

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

Кириченко Ганна Іванівна



УДК 656.078.12

**МЕТОДОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ НАУКОВО-
ОБҐРУНТОВАНОЇ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ
ПРОЦЕСАМИ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту
05 – технічні науки

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному університеті інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Петрашевський Олег Львович,
Національний транспортний університет Міністерства освіти і науки України, професор кафедри аеропортів, м. Київ

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Козаченко Дмитро Миколайович,
Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України, професор кафедри управління експлуатаційною роботою, м. Дніпро

доктор технічних наук, професор
Мачалін Ігор Олексійович,
Національний авіаційний університет Міністерства освіти і науки України, професор кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем, м. Київ

доктор технічних наук, професор
Огар Олександр Миколайович,
Український державний університет залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри залізничних станцій та вузлів, м. Харків

Захист відбудеться «14» травня 2021 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.110.01 у Державному університеті інфраструктури та технологій за адресою: 04071, м. Київ, вул. Кирилівська, 9, ауд. 208.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного університету інфраструктури та технологій за адресою: 04211, м. Київ, пр. Героїв Сталінграда, 2.

Автореферат розіслано «13» квітня 2021 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 26.110.01
доктор філософії



О. М. Коломієць

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Забезпечення експлуатаційної надійності рухомого складу залежить від технологій перевізного процесу на станціях та виконання графіка руху поїздів на дільницях. Система управління залізницею, що спрямована на ефективне використання рухомого складу, пов'язана з досягненням цілей експлуатаційної роботи, а саме: здійснення максимальних обсягів перевезення за оптимальних значень якісних показників.

Основою розрахунку показників є нормативно-технологічні документи, що розроблюються на тривалий час, але вони не враховують поточних умов експлуатаційної роботи, тому завдання на виконання показників не забезпечує ефективності діяльності в реальних обставинах. Крім того, диспетчерський апарат, що реалізує управління, не володіє прогнозом подій та не має засобів контролю ефективного використання рухомого складу. Водночас нормативні документи, технологічні процеси роботи станцій є базою для прогнозування реального ходу перевезення та визначення відхилень від встановлених норм. Врахування впливу умов поточного експлуатаційного процесу необхідно для підвищення рівня технологічної надійності функціонування залізниці.

Один із найважливіших показників функціонування системи, який враховується під час визначення надійності залізничної системи такий, як обіг вагону, не відображає якості роботи підрозділів. Одним із підсумкових показників експлуатаційної надійності роботи транспортної системи є термін доставки вантажів, дотримання якого не контролюється наразі через відсутність відповідних методів та інструментів оперативного управління.

Найближчим часом ситуацію буде ускладнювати й поява нових перевізників, конкуруючих компаній-учасників процесу доставки вантажів. Ці зміни в експлуатаційній діяльності передбачено інтеграцією транспортної мережі України з Європейським Союзом відповідно до Регламенту (ЄС) 913/2010 Європейського Парламенту та Ради від 22 вересня 2010 року. Дійсна система управління не враховує присутності інших суб'єктів – учасників технологічних процесів перевезення на залізницях країни.

Розв'язання науково-прикладної проблеми підвищення ефективності експлуатації рухомого складу відповідає завданням Національної транспортної стратегії на період до 2030 року, де зазначено про відсутність дієвих систем контролю за ефективністю прийняття управлінських рішень, відсутність критеріїв та показників оцінювання якості надання транспортних послуг.

Дотримання технологічних термінів для десятків тисяч транспортних засобів, що функціонують на розгалуженій мережі залізниць України, яка містить близько тисячі залізничних станцій, десятки локомотивних депо та сотні пунктів огляду й ремонту вагонів, є неможливим без застосування сучасних інформаційних технологій та систем підтримки прийняття рішень. Чинна система управління залізничними перевезеннями базується на використанні інформації про події з об'єктами управління, що вже відбулися. Планування завдань здійснюється за старими балансовими методами, в організації перевезень застосовуються підходи, що базуються на евристичних методах, власному досвіді управлінців та дисципліні виконання наказів.

Важливість і невирішеність всіх перелічених факторів під час перевезення вантажів становлять актуальну науково-прикладну проблему підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів шляхом розробки методології технологічно-інформаційного моделювання послідовності дій оперативного управління технологічними процесами. Її розв'язання вимагає дослідження цілої низки складних науково-прикладних завдань, поєднання їх розв'язань у єдину систему взаємопов'язаної методології.

Зв'язок роботи з науковими програмами планами, темами. Робота виконана відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року (розп. КМУ від 30 травня 2018 р. № 430-р), а також відповідно до Регламенту (ЄС) 913/2010 Європейського Парламенту та Ради від 22 вересня 2010 року, стосовно Європейської залізничної мережі для конкурентоздатності вантажних перевезень. Наукові результати отримано під час виконання держбюджетних науково-дослідних робіт, зокрема: «Технологічні засади функціонування логістичного центру залізничного транспорту» (державний реєстраційний номер – 0110U006978), «Розробка методів та оптимізаційних моделей управління в нових умовах взаємодії з клієнтом» (державний реєстраційний номер – 0112U002440), «Розробка методики формування графіків доставки вантажів та функцій контролю виконання умов договорів при автоматизації перевізного процесу» (державний реєстраційний номер – 0112U003672), у яких автор є виконавцем та автором звітів, та «Дослідження системи управління процесами доставки вантажу при мультимодальних перевезеннях залізницями України у напрямку Китай – ЄС» (ID:61681 21.08.2016 (03049-1)), у якій автор є керівником проекту.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту, забезпечення надійності технологічних процесів шляхом безпечного впровадження показників якості експлуатаційної діяльності з використанням розробленої методології технологічно-інформаційного моделювання послідовності дій оперативного управління технологічними процесами залізниць при формуванні інструментів оперативного контролю виконання технологічних процесів, прогнозуванні часу операцій технологічних процесів та ідентифікації проблемних ланок для прийняття управлінського впливу.

Для досягнення вказаної мети в роботі поставлені такі наукові завдання:

- проаналізувати сучасний стан розвитку теоретичних й експериментальних досліджень систем управління засобами транспорту у сфері перевезення вантажів, класифікувати методи координації між видами транспорту та дослідити концептуальну повноту нормативної бази, що застосовується в системах управління технологічними процесами, розробити нові поняття й терміни;

- розробити емпіричну базу дослідження проблем управління технологічними процесами з урахуванням аналізу методів обліку невчасної доставки вантажів клієнтам, використання нових принципів укладання договорів між клієнтом і залізницею та умов функціонування системи моніторингу;

- удосконалити метод концептуально-логічного проектування технологічних переходів під час управління технологічними процесами доставки вантажів та розробити логіко-семантичні моделі для визначення часу подій під час перевезення

на основі сценаріїв доставки вантажів залізницею;

– розробити адаптивну модель оцінки якості виконання технологічного процесу учасниками доставки вантажу з використанням нечітких множин та метод визначення частки впливу роботи транспортних підрозділів, видів транспорту на загальний обіг вагону й час доставки вантажу;

– розробити схему та засоби імітаційного моделювання технологічних процесів доставки вантажу з використанням та без використання нечіткого управління;

– розробити функціональну структуру програмного комплексу системи управління технологічними процесами доставки вантажів в автоматизованій системі залізниці;

– розробити концепцію впровадження автоматизованої системи диспетчерського управління процесами доставки вантажів в інформаційному просторі мультимодальної залізничної компанії «ЦТС «Ліски».

Об'єкт дослідження – процеси управління експлуатацією транспортних засобів на залізничному транспорті.

Предмет дослідження – методологія технологічно-інформаційного моделювання управління технологічними процесами на залізничному транспорті.

Методи дослідження. Дослідження процесів управління виконувалося із застосуванням загальнонаукових методів аналізу, синтезу, порівняння, абстрагування, конкретизації під час дослідження експлуатаційних технологічних процесів; методів системного аналізу – під час дослідження процесів управління; методу таксономії – під час розроблення класифікації методів координації між видами транспорту за ознакою охоплення етапів перевезення.

Застосовувалися такі методи моделювання: концептуальний – під час дослідження застосовності сценаріїв для прогнозування технологічних процесів; математичний – під час дослідження можливості визначення частки впливу ланки технологічного процесу на загальний результат; нечіткий – під час дослідження часу доставки вантажу та побудови нечіткого регулятора, статистичний – під час дослідження характеристик суб'єктів експлуатаційної діяльності; імітаційний – під час дослідження принципів безпечного впровадження засобів управління технологічними процесами; інфологічне моделювання – під час опису процесів моніторингу.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі отримано нове рішення важливої науково-прикладної проблеми підвищення ефективності експлуатації рухомого складу шляхом розробки методології технологічно-інформаційного моделювання послідовності дій оперативного управління технологічними процесів експлуатації. У дисертаційних дослідженнях:

1. **Вперше** розроблено метод прогнозу надійності технологічних процесів експлуатації транспортних засобів, **що на відміну** від існуючих враховує уніфіковане оцінювання значень експлуатаційного відхилення відповідно до запропонованої категоризованої шкали, **що дозволяє** визначити якісну властивість експлуатаційного процесу **за рахунок** впровадження нечіткої моделі прогнозу експлуатаційних відхилень від встановлених нормативами контрольних-часових точок.

2. **Вперше** розроблено науково-обґрунтовану стратегію управління технологічними процесами експлуатації, **що відрізняється** від відомих формуванням управлінського впливу на підставі відхилень та актуальних статистичних параметрів операційного механізму, **що дозволяє** впроваджувати показники якості експлуатаційної діяльності при виконанні технологічних процесів залізниці **за рахунок** функціонування нечіткого регулятора системи управління доставкою вантажів.

3. **Вперше** запропоновано узагальнену класифікацію методів координації між видами транспорту, **яка відрізняється** від існуючих наявністю ознаки охоплення етапів перевезення доставки вантажів, **що дозволяє** узагальнювати та уніфікувати підходи до визначення напрямів підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів **за рахунок** аналізу часу перебування вагона під певним етапом повного циклу управління.

4. **Вперше** розроблено метод підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів, **що на відміну** від існуючих методів враховує вплив експлуатаційних факторів **та дозволяє** відійти від умовного розрахунку показників за формулами й визначити частку впливу роботи транспортних підрозділів, видів транспорту на загальний обіг вагона та час доставки вантажу **за рахунок** використання поточних характеристик системи.

5. **Набув подальшого розвитку** метод інформаційного моніторингу технологічних процесів експлуатації, **який на відміну** від існуючого враховує поточні експлуатаційні характеристики транспортних засобів залізниці у якості концептів моделей, **що дозволяє** визначати час відхилення від встановлених норм технологічних процесів перевезень залізничним транспортом.

Практичне значення результатів дослідження. Застосування запропонованої методології технологічно-інформаційного моделювання управління технологічними процесами доставки вантажів на залізничному транспорті забезпечує розв'язання проблем практики експлуатаційної діяльності в частинах: формування інструментів оперативного контролю виконання технологічних процесів; прогнозування часу операцій технологічних процесів із надійністю прогнозу значення відхилення для проміжних станцій більш ніж 89 %, для відхилення на кінцевій станції – 78 %; ідентифікації проблемних ланок для прийняття управлінського впливу, що дозволяє зменшувати відхилення показників виконання технологічного процесу у 2,2 рази.

Впровадження методології технологічно-інформаційного моделювання у експлуатаційні процеси забезпечує зменшення терміну доставки вантажу на 10-12%.

Результати дисертаційних досліджень впроваджено:

1. Акціонерним товариством «Укрзалізниця» у практику технологічних питань функціонування логістичного центру залізничного транспорту і контролю за доставкою вантажів при обслуговуванні клієнтів залізниць України.

2. Департаментом комерційної роботи акціонерного товариства «Укрзалізниця» під час розроблення структури, основних завдань та функцій логістичного центру залізничного транспорту; під час розроблення плану розвитку філії «Центр транспортного сервісу «Ліски» положення концепції створення національної мультимодальної компанії та схеми інтеграції АРМ диспетчера з контролю доставки вантажів, «Система контролю процесів доставки вантажів при обслуговуванні

клієнтів залізниці» в АСК ВП УЗ-Є, що функціонує на мережі залізниць України.

3. Транспортно-експедиторською компанією ТОВ «Сістем Транс Логістик» при розробленні автоматизованої системи контролю норм використання рухомого складу у процесі перевезень залізницею.

4. Українською логістичною асоціацією УЛА при розробленні планів розвитку логістичного ринку України для підвищення рівня логістичних послуг у процесі доставки вантажів залізницею.

5. Транспортно-експедиторською компанією ТОВ «Квадроцентр» у роботу диспетчерської служби під час визначення частки впливу роботи транспортних підрозділів на обіг вагона та час доставки вантажу.

6. Результати дисертаційного дослідження використовуються в навчальному процесі кафедри технологій транспорту та управління процесами перевезень, а також Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Державного університету інфраструктури та технологій (ДУІТ) під час підготовки фахівців з організації перевезень на залізничному транспорті.

Впровадження підтвержені відповідними актами.

Достовірність отриманих результатів підтверджується їх несуперечливістю й узгодженістю зі знаннями експертного середовища та забезпечується дотриманням методології наукового дослідження, використанням нормативної й технічної документації для концептуального моделювання, достовірних даних корпоративної інформаційної системи для статистичного моделювання та оцінювання, застосуванням надійних алгоритмів і ліцензійного програмного забезпечення.

Особистий внесок здобувача. Всі результати, викладені в дисертаційній роботі, отримано автором самостійно. У наукових статтях, опублікованих із співавторами, особистий внесок полягає в такому: у [1] виконано постановку завдання, розроблення моделей процесу взаємодії з клієнтами залізниці, аналіз характеристик процесу, збір початкових даних; у [2] виконано постановку завдання, формалізацію процесу надходження вагонів, розроблення моделі динамічного програмування, збір початкових даних; у [3] проведено аналіз характеристик процесу, здійснено постановку завдання, розроблено алгоритм імітаційного моделювання, зібрано початкові дані; у [4] виконано постановку завдання, розроблення алгоритму розподілення порожніх вагонів під навантаження; у [6] виконано постановку завдання, розроблення та реалізацію моделі обробки інформації автоматизованого визначення обліку часу; у [8] виконано постановку завдання, розроблено нові принципи та засоби контролю за доставкою вантажів; у [9] виконано постановку завдання, збір початкових даних, їх статистичне оброблення; у [10] проведено аналіз якості даних перевізних документів в АС, постановку та формалізацію завдання, збір початкових даних, їх статистичну оброблення; в [11] здійснено формалізацію завдання для залізниці, розроблення моделі моніторингу, напрямів інтеграції з АСК ВП УЗ-Є; у [12] взято участь у постановці завдання, розробленні принципових схем впровадження методу; у [13] – розроблення структурної схеми інформаційного моніторингу, участь у розробленні термінологічної бази; у [14] виконано постановку завдання, розроблення моделі оброблення інформації автоматизованого визначення обліку часу; у [15] розроблено функції та структури логістичного центру УЗ; у [17] розроблено метод контрольної-

часових точок доставки вантажів; у [18] виконано опис діючих алгоритмів в автоматизованій системі сортувальної станції; у [19] розроблено сценарії та концепти моделі взаємодії учасників доставки вантажу; у [20] виконано опис технології та розроблення схеми обміну інформацією між учасниками перевізного процесу; у [21] взято участь у розробленні моделей та сценаріїв подій під час доставки вантажу; у [23] виконано постановку завдання, формалізацію процесів, розроблення сценаріїв та алгоритму завдання; у [25] виконано постановку завдання, опис алгоритмів формування технологічних документів в АС станції; у [26] виконано постановку та формалізацію завдання, аналіз процесу, взято участь у розробленні моделі прогнозу доставки вантажів та імітаційному моделюванні; у [27] здійснено постановку та формалізацію завдання, аналіз процесу, розроблення сценаріїв та концептів моделі прогнозу та алгоритму реалізації моделі; у [28] виконано постановку завдання та визначення функцій національної мультимодальної компанії; у [29] взято участь у постановці завдання та аналізі процесів; у [30] взято участь у розробленні положень; у [32] виконано постановку завдання, розроблення методу складання графіка та технології доставки вантажів.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися, обговорювалися та були схвалені на таких конференціях:

– Міжнародні науково-практичні конференції «Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики» (Київ, 2002-2005, 2011, 2012);

– I науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління» (Київ, 2003);

– Міжнародні науково-практичні конференції «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті» (Судак, 2007, 2012);

– Міжнародні науково-практичні конференції «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (Дніпропетровськ, 2007, 2009, 2010, 2012, 2016);

– Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, 2010);

– Науково-практичні конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» (Київ, 2011, 2013);

– наукові конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ (Київ, 2012-2015);

– Міжнародна науково-практична конференція «Современные проблемы развития интеллектуальных систем транспорта» (Дніпропетровськ, 2014);

– 75 міжнародна науково-практична конференція «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта» (Дніпропетровськ, 2015);

– III міжнародна науково-практична конференція «Modern Scientific Achievements and Their Practical Application» (Дубаї, ОАЕ, 2017);

– Міжнародна науково-технічна конференція «Технології та інфраструктура транспорту» (Харків, 2018);

– Міжнародна науково-практична конференція «Перспективи розвитку технічних наук у країнах ЄС та в Україні» (Влоцлавек, Республіка Польща, 2018);

– Міжнародна науково-практична конференція «Тихомировские чтения: инновационные технологии перевозочного процесса» (Гомель, Білорусь, 2018).

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковано у 29 наукових працях (зокрема 5 одноосібних), а саме: 8 робіт – у закордонних виданнях, 4 роботи включено до міжнародних наукометричних баз (3 – Scopus, 1 – Web of Science Core Collection), 22 статті опубліковано в наукових фахових виданнях України, зокрема 5 – без співавторів; додатково опубліковано 3 статті в періодичних виданнях України (1 – без співавторів); 27 праць апробаційного характеру, з них 16 – без співавторів.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації складає 347 сторінок, у тому числі 272 сторінки основного тексту, 69 рисунків, 26 таблиць. Список використаних джерел складається із 325 найменувань на 38 сторінках. Додатки викладені на 41 сторінці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтовано актуальність дослідження, сформульовано мету та наукову проблему дисертації, показано зв'язок роботи з науковими темами і програмами, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію щодо кількості публікацій, апробацію та впровадження основних результатів дослідження, виділено особистий внесок здобувачки в опублікованих працях зі співавторами.

У *першому розділі* проведено аналіз світової теорії та практики управління технологічними процесами перевезеннями вантажів і підвищення ефективності експлуатації рухомого складу. Проблемою вдосконалення системи управління технологічними процесами на залізниці науковці займаються вже тривалий час. Теорія управління експлуатаційною діяльністю розвинулася та видозмінилася з появою обчислювальної техніки на залізницях. Розроблення нормативних та технологічних документів, яке починалося з методів розрахунку та складання вручну, як-от розроблення плану формування за допомогою таблиць О. П. Петрова, наразі здійснюється тільки в автоматизованих системах. За цей час багато науковців-класиків таких, як В. М. Акулінічев, К. А. Бернгард, В. Г. Галабурда, П. С. Грунтов, Ф. П. Кочнев, В. А. Кудрявцев, А. М. Макарович, В. А. Персіанов, В. І. Повороженко, Г. Поттгофф, Е. А. Сотніков, А. В. Попсуев, А. Г. Тиличенко, І. Г. Тихомиров зробили внесок у розвиток системи управління експлуатаційною діяльністю залізниці.

Їх роботи заклали основи сучасних раціональних методів організації вагонопотоків, управління перевезеннями, вдосконалення систем нормування показників роботи залізниці, ефективного використання рухомого парку та оптимізації взаємодії із суміжними видами транспорту. З впровадженням ІТ в експлуатаційні процеси змінилася парадигма управління. Ще з появою перших ЕОМ 50 років тому представники Білоруської наукової школи І. Г. Тихомиров та П. С. Грунтов вводять нове для експлуатаційної діяльності визначення «управління технологічними процесами» та подають шляхи реалізації за допомогою

відеотермінальних пристроїв, що функціонували в той час; згодом започатковується теорія експлуатаційної надійності перевізного процесу та використовується поняття оцінки функціонування технологічних систем.

За минулий відрізок часу експлуатаційна транспортна наука і практика отримала значний розвиток. В останні десятиріччя проблемами вдосконалення систем управління вантажними перевезеннями присвятили праці такі науковці, як Є. С. Альошинський, В. І. Бобровський, В. І. Богом'я, Т.В. Буцько, Р. В. Вернигора, В. І. Гаврилюк, В. В. Габа, І. В. Жуковицький, Д. М. Козаченко, О. В. Лаврухін, Д. Ю. Левін, М. І. Данько, Д. В. Ломотько, В. І. Мацюк, В. К. Мироненко, Ю. О. Муха, С. В. Мямлін, Є. В. Нагорний, В. Я. Негрей, Н. С. Нестерова, О. М. Огар, А. М. Огороков, В. В. Панін, С. В. Панченко, А. В. Прохорченко, Г. П. Петраков, Н. В. Правдин, В. В. Скалозуб, О. Г. Стрелко, С. Ю. Цейтлін, Н. Б. Чернецька-Білецька, А. Г. Черняев, І. Н. Шапкін, Н. Ю. Шраменко, П. О. Яновський, D. Teodorovic, Rebecca Haehn, Erika Ábrahám, Nils Nießen, Fairouz Gouiza, Francesco Pilati, Lorenzo Castelli, V'it Proch'azka, Sangrawee Witoonpan та інші.

Науковцями розглядаються різні аспекти експлуатаційної роботи, вдосконалюються рішення окремих найважливіших завдань, пропонуються нові сучасні методи управління системою перевезень та сучасні технології, розроблено нові методи оцінювання експлуатаційної надійності дільниць транспортної системи. Однак проблема комплексної організації ТП перевезень досліджена недостатньо. Цілісна концепція управління ТП перевезення перебуває на стадії формування, хоча її окремі наукові сегменти розроблені на високому рівні. ТП підрозділів залізниці, ЄТП роботи залізниці і підприємств та нормативні документи, на яких базується організація експлуатаційної роботи діяльності, не ув'язані в один комплекс з оперативною діяльністю, що пов'язана з контролем процесів оброблення поїздів та вагонів. Науковцями достатньо повно розроблено методи та технології ідентифікації вагонів і поїздів у процесах перевезення, але шляхи вдосконалення оперативного управління на основі даних про стан об'єктів ТП майже не досліджувалися. Як зазначено у працях, наявні технології не дозволяють забезпечити точність перевезень вантажів.

Фахівцями низки європейських залізниць на практиці використовуються елементи управління ТП, такі, як підготовка індивідуального розкладу руху на підставі інформації про стан інфраструктури під онлайн-замовлення ниток поїздів; здійснюється управління ТП сортувальних станцій під час використання технології бронювання місць для вагонів у поїздах, що свідчить про нагальну потребу розроблення комплексу управління ТП залізниці.

Технологічний процес доставки вантажу від етапу планування до етапу отримання вантажу власником відбувається із взаємодією з клієнтами залізниці та іншими видами транспорту. У дослідженні розглянуто методи координації ТП у місцях взаємодії залізничного транспорту та припортових вузлів, на прикордонних передавальних станціях, на станціях примикання до промислових центрів та здійснена класифікація методів за ознакою повноти охоплення етапів повного циклу перевезення. Жоден з методів, відомий наразі, не охоплює всього циклу перевезення від стадії планування до доставки вагонів та вантажів у місце призначення.

Класифікація проілюструвала необхідність розвитку методів управління перевезеннями, що охоплюють повний цикл доставки вантажу.

Зміна парадигми управління експлуатаційною роботою, що дозволить оперувати формалізованими знаннями, пов'язана значною мірою зі зміною понять та термінології. Більшість термінів та їх визначення в області транспортної системології створювалися в 60-70-х роках минулого століття. Тезаурус залізничних перевезень складався ще на сотню років раніше. Теоретичні й емпіричні дослідження у сфері транспорту зумовили необхідність перегляду термінологічної системи. У розділі представлено означення нової термінології, яка застосовується під час синтезу сучасних АСУ ТП доставки вантажів, зокрема план-графік ДВ, технологія ДВ, сценарій ДВ, відхилення ДВ, управління ТП ДВ, управління технологіями.

На підставі виконаного аналітичного огляду наукових робіт сформульовано мету дослідження, визначено основні завдання дослідження, обрано порядок та методи їх розв'язання.

У *другому розділі* розроблено емпіричну базу дослідження системи управління ТП доставки вантажів, визначено параметри та характеристики об'єктів, зміна стану яких становить технологічні процеси, та склад БД для побудови системи управління ТП. Досліджено можливості створення єдиного інформаційного простору СУ ТП доставкою вантажів під час координації окремих видів транспорту, а також кваліфікаційні ознаки, які відображають найбільш суттєві спільні риси СУ в окремих видах транспорту, зокрема рівень концентрації управління, наявність АСУ ТП, склад показників роботи системи та критерії управління відповідними підрозділами транспорту. Аналіз СУ показав, що спільним об'єктом управління в системах, які розглядалися, є вагон із параметром – час здійснення операцій. Зазначений параметр враховується під час розрахунку більшості якісних показників залізниці. У СУ залізницею ефективність організації перевізного процесу оцінюється обсягами та якістю експлуатаційної роботи, що здійснюється за допомогою системи показників. До важливих показників ефективного використання рухомого складу належать обіг вагону та коефіцієнт порожнього пробігу вагону. Обіг бере участь у визначенні необхідного ресурсу вагонів для здійснення запланованих перевезень. Аналіз даних виконання показників ефективності використання вагонів у 2019-2020 рр. дозволяє констатувати, що обіг вагона має постійну динаміку й на практиці значно не впливає на утримання робочого парку. Обіг вагонів парку УЗ істотно перевищує цей показник для вагонів, які мають власників, це свідчить про недостатність контролю за використанням вагонів парку УЗ у процесах перевезення. Аналіз порожніх пробігів свідчить, що вагони в разі виконання повного циклу перевезення перебувають майже половину часу в порожньому стані, тобто використовуються неефективно, коефіцієнт порожнього пробігу становить не нижче ніж 0,4. Порожні пробіги вагонів становлять «нетехнологічну» частину експлуатації ресурсу.

У зв'язку із цим проведено дослідження можливості розроблення СУ технологіями перевезення з припущенням: ключовий параметр системи управління є час здійснення операцій з об'єктом управління. Наразі контроль часу доставки вантажів та управління процесами перевезень розведено у просторі та часі, тому

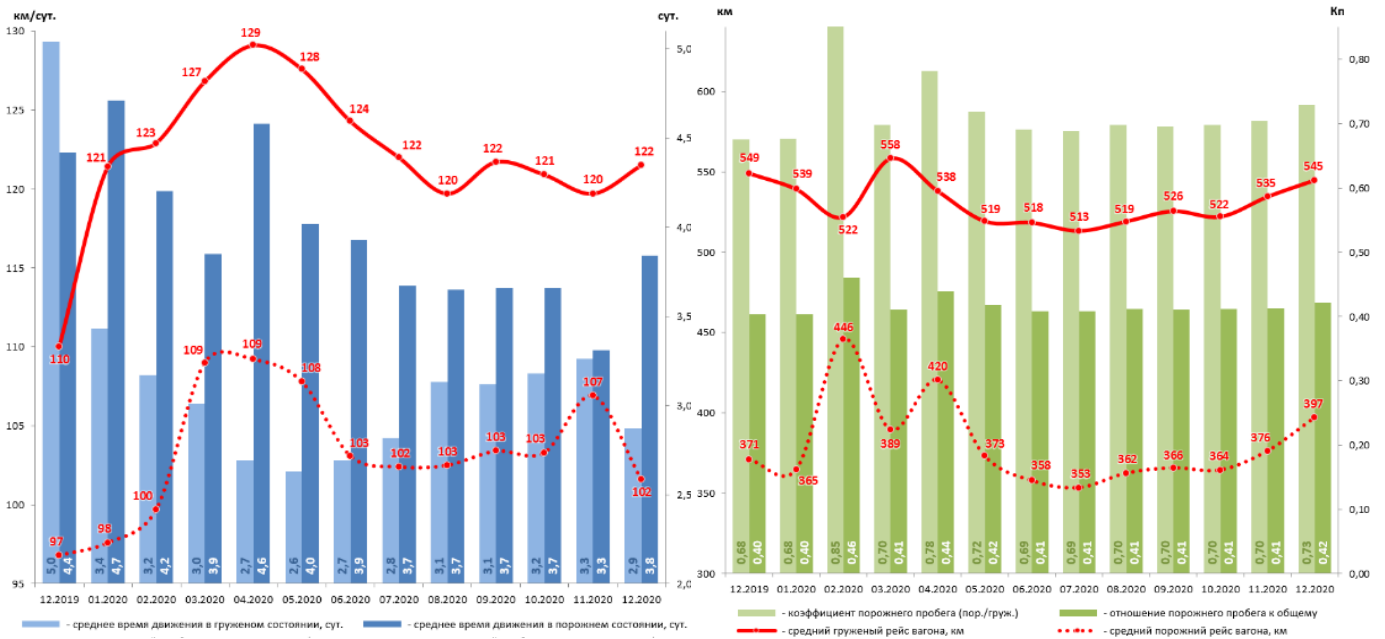


Рисунок 1 – Аналіз показників використання напіввагонів

завдання розроблення функцій контролю за ТП ДВ ставиться на найвищому рівні оперативного управління. У роботі досліджено завдання та запропонований метод його розв'язання шляхом встановлення технологічних нормативів за маршрутом ДВ і контролем із боку диспетчерських служб виконання нормативів. У СУ контроль за процесами ДВ відбувається лише в разі потреби, після звершення процесу доставки, по суті він є фіксацією перевищення нормативного часу отримання вантажу власником із подальшим з'ясуванням причин та відповідальності. Як інструменти диспетчерського управління ТП ДВ, запропоновано: графік доставки вантажу (ГДВ) на підставі розробленої та узгодженої з клієнтом технології кожного окремого перевезення (ТПВ), відповідно до технології укладається договір на виконання робіт і здійснюється оплата послуг клієнтом. У контексті цього дослідження Технологія перевезення вантажу, його доставки (ТДВ) визначає всі стадії обробки вантажу, зокрема ті, що здійснюються за окремим замовленням клієнта. Мета технології є визначення стадій перевезення, обсягів робіт на кожній з них (V_{ij}), часу їх виконання (T_{ij}), визначення плати за виконання всіх стадій робіт на залізниці ($\sum Pl_{ij}$), у тому числі тариф за перевезення. Для складання графіка доставки використовується час виконання ТПВ конкретного перевезення, час прибуття вантажу до одержувача ($T_{кк}$), що встановлений у Договорі.

Метою складання ГДВ є розрахунок контрольно-часових точок ($КЧТ_{ij}$) під час перевезення вантажу залізницею та визначення часу початку робіт із вагоном і вантажем на станції відправлення. Особливістю складання ГДВ є принцип «розрахунку у зворотному напрямку», починаючи із запланованого часу подавання ($T_{кк}$) вагона на пункти переробки, з урахуванням подачі вантажу відповідно до ЄТП до моменту (i місяця) приймання вантажу до перевезення ($T_{пк}$). На підставі порядку спрямування вагонопотоків та організації їх у вантажні поїзди на залізницях України, нормативного графіка руху за маршрутом слідування встановлюється час контрольних точок ($КТ_{ij}$). Серед них контрольно-часові точки ($КЧТ_{ij}$) закінчення оброблення та відправлення зі станцій, зокрема сортувальних, проходження стиків дирекцій, залізниць та інших КТ. Водночас у процесі розформування-формування

переробка вагонів на сортувальних станціях здійснюється відповідно до оперативного ПФ, який, крім станції призначення вантажу, враховує $KЧТ_{ij}$. Визначення $KЧТ_{ij}$ перебування вантажів на станції в разі потреби деталізується до норм виконання операцій із вагонами.

Фактичне перебування вагона встановлює $FЧТ_{ij}$. Відхилення ($\Delta Ч$) фактичного часу ($Чф_{ij}$) проходження $КТ_{ij}$ від встановленого розрахунками $KЧТ_{ij}$ періодично (з потрібною для кожної ситуації частотою) контролюється системою інформаційного моніторингу (СІМ) та передається для прийняття рішення з управління ТП доставки вантажу до СППР. Відхилення від нормативних точок $КТ_{ij}$ є предметом управління диспетчерського апарату. Таким чином, основною функцією системи управління ТП ДВ є функція контролю за відхиленнями від планових та нормативних точок $КТ_{ij}$ з наступним прийняттям рішення в умовах, що постійно змінюються.

Під час дослідження було проаналізовано ТП доставки вагонів із чорними металами з Кривого Рогу до Одеського порту одиночними, груповими відправками та в маршрутах. Для аналізу даних за методом $KЧТ$ розроблено таблицю часів $КТ_{ij}$ перебування вагона по визначених станціях ділянки відповідно до нормативів ГРП, з урахуванням часу технологічної оброблення на стикових пунктах та станціях зміни виду струму або локомотива й визначено відхилення ($\Delta Ч$) від нормативного часу. Фрагмент прикладу складу інформації, що аналізувався по кожному вагону, наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Вагон 54754395, станція відправлення Кривий Ріг Головний на станцію Одеса, вантаж 281048

Код станції	Найменування станції	Час ходу до ст. (хв) $\Delta Н$	T^{min} зм л.б.(хв)	T^{TP} зм л.б.(хв)	Розрахунковий час	Фактичний час	$\Delta\Phi = 7$ поточ. -7 попер.	$\Delta = 8-3 = \Delta\Phi - \Delta Н$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4672	Кривий Ріг	10			02.05.17 08:45	02.05.17 08:45		
4673	Кривий Ріг Зах.	9			02.05.17 08:54	02.05.17 09:01	00:16	00:07
4676	Мусіївка	14			02.05.17 09:08	02.05.17 09:12	00:11	-00:03
4679	Гейківка	11			02.05.17 09:19	02.05.17 09:23	00:11	0
4680	Висунь	19			02.05.17 09:38	02.05.17 09:42	00:19	0
41415	Тимкове	11	40	60	02.05.17 09:49	02.05.17 09:52	00:10	-00:01
413606	Червоне озеро	23			02.05.17 11:12	02.05.17 11:50	01:58	01:35
...								
405900	Буялик	27			02.05.17 20:32	02.05.17 20:18	00:17	-00:10
401100	Чорноморська	7	40	60	02.05.17 20:39	02.05.17 20:30	00:12	00:05
4011011								
400907	Кулиндорове	18			02.05.17 21:57	02.05.17 20:54	00:24	00:06
400023	Одеса Східна	4			02.05.17 22:01	02.05.17 21:00	00:06	00:02
400004	Одеса Сорт.	5			02.05.17 22:06	02.05.17 21:15	00:15	00:10
400305	Одеса Порт	10			02.05.17 22:16	02.05.17 23:35	02:20	02:10
400004	Одеса Сорт.	5			02.05.17 22:21	04.05.17 09:33	33:58	33:53

За даними АСК ВП УЗ-Є за 2017 р. розраховані середні відхилення ($mean_delta$) та середньоквадратичне відхилення (sd_delta), що наведено в табл. 2, значення яких демонструють практичну відсутність управління в ТП доставки вантажів, а саме: sd_delta перевищують $mean_delta$.

Відомості про фактичне перебування вагона $FЧТ_{ij}$ встановлюються СІМ, яка застосовує дані «Електронної схеми об'єктів залізничної інфраструктури та її використання для оперативного визначення дислокації рухомих об'єктів із

застосуванням засобів GPS». Схему принципової взаємодії систем у комплексі управління процесом доставки вантажів (АСУ ТП ДВ) наведено на рис. 2.

Таблиця 2 – Значення середнього та середньоквадратичного відхилень

cstation	nstation	mean_delta	sd_delta	cstation	nstation	mean_delta	sd_delta
46720	КРИВИЙ РІГ	0,00	0,00	41270	КОЛОСІВКА	16,85	31,69
46730	КРИВИЙ РІГ-ЗАХІДНИЙ	0,48	2,64	40160	БЕРЕЗІВКА	18,63	35,42
46760	МУСІЇВКА	0,53	2,66	40150	РАУХІВКА	18,87	35,41
46790	ГЕЙКІВКА	0,58	2,68	40143	СЕРБКА	19,03	35,35
46800	ВИСУНЬ	0,78	2,74	40590	БУЯЛИК	19,29	35,74
41411	ТИМКОВЕ	3,37	4,61	40110	ЧОРНОМОРСЬКА	18,69	34,04
41360	ЧЕРВОНЕ ОЗЕРО (РЗД)	3,36	3,83	40090	КУЛИНДОРОВЕ	21,66	36,68
41420	БОБРИНЕЦЬ	4,01	3,90	40002	ОДЕСА-СХІДНА	26,91	42,64
...	40000	ОДЕСА-СОРТУВАЛЬНА	26,41	38,53
41424	КРОПИВНИЦЬКА	6,46	7,25	40030	ОДЕСА-ПОРТ	45,08	41,14

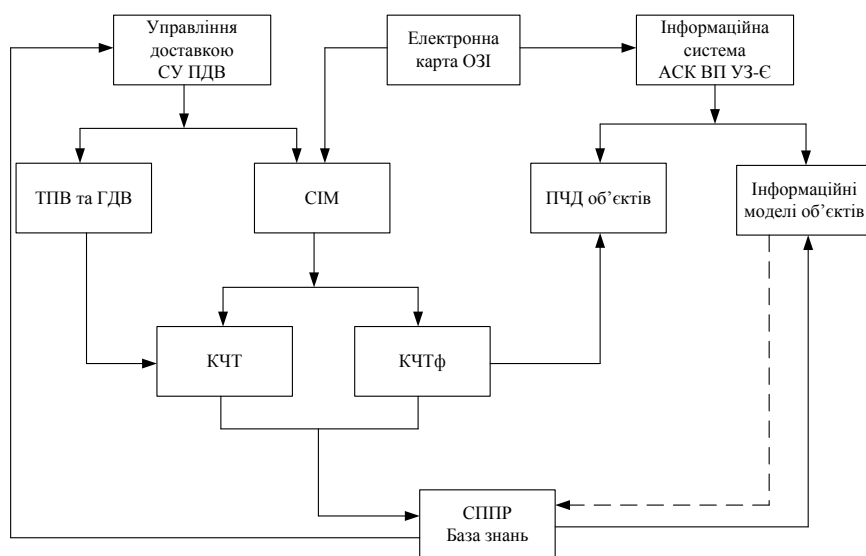


Рисунок 2 – Комплекс взаємодії СИМ із системою управління ТП ДВ в інформаційному просторі залізниці АСК ВП УЗ-Є

управління ТП доставки вантажів. Декларативні знання ОПД та процедурні знання про методи перетворення інформації значною мірою поєднані засобами фреймової моделі представлення даних СУ ТП ДВ.

Фреймове представлення містить головний фрейм «Взаємодія» зі слотами «Залізниця», «Вантаж», «Клієнт», що натомість, уже як фрейми, деталізуються відповідними слотами «Підрозділ», «Вагон», «Вантаж» тощо, пов'язані між собою слотами-посиланнями. Окремі фрейми містять сценарії, формули, таблиці НДІ тощо. В аспекті побудови СУ ТП ДВ граничними фреймами є «План ДВ», який визначає КЧТ доставки вантажу та «Факт ДВ», що визначає фактичний час і місце перебування вантажу.

У *третьому розділі* проведено адаптацію методології концептуально-логічного відображення та проектного моделювання в системі управління ТП перевезень. Одним зі шляхів розв'язання проблеми управління технологічними процесами на залізниці є визначення можливих відхилень від нормативного часу стану та операцій з об'єктами, якими управляють диспетчерські служби, і прийняття своєчасних заходів зі зменшення можливих втрат. Приймати рішення диспетчерський апарат часто вимушений у неочікуваних ситуаціях та в умовах невизначеності. Прогнозування подій ТП пов'язано з розробленням та впровадженням в управління

Репрезентативність інформаційного забезпечення (ІЗ), якої потребує представлення даних персоналу, характеризує якість представленої персоналові інформації і містить критерії: оперативності – Ω та економічності ІЗ – Σ ; достовірності – Δ ; повноти – Π ; однорідності – O ; безперервності – N інформації І.

У розділі наведено абстрактний образ системи

Ім'я фрейму: Взаємодія		
Ім'я слоту	Значення	Тип
Залізниця	Pointer	Frame
Клієнт	Pointer	Frame
Вантаж	Pointer	Frame

Ім'я фрейму: Вантаж Part of Взаємодія		
Слот	Значення	Тип
Код		Integet
Специфікація	Procedure	Table

Ім'я фрейму: Вагон Content Вантаж		
Ім'я слоту	Значення	Тип
План ДВ	Pointer	DateTime
Факт ДВ	Pointer	DateTime
Відхилення	Procedure	Table

Ім'я фрейму: Клієнт Part-of Взаємодія		
Ім'я слоту	Значення	Тип
Вантаж	Pointer	Table
План ДВ	Procedure	DateTime
Факт ДВ	Procedure	DateTime

Ім'я фрейму: План ДВ IS-A Вантаж		
Ім'я слоту	Значення	Тип
Місце	Pointer	Table
Час	Pointer	Table
Підрозділ	Procedure	Table

Ім'я фрейму: Факт ДВ IS-A Вантаж		
Ім'я слоту	Значення	Тип
Місце	Pointer	Table
Час	Pointer	Table
Підрозділ	Procedure	Table

Ім'я фрейму: Залізниця Part-of Взаємодія		
Ім'я слоту	Значення	Тип
Підрозділ	Procedure	Table

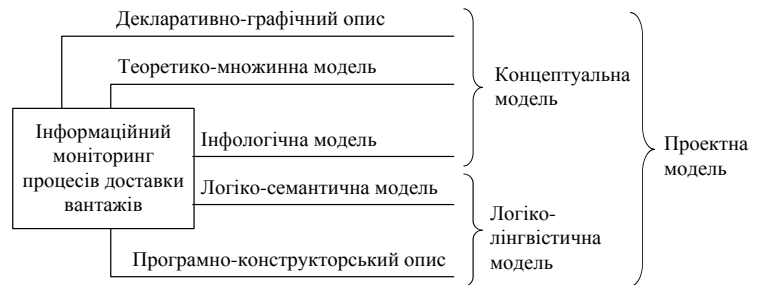
Ім'я фрейму: Підрозділ		
Ім'я слоту	Значення	Тип
Станція	Procedure	Table
Під'їзна колія	Procedure	Table
Склад	Procedure	Table

Рисунок 3 – Фреймова модель представлення даних

транспортними процесами ІТ та здійснюється шляхом побудови моделей, алгоритмів прогнозування ситуацій та операцій ТП. На першому етапі виконано декларативно-графічний опис (ДГО) області предметної діяльності управління ТП ДВ. Основне завдання ДГО міститься у вербальному визначенні семантики функціонування системи управління ТП ДВ залізницею: ціль – дотримання нормативних термінів виконання ТП; перелік основних функцій – моніторинг та прогнозування подій, відхилень під час здійснення подій ТП у часі, надання рекомендацій диспетчерському апарату в лінгвістичній формі; структура, що реалізує ці функції, містить базу знань, інформаційне сховище, АРМ диспетчера з управління ТП ДВ. Результати ДГО використано на другому етапі реалізації методології, під час побудови теоретико-множинних моделей (ТММ) у формі відображення, елементами якого є множина концептів, що беруть участь у формуванні кінцевого концепту ТММ. Вхідні концепти моделей є множинами, зокрема й у лінгвістичній формі. Натомість концепти моделей мають свої ТММ із вищим ступенем деталізації. Інфологічна модель (ІЛМ) системи є описом потоків інформаційних елементів різної складності. ДГО, ТММ та ІЛМ сукупно складають концептуальну модель (КМ) системи, що досліджується. Концептуальна модель дозволяє уникнути «провалів», «розривів» в описі процесів, з одного боку, та зменшити або взагалі усунути надлишковість у системному описі об'єкта дослідження, з другого боку. Бази знань логіко-семантичних моделей (ЛСМ) створені окремо за сукупністю основоположних знань і містять типові технологічні процеси, нормативні технологічні процеси, ГДВ, ПЗ, що реалізує функціонування алгоритмів, зокрема прогнозування відхилень, аналіз прогнозу та рекомендації з управлінського впливу. Окремо створюються бази за фактографічними знаннями.

Вищенаведені описи та моделі слугують для реалізації програмно-конструкторського опису (ПКО) на базі ІТ.

Разом ЛСМ і ПКО є логіко-лінгвістичною моделлю (ЛЛМ). Сукупність КМ та ЛЛМ дає змогу реалізувати узагальнену проектну модель (ПМ) системи управління технологічним процесом ДВ, рис. 4.



Теоретико-множинну модель ТП ДВ представлено як загальну (повну) систему S , у якій ідентифікується сім підсистем з урахуванням їх інтерфейсних зв'язків:

Рисунок 4 – Структура досліджень області предметної діяльності

S_1 – реалізації множини транспортно-логістичних робіт з ДВ;

S_2 – виробничо-диспетчерського забезпечення ТП ДВ;

S_3 – державного контрольно-наглядового моніторингу реалізації ПДВ;

S_4 – нормативно-правового забезпечення діяльності операторів ПДВ;

S_5 – законодавчої бази здійснення ПДВ;

S_6 – розроблення науково-методологічних основ та навчально-кваліфікаційних програм підготовки спеціалістів з ПДВ;

S_7 – інформаційного забезпечення функціонування системи загалом.

Структуру взаємодії підсистем під час застосування методології подано на рис. 5. Підсистеми S_1 , S_2 та S_7 виконують функції ТП ДВ з відповідним виробничо-диспетчерським, матеріально-технічним та інформаційним забезпеченням. Вони виділені в окрему систему фактичної реалізації ТП доставки вантажів (СФР МДВ), рис. 5.

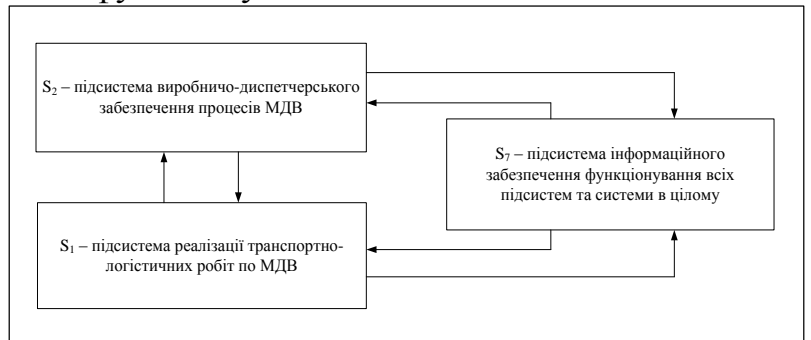


Рисунок 5 – Структура системи реалізації управління ТП доставки вантажів

Для визначення КЧТ_{ij} моделюються процеси доставки, як концепти моделі використовуються сценарії та можливі відхилення КЧТ від плану. На етапі побудови ТММ враховується, що метамодель ТП є композицією моделей: моделі процесу, цілей та моделі ризиків. У межах зазначеної проблеми метамодель M_1 : Оп представлена як відображення:

$$M(KC_m C_m): KCT^П \times KCT^Ф \times \Delta KCT \times UV \times T \rightarrow S(P_{ДГ}) \times T,$$

де $KCT^П$ – множина планових значень КЧТ за нормативним ГДВ;

$KCT^Ф$ – множина фактичних значень КЧТ;

ΔKCT – множина значень розбіжностей планових і фактичних КЧТ;

$\Delta KCT = \{ \delta_{i,н}^Д, \delta_{i,к}^Д, 1,25\delta_{i,н}^Д, 1,25\delta_{i,к}^Д, 2\delta_{i,н}^Д, 2\delta_{i,к}^Д \}$;

UV – множина управляючих впливів щодо усунення розбіжностей між плановими та фактичними КЧТ;

T – множина значень реального часу;
 $S(P_{\text{дг}}) = \{S_{\text{ст}}, S_{\text{пк}}, S_{\text{к}}, S_{\text{ск}}\}$ – множина ситуацій процесів $P_{\text{дг}}$;
 $КС_m$ – множина кодів залізничних станцій;
 C_m – множина залізничних станцій, які відповідають кодам.
 Концепти моделі $M(КС_m, C_m)$ мають натомість власні моделі.
 Всі концепти, які входять до складу моделі, є множинами.
 ЛСМ представлення визначення часу в ТП ДВ:

$$M_1: \text{Оп} \times \text{Об} \times \text{Пд} \times \text{Сц} \times \text{Ст} \rightarrow \text{КЧТ}^{\text{п}}, \quad (1)$$

де Оп – множина операцій ПДВ;
 Об – множина стаціонарних об'єктів (залізничних колій і споруд);
 Пд – множина суб'єктів, які управляють і приймають рішення щодо ПДВ;
 Сц – множина сценаріїв процесів доставки вантажів;
 Ст – множина просторових станів вантажів.
 Наступний рівень розкриття моделі (1) має такий вигляд:

$$M_2: \text{Оп} \times S \times D \times t_{\text{п}} \rightarrow \text{Сц};$$

$$M_3: \text{Об} \times \Delta T \times T \rightarrow \text{Оп} \times T;$$

$$M_4: D \times \text{Оп} \times I \rightarrow \text{Ст},$$

де S – множина ситуацій ПДВ;
 D – множина подій процесу доставки вантажів;
 ΔT – множина інтервалів часу виконання операцій ПДВ;
 $t_{\text{п}}$ – множина інтервалів часу між подіями;
 $t_{\text{п}} = t_i \pm \Delta t_i^{\text{п}}$, $\Delta t_i^{\text{п}}$ – середні (прогнозні) відхилення від нормативного часу.
 Під час прогнозування часових характеристик ситуацій сценаріїв ТП ДВ перетворюються в ГДВ (рис. 6) або в заплановану реалізацію процесу ДВ.

Наведений на рис. 7 алгоритм генерування можливих сценаріїв подій із вантажем у вагоні та розрахунку КЧТ подій враховує дані про відхилення Δt_j від норм виконання операцій, що супроводжували ТП ДВ.

Наявність у БД АС інформації про реальний хід перевезення, різниця прогнозних та нормативних КТЧ дозволяє враховувати їх у наступних етапах. Фрагмент реалізації алгоритму в АСК ВП УЗ-Є наведено в табл. 3.

Дані таблиці містять: N_Vag – номер вагона з вантажем; Kod_Stan – код залізничної станції за розміткою ЄМР; $Oper_vag$ – код операції з вагоном та (або) вантажем відповідно до кодифікації АС; T_Ktch – КЧТ, що прогнозовано ТММ; T_Oper_Norma – час операцій відповідно до ТП перевезення; T_Oper_real – час фактичного здійснення операцій; $Delta_Norma$ – нормативний час ТП між подіями; $Delta_Fakt$ – фактичний час між подіями, $t_{\text{п}} = t_i \pm \Delta t_i^{\text{п}}$, дані АС; $Delta$ – відхилення (або випередження) від нормативного виконання операцій, $\pm \Delta t_i^{\text{п}}$.

Відхилення (випередження) оцінюються на підставі експертних оцінок та надаються в лінгвістичному вигляді персоналу для УВ, табл. 4.

У **четвертому розділі** проведено дослідження системи управління ТП ДВ, досліджено можливість оцінювання якості управління ТП перевезення вантажів

Таблиця 3 – Фрагмент реалізації алгоритму в АСК ВП УЗ-Є. *Fakt_Vagon_*

N_Vag	Kod_Stan...	Oper_vag...	T_Ktch	T_Oper_Norm	T_Oper_real	Delta_Norm	Delta_Fakt	Delta	Delta_Ktch
54754395	467201	1	2017-05-01 06:50:...	2017-05-01 07:03:...	2017-05-01 07:21:...	NULL	0,18	NULL	0,31
54754395	467201	311	NULL	2017-05-01 07:13:...	2017-05-01 07:40:...	0,1	0,19	0,09	NULL
54754395	467201	312	NULL	2017-05-01 07:33:...	2017-05-01 08:15:...	0,2	0,35	0,15	NULL
54754395	467201	300	NULL	2017-05-01 07:15:...	2017-05-01 08:00:...	0,1	0,39	0,29	NULL
54754395	467201	301	NULL	2017-05-01 07:35:...	2017-05-01 08:40:...	0,2	0,4	0,2	NULL
54754395	467201	313	NULL	2017-05-01 08:00:...	2017-05-01 08:45:...	0,25	0,25	0	NULL
54754395	467201	4	NULL	2017-05-01 08:15:...	2017-05-01 09:10:...	0,15	0,3	0,15	NULL
54754395	467201	314	NULL	2017-05-01 08:30:...	2017-05-01 09:40:...	0,15	0,5	0,35	NULL
54754395	467201	315	NULL	2017-05-01 10:00:...	2017-05-01 10:30:...	1,3	3	1,3	NULL
54754395	467201	698	2017-05-01 08:50:...	2017-05-01 12:00:...	2017-05-01 13:30:...	2	1,3	0,3	4,4
54754395	467201	697	2017-05-01 21:00:...	2017-05-01 20:00:...	2017-05-01 21:30:...	8	0,3	7,3	0,3

	Перелік робочих операцій	Тривалість виконання операцій у часі						
		t_1	t_2	t_3	...	t_{13}	t_{14}	
1	Надходження заявки на порожні вагони від клієнта-відправника вантажу	■						
2	Подача порожніх вагонів на під'їзні шляхи клієнта-відправника вантажу		■					
3	Завантаження вагонів на під'їзному шляху клієнта-відправника вантажу			■				
			
13	Накопичення вагонів на станції приймання та формування поїзда							■
14	Знаходження вагонів у поїзді до відправлення новому клієнту-відправнику вантажу							■
	Загальний час, t_{ij}	■	■	■	■	■	■	■

Рисунок 6 – План-графік виконання ТП з визначеними КЧТ

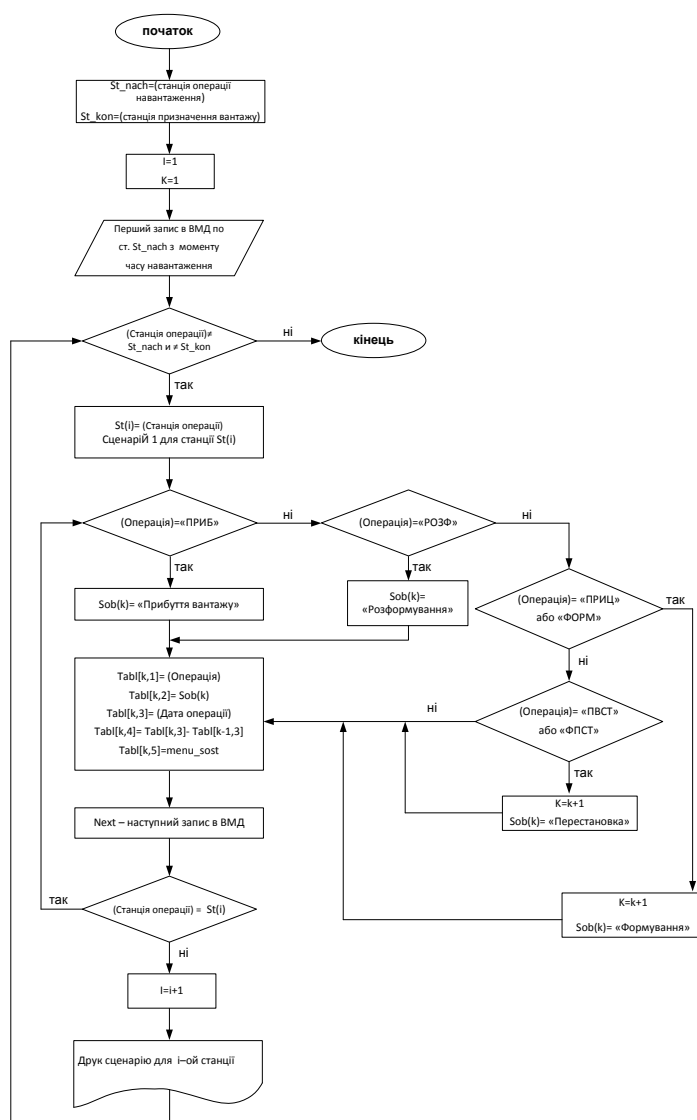


Рисунок 7 – Блок-схема алгоритму сценаріїв та визначення КЧТ

залізницею та розроблено принципи формування системи показників, адекватної поточному стану ТП та здатної сприяти підвищенню ефективності експлуатаційної діяльності.

Для дослідження умов ефективного регулювання ТП представимо загальну схему виконання експлуатаційних робіт, як наведено на рис. 8.

Прийнято, що власне виконання технологічних робіт здійснюється у блоці, позначеному як «Об'єкт управління». Об'єкт управління можна представити як

Таблиця 4 – Матриця оцінки відхилень (хвилин) у графіку доставки вантажів

«Репери» якості	Прийом вантажу	Відправлення вантажу	Слідування	Нетехнологічні операції (кидання)	Прибуття	Контроль (кордон)	Здача вантажу
1. Точно в строк	$10 < \Delta_{11} \leq 10$	$10 < \Delta_{21} \leq 10$	$10 < \Delta_{31} \leq 10$	–	$30 < \Delta_{51} \leq 30$	$60 < \Delta_{61} \leq 60$	$30 < \Delta_{71} \leq 30$
2. Нормально	$11 < \Delta_{12} \leq 30$	$11 < \Delta_{22} \leq 30$	$11 < \Delta_{32} \leq 30$	$0 < \Delta_{42} \leq 30$	$31 < \Delta_{52} \leq 60$	$61 < \Delta_{62} \leq 120$	$31 < \Delta_{72} \leq 60$
3. Відставання	$31 < \Delta_{13} \leq 50$	$31 < \Delta_{23} \leq 50$	$31 < \Delta_{33} \leq 60$	$31 < \Delta_{43} \leq 60$	$61 < \Delta_{53} \leq 120$	$121 < \Delta_{63} \leq 180$	$61 < \Delta_{73} \leq 120$
4. Випередження	$31 < \Delta_{14} \leq 50$	$31 < \Delta_{24} \leq 50$	$31 < \Delta_{34} \leq 60$	–	$121 < \Delta_{54} \leq 180$	$61 < \Delta_{64} \leq 180$	$121 < \Delta_{74} \leq 180$
5. Відставання з порушенням	$51 < \Delta_{15} \leq 90$	$51 < \Delta_{25} \leq 90$	$61 < \Delta_{35} \leq 120$	–	$121 < \Delta_{55} \leq 180$	$181 < \Delta_{65} \leq 240$	$121 < \Delta_{75} \leq 180$
6. Випередження з порушенням	$51 < \Delta_{16} \leq 90$	$50 < \Delta_{26} \leq 90$	$60 < \Delta_{36} \leq 120$	–	$181 < \Delta_{56} \leq 240$	$181 < \Delta_{66} \leq 240$	$181 < \Delta_{76} \leq 240$
7. Передкритичне	$91 < \Delta_{17} \leq 120$	$91 < \Delta_{27} \leq 120$	$121 < \Delta_{37} \leq 180$	$61 < \Delta_{47} \leq 120$	$181 < \Delta_{57} \leq 240$	$241 < \Delta_{67} \leq 300$	$181 < \Delta_{77} \leq 240$
8. Критичне	$121 < \Delta_{18} \leq 180$	$91 < \Delta_{28} \leq 120$	$181 < \Delta_{38} \leq 240$	$121 < \Delta_{48} \leq 180$	$241 < \Delta_{58} \leq 300$	$301 < \Delta_{68} \leq 360$	$241 < \Delta_{78} \leq 300$
9. Надкритичне	$180 < \Delta_{18}$	$180 < \Delta_{29}$	$241 < \Delta_{39}$	$181 < \Delta_{49}$	$301 < \Delta_{59}$	$361 < \Delta_{69}$	$301 < \Delta_{79}$

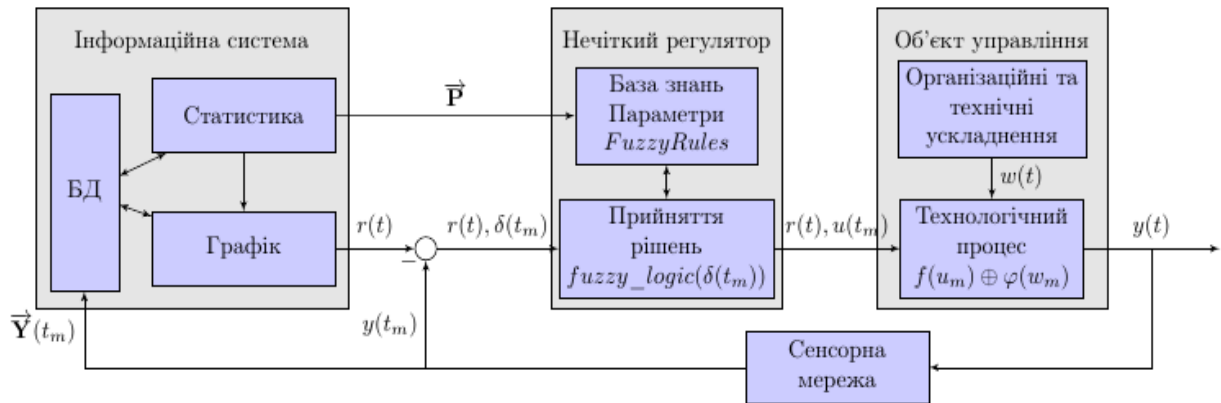


Рисунок 8 – Загальна схема СУ технологічним процесом

операційний механізм «Технологічний процес» («ТП»), що функціонує відповідно до графіка виконання робіт (сигнал $r(t)$) та під впливом оперативних управлінських рішень (сигналів) $u(t_m)$ від блоку «Прийняття рішень» і перешкод, позначених блоком «Організаційні та технічні ускладнення» з впливом, представленим як $w(t)$. Діяльність здійснюється в часі, а її результат – вихідна змінна $y(t)$, яка утворюється як певна композиція реакцій на оперативні управлінські рішення та наявні перешкоди $f(u_m) \oplus \varphi(w_m)$.

Множина датчиків та інших засобів збору даних, позначена на схемі як «Сенсорна мережа», виконує фіксацію усіх доступних даних $\vec{Y}(t_m)$, зокрема й поточне значення результату виконання ТП, у певні моменти часу t_m та передає їх на зберігання до бази даних «БД». Зафіксовані значення вихідної змінної $y(t_m)$ передаються також на вхід СУ через компаратор.

Система управління, позначена як «Нечіткий регулятор», передбачає, що її реальним втіленням може бути особа, яка приймає рішення (ОПР): вона послуговується як наявними знаннями про операційні механізми ТП, так і формальною чи формалізованою системою, здатною автоматично генерувати обґрунтовані рішення. Через складність експлуатаційних процесів регулятор є нечіткою системою, що функціонує на основі уявлення (моделі, образу) операційної системи «ТП» з метою мінімізації чи максимізації цільової функції. Зміст блоку «База знань» становлять моделі ТП та їх окремі ланки, правила прийняття рішень, декларативні представлення сценаріїв діяльності та цільові функції. Актуальність змісту «Бази знань» визначає дієвість рішень, які можуть бути згенеровані блоком «Прийняття рішень», та ефективність ТП, якщо ці рішення будуть реалізовані «Об'єктом управління». База знань формується на основі статистичних даних про

функціонування операційних механізмів у попередні періоди від блоку «Статистика» зі складу «Інформаційної системи» та інших регламентних, економічних тощо обмежень і даних, що зберігаються в «Інформаційній системі» й на схемі окремо не позначені. Статистичні дані використовуються також для складання реалістичних графіків (блок «Графік»), прив'язаних до часу виконання планових робіт.

Незалежно від конкретного втілення (реалізації) системи прийняття рішень (ОПР чи автоматизована система), операційні механізми (ОМ) можуть виконувати отримані приписи (управлінські рішення) неточно (частково) або взагалі не виконувати. Змістовно це означає часткову чи повну некерованість, що можливо, зокрема, якщо:

1. Прийнята модель ОМ не є адекватною (наприклад ОМ неспроможний виконати припис через техніко-організаційні обмеження);

2. Цільова функція ОМ не збігається або суперечить цільовій функції системи управління (виконавець, операційний підрозділ, не залежить від досягнутих значень даної цільової функції).

З представленої схеми виконання ТП випливає, що необхідними умовами забезпечення його ефективності варто вважати керованість ТП та актуальність бази знань. З чого випливають такі необхідні вимоги до організації ТП:

1. Узгодженість цільових функцій СУ та ОМ (об'єкта управління) ТП.

2. Узгодженість цільових функцій СУ та кожного окремого операційного підрозділу.

3. Надійність ідентифікації процесів – актуальність значень статистичних показників (параметрів моделі) всього процесу та його окремих складових, необхідних для планування ТП і прийняття оперативних рішень.

4. Узгодженість правил прийняття рішень з актуальними цільовими функціями та обмеженнями.

У наведених вимогах до забезпечення ефективності виконання ТП надзвичайно важливим є фактор узгодженості цільових функцій СУ з діяльністю щодо виконання ТП. Наявність цільових функцій передбачає певні механізми критеріального оцінювання діяльності. Залежність економічних результатів від ступеня дотримання нормативних значень під час виконання ТП становить елемент узгодження цільових функцій з аспектом діяльності, який характеризується таким показником.

З урахуванням необхідних умов ефективного виконання ТП сформульовано такі принципи вибору критеріальних (нормативних) значень (НЗ) показників діяльності:

1. НЗ мають бути адекватні ТП у його поточному стані. Забезпечує відповідність нормативного значення вимогам ефективності 1, 3, 4;

2. НЗ мають бути масштабованими до рівня технологічної ланки, щоб невідповідність НЗ не тільки сигналізувала про наявність проблемної ситуації, а й сприяла виявленню проблемної ланки. Забезпечує відповідність НЗ вимогам ефективності 2, 3, 4;

3. Критеріальне значення має бути адаптивне, тобто НЗ має бути здатним змінюватися з часом у напрямі підвищення експлуатації транспортних засобів. Забезпечує відповідність НЗ вимогам ефективності 3, 4;

4. НЗ мають бути стійкі, тобто нечутливі (мало чутливими) до випадкових чи маніпулятивних відхилень. Забезпечує відповідність НЗ вимогам ефективності 1, 3, 4;

5. Система нормування має бути безпечна, тобто рекомендовані НЗ не мають збігатися з гранично можливими значеннями показників ефективності, аби запобігти вимозі постійного функціонування системи на межі спроможності. Забезпечує відповідність НЗ вимогам ефективності 1-4.

У контексті застосування принципів вибору критеріальних значень розглянуто показник «обіг вагона». Для цього було оброблено дані про транспортування маршрутів (та групових відправок) із чорними металами з Кривого Рогу до Одеського порту, що розглянуто в розділі 2. За вказаним маршрутом вибірку становлять 2242 вагони з такими статистичними показниками: середній час обігу – 10,14, стандартне відхилення – 5,87, медіана – 8,77, мінімальний час обігу – 2,52 та максимальний час обігу – 61,01. Тут і далі час вимірюється в добах. Вибірка містить дані про 53 вагони (2,4 % вибірки) з часом обігу до 4 діб та про 123 вагони (5,4 % вибірки) з часом обігу понад 20 діб. Решта вагонів з часом обігу від 4 до 20 діб становить понад 92 % вибірки.

Для з'ясування динаміки функціонування транспортної системи через динаміку статистичних показників вибірки було обчислено значення нижньої межі (Min), верхньої межі (Max), першого та третього кuartилів, а також медіани та середнього значення часу обігу для кожного місяця року, рис. 9. Нижню та верхню межу вибрано як значення, що перебуває на відстані, яка не перевищує 1,5 міжквартильного розмаху (*IQR* – Interquartile range) від медіани. Дані, що виходять за межі *Min* та *Max*, вважаються викидами і на графіках не представлені.

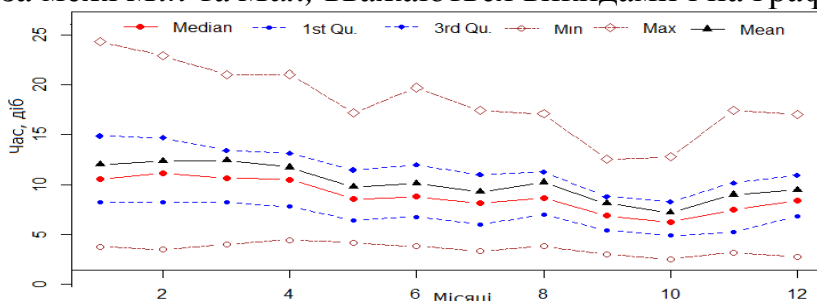


Рисунок 9 – Динаміка часу обігу вагонів

Як можна бачити, найбільші варіації спостерігаються для верхньої межі: від 24,30 у січні до 12,53 у вересні, що становить 11,77 доби чи 48 % максимального значення. Значно менші абсолютні варіації спостерігаються для медіани та середнього значення. Так, середнє значення змінювалося в діапазоні 12,41-7.2, що становить 5,21 доби або 42 % максимального значення, а медіана – від 11,14 до 6,25, що становить 4,89 доби або близько 44 % максимального значення. Найменші абсолютні варіації спостерігаються для нижньої межі – від 4,45 до 2,52, тобто 1,93 доби або 43 % максимального значення. Подібні зміни спостерігаються також у динаміці першого та третього кuartилів.

Отже, зазначені дані свідчать про доволі значні варіації усіх наведених статистичних показників під час перевезення вказаних вантажів. Проте вони є об'єктивними показниками функціонування системи перевезення й тому можуть бути покладені в основу системи нормування. Так, медіана як стійкий до викидів, на відміну від середнього, статистичний показник, може бути прийнятий як поточна норма часу обігу вагонів. Якщо час обігу вагона перевищує медіану, має бути застосована функція втрат (штрафна функція) до тих суб'єктів діяльності, які

спричинили перевищення такої норми. У розглянутій вибірці медіана вибірки становить 8,77 доби, і в семи місяцях з дванадцяти медіана місячної вибірки менша за медіану усієї вибірки, що свідчить про те, що така норма не є надто жорсткою. З наведених даних можна також зробити висновок, що в чинному для вибірки стані система транспортних перевезень за вказаним маршрутом має межу спроможності, близьку до 4 діб, оскільки кількість таких випадків становить всього лише 2,4 %. Розглянуто статистичні дані вибірки, яку побудовано з початкової, відокремивши дані про вагони, повний цикл обігу яких починався й закінчувався на Придніпровській залізниці. Побудована так вибірка S_2 містить дані про обіг 1632 вагонів із такими статистичними показниками: середній час обігу – 10,35, стандартне відхилення – 5,61, медіана – 9,00, мінімальний час обігу – 3,16 та максимальний час обігу – 53,28.

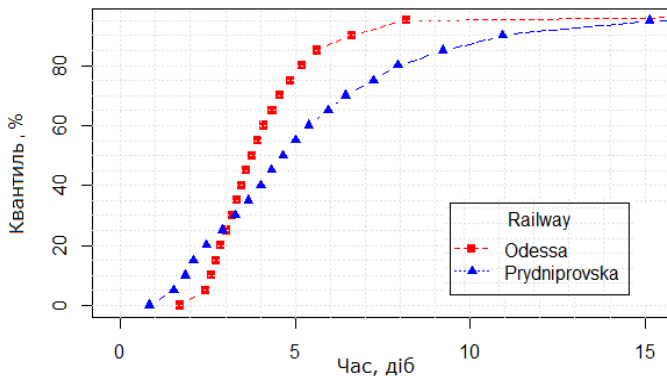


Рисунок 10 – Квантилі часу перебування вагонів у межах залізниць

найменшим часом руху на Придніпровській він не перевищував 1,8 доби, а на Одеській – 2,58 доби). Однак на більших часових інтервалах вагони швидше рухалися на Одеській залізниці: з медіаною 3,74 проти 4,65 на Придніпровській, тобто медіана на Одеській залізниці менша майже на добу (0,91 доби). А вже 90-й процентиль часу руху по Одеській залізниці на 4,32 доби менший відповідного значення для Придніпровської залізниці.

Для забезпечення вимоги адекватності системи нормування фактичному стану транспортної системи вважаємо за доцільне визнати функціонування кожної із залізниць окремою підсистемою та обрати як нормативні значення медіани – 4,65 доби для Придніпровської та 3,74 доби для Одеської залізниць (на період, що безпосередньо слідує за досліджуванним). Значення граничних значень ефективності можна прийняти 5% квантиль – 1,52 та 2,44 для Придніпровської та Одеської залізниці відповідно.

Для з'ясування того, як розподіляються вагони вибірки S_2 за часом перебування на кожній із залізниць відносно статистичних показників відповідної залізниці введемо логічну змінну $b_1 = t^{Od} > bound^{Od}$, яка приймає значення true (t), якщо час руху вагона по Одеській залізниці t^{Od} більший за значення певної межової характеристики руху по цій же Одеській залізниці $bound^{Od}$. З аналогічною метою для Придніпровської залізниці введемо логічну змінну $b_2 = t^{Pr} > bound^{Pr}$. Замість $bound^{Od}$ та $bound^{Pr}$ будемо писати $bound^R$, де $R \in \{Od; Pr\}$. Якщо $bound^R$ є середнім значенням часу перебування на залізниці R , будемо замість $bound^R$ писати

З графіків квантилів часу перебування вагонів на Придніпровській та Одеській залізницях (рис. 10) видно, що серед вагонів із часом руху до трьох діб як на Одеській, так і на Придніпровській залізницях рухалося близько 30 % їх загального числа. Проте на менших часових інтервалах Придніпровська залізниця виявляла більшу оперативність (так, для 10 % вагонів з

$mean^R$. Вагон належить до вагонів типу 1 ($T_v=1$), якщо час його руху по Одеській залізниці перевищує значення $bound^{Od}$, вказане в рядку таблиці, тільки на Одеській залізниці. До вагонів типу 2 – ті, час руху яких перевершує значення $bound^{Pr}$ навпаки тільки на Придніпровській залізниці, а на Одеській – час руху менший за $bound^{Od}$. Вагони типу 3 – це вагони, час руху яких більший за $bound^R$ на кожній із залізниць, і тип 4 – це вагони, час руху яких не перевищує $bound^R$ на кожній із залізниць. Кожний вагон вибірки $S2$ потрапляє тільки до одного типу, а об'єднання цих чотирьох типів вагонів становить повну вибірку $S2$. Такий аналіз дозволяє також виявити зону відповідальності кожної із залізниць у межах усієї системи. Для цього побудуємо вибірку $S3$ з вибірки $S2$, залишивши тільки ті вагони, час обігу яких перевищує медіану часу обігу за вказаним маршрутом в початковій вибірці – 8,77 доби. Відповідні розрахунки наведено в табл. 5.

Таблиця 5 – Структура вибірки розподілення вагонів відносно межі

№ рядка	$bound^R$	$q(S3, T_v=1), \%$	$q(S3, T_v=2), \%$	$q(S3, T_v=3), \%$	$q(S3, T_v=4), \%$
		$b_1 = t \wedge b_2 = f$	$b_1 = f \wedge b_2 = t$	$b_1 = t \wedge b_2 = t$	$b_1 = f \wedge b_2 = f$
1	$t_{0,25}^R$	3,6	16,1	79,5	0,1
2	$t_{0,5}^R$	16,6	34,0	48,4	1,0
3	$mean^R$	26,7	41,0	25,2	7,1
4	$t_{0,75}^R$	27,8	34,7	12,8	24,5

Частка вагонів, затримку яких спричинила тільки одна залізниця, становить від 19,7 % до 67,7 %. При цьому з усіх вагонів, час обігу яких перевищує медіану 8,77 доби, у 16,6 % запізнення було спричинене винятково перевищенням власної медіани в межах Одеської залізниці, та у 34,0% – винятково перевищенням власної медіани в межах Придніпровської залізниці, та у 48,4 % – на обох залізницях було перевищене значення власної медіани.

Зауважимо, що формальне представлення типу вагона T_v як функції параметрів $b_i, i=1,2$ може бути знайдено з системи рівнянь, отриманої шляхом запису рівняння:

$$T_v = c_1 d_1 + c_2 d_2 + c_3 d_1 d_2 + c_3,$$

для кожного значення типу вагона $T_v \in \{1; 2; 3; 4\}$, де $d_i=1$, якщо $b_i=true$ та $d_i=0$, якщо $b_i=false$. Тоді для прийнятої нумерації типів $T_v = -3d_1 - 2d_2 + 4d_1 d_2 + 4$.

Таким чином, можна констатувати, що нормування показника «обіг вагона» може бути здійснене на основі наведених принципів вибору критеріальних (нормативних) значень показників діяльності, тим самим задовольняючи необхідні умови ефективності ТП. Відповідність принципам вибору нормативних значень забезпечується так:

1. Адекватність нормативних значень ТП у його поточному стані забезпечується використанням натурних даних про факти виконання ТП під час реальних перевезень;

2. Принцип локалізації частки відповідальності за виконання ТП забезпечує вимогу масштабованості та демонструє спосіб обчислення до технологічної ланки довільного рівня;

3. Адаптивність НЗ забезпечується уже використанням порядкових статистик

(наприклад медіани), що разом із довізначенням функції втрат (штрафної функції) забезпечує здатність змінюватися з часом у напрямі покращення економічних результатів діяльності;

4. Стійкість НЗ до випадкових чи маніпулятивних відхилень забезпечується використанням порядкових статистик (наприклад медіани);

5. Безпечність НЗ забезпечується обчисленням граничних значень показника й можливості контролю зближення нормативного та нижнього граничного значення. Водночас саме собою зближення, наприклад медіани, з нижньою межею є практично неможливим явищем для ТП такого рівня складності.

Аналіз даних здійснено також задля дослідження процесів експлуатаційного відхилення (ЕВ) по етапах ТП з метою оцінювання якості ДВ та з'ясування можливості прогнозування операцій процесу. Набір даних містить інформацію про операції та час виконання операцій під час транспортування, разом 123587 записів.

З результатів статистичного аналізу видно, що середньоквадратичне відхилення практично скрізь перевищує середнє значення ЕВ, різко зростає на тих самих станціях, що й середнє, а зі станції Колосівка майже та більш ніж удвічі перевищує середнє значення, табл. 2. Така варіація, свідчить про те, що час доставки вантажу не є цільовою функцією СУ. Наведені на рис. 11 діаграми розсіювання даних для станцій Кропивницька, Колосівка, Одеса-Сортувальна та Одеса-Порт демонструють наявність певної кореляції нижнього значення ЕВ, проте значне розсіювання в діапазоні до 50 год свідчить про обмежену можливість прогнозування часу доставки конкретного вантажу за даними його просування маршрутом.

Побудована модель системи для з'ясування можливості прогнозування на наявних даних. Як модель, прийнято нечітке завдання класифікації з кількома (4) входами – ЕВ на станціях із різким зростанням середнього значення ЕВ та одним виходом – ЕВ на станції призначення. Для представлення даних обрано шкалу, яка відображає ступінь відхилення від встановленого графіка та гарантує наявність кожного її значення на довільному етапі ТП ДВ. Приклад значень відхилень та відповідних оцінок для станцій Тимкове та Одеса-Порт наведено в табл. 6. Шкала відповідає наявним на певний час даним про доставку вантажів через вказані станції і має регулярно перераховуватися, щоб лишатися актуальною.

Кожна оцінка шкали може бути представлена як лінгвістична змінна з відповідною функцією належності (рис. 12).

Дані про 406 випадків перевезення вантажів з Кривого Рогу до Одеського порту були використані для побудови заснованої на правилах нечіткої моделі системи (FRBS – Fuzzy rule-based system) як завдання класифікації. Значення ЕВ на станціях Тимкове, Кропивницька, Колосівка та Одеса-Сортувальна були прийняті як

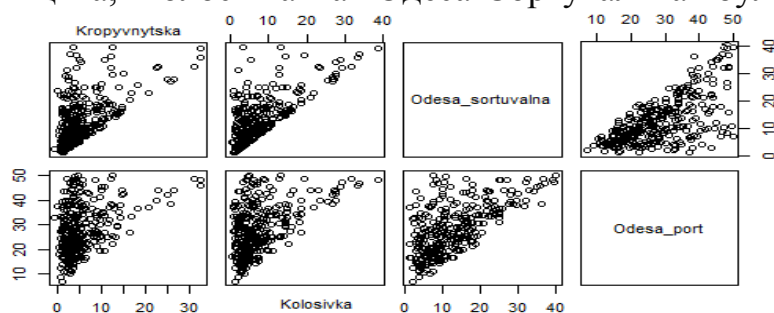


Рисунок 11 – Діаграми розсіювання даних у діапазоні до 50 год.

Таблиця 6 – Шкала для оцінювання відхилень

№	Оцінка експлуатаційного відхилення	Діапазон (процентилі)	Тимкове (години)	Одеса-порт (години)
1	Прийнятне	(0; 5]	(-0.22; 0.11]	(7.05; 14.69]
2	Помітне	(5; 15]	(0.11; 0.53]	(14.69; 19.35]
3	Явне	(15; 25]	(0.53; 0.79]	(19.35; 22.61]
4	Значне	(25; 50]	(0.79; 1.81]	(22.61; 33.13]
5	Серйозне	(50; 75]	(1.81; 4.00]	(33.13; 49.91]
6	Критичне	(75; 90]	(4.00; 8.39]	(49.91; 79.58]
7	Надкритичне	(90; 100]	(8.39; 44.71]	(79.58; 337.88]

значення вхідних змінних, а оцінка якості перевезення по станції Одеса-Порт – як значення вихідної категоризованої змінної. Синтез моделі здійснено засобами бібліотеки `frbs` системи R [110]. Навчальна вибірка становила 306 точок, тестова – 100. На даних навчальної вибірки синтезувалися правила в

межах моделі Мамдані з такими основними параметрами: типи t -норми та s -норми – MIN та MAX відповідно, тип функції виведення – $ZADEH$. При семи рівнях вхідних змінних та з функцією належності типу $GAUSSIAN$ було згенеровано множину правил та їх функції належності. За результатами навчання було згенеровано функції належності вхідних змінних у нормалізованій формі, приклад для станції Тимкове наведено на рис. 13. Надійність прогнозу категоріального значення відхилення для більшості проміжних станцій перевищує 89 %, для відхилення на кінцевій станції – 78 %.

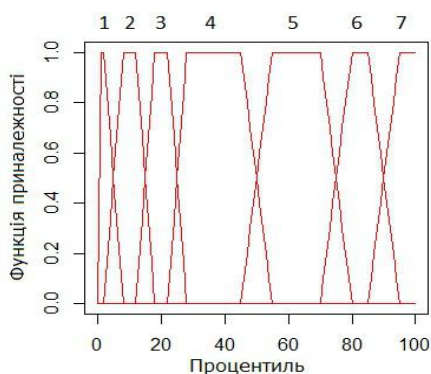


Рисунок 12 – Трапецієподібні функції належності оцінок шкали



Рисунок 13 – Згенеровані функції належності вхідної змінної

Отже, можна констатувати, що варіативність даних вказує на те, що час ДВ не є цільовою функцією розглянутого ТП, проте можливий прогноз відхилення часу доставки від планового в обраній критеріальній шкалі за допомогою автоматично налаштованої нечіткої моделі.

Для забезпечення актуальності бази знань та системи прийняття рішень у процесі управління ТП деталізовану структуру нечіткого регулятора розглянуто у складі контуру управління процесом перевезення відносно показника «Час доставки вантажу», рис. 14.

Показано, що нечіткий регулятор може бути синтезований на основі даних про перевезення в попередні періоди та відповідно до технічної спроможності ланок ТП, а також економічної доцільності ведення діяльності.

Проблема ідентифікації процесів розв'язується на етапі, що передує або збігається з етапом оцінки значень простих статистик, таких, як середнє значення,

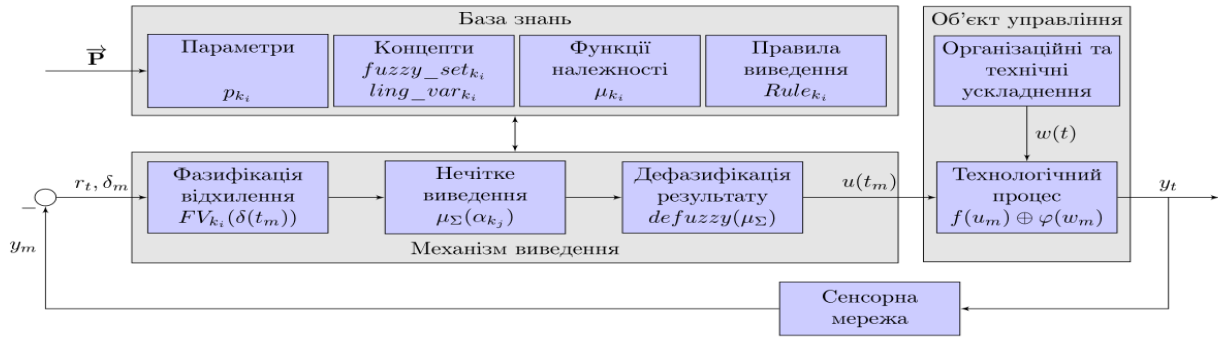


Рисунок 14 – Контур нечіткого регулювання технологічного процесу

медіана, стандартне відхилення, проценти тощо. На рис. 15 представлено дані про відхилення від НЗ під час виконання певних технологічних операцій у формі гістограми. Дані свідчать про певну несиметричність відхилень, проте статистична значущість спостережуваної несиметричності не очевидна. За такими даними, крім обчислення статистичних моментів та порядкових статистик, можна в разі потреби побудувати нечітку множину «Відхилення від норми» з функцією приналежності, яка визначається як нормалізована функція щільності розподілу, представлена на рис. 15 детальною апроксимацією. Проте така деталізація може виявитися надмірною, і замість детальної доречно побудувати просту апроксимацію, наприклад, трикутну функцію приналежності.

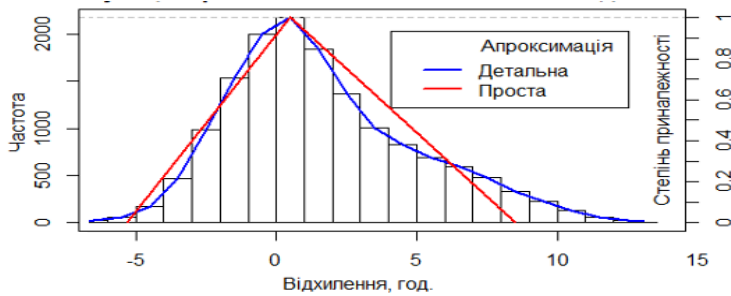


Рисунок 15 – Функція приналежності за даними спостережень

Під час позначень станів вхідної змінної V_n , SV , Z_n у розумінні випередження на n одиниць часу, відповідність графіка та запізнення на n одиниць часу, правила можна представити у наступній формі:

$\{V2 \rightarrow GV1; V1 \rightarrow G0; SV \rightarrow G0; Z1 \rightarrow G0; Z2 \rightarrow GZV1; Z3 \rightarrow GZV2\}$, де цільові стани GV_n , $G0$ та GZV_n означають випередження на n одиниць часу, рух за графіком та запізнення відповідно.

Імітаційне моделювання здійснюване з припущеннями, що нормативний час ДВ вважається відомим та таким, який відповідає техніко-організаційній спроможності операційного механізму. Увесь час обслуговування вважаємо розділеним на N . На кожній i -й ділянці трапляється n_ν подій збільшення або зменшення відхилення δ на випадкову величину w . Числа n_ν мають розподіл Пуассона із середнім значенням ν . Розподіл значень w обирається відповідно до модельованої ситуації. Загальне накопичене відхилення δ_k^Q на k -ій ділянці маршруту визначалося: у разі відсутності нечіткого регулятора $\delta_k^Q = \sum_{i=1}^k \Delta b_i \delta_i$, та в разі його використання $\delta_k^Q = \psi(\delta_{k-1}^Q) + b_i \delta_i$.

Показано, що використання налаштованого за статистичними даними нечіткого регулятора здатне значно зменшити відхилення від НЗ часу обслуговування, рис. 16 та 17, де представлено результати імітаційного

моделювання, якщо випередження та запізнення є рівноймовірними та якщо запізнення більш імовірні відповідно.

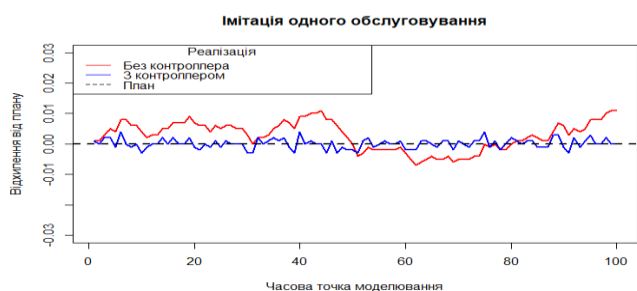


Рисунок 16 – Час обслуговування в разі рівноймовірних відхилень

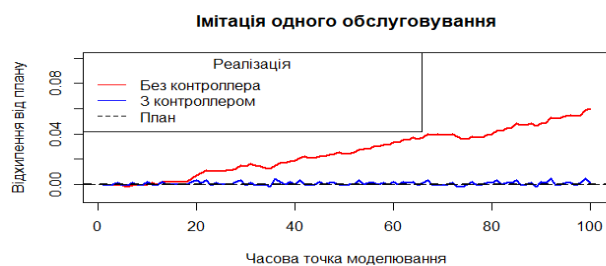


Рисунок 17 – Час обслуговування, коли запізнення імовірніші, ніж випередження

Отримані результати становлять зміст методології технологічно-інформаційного моделювання управління технологічними процесами на залізничному транспорті, основами якої є: обґрунтованість даних, адекватність представлень, узгодженість цілей та безпечність нормування показників.

У *п'ятому розділі* розроблено вимоги до функціонування автоматизованого робочого місця диспетчера з контролю за технологічними процесами доставки вантажів та наведено шляхи інтеграції АРМу до єдиної інформаційної системи залізниці АСК ВП УЗ-Є. Також у розділі подано приклади формалізації технологічних процесів взаємодії залізниці та під'їзних колій під час перебування вагона під вантажними операціями. Розроблено вимоги з інтеграції інформаційного простору залізниці та морського торговельного порту (МТП), а також розроблено шляхи інтеграції ІС морських торговельних портів між собою в єдину ІС МТП та наведено приклади впровадження вимог.

Інформаційна система залізниці є сховищем даних, які описують виконану роботу та лише констатують процеси, що вже відбулися. Значна кількість довідок, звітів використовується для аналізу роботи залізниці. Отже, АС залізниці потребує розвитку стосовно розроблення та впровадження технологій підтримки прийняття диспетчерським апаратом рішення щодо управління технологічними процесами. Водночас від залізниці, як від сфери обслуговування, бізнес-оточення вимагає прозорості дій, інформованості про хід ТП під час доставки вантажів, що пов'язано з точним прогнозування та дотриманням встановлених часових параметрів договору між учасниками перевезень.

База даних АСК ВП УЗ-Є утворюється на підставі події з поїздом та вагоном, що передаються з АРМ працівників станцій та локомотивних і вагонних депо. Для оперативного аналізу експлуатаційної роботи час передачі повідомлень повинен відповідати часу здійснення технологічних операцій, що не завжди відбувається в реальній експлуатаційній ситуації. Розв'язання завдання своєчасної передачі даних можливе в разі впровадження системи GPS, встановлення датчиків ідентифікації даних, систем відеонагляду та інших технічних пристроїв, що забезпечують визначення фактичного перебування вагона ФЧТ_{ij}.

Майже половина перевезень залізничним транспортом – це перевезення експортно-імпортних та транзитних вантажів, більшість яких надходить у порти або

на прикордонні передавальні станції для зміни рухомого складу. Для успішної взаємодії суміжних видів транспорту важливе дотримання запланованого часу передачі вантажів. Технологічна взаємодія учасників перевезень навіть на одній ланці ланцюга постачань є складною системою обміну інформацією, наприклад операції завезення-вивезення залізницею контейнерів у порт, рис. 18.



Рисунок 18 – Розрив у передачі інформації між залізницею та морським торговельним портом

Розроблення АС з обліку взаємодії залізниці з користувачами транспортних послуг, серед яких найскладнішими є під'їзні колії, передбачає формування понятійної структури проблемної області, яка містить нормативно-правові умови функціонування, облік часу експлуатаційні події з вагоном, контейнером та вантажем, методики розрахунків обліку та аналітичний комплекс. Функціональна структура моделі під'їзних колій як підсистеми АСК ВП УЗ-Є подана на рис. 19.

До нетехнологічних операцій з вагоном у ТП ДВ належать простой вагонів у поїздах, що затримані перед станціями призначення через відсутність вільних вантажних фронтів. Наприклад, за 2019 р. було затримано 9592 вагони, плата становила 10650 тис. грн. Плата клієнта за користування вагонами під час затримки становить значні суми, але не компенсує втрат від порушення технологічного циклу та термінів ДВ. Визначення часу затримки вагонів, що адекватне експлуатаційній обстановці на залізниці та підприємстві, становить завдання АС. Запропоновано час початку затримки ($ta_{зп}$) та закінчення затримки ($ta_{зз}$) розраховувати автоматично, без участі людини, порівнюючи час здійснення експлуатаційних подій:

- наказ про затримку поїзда чи групи вагонів, t_n ; до таких вагонів належать вагони, які оброблюються на станції зупинки та мають призначення на станцію, що обслуговує користувача послуг, який припинив прийом вагонів від залізниці;
- прибуття поїзда на станцію зупинки, t_p ;
- час початку зупинки підприємства, t_3 .
- наказ про відновлення руху поїзда чи групи вагонів t_k ;
- відправлення поїзда зі станції зупинки, t_b ;

– закінчення зупинки підприємства, t_p .

В умовах вдосконалення управління ТП з метою підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів шляхом скорочення нетехнологічних простоїв, а також із метою забезпечення своєчасної ДВ необхідно розробити функції диспетчера з управління технологічними процесами доставки вантажів.

До складу АРМ диспетчера з управління ТП ДВ входить база даних моніторингу (КЧФ_{ij}), комплекс ПЗ, що зазначає відхилення (ΔЧ) від норми (КЧТ_{ij}) ТП (з

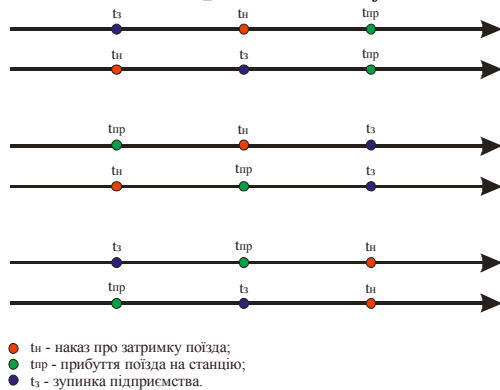


Рисунок 20 – Події для визначення часу початку затримки ($t_{a3п}$)

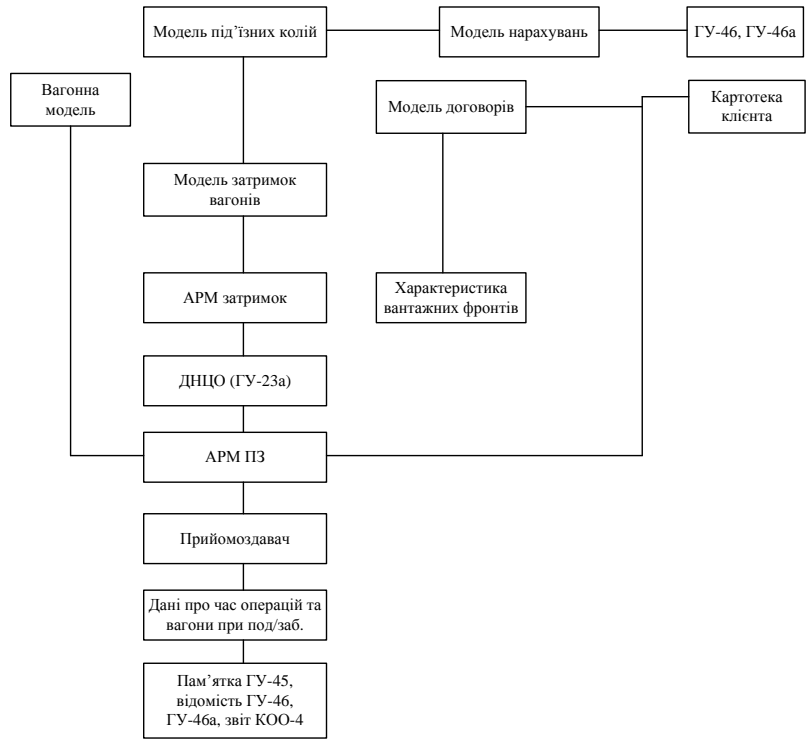


Рисунок 19 – Схема інформаційних взаємозв'язків підсистем у моделі ПК

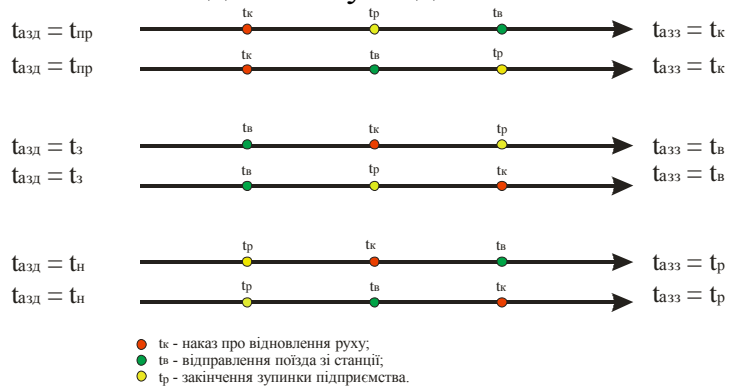


Рисунок 21 – Події для визначення часу закінчення затримки (t_{a33})

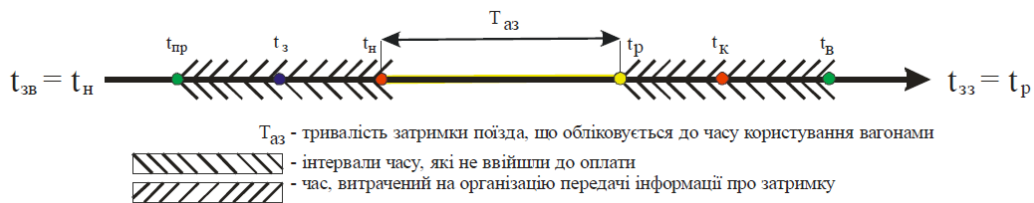


Рисунок 22 – Алгоритм визначення часу затримки вагона на підходах до станції (можливістю визначення за номером вагона) на підрозділі залізниці, де відбулося відхилення, модулі аналізу виконання ТП, аналізу показників роботи та прогноз розвитку експлуатаційної роботи. До складу АРМ входять мережеві можливості взаємодії з клієнтом, що створюють спільний інформаційний простір. На рис. 23 наведено схему інтеграції в АСК ВП УЗ-Є підсистеми АРМ ДНЦД з основними функціями.

Функції підсистеми управління ТП ДВ реалізують: прогнозування часу доставки – ГДВ, порівняння КЧТ_{ij} з ФЧТ_{ij} – «Контроль відхилення від графіка ДВ»,

репрезентація інформації про проблемні ланки ТП для прийняття УВ у термінах, зручних для розуміння, – «Ідентифікація підрозділу, де допущено відхилення», обмін інформацією з клієнтом про стан ТП на етапах доставки – «Інформаційний обмін з клієнтом», розрахунки показників ефективності перевезення, якості виконання ТП, аналіз прогнозованих відхилень від фактичних – «Статистика та оновлення бази знань».

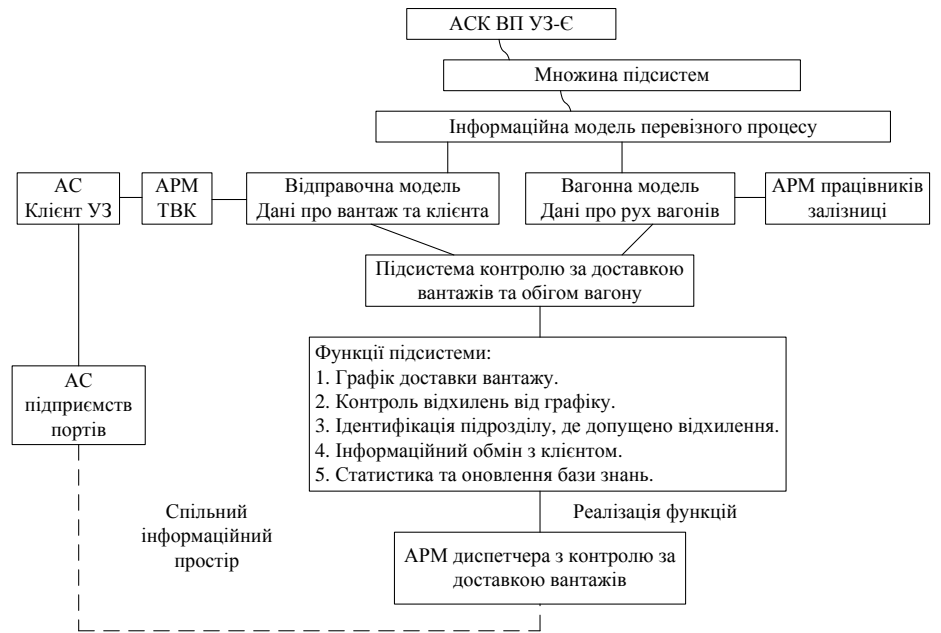


Рисунок 23 – Схема взаємодії підсистеми управління ТП ДВ з АСК ВП УЗ-Є

У шостому розділі розроблено структуру та функції інтелектуального інформаційного забезпечення системи управління процесами доставки вантажів підприємства залізниці ЦТС ЛІСКИ. Розвиток підприємства як мультимодальної компанії передбачає реалізацію стандартів сучасної автоматизації логістичних процесів, зокрема перевізних, технологічних та супутніх процесів. Створення мультимодальної компанії за принципом клієнтоорієнтованості насамперед здійснюється за напрямом автоматизації всіх рівнів технологічних процесів, що супроводжують цикл надання широкого спектра послуг. Основними параметрами якості логістичного обслуговування споживачів є: час оброблення замовлень; час надання послуги, зумовлений договором на послугу (час від отримання замовлення до доставки товару); контроль процесу ДВ та інформування споживача.

З метою логістичного обслуговування споживачів підприємством наразі надаються транспортні послуги, що містять роботи з вантажами, контейнерами та вагонами.

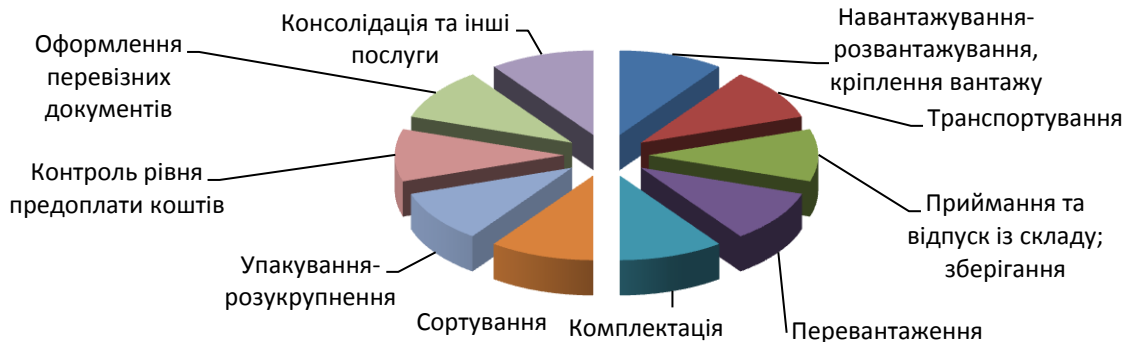


Рисунок 24 – Основні транспортні послуги, що наразі надаються залізницею

Автоматизація національної компанії з надання повного комплексу послуг клієнтові передбачає функціонування комплексу інформаційного забезпечення, що містить: прогнозування ринку; планування доставки; прийом замовлення; контроль

дотримання доставки; формування баз даних та баз знань щодо ситуацій та прийняття рішень диспетчерським персоналом; оперативну фінансову оцінку перевезення; координацію дій учасників ланцюга доставки, взаємодію з АСУ інших видів транспорту, державними контролюючими органами; усунення паперових технологій у внутрішньому документообігу та мінімізацію паперових документів під час взаємодії із зовнішніми структурами; взаємодія з ERP системами рівня залізниці та держави; управління персоналом. Завдання реалізації функцій комплексу ІТ поділяються на три умовні групи: «дійсні», «типові» та «необхідні».

Існуючі	Типові	Необхідні
<ul style="list-style-type: none"> • МЕСПЛАН • АСК ВП УЗ • АРМ ТВК • АРМ Приймоздавальника • АРМ КП • АС Клієнт УЗ • АРМ Вантажовідправника • 1С • Фобос 	<ul style="list-style-type: none"> • Система обробки замовлення • АСУ портів • АС авто • АСУ склад • Управління ресурсами 	<ul style="list-style-type: none"> • Диспетчер • АС автотранспорту • АСУ доставки вантажів

Рисунок 25 – ІТ рішення комплексу автоматизації підприємства

«Дійсні» рішення розроблені та певною мірою впроваджені в роботу на підприємстві або використовуються як окремі АРМ для розв'язання певних завдань під час надання транспортно-логістичних послуг. До дійсних ІТ рішень належать: МЕСПЛАН, АСК ВП УЗ-Є, АРМ ТВК, АРМ приймоздавальника, АРМ КП, АС Клієнт УЗ, АРМ Вантажовідправника, 1С, Фобос.

До «типових» ІТ рішень належать ті автоматизовані програмні продукти, які використовуються в галузі надання транспортно-логістичних послуг та зарекомендували себе флагманами ринку за рахунок якості та високого рівня розв'язуваних ними функціональних завдань. «Система обробки замовлення», що побудована за принципом «єдиного вікна», дасть змогу автоматизувати весь вхідний процес обробки, сортування та розподілу замовлень на послуги від клієнтів.

Інтеграція з «АСУ портів», що побудовані за принципом «єдиного вікна», забезпечить інформованість щодо обороту контейнерів та вантажів, а також електронний документообіг при МДВ. Інтеграція із сучасною АС керування автотранспортом «АС авто» необхідна під час ввезення-вивезення контейнерів замовникам послуг. Типові рішеннями управління автотранспортом на ринку представлено системами компанії BGS Solutions. «АСУ склад» забезпечує керування потоками вантажів у складських приміщеннях та на площадках накопичення вантажів, їх консолідацією, розподіленням та накопиченням вантажних партій у межах термінальних складських комплексів. Система «Управління ресурсами» забезпечує необхідний рівень інформованості та контролю за раціональним використанням об'єктів управління й відстеження термінів своєчасного прийняття рішень щодо ремонту, оновлення та поповнення матеріально-технічної бази.

«Необхідні» ІТ рішення є такими, без яких не можливе ефективне

функціонування національної мультимодальної компанії.

Основним ланцюгом у комплексі управління є АС «Диспетчер». Її головне завдання полягає в контролі прогнозованої доставки вантажів. «АС автотранспорту» – це стратегічний напрям розвитку компанії на ринку автоперевезень як перевізника вантажів у контейнерах. «АСУ доставки вантажів» реалізовані завдання взаємодії між АС та робочими місцями за принципом послідовного виконання ТП під час отримання замовлення, оброблення провізних та супровідних документів. На рис. 26 наведено схему інтеграції АС у загальному ІТ-просторі підприємства.

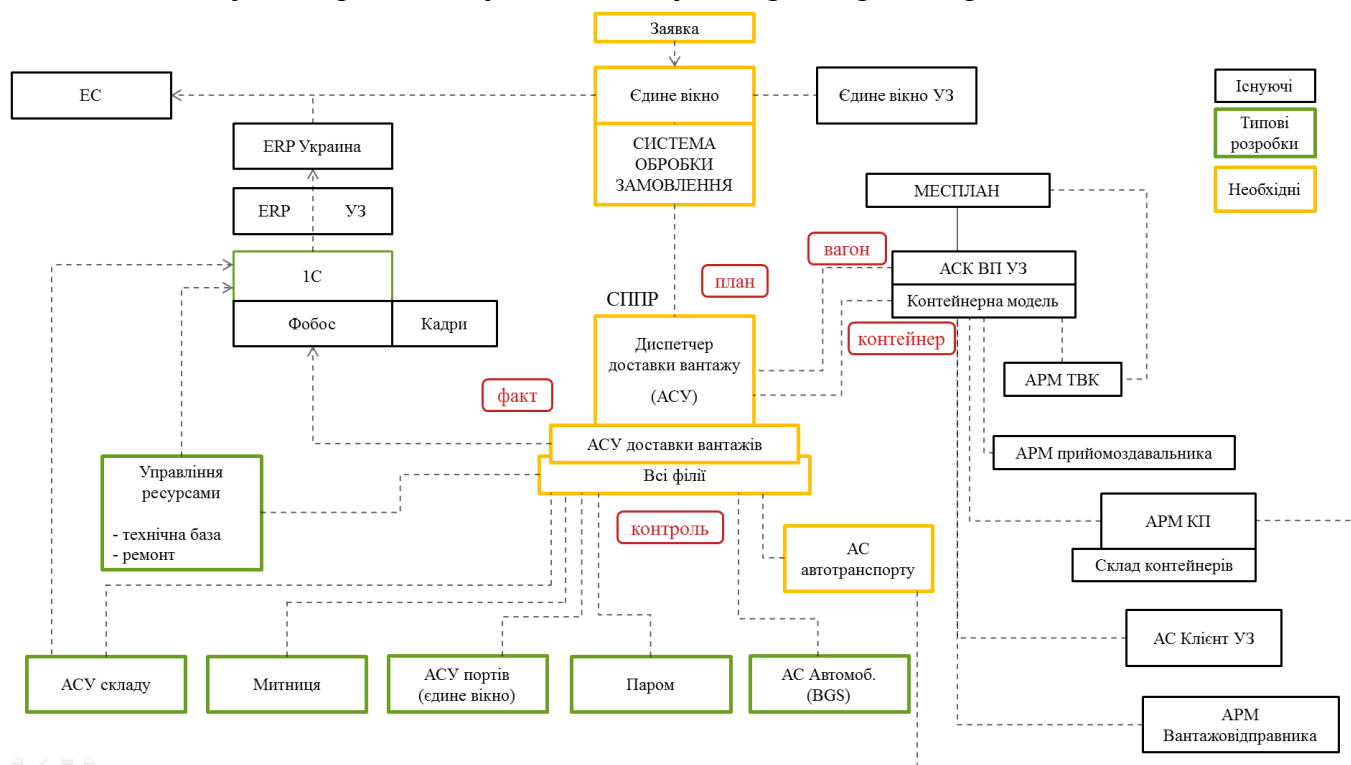


Рисунок 26 – Схема інтеграції АС у загальному ІТ-просторі підприємства

Управління логістичними процесами ДВ відбувається в ІТ-середовищі «ІТ LISKI», яке охоплює етапи планування, підготовки, організації, управління та обліку робіт із ДВ у режимі on-line, що зумовлює впровадження безпаперових технологій у внутрішніх процесах компанії, під час взаємодії з клієнтами та іншими учасниками МДВ.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано науково-прикладну проблему підвищення ефективності експлуатації рухомого складу шляхом розробки методології технологічно-інформаційного моделювання послідовності дій оперативного управління технологічними процесами залізниць. Застосування методології забезпечує розв'язання проблем практики експлуатаційної діяльності в частинах: формування інструментів оперативного контролю виконання технологічних процесів, прогнозування часу операцій технологічних процесів, ідентифікації проблемних ланок для прийняття управлінського впливу, оцінювання якості управління технологічними процесами перевезення вантажів залізницею, розроблення принципів формування системи показників, адекватної поточному стану експлуатаційного процесу. Основні наукові та практичні результати

досліджень можна узагальнити таким чином:

1. Ретроспективний аналіз світового та вітчизняного досвіду свідчить, що існує проблема комплексної організації технологічних процесів залізницею. Цілісна концепція управління ТП перевезення перебуває на стадії формування, хоча її окремі наукові сегменти розроблені на високому теоретичному рівні. Нормативно-технологічні документи, на яких базується організація діяльності, не ув'язані в один комплекс з оперативною діяльністю – контролю за основним об'єктом управління на залізниці – вагоном. У наукових дослідженнях широко використовується моделювання процесів доставки вантажів із застосуванням математичного та комп'ютерного моделювання, проте застосуванню універсальних апроксимаційних властивостей нечітких моделей та нечіткому регулюванню технологічними процесами достатньої уваги приділено не було.

Розроблено класифікацію методів координації транспортних підрозділів за ознакою повноти охоплення етапів повного циклу перевезення. Аналіз класифікаційних ознак таких методів координації показав, що жоден із нинішніх методів не охоплює всього циклу перевезення від стадії планування до доставки вагонів та вантажів у місце призначення. Класифікація проілюструвала необхідність розвитку методів управління перевезеннями, що охоплюють повний цикл доставки вантажу.

Досліджено концептуальну повноту нормативної бази систем управління технологічними процесами перевезення, розроблено нові поняття й терміни для визначення ефективності управління доставки вантажу.

Досліджено кваліфікаційні ознаки найбільш суттєвих спільних рис систем управління в окремих видах транспорту, таких, як рівень концентрації управління, наявність АСУ ТП, склад показників роботи системи та критерії управління. Аналіз свідчить, що в СУ оцінка якості виконання технологічного процесу відсутня, інформаційне забезпечення якісно не характеризує об'єктів управління, СУ не містить методів підтримки прийняття рішення. З класифікації випливає, що спільним показником, критерієм роботи, характеристикою стану об'єктів управління є час, протягом якого цей об'єкт перебуває під управлінням системи, що може бути критерієм під час створення єдиного інформаційного простору системи управління доставкою вантажів при координації видів транспорту.

Проаналізовано методи врахування порушень несвоєчасної доставки вантажу клієнтові. У функціонуючій СУ контроль за процесами ДВ відбувається лише в разі потреби, після завершення процесу доставки, фактично він фіксує перевищення нормативного часу отримання вантажу власником із подальшим з'ясуванням причин і відповідальності.

2. Розроблено емпіричну базу дослідження, визначено параметри та характеристики об'єктів, зміна стану яких становить технологічні процеси; визначено параметри, прогнозування яких дає змогу дотримуватися нормативів виконання процесів; визначено якісні показники роботи системи, дотримання яких забезпечує ефективне використання рухомого складу під час перевезення; також визначено склад бази даних для побудови системи управління ТП.

Запропоновано нові принципи контролю процесу доставки вантажу, а саме: контроль за виконанням графіка доставки вантажу, що складається на підставі

розробленої технології доставки вантажу, яка визначає всі стадії його обробки. Договір на перевезення, складений на основі зазначеної технології, містить фінансові зобов'язання виконання запланованих характеристик технології та графіка. Контроль дотримання графіка доставки вантажу здійснюється з використанням системи інформаційного моніторингу.

Формально описана структура понять та зв'язки сценаріїв, подій з об'єктами управління в технологічних процесах засобами фреймової моделі.

3. Застосовано методологію концептуально-логічного та проектного моделювання складних транспортних організаційно-технічних систем до побудови моделей системи управління технологічними процесами, створено метамодель процесу та розкрито моделі до необхідного рівня.

Розроблено концептуальну модель визначення контрольно-часових точок на основі сценаріїв доставки вантажів. Для генерування можливих сценаріїв подій із вантажем у вагоні та розрахунку КЧТ розроблено алгоритм, який враховує дані про відхилення від норм виконання операцій, що дозволяє визначити контрольно-часові точки безпосередньо в інформаційному середовищі АСК ВП УЗ-Є з урахуванням інформації про реальний хід перевезення в попередній період.

4. Встановлено, що час доставки вантажу як базовий показник якості не є цільовою функцією системи. Розроблено адаптивну модель оцінки якості виконання технологічного процесу учасниками доставки вантажу з використанням нечітких множин, яка доводить застосовність моделювання на основі часових даних. Надійність прогнозу категоріального значення відхилення для більшості проміжних станцій перевищує 89 %, для відхилення на кінцевій станції – 78 %. Для уніфікованого оцінювання значень експлуатаційного відхилення на різних станціях запропоновано впорядковану категоризовану шкалу, засновану на порядкових статистиках. Оцінка експлуатаційного відхилення за такою шкалою може бути передана в лінгвістичній формі диспетчерському апарату для прийняття рішення.

Розроблено методи визначення частки впливу роботи транспортних підрозділів, видів транспорту на загальний обіг вагона та час доставки вантажу з використанням нечітких множин. Доведено, що така система здатна до локалізації проблемних ланок та зон відповідальності підсистем, що дозволяє однозначно ідентифікувати підрозділ залізниці для прийняття управлінського впливу.

5. Розроблено схему та засоби імітаційного моделювання технологічних процесів з використанням та без використання нечіткого управління. Налаштування нечіткого регулятора дозволяє зменшувати відхилення показників виконання технологічного процесу від нормативних значень у середньому у 2,2 рази та покращувати технологічні процеси управління доставки вантажів, що підтверджує застосовність методології технологічно-інформаційного моделювання до управління технологічними процесами з метою підвищення ефективності експлуатації рухомого складу. Впровадження методології забезпечує зменшення терміну доставки вантажу на дві доби та збільшує надійність технологічних процесів.

6. Проведений аналіз свідчить, що інформаційна система залізниці є сховищем даних, які описують виконану роботу та констатують процеси, що вже відбулися. АС залізниці потребує впровадження технологій підтримки прийняття рішень диспетчерським апаратом. Розроблено структуру підсистеми з управління

технологічними процесами доставки вантажів та функції АРМ, що реалізують: прогнозування часу доставки, порівняння контрольних та фактичних часових точок перебування вагона, здійснюють репрезентацію інформації про проблемні ланки для прийняття управлінського впливу, обмін інформацією з клієнтом, розрахунки показників ефективності перевезення та якості виконання технологічного процесу.

7. Проаналізовано склад функцій управління доставкою вантажів у філії «ЦТС «Ліски» АТ «Укрзалізниця», розроблено перелік необхідного програмного забезпечення для впровадження автоматизованої системи диспетчерського управління процесами доставки вантажів в інформаційному просторі мультимодальної залізничної компанії. Розроблено схему інтеграції АРМ диспетчера з контролю доставки вантажів з автоматизованими системами підприємства.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статі в закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus:

1. Strelko O. H., Kyrychenko H. I., Sorochynska O. L., Pylypchuk O. Ya. Application of Information Technologies for Automation of Railway and Cargo Owner Interaction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol 582. (Scopus) DOI: 10.1088/1757-899X/582/1/012029

2. Strelko O., Kyrychenko H., Berdnychenko Yu., Isaienko S., Tverdome V. Analysis of the Intra-Day Irregularity of Intaken Empty Wagon-Flows During the Day Periods. *Transport Means: Proceedings of 23rd International Scientific Conference*. 2019. Part I. P. 16-21. (Scopus) URL: <https://transportmeans.ktu.edu/wp-content/uploads/sites/307/2018/02/Transport-means-2019-Part-1.pdf>

3. Stavyvka Yurii, Kyrychenko Hanna, Strelko Oleh, Berdnychenko Yuliia, Gaba Vasyl, Hrushevskia Tetiana Improvement of the technique of calculating operational parameters using an automated system. *MATEC Web of Conferences*. 2019. Vol 294. (Web of Science Core Collection) DOI: 10.1051/mateconf/201929406002

4. Strelko O., Kyrychenko H., Berdnychenko Yu., Petrykovets O., Soloviova L. Enhancement of the Technology for the Distribution of Gondola Railcars for Loading in a Competitive Environment. *Transport Means: Proceedings of 24th International Scientific Conference*. 2020. Part I. P. 182-186. (Scopus) URL: <https://transportmeans.ktu.edu/wp-content/uploads/sites/307/2018/02/Transport-means-A4-I-dalis.pdf>

Статті в наукових фахових виданнях:

5. Кириченко Г. І. Оптимізація взаємодії залізниці та вантажовласника – мета розробки інформаційних технологій. *Проблеми транспорту*: збірник наукових статей. Київ: НТУ, 2010. Вип. 7. С. 239-246.

6. Кириченко Г. І., Габа В. В., Висоцька Г. С. Автоматизований облік часу затримки вагонів та вантажів на підходах до станцій призначення. *Залізничний транспорт України*. 2011. № 1. С. 30-32.

7. Кириченко Г. І. Проблематика досліджень транспортних систем при взаємодії різних видів транспорту. *Проблеми транспорту*. Київ: НТУ, 2011. Вип. 8. С. 21-29.

8. Іващук В. Р., Кириченко Г. І., Кузнєцов М. М., Петриковець О. В.

Формування інструментів логістичного забезпечення перевезень вантажів на залізниці. *Залізничний транспорт України*. 2011. № 5. С. 20-23.

9. Кириченко Г. І., Стрелко О. Г., Мацюк В. В., Родкевич О. Г. Визначення рівня достовірності інформації про вантажі, що перевозяться залізницями України. *Збірник наукових праць Київського Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства інфраструктури України: Серія «Транспортні системи і технології»*. 2011. Вип. 18. С. 187-193.

10. Кириченко Г. І., Стрелко О. Г., Горецький О. А. Аналіз якості даних перевізних документів в автоматизованих системах. *Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії*. 2011. Вип. 26. С. 23-27.

11. Петрашевський О. Л., Кириченко Г. І., Алексеєнко О. В., Герасименко А. В. Сучасна концепція побудови інформаційного моніторингу системи доставки вантажів при мультимодальних перевезеннях. *Вісник Національного транспортного університету*. 2011. Вип. 24(2). С. 205-208.

12. Петриковець О. В., Кириченко Г. І., Стрелко О. Г., Горецький О. А. Скорочення витрат на складську логістику. Система «Cross-docking». *Збірник наукових праць ДЕТУТ*. Серія «Транспортні системи і технології». 2012. Вип. 20. С. 262-265.

13. Петрашевский О. Л., Кириченко А. И. Пути повышения эффективности управления процессами доставки грузов при мультимодальных перевозках. *Проблеми транспорту*. Київ: НТУ, 2012. Вип. 9. С. 3-16.

14. Кириченко Г. І., Горецький О. А., Бердниченко Ю. А. Методи практичної формалізації умов взаємодії залізниці з користувачами транспортних послуг. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту*. Серія «Транспортні системи і технології». 2012. Вип. 21. С. 160-164.

15. Нестеренко Г. І., Кириченко Г. І., Озерова О. О. Технологічні засади функціонування логістичного центру залізничного транспорту. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2012. № 6(177), ч. 1. С. 169-173.

16. Кириченко Г. І. Концепція інтелектуальної транспортної системи управління процесами доставки вантажу. *Залізничний транспорт України*. 2013. № 1. С. 37-40.

17. Кириченко Г. І., Овчаренко С. М. Контроль виконання графіків доставки вантажів залізничним транспортом методом контрольно-часових точок. *Сборник научных трудов SWorld*. Иваново, 2013. Вып. 4. Том 1. С. 3-7.

18. Кириченко Г. І., Стрелко О. Г., Бердниченко Ю. А., Макарова О. О. Організація роботи сортувальної станції в умовах автоматизації. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту*. Серія «Транспортні системи і технології». Київ, 2013. Вип. 23. С. 150-154.

19. Кириченко А. И., Габа В. В., Иващук С. И., Петриковець О. В. Системний тезаурус процесов мультимодальної доставки грузов. *Проблеми транспорту*. Київ: НТУ, 2013-2014. Вип. 10. С. 186-196.

20. Kirichenko A., Berdnichenko Yu. Elektronische Abfertigung der Güterbeförderungen in der Ukraine. *Збірник наукових праць Державного економіко-*

технологічного університету транспорту. Серія «Транспортні системи і технології». Київ, 2014. Вип. 24. С. 237-239.

21. Петрашевський О. Л., Кириченко Г. І., Алексеєнко О. В., Овчаренко С. М., Петриковець О. В. Моніторинг процесів доставки вантажів методом призначення контрольних-часових точок. *Вісник Національного транспортного університету*. 2014. № 29. С. 308-317.

22. Кириченко Г. І. Інтелектуальна система управління процесом доставки вантажу. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. Харків, 2015. Вип. 5(114). С. 3-6.

23. Кириченко Г. І., Стрелко О. Г., Бердніченко Ю. А., Петриковець О. В., Кириченко О. А. Моделювання сценаріїв переміщення вантажів у ланцюгах доставки. *Транспортні системи та технології перевезень: збірник наукових праць ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна*. Дніпро, 2016. Вип. 12. С. 32-37.

24. Кириченко Г. І. Методика створення інтелектуальної автоматизованої системи управління доставкою вантажів на залізниці. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2017. № 2 (68). С. 46-56.

25. Strelko Oleh, Kyrychenko Hanna, Berdnychenko Yulia, Hurinchuk Svitlana Automation of Work Processes at Ukrainian Sorting Stations. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol 7 No 2.23. P. 516-518. DOI: 10.14419/ijet.v7i2.23.15346

26. Kyrychenko Hanna, Statyvka Yurii, Strelko Oleh, Nesterenko KHalyna Assessment of Cargo Delivery Quality Using Fuzzy Set Apparatus. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol 7 No 4.3. P. 262-265. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.3.19800

27. Kyrychenko Hanna, Nesterenko Halyna, Avramenko Svetlana, Lytvynenko Sergiy, Yanovsky Petro, Lytvynenko Larysa Use of cargo delivery process model for the assessment of logistics service quality. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol 7 No 4. P. 4514-4518. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.19858

28. Кириченко Г. І., Стрелко О. Г., Бердніченко Ю. А., Петриковець О. В., Павлюк Є. І. Сучасні тенденції розвитку мультимодальної системи перевезення вантажів. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського*. Серія: технічні науки. 2019. Том 30 (69), ч. 2, № 3. С. 148-153. DOI: 10.32838/2663-5941/2019.3-2/26

29. Стрелко О. Г., Кириченко Г. І., Бердніченко Ю. А., Лиман А. С. Удосконалення системи обслуговування клієнтів на залізницях України з огляду на досвід інших держав. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського*. Серія: технічні науки. 2019. Том 30 (69), ч. 2, № 4. С. 141-145. DOI: 10.32838/2663-5941/2019.4-2/23

Додаткові статті, у яких опубліковані матеріали дисертації:

30. Петрашевський О. Л., Кириченко А. И., Алексеєнко А. В. Концептуальные основы создания транспортных информационно-управляющих систем. *Автошляховик України: науково-виробничий журнал*. 2012. № 2 (226). С. 9-11.

31. Кириченко Г. І. Проблематика застосування інформаційних технологій в управлінні процесами доставки вантажу. *Проблеми транспорту*. Київ: НТУ, 2012. Вип. 9. С. 17-27.

32. Кириченко Г. І., Овчаренко С. М. Розробка методу контрольних-часових

точок для контролю графіків доставки вантажу. *Проблеми транспорту*. Київ: НТУ, 2013-2014. Вип. 10. С. 112-118.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

33. Кириченко А. И. Новая технология обработки информации о потоке цистерн как элемент логистического управления. *Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики*: збірник доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2002. С. 146-148.

34. Кириченко А. И. Информационные технологии: современное состояние и проблемы развития. *Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління*: тези доп. I наук.-практ. конф. Київ: КУЕТТ, 2003. С. 88-89.

35. Кириченко А. И. Технология автоматизированного номерного учета работы железнодорожной станции и подъездного пути – новое звено в системе транспортной логистики. *Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики*: збірник доп. V Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2003. С. 116-120.

36. Кириченко А. И. Информационная система ГО Укрморпорт – основа координационного взаимодействия морских торговых портов со смежными видами транспорта. *Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики*: збірник доп. VI Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2004. С. 217-220.

37. Кириченко А. И., Кириченко О.А. Технология автоматизированного учета работы железнодорожной станции и подъездного пути. *Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики*: збірник доп. VII Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2005. С. 146-148.

38. Кириченко Г. І. Етапи реалізації Програми розвитку комплексної інформатизації комерційного господарства Укрзалізниці у 2006-2009 рр. *Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті*: збірник доп. II Міжнар. наук.-практ. конф. Судак, 2007. С. 146-148.

39. Кириченко А. И., Кириченко О.А. Пути интеграции информационной системы промышленного предприятия и железной дороги при составлении и обработки перевозочного документа. *Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті*: тези доп. I Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпропетровