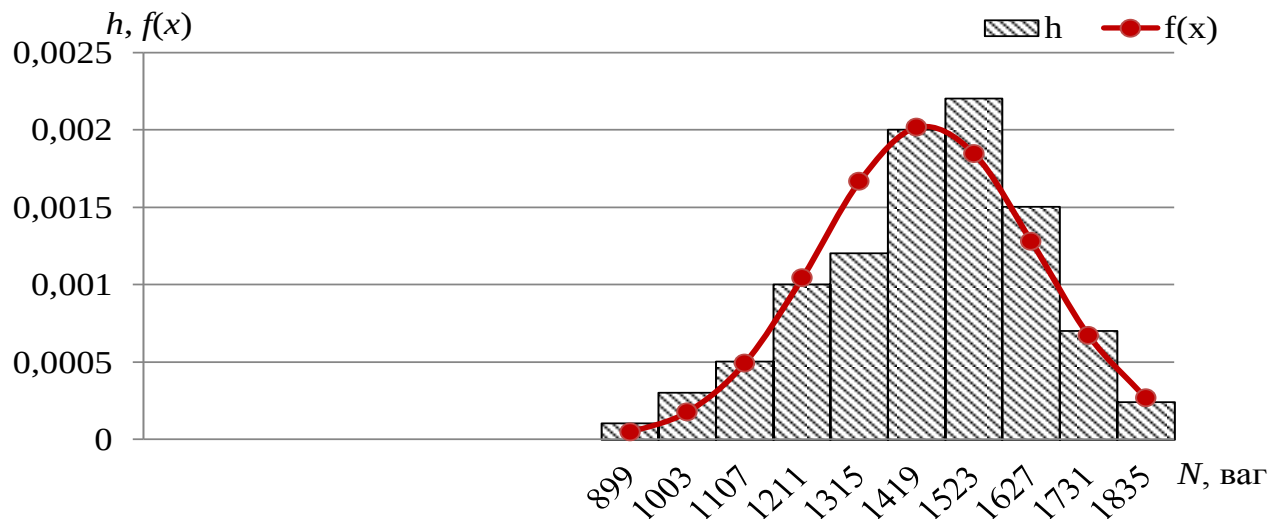


Рисунок В.66 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажній станції Кривий Ріг та її ПК, протягом 2014 р.

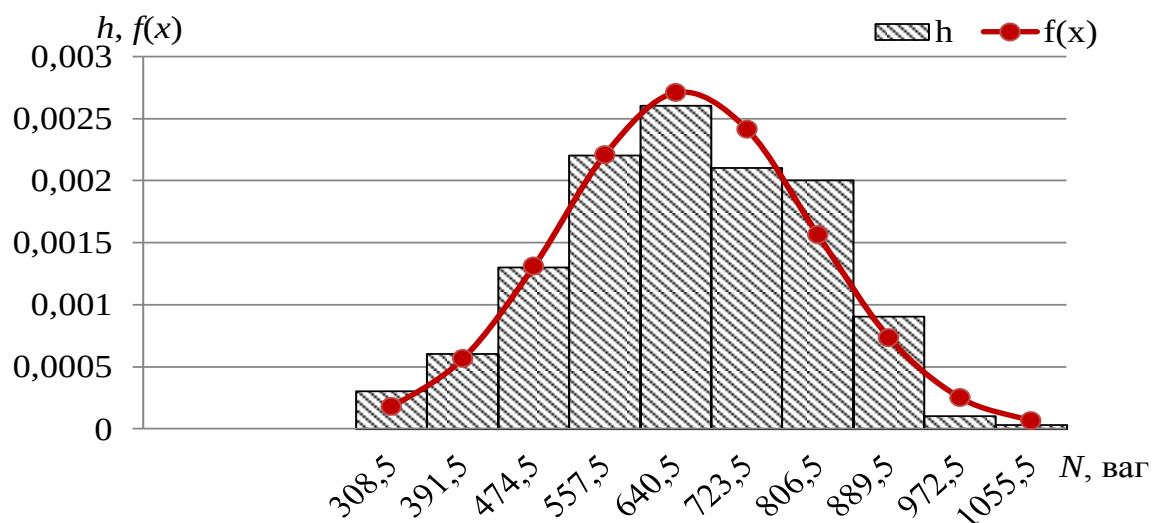


Рисунок В.67 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажній станції Інгулець та її ПК, протягом 2014 р.

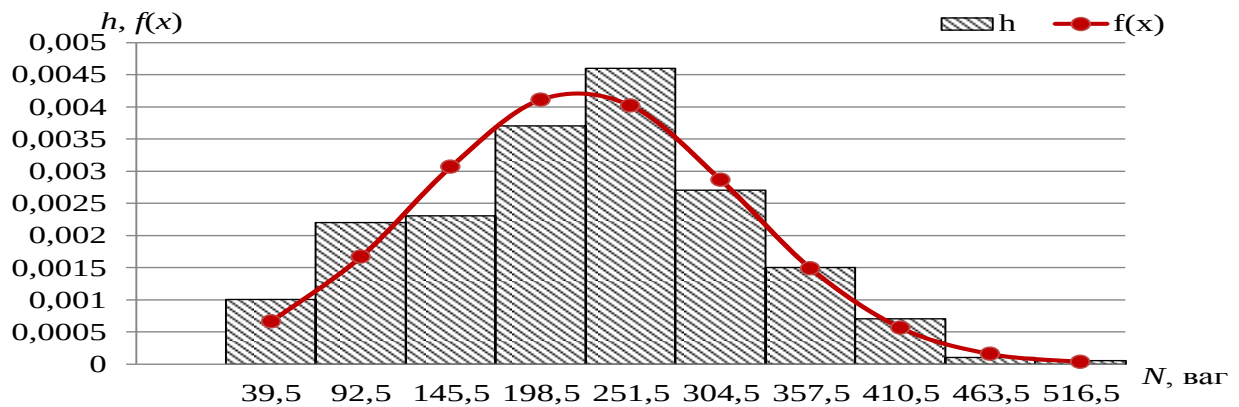


Рисунок В.68 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажній станції Марганець та її ПК, протягом 2014 р.

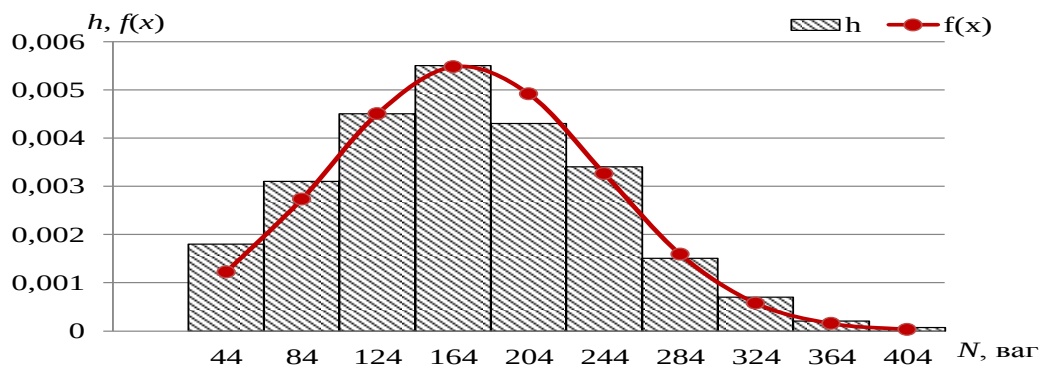


Рисунок В.69 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажній станції Чортотлик та її ПК, протягом 2014 р.

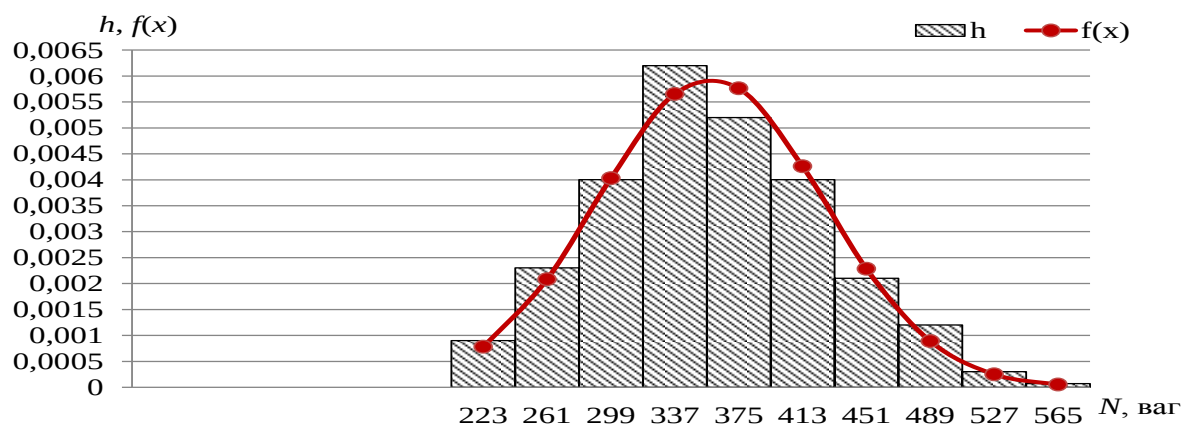


Рисунок В.70 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажній станції Мудрьона та її ПК, протягом 2014 р.

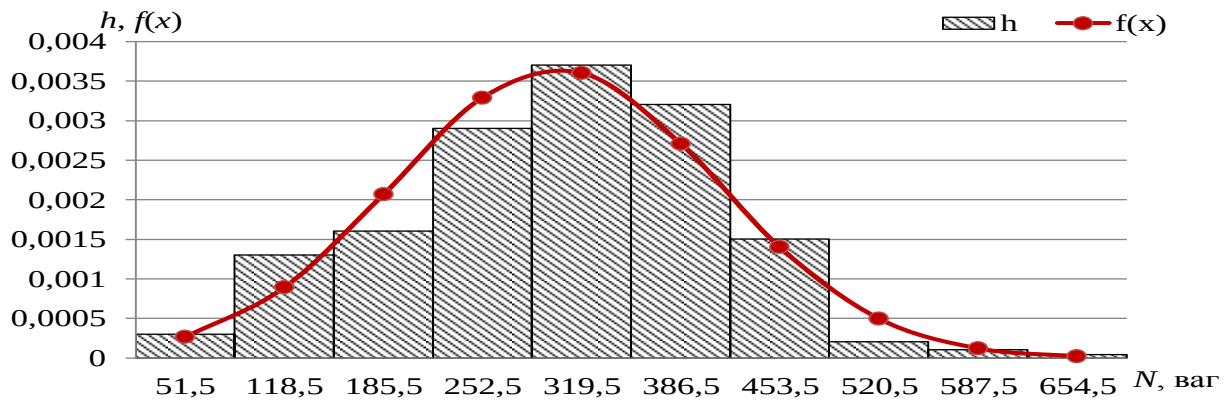


Рисунок В.71 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини середньої кількості вагонів, які знаходяться одночасно на вантажній станції Кривий Ріг – Західний та її ПК, протягом 2014 р.

В.5 Елементи тривалості знаходження вагонів на станції НД і її під'їзних коліях

Таблиця В.1 – Тривалість знаходження (хв.) груп вагонів на ВС НД від моменту прибуття до закінчення розформування протягом розрахункового періоду 2014 р.

T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i
109	9	118	120	120	102	80	2	3
114	105	120	114	67	102	120	101	14
109	65	3	120	67	120	35	101	22
5	2	112	84	67	119	50	28	97
5	85	93	108	72	120	85	40	16

Таблиця В.2 – Тривалість знаходження (год) груп вагонів на ВС НД і ПК від моменту прибуття до моменту відправлення (2014 р.)

T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i
180,80	330,47	67,45	124,27	73,00	157,85	54,70	53,22	89,63	45,72	25,40	75,05
181,30	94,65	90,23	23,35	175,58	61,62	113,55	116,83	63,97	25,13	36,62	211,17
228,15	111,38	175,25	47,98	21,72	91,73	66,80	43,90	30,67	33,77	72,20	24,67
49,47	64,65	71,25	21,98	125,82	44,27	66,90	116,52	37,00	231,13	97,40	37,52
94,62	123,83	39,75	91,52	151,15	162,52	103,23	78,83	50,22	26,50	58,28	60,23
122,97	18,87	55,75	123,60	40,95	68,50	395,70	99,93	60,18	47,10	83,48	38,67
45,88	39,15	123,53	24,70	52,15	90,35	330,08	97,00	69,33	56,82	100,42	39,77
43,13	46,52	86,17	227,48	98,85	145,10	50,78	91,53	66,80	38,28	107,25	42,90
86,83	123,27	99,92	30,68	175,67	90,82	349,02	40,75	46,70	48,02	74,40	92,43

Таблиця В.6 – Тривалість знаходження (год) груп вагонів на ВС НД від моменту повернення з ПК до моменту відправлення зі станції протягом розрахункового періоду 2014 р.

T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i
11,17	9,80	10,48	17,75	2,80	23,58	10,38	21,13	13,88	18,87	5,53	5,60
13,02	10,17	17,48	3,58	23,85	5,37	13,08	13,63	22,07	18,87	16,75	18,53
22,00	14,20	8,65	21,58	22,50	15,50	7,95	12,13	21,33	4,45	6,13	10,47
3,97	10,18	11,77	13,58	7,00	12,00	9,75	9,98	21,33	9,37	12,83	11,00
19,98	19,90	14,63	11,00	12,28	6,00	10,37	23,92	7,77	18,00	7,33	18,85
16,02	19,90	4,73	9,97	10,78	19,75	15,87	22,98	10,37	7,12	11,42	18,82
11,82	19,90	2,40	9,97	10,65	7,10	22,98	16,73	9,98	13,72	8,27	18,98
6,88	19,90	20,23	11,70	11,40	12,87	10,80	10,58	16,15	18,80	7,10	13,87
10,52	15,00	18,23	14,38	7,58	2,70	10,80	7,77	7,65			

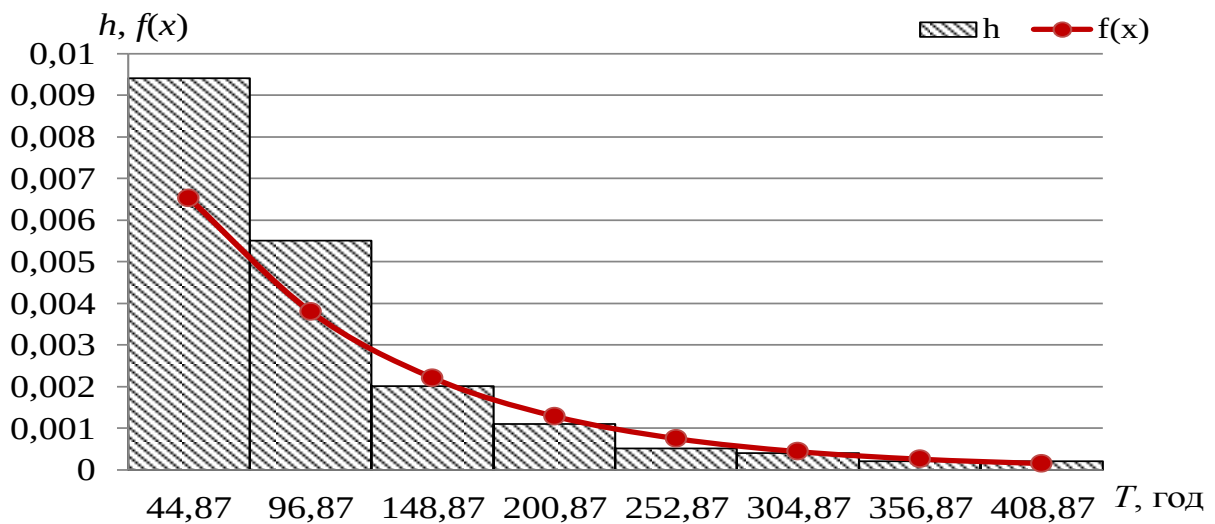


Рисунок В.72 – Гістограма та графік щільності ймовірності експоненціального розподілу для випадкової величини тривалості знаходження груп вагонів на ВС НД від прибуття до відправлення зі станції протягом розрахункового періоду 2014 р.

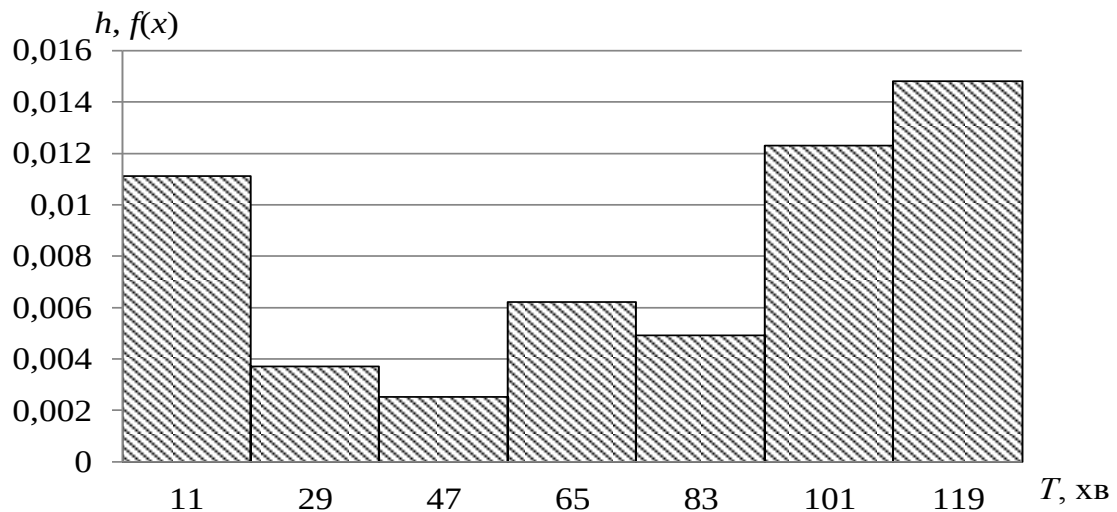


Рисунок В.73 – Гістограма ймовірності розподілу для випадкової величини тривалості знаходження груп вагонів на ВС НД від моменту прибуття до моменту закінчення розформування протягом розрахункового періоду 2014 р.

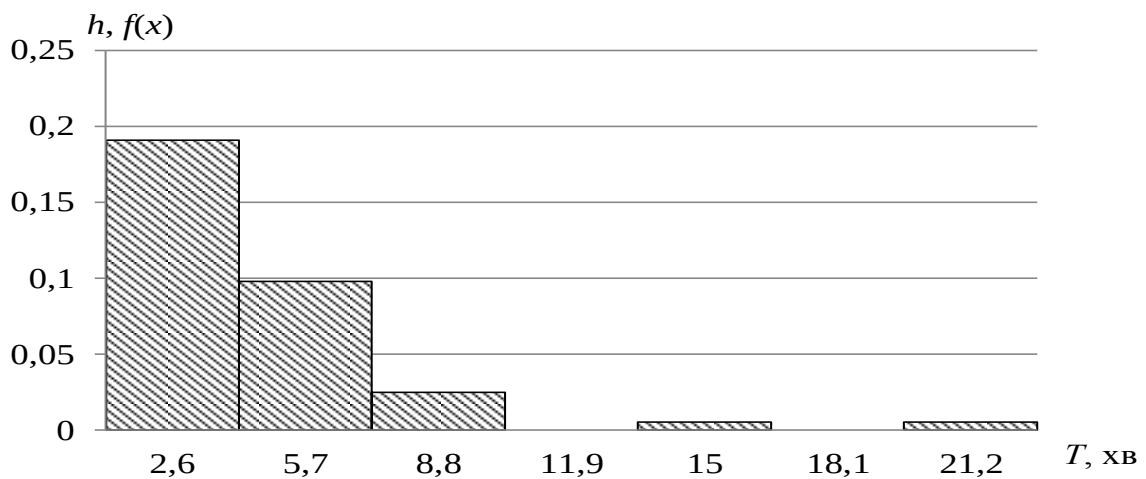


Рисунок В.74 – Гістограма ймовірності розподілу для випадкової величини тривалості знаходження груп вагонів на ВС НД від моменту прибуття до моменту закінчення відчеплення від составу протягом розрахункового періоду 2014 р.

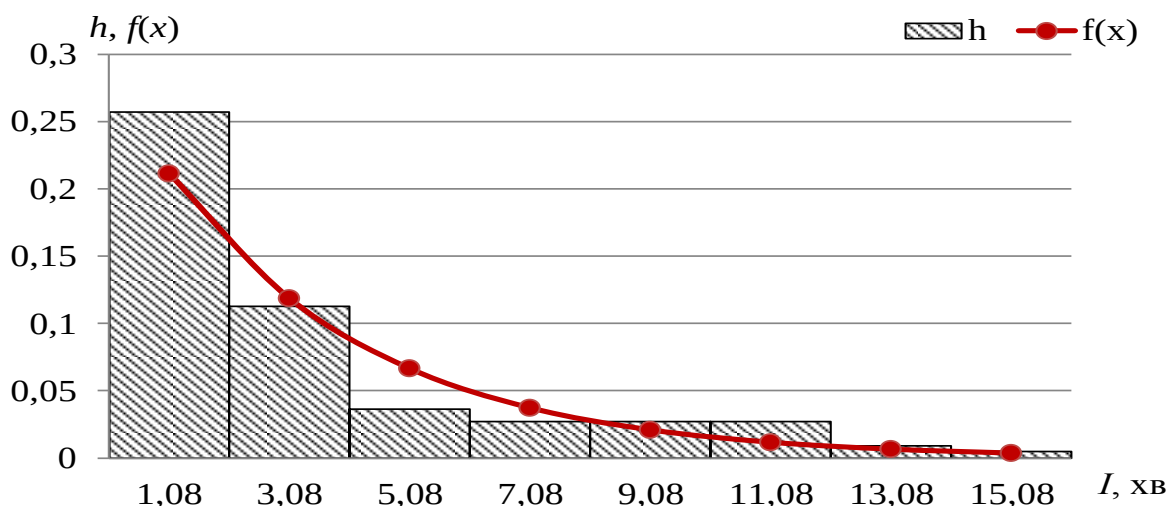


Рисунок В.75 – Гістограма та графік щільності ймовірності експоненціального розподілу для випадкової величини тривалості знаходження груп вагонів на станції НД, від моменту закінчення розформування (відчеплення від составу) до моменту передавання на ПК протягом розрахункового періоду 2014 р.

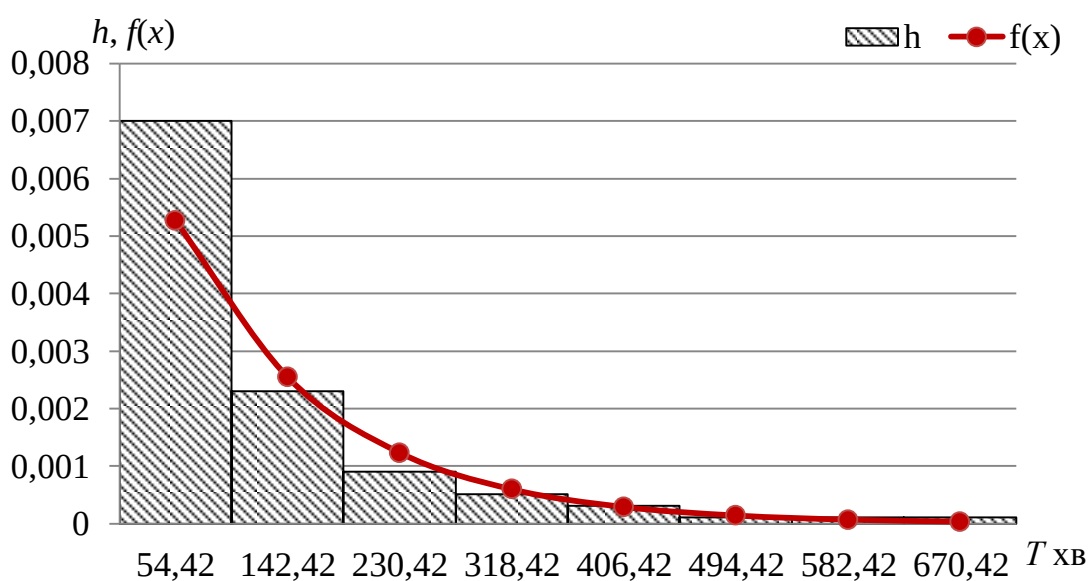


Рисунок В.76 – Гістограма та графік щільності ймовірності експоненціального розподілу для випадкової величини тривалості знаходження груп вагонів на станції НД від моменту передавання на ПК до моменту повернення з ПК протягом розрахункового періоду 2014 р.

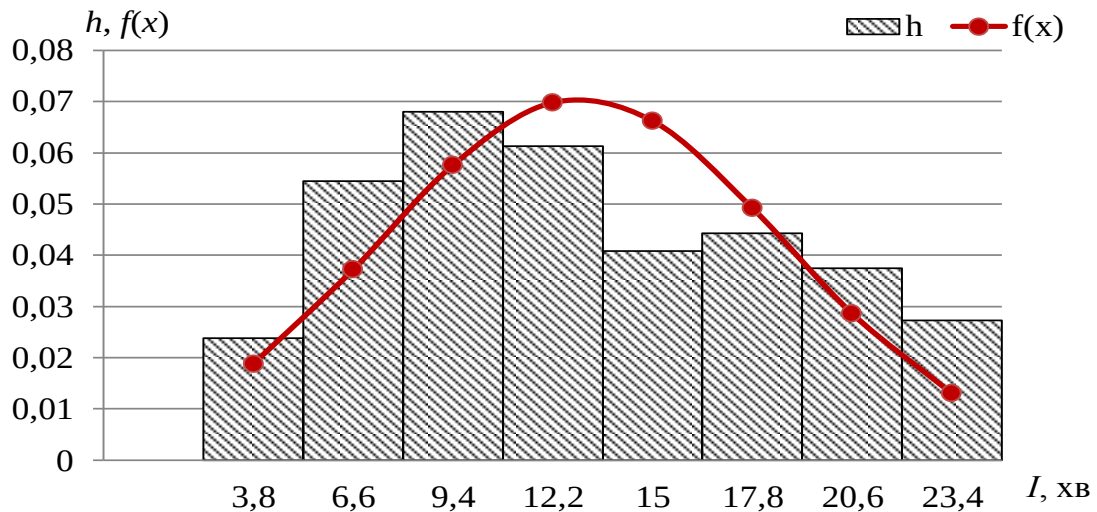


Рисунок В.77 – Гістограма та графік щільності ймовірності нормального розподілу для випадкової величини тривалості знаходження груп вагонів на станції НД від моменту повернення з ПК до моменту відправлення зі станції протягом розрахункового періоду 2014 р.

Таблиця В.7 – Тривалість знаходження (год) груп вагонів на станції НД і ПК від моменту прибуття до моменту відправлення протягом розрахункового періоду 2015 р.

T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i
32,33	39,48	22,95	66,13	157,75	95,85	71,43	219,57	56,50	174,95	47,42
29,60	32,70	41,12	15,17	179,20	121,12	126,13	239,83	71,23	130,68	45,68
69,67	424,60	99,93	35,67	35,67	217,08	44,40	117,43	121,67	48,67	65,97
53,83	89,15	20,58	85,85	59,55	21,25	52,27	383,88	201,08	55,25	37,33
36,55	26,22	268,35	107,32	116,92	45,13	77,43	23,47	252,97	149,55	61,75
47,52	37,13	69,55	116,92	330,23	52,45	142,60	49,77	138,37	46,13	

Таблиця В.8 – Тривалість знаходження (хв.) груп вагонів на станції НД від моменту прибуття до моменту закінчення розформування протягом розрахункового періоду 2015 р.

T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i
95	120	102	69	103	30	112	108	57	113	100	96
114	54	85	71	114	59	120	93	70	115	119	112
115	115	60	112	83	107	120	118	120	50	115	115

Таблиця В.9 – Тривалість знаходження (год) груп вагонів на станції НД і ПК від моменту закінчення розформування (відчеплення від составу) до моменту передавання на ПК у розрахунковому періоді 2015 р.

T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i
0,32	2,08	9,83	3,00	1,08	11,25	0,82	3,82	0,20
0,25	2,58	0,03	12,00	4,02	0,58	0,92	0,50	0,78
7,08	1,13	2,08	2,50	12,58	1,08	8,25	0,83	7,38
0,83	11,47	7,33	3,00	6,00	14,75	0,08	1,43	1,00
1,58	0,35	0,08	0,10	6,50	0,87	4,17	0,50	0,92
6,92	0,40	4,33	11,67	2,05	1,37	0,00	2,05	1,58
0,00	1,02	0,28	11,83	0,33	4,07	1,92	5,78	0,12

Таблиця В.10 – Тривалість знаходження (хв.) груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту закінчення відчеплення групи від составу протягом розрахункового періоду 2015 р.

T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i
1	5	2	4	4	13	5	1	2	2	1
5	4	2	3	1	13	5	4	3	4	4

Таблиця В.11 – Тривалість знаходження (год) груп вагонів від моменту передавання на ПК до моменту повернення з ПК протягом розрахункового періоду 2015 р.

T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i
15,67	694,17	607,83	42,00	410,50	25,83	23,17	30,83	43,00	91,17	99,67	134,83
89,17	172,08	51,33	157,50	418,00	26,33	26,00	44,33	25,67	100,17	315,67	212,83
106,5	251,08	89,00	58,28	465,50	37,67	41,83	57,17	261,67	110,67	89,00	232,00
24,67	22,83	65,75	19,83	417,50	47,33	59,33	101,67	44,00	139,83	107,33	96,00
31,17	35,83	93,75	45,50	465,00	53,33	65,50	105,00	28,17	166,67	205,00	360,00
41,83	43,50	164,75	67,33	61,90	62,67	67,00	117,83	35,83	19,17	10,83	8,83
63,17	259,83	16,33	88,33	17,50	71,83	176,33	149,67	55,17	38,50	17,33	14,00
172,33	332,83	17,00	236,17	13,17	145,83	97,17	30,33	66,58	114,67	31,67	43,67
176,17	89,00	18,67	249,17	16,67	401,17	96,13	43,83	5,33	35,50	55,33	48,67
89,67	120,17	26,33	174,97	146,33	448,67	12,17	63,17	19,67	45,50	110,67	55,83
99,33	195,67	27,50	14,00	252,83	50,17	33,67	77,50	24,67	139,50	9,93	103,17
109,50	37,17	41,33	17,67	7,67	11,33	40,00	89,67	39,00	34,33	29,67	181,50
24,33	51,50	46,83	28,33	17,33	24,00	250,67	40,67	66,00	36,67	42,83	242,33
49,33	29,00	52,00	50,17	23,33	23,50	398,17	49,50	70,17	34,25	69,50	156,58
334,33	36,00	64,17	91,17	71,33	29,50	14,83	48,00	73,83	50,50	27,17	132,83
428,83	34,83	173,83	342,00	288,17	48,00						

Таблиця В.12 – Тривалість знаходження (год) груп вагонів на станції НД від моменту повернення з ПК до моменту відправлення зі станції протягом розрахункового періоду 2015 р.

T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i	T_i
2,72	24,42	10,08	25,25	15,75	1,80	5,83	14,63	16,63	3,13
2,22	13,73	9,58	22,25	9,58	9,67	13,40	16,50	16,50	9,47
14,77	11,90	17,07	12,92	8,58	8,83	9,73	11,67	13,50	14,45
16,77	10,07	20,57	20,75	8,08	7,33	8,23	10,00	5,73	8,82
3,35	16,57	15,13	7,63	20,58	15,27	17,07	5,67	7,42	12,13
12,42	3,57	13,97	12,28	3,08	11,93	9,83	8,25	17,63	10,33
11,75	7,17	7,47	8,62	12,63	7,77	8,83	24,62	2,40	8,95
10,08	13,58	17,30	5,95	19,95	24,10	14,00	1,75	6,15	3,25
8,75	13,08	28,25	1,92	7,47	20,77	12,00	10,30	9,27	

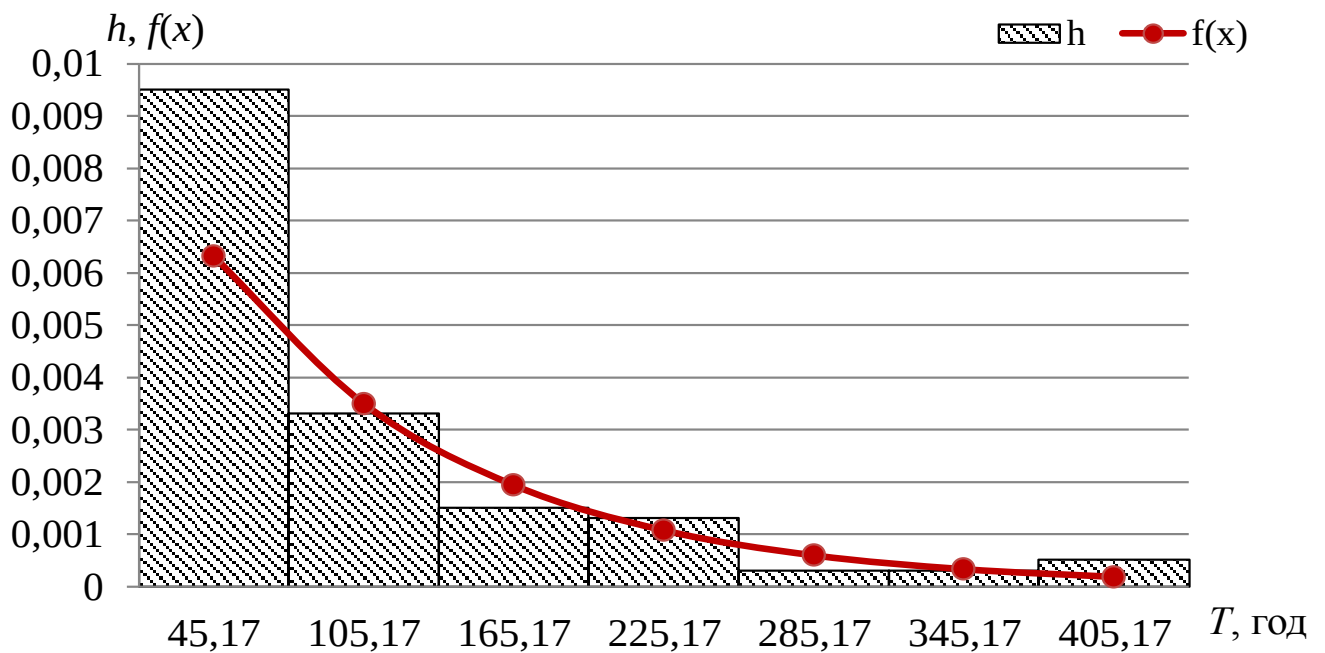


Рисунок В.78 – Гістограма та графік щільності ймовірності експоненціального розподілу для випадкової величини тривалості знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту відправлення протягом розрахункового періоду 2015 р.

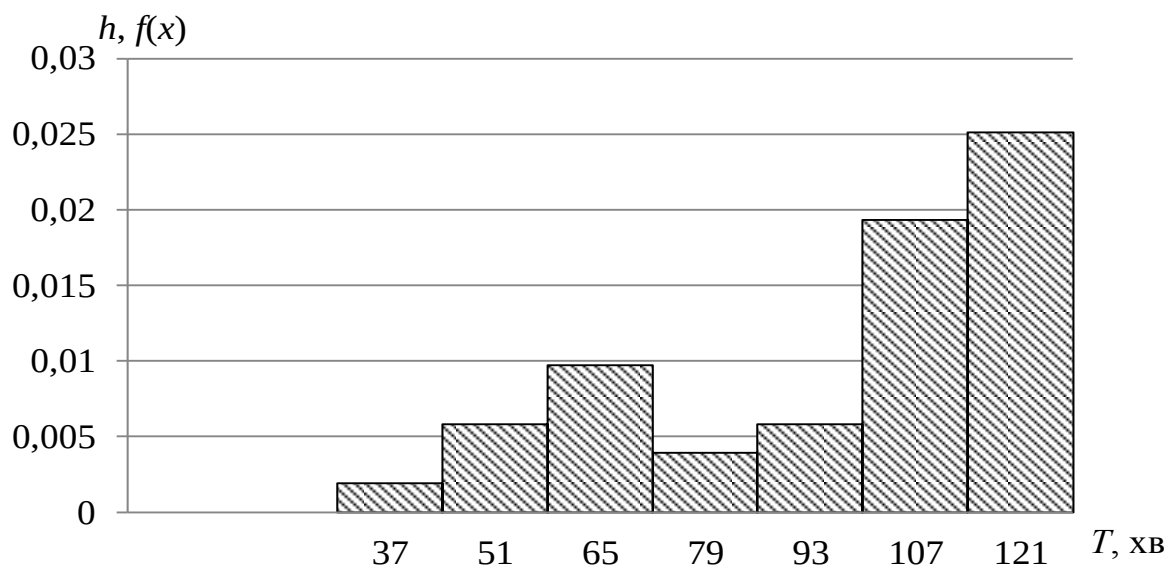


Рисунок В.79 – Гістограма ймовірності для випадкової величини тривалості знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до закінчення розформування протягом розрахункового періоду 2015 р.

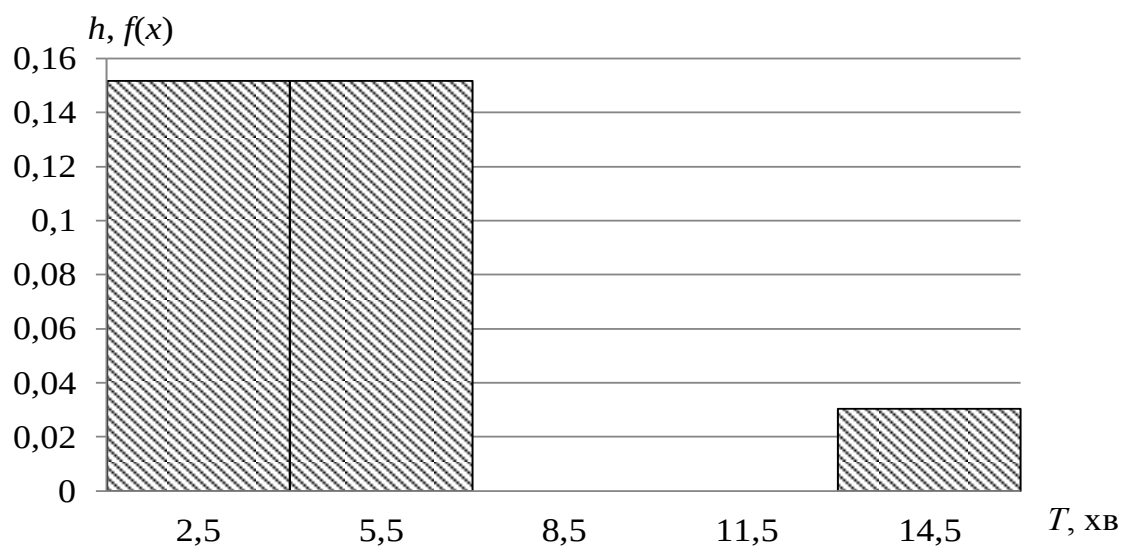


Рисунок В.80 – Гістограма ймовірності для випадкової величини тривалості знаходження груп вагонів на станції від моменту прибуття до моменту закінчення відчеплення від составу протягом розрахункового періоду 2015 р.

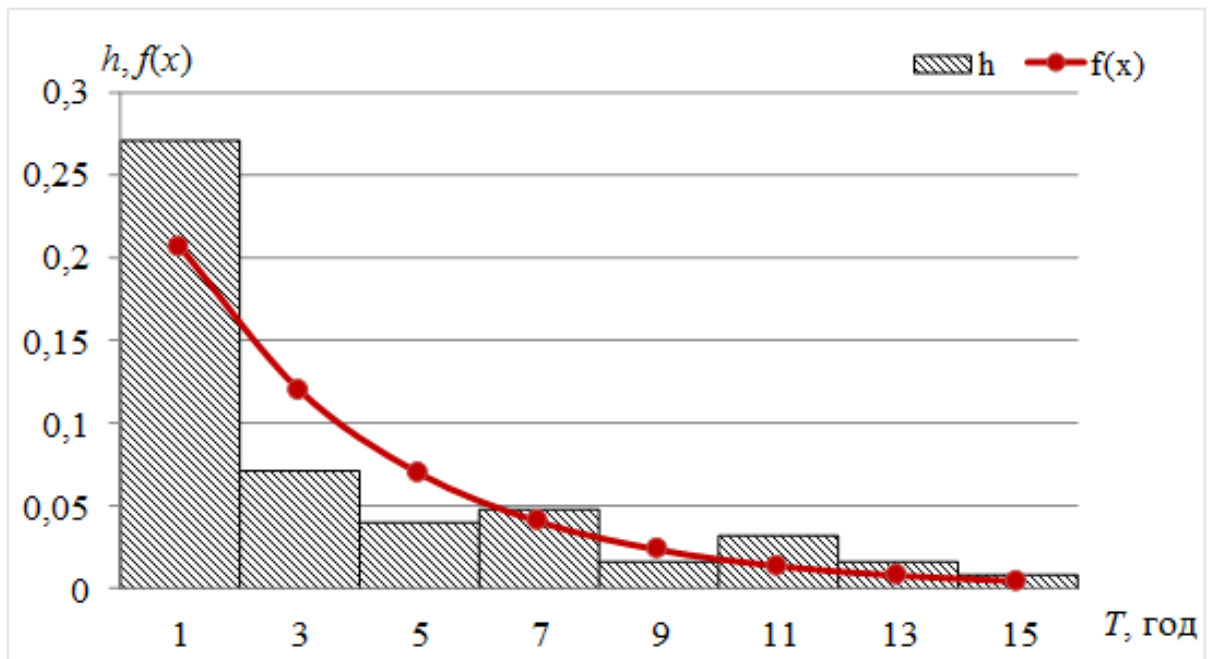


Рисунок В.81 – Гістограма та графік щільності ймовірності експоненціального розподілу для випадкової величини тривалості знаходження груп вагонів на станції від закінчення розформування (відчеплення від составу) до моменту передавання на ПК протягом розрахункового періоду 2015 р.

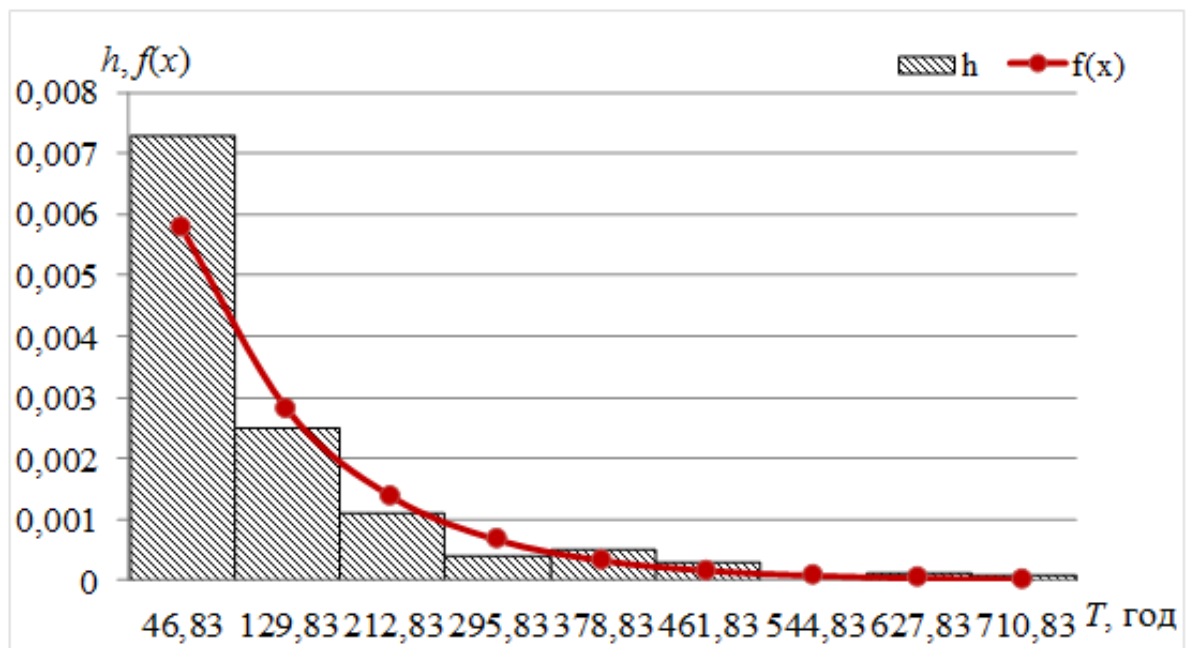


Рисунок В.82 – Гістограма та графік щільності ймовірності експоненціального розподілу для випадкової величини тривалості знаходження груп вагонів на станції від моменту передавання на ПК до моменту повернення з ПК протягом розрахункового періоду 2015 р.

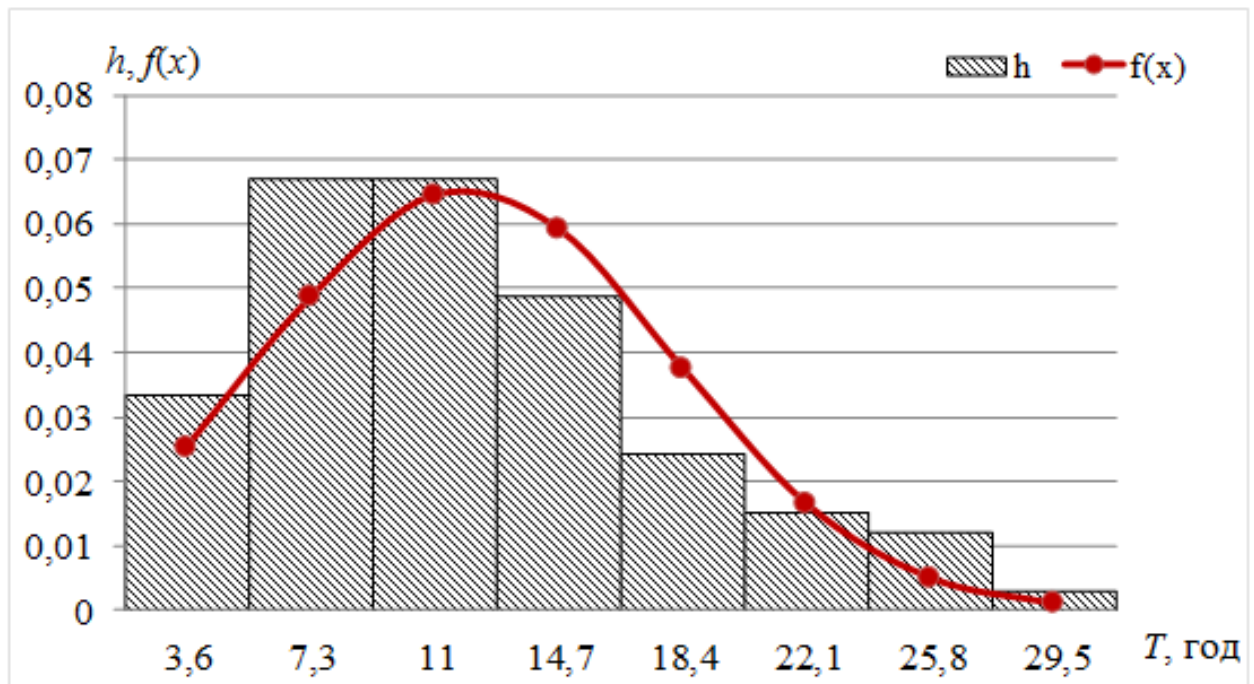


Рисунок В.83 – Гістограма та графік щільності ймовірності для випадкової величини тривалості знаходження груп вагонів на станції від моменту повернення з ПК до моменту відправлення зі станції протягом розрахункового періоду 2015 р.

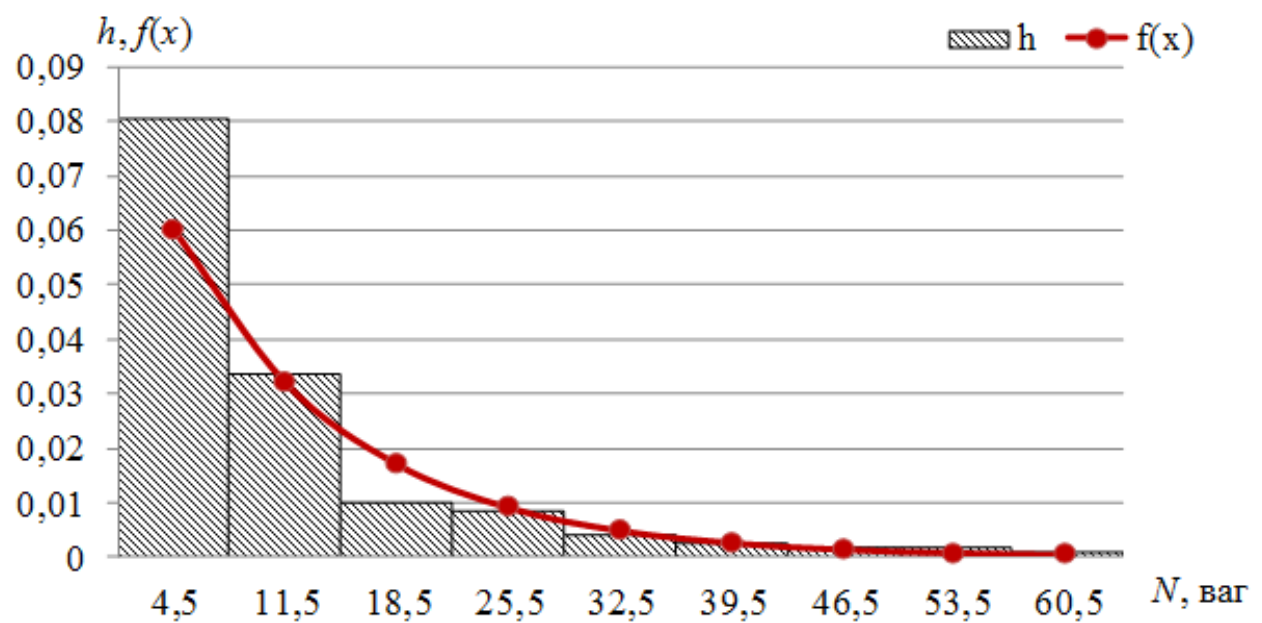


Рисунок В.84 – Гістограма та графік щільності ймовірності експоненціального розподілу для випадкової величини кількості вагонів у групі призначенням на ПК

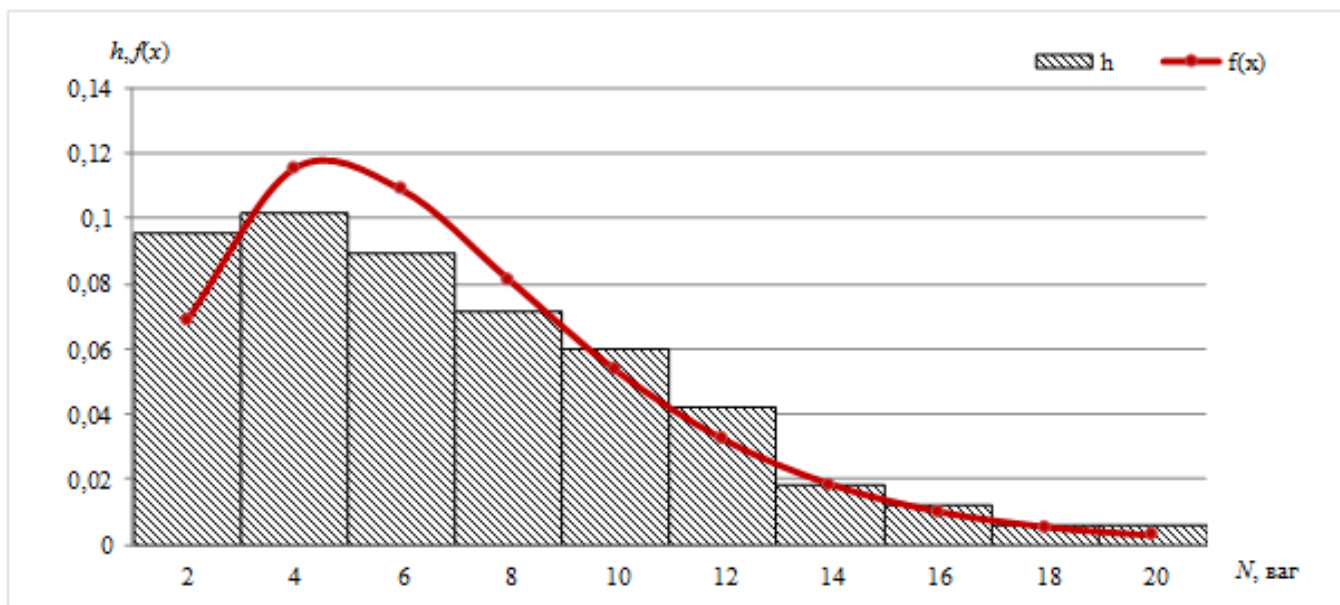


Рисунок В.85 – Гістограма та графік щільності ймовірності
гама-розподілу для випадкової величини кількості вагонів у групі
призначенням на ПК «Втормет»

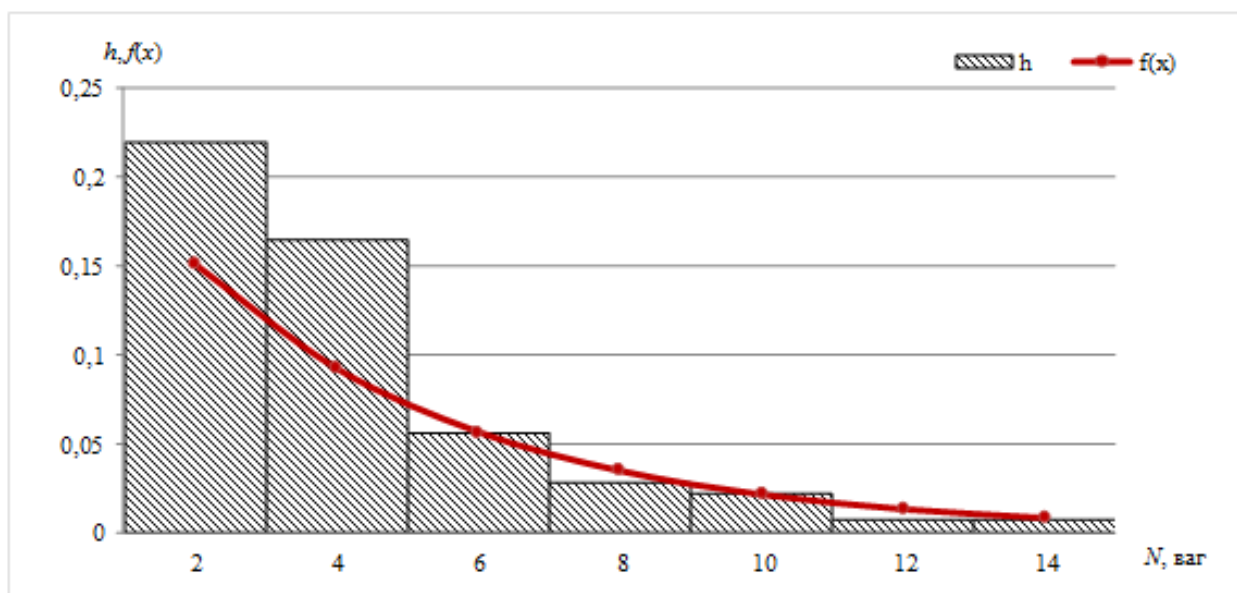


Рисунок В.86 – Гістограма та графік щільності ймовірності
експоненціального розподілу для випадкової величини кількості
вагонів у групі призначенням на ПК «Трубопрокатний завод»

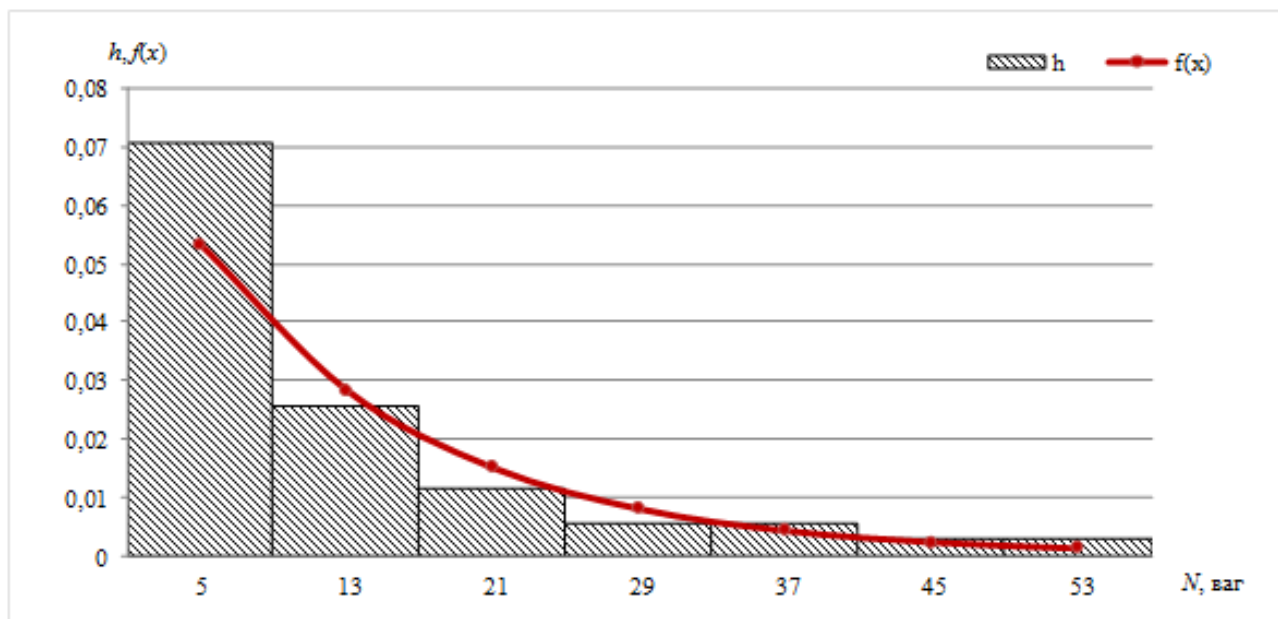


Рисунок В.87 – Гістограма та графік щільності ймовірності експоненціального розподілу для випадкової величини кількості вагонів у групі призначенням на ПК «Металургійний завод»

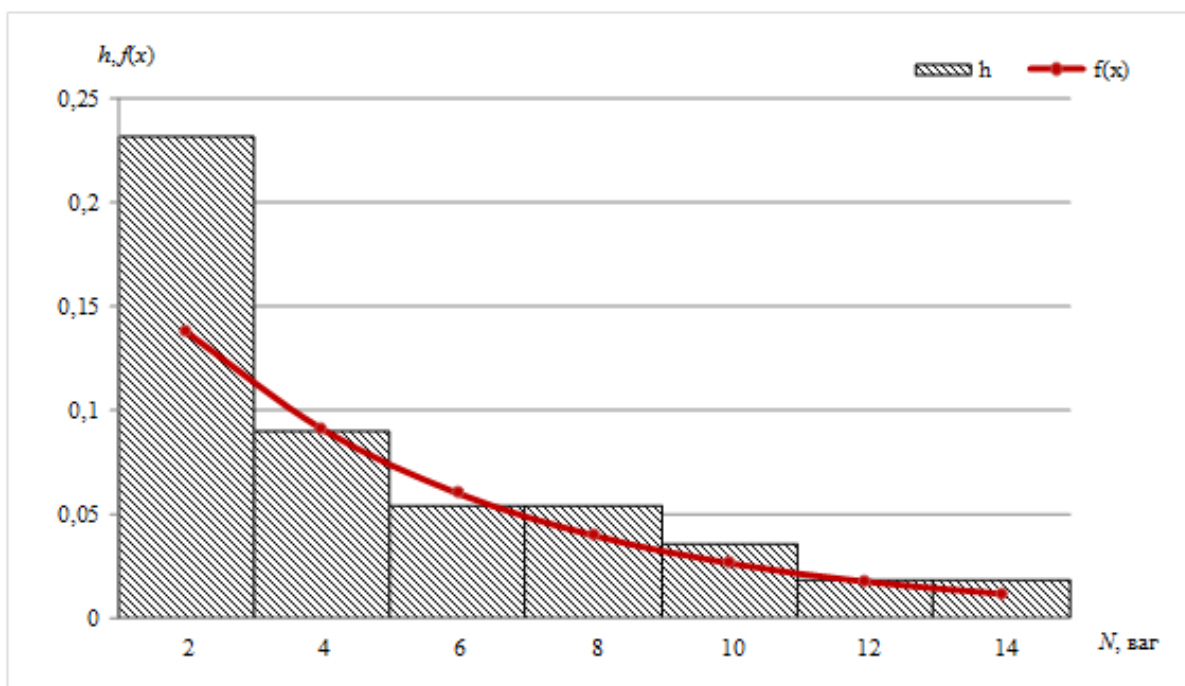


Рисунок В.88 – Гістограма та графік щільності ймовірності експоненціального розподілу для випадкової величини кількості вагонів у групі призначенням на ПК «Метизний завод»

Додаток Г

Регресійні моделі, які розглянуто у дисертаційній роботі

Під час дослідження розглянуто 40 типів однофакторних моделей:

1. $\hat{y} = b_0 + b_1x$.
2. $\hat{y} = b_0 + b_1x + b_2x^2$.
3. $\hat{y} = b_0 + b_1x^2$.
4. $\hat{y} = b_0 + b_1x^{0,5} + b_2x$.
5. $\hat{y} = b_0 + b_1x^{0,5}$.
6. $\hat{y} = b_0 + b_1x^3$.
7. $\hat{y} = b_0 + b_1e^x$.
8. $\hat{y} = b_0 + b_1e^{-x}$.
9. $\hat{y} = b_0(1+x)^{b_1}$.
10. $\hat{y} = b_0 + b_1e^x + b_2e^{x^2}$.
11. $\hat{y} = b_0 + b_1e^{-x} + b_2e^{-x^2}$.
12. $\hat{y} = b_0e^{\frac{b_1}{x}}$.
13. $\hat{y} = e^{b_0+b_1x}$.
14. $\hat{y} = e^{b_0+b_1x+b_2x^2}$.
15. $\hat{y} = b_0e^{\frac{b_1}{x}}e^{\frac{b_2}{x^2}}$.
16. $\hat{y} = b_0 + \frac{b_1}{x}$.
17. $\hat{y} = b_0 + \frac{b_1}{x} + \frac{b_2}{x^2}$.
18. $\hat{y} = \frac{1}{b_0 + b_1x}$.
19. $\hat{y} = \frac{1}{b_0 + b_1x^{0,5} + b_2x}$.
20. $\hat{y} = \frac{1}{1 - e^{b_0+b_1x+b_2x^2}}$.
21. $\hat{y} = \frac{1}{b_0 + \frac{b_1}{x}}$.
22. $\hat{y} = \frac{1}{b_0 + b_1x + b_2x^2}$.
23. $\hat{y} = \frac{1}{b_0 + b_1e^x}$.
24. $\hat{y} = \frac{1}{b_0 + b_1e^{-x}}$.
25. $\hat{y} = \frac{1}{b_0 + b_1e^x + b_2e^{x^2}}$.
26. $\hat{y} = \frac{1}{1 - e^{b_0+b_1x}}$.
27. $\hat{y} = \frac{1}{b_0 + b_1x^{0,5}}$.
28. $\hat{y} = \frac{1}{b_0 + b_1e^{-x} + b_2e^{-x^2}}$.
29. $\hat{y} = \frac{1}{b_0 + \frac{b_1}{x} + \frac{b_2}{x^2}}$.
30. $\hat{y} = \frac{1}{\ln(b_0 + b_1x)}$.

$$31. \hat{y} = \frac{1}{\ln(b_0 + b_1 x + b_2 x^2)}. \quad 32. \hat{y} = \frac{\sigma_v}{b_0 + b_1 x + b_2 x^2}. \quad 33. \hat{y} = \frac{\sigma_v}{b_0 + b_1 x}.$$

$$34. \hat{y} = \ln(b_0 + b_1 x + b_2 x^2). \quad 35. \hat{y} = \ln\left(b_0 + \frac{b_1}{x} + \frac{b_2}{x^2}\right). \quad 36. \hat{y} = e^{b_0 + b_1 \ln(x)}.$$

$$37. \hat{y} = \frac{1}{b_0 + b_1 \ln(x) + b_2 \ln(x^2)}.$$

$$38. \hat{y} = b_0 + b_1 \ln(x).$$

$$39. \hat{y} = b_0 + b_1 \ln(x) + b_2 \ln(x^2).$$

$$40. \hat{y} = e^{b_0 + b_1 \ln(x) + b_2 \ln(x^2)}.$$

Додаток Д

Показники роботи вантажних станцій промислового
залізничного транспорту

Д.1 Характеристика промислової вантажної станції П

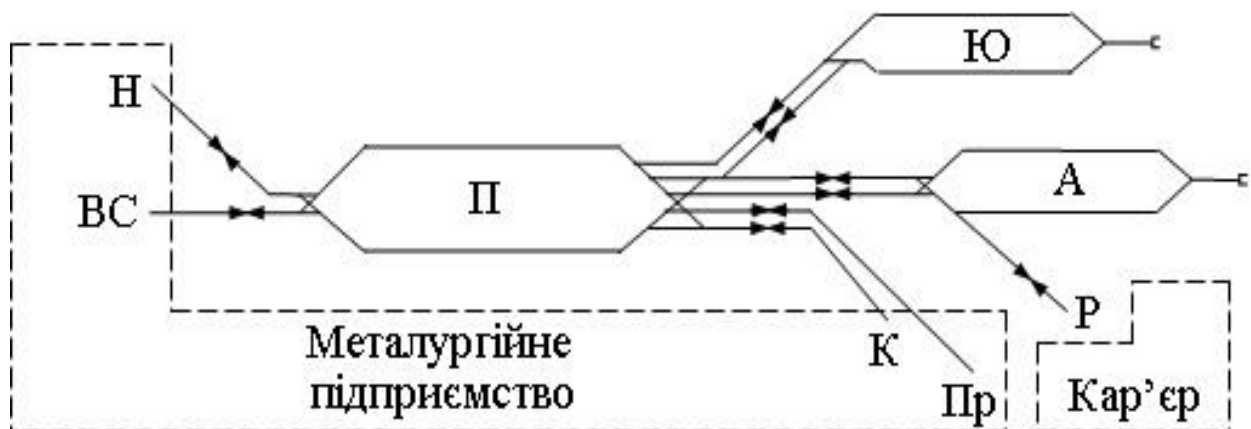


Рисунок Д.1 – Принципова схема району ГЗК, до складу якого
входить промислова вантажна станція П

Таблиця Д.1 – Поїздо- та вагонопотоки промислової станції П

З		На							
		ВС	Б	Н	А	Ю	Пр	К2	П
ВС	поїздів				7,0				
	вагонів				177,2				
Н	поїздів				8,9	2,3		1,7	0,1
	вагонів				141,4	26,0		22,3	1,2
А	поїздів			7,9		2,0		1,7	
	вагонів			89,7		12,0		33,8	201,8
Ю	поїздів			2,3	2,0		8,1		0,9
	вагонів			26,0	12,0		96,3		10,7
Пр	поїздів			0,5		6,2			1,2
	вагонів			3,9		88,4			12,2
К	поїздів			1,3	0,2	0,7			
	вагонів			10,0	6,7	7,9			
П	поїздів			0,5		0,9	1,2	0,5	
	вагонів			23,1		10,7	12,2	27,3	
Всього	поїздів	6,9		12,5	18,1	12,1	9,3	3,9	2,2
	вагонів	152,59		152,7	337,3	145	108,5	83,4	225,9

Таблиця Д.2 – Місткість колій промислової станції П

№ колій	Фактична спеціалізація колії	Місткість колії, вагонів
1	Для накопичення маршрутів ЗК	35
2	Для накопичення маршрутів ЗК	36
3	Для накопичення маршрутів ЗК	43
4	Для приймання порожніх аглохоперних вертушок зі станції Пр, виконання ТО та відправлення на станцію Ю	40
5	Для накопичення составів з різними видами вантажу	39
6	Колія «поточної» спеціалізації	31
7	Колія «поточної» спеціалізації	31
8	Колія «поточної» спеціалізації	21
9	Для відстою вагонів, що непридатні під навантаження ЗК	21
10	Для відстою вагонів, що непридатні під навантаження ЗК	21
11	Для відстою порожніх хоперів (дрібний ремонт і придатні під навантаження)	17
12	Колія «поточної» спеціалізації	30
13	Вагова	30
14	З'єднувальна	25
15	Навантажувальна	44
16	Навантажувальна	21
17	Розвантажувальна	25
19	Розвантажувальна	43

Д.2 Параметри функціонування промислової станції П

За даними вибірки, яку отримано у результаті натурних спостережень, побудовано статистичний ряд розподілу випадкової величини кількості составів із ЗК, які накопичено протягом доби (у табл. Д.3). Для кожного розряду визначено кількість влучань випадкової величини k_i , частоту (статистичну ймовірність) влучання випадкової величини b_i .

Інтервали надходження груп вагонів із ЗК у разі накопичення протягом доби від одного до чотирьох составів, які визначено у результаті натурних спостережень, наведено у табл. Д.4–Д.7.

Таблиця Д.3 – Розрахунок параметрів розподілу випадкової величини кількості составів із ЗК, які накопичено протягом доби

Кількість составів m_i	κ_i	b_i	$m_i b_i$
0	11	0,03	0,00
1	59	0,16	0,16
2	141	0,39	0,78
3	130	0,36	1,08
4	24	0,06	0,24
Всього	365	1,00	2,26

Таблиця Д.4 – Інтервали надходження груп вагонів, які завантажені ЗК, у разі накопичення протягом доби одного состава

x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i
119	302	208	73	182	312	280	208	151	302	117	254
268	252	227	271	98	169	437	200	253	120	312	173
229	176	144	508	356	355	70	332	365	224	404	169
246	222	154	221	469	224	151	348	268	183	220	296
204	224	295	310	196	303	379	279	358	221	67	270
70	223	412	216	139	337	123	206	65	204	138	127

Таблиця Д.5 – Інтервали надходження груп вагонів, які завантажені ЗК, у разі накопичення протягом доби двох составів

x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i
100	101	96	98	167	76	116	78	106	99	137	67
158	110	86	76	188	56	177	73	92	48	59	135
196	70	81	54	75	90	89	90	62	176	108	113
63	140	81	95	77	95	150	164	201	85	68	75
55	83	47	93	49	111	134	58	131	107	96	103
63	116	125	55	65	53	63	79	189	134	102	143
108	128	77	182	71	68	170	152	111	76	119	118
96	107	102	130	81	128	129	92	106	65	116	51
103	57	90	189	76	110	188	150	84	105	147	71
94	106	123	62	79	66	49	75	135	161	143	108
169	124	112	86	163	73	108	145	67	88	59	83
68	44	121	104	82	108	152	88	195	153	147	63
90	156	76	120	100	113	57	87	148	185	75	115
184	77	85	94	85	126	96	127	118	115	92	65

Таблиця Д.6 – Інтервали надходження груп вагонів, які завантажені ЗК, у разі накопичення протягом доби трьох составів

x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i
97	80	102	91	73	121	50	67	101	145	85	75
53	77	64	102	77	75	54	73	86	100	89	102
99	158	91	65	80	63	75	70	66	59	116	176
78	62	102	102	102	90	77	59	79	102	143	76
95	70	78	65	62	64	86	78	78	114	53	66
78	56	64	52	67	106	76	76	99	68	92	165
83	62	56	130	96	62	42	89	51	59	62	169
50	117	58	56	52	102	58	127	62	60	124	142
75	89	74	72	167	53	117	49	89	80	56	101
61	111	95	87	53	126	119	72	59	52	137	53
89	68	106	99	68	56	84	69	48	53	86	91
119	89	71	158	47	76	127	93	84	71	66	59
53	115	69	84	62	113	95	85	140			

Таблиця Д.7 – Інтервали надходження груп вагонів, які завантажені ЗК, у разі накопичення протягом доби чотирьох составів

x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i	x_i
49	37	46	48	52	63	103	58	58	31	74	73
46	63	58	68	66	67	79	52	49	73	52	39
32	64	30	44	42	57	61	82	47	33	73	71
59	86	78	83	53	67	57	90	62	32	32	40
50	67	58	53	42	66	40	79	82	69	53	28
94	44	31	34	38	55	51	62	45	46	97	28
62	58	83	38	53	48	63	66	95	75	94	102
59	92	77	78								

За даними вибірок побудовано статистичні ряди розподілу випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів із ЗК, які наведено у табл. Д.8–Д.11.

При цьому, інтервал групування прийнято однаковим для усіх розрядів і визначено за формулою [209]:

$$\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,2 \lg n}, \quad (\text{Д.1})$$

де $x_{\max}$, $x_{\min}$ – відповідно найбільше та найменше значення випадкової величини X .

Для кожного розряду визначено середні значення x_i , а також значення k_i та b_i .

Статистичні щільності ймовірності визначено за формулою [209]:

$$h_i = \frac{b_i}{\Delta x}. \quad (\text{Д.2})$$

Таблиця Д.8 – Розрахунок параметрів розподілу випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів у разі накопичення протягом доби одного состава

Розряд	x_i	κ_i	b_i	$x_i b_i$	$x_i^2 b_i$	h_i	$f(x)$
65 – 129	97	11	0,1528	14,81944	1437,486	0,0024	0,0016
129 – 193	161	12	0,1667	26,83333	4320,167	0,0026	0,0040
193 – 257	225	21	0,3056	68,75	15468,75	0,0048	0,0042
257 – 321	289	14	0,1944	56,19444	16240,19	0,003	0,0030
321 – 385	353	8	0,1111	39,22222	13845,44	0,0017	0,0016
385 – 449	417	3	0,0417	17,375	7245,375	0,0007	0,0007
449 – 513	481	3	0,0417	20,04167	9640,042	0,0007	0,0003
Всього		72	1,0	243,2361	68197,46		

Таблиця Д.9 – Розрахунок параметрів розподілу випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів у разі накопичення протягом доби двох составів

Розряд	x_i	κ_i	b_i	$x_i b_i$	$x_i^2 b_i$	h_i	$f(x)$
44 – 64	54	22	0,1310	7,071429	381,8571	0,0065	0,0049
64 – 84	74	35	0,2083	15,41667	1140,833	0,0104	0,0097
84 – 104	94	35	0,2083	19,58333	1840,833	0,0104	0,0113
104 – 124	114	30	0,1786	20,35714	2320,714	0,0089	0,0095
124 – 144	134	17	0,1012	13,55952	1816,976	0,0051	0,0065
144 – 164	154	13	0,0774	11,91667	1835,167	0,0039	0,0037
164 – 184	174	7	0,0417	7,25	1261,5	0,0021	0,0019
184 – 204	194	9	0,0536	10,39286	2016,214	0,0027	0,0009
Всього		168	1,0	105,5476	12614,10		

Таблиця Д.10 – Розрахунок параметрів розподілу випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів у разі накопичення протягом доби трьох составів

Розряд	x_i	κ_i	b_i	$x_i b_i$	$x_i^2 b_i$	h_i	$f(x)$
42 – 59	50,5	25	0,1634	8,251634	416,7075	0,0096	0,0082
59 – 76	67,5	43	0,2811	18,97059	1280,515	0,0165	0,0139
76 – 93	84,5	37	0,24181	20,43464	1726,727	0,0142	0,0140
93 – 110	101,5	22	0,1438	14,59477	1481,369	0,0085	0,0102
110 – 127	118,5	12	0,0784	9,294118	1101,353	0,0046	0,0059
127 – 144	135,5	7	0,0458	6,199346	840,0114	0,0027	0,0029
144 – 161	152,5	3	0,0196	2,990196	456,0049	0,0012	0,0012
161 – 178	169,5	4	0,0261	4,431373	751,1176	0,0015	0,0005
Всього		153	1,0	85,16667	8053,806		

Таблиця Д.11 – Розрахунок параметрів розподілу випадкової величини інтервалу надходження груп вагонів у разі накопичення протягом доби чотирьох составів

Розряд	x_i	κ_i	b_i	$x_i b_i$	$x_i^2 b_i$	h_i	$f(x)$
28 – 39	33,5	13	0,1477	4,948864	165,7869	0,0134	0,0089
39 – 50	44,5	16	0,1818	8,090909	360,0455	0,0165	0,0186
50 – 61	55,5	19	0,2159	11,98295	665,054	0,0196	0,0218
61 – 72	66,5	17	0,1932	12,84659	854,2983	0,0176	0,0179
72 – 83	77,5	12	0,1364	10,56818	819,0341	0,0124	0,0114
83 – 94	88,5	5	0,0568	5,028409	445,0142	0,0052	0,0061
94 – 105	99,5	6	0,0682	6,784091	675,017	0,0062	0,0028
Всього		88	1,0	60,25	3984,25		

[illegible]

Продовження таблиці Е.1

$N_{\text{ст}},$ колій	$m_{N,\text{п}},$ вагонів									
	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050
	$E_{\text{ст}}, \text{м}$									
	5205	5520	5840	6175	6515	6865	7230	7600	7975	8365
6	867,50									
7	743,57	788,57	834,29	882,14						
8	650,63	690,00	730,00	771,88	814,38	858,13				
9	578,33	613,33	648,89	686,11	723,89	762,78	803,33	844,44	886,11	
10	520,50	552,00	584,00	617,50	651,50	686,50	723,00	760,00	797,50	836,50
11	473,18	501,82	530,91	561,36	592,27	624,09	657,27	690,91	725,00	760,45
12	433,75	460,00	486,67	514,58	542,92	572,08	602,50	633,33	664,58	697,08
13	400,38	424,62	449,23	475,00	501,15	528,08	556,15	584,62	613,46	643,46
14	371,79	394,29	417,14	441,07	465,36	490,36	516,43	542,86	569,64	597,50
15	347,00	368,00	389,33	411,67	434,33	457,67	482,00	506,67	531,67	557,67
16	325,31	345,00	365,00	385,94	407,19	429,06	451,88	475,00	498,44	522,81
17	306,18	324,71	343,53	363,24	383,24	403,82	425,29	447,06	469,12	492,06
18	289,17	306,67	324,44	343,06	361,94	381,39	401,67	422,22	443,06	464,72
19		290,53	307,37	325,00	342,89	361,32	380,53	400,00	419,74	440,26
20			292,00	308,75	325,75	343,25	361,50	380,00	398,75	418,25

Продовження таблиці Е.1

$N_{\text{ст,}}$ колій	$m_{N,\text{п,}}$ вагонів		
	1600	1650	1700
	Є, м		
	13250	13745	14255
16	828,13	859,06	
17	779,41	808,53	838,53
18	736,11	763,61	791,94
19	697,37	723,42	750,26
20	662,50	687,25	712,75
21	630,95	654,52	678,81
22	602,27	624,77	647,95
23	576,09	597,61	619,78
24	552,08	572,71	593,96
25	530,00	549,80	570,20
26	509,62	528,65	548,27
27	490,74	509,07	527,96
28	473,21	490,89	509,11
29	456,90	473,97	491,55
30	441,67	458,17	475,17
31	427,42	443,39	459,84
32	414,06	429,53	445,47
33	401,52	416,52	431,97
34	389,71	404,26	419,26
35	378,57	392,71	407,29
36	368,06	381,81	395,97
37	358,11	371,49	385,27
38	348,68	361,71	375,13
39	339,74	352,44	365,51
40	331,25	343,63	356,38
41	323,17	335,24	347,68
42	315,48	327,26	339,40
43	308,14	319,65	331,51
44	301,14	312,39	323,98
45	294,44	305,44	316,78
46		298,8	309,89
47			303,30
48			296,98

Таблиця Е.2 – Кількість станційних колій, яка забезпечує одночасне розташування на них і на ПК максимальної кількості вагонів, відповідно до ємності та розмірів вагонопотоків, які переробляються на ВС

$N_{\text{ст}},$ колій	$E_{\text{ст}},$ м	$m_{N.п.},$ вагонів	$N_{\text{ст}},$ колій	$E_{\text{ст}},$ м	$m_{N.п.},$ вагонів	$N_{\text{ст}},$ колій	$E_{\text{ст}},$ м	$m_{N.п.},$ вагонів	$N_{\text{ст}},$ колій	$E_{\text{ст}},$ м	$m_{N.п.},$ вагонів
4...8	2565	100	6...16	4900	550	10...26	7975	1000	14...39	11805	1450
4...9	2790	150	7...17	5205	600	10...27	8365	1050	15...40	12275	1500
4...10	3020	200	7...18	5520	650	11...29	8765	1100	16...42	12755	1550
4...10	3260	250	7...19	5840	700	11...30	9170	1150	16...44	13250	1600
5...11	3510	300	8...20	6175	750	12...31	9585	1200	17...45	13745	1650
5...12	3770	350	8...21	6515	800	12...33	10015	1250	17...47	14255	1700
5...13	4035	400	9...22	6865	850	13...34	10450	1300			
6...14	4315	450	9...24	7230	900	13...36	10895	1350			
6...15	4605	500	9...25	7600	950	14...37	11340	1400			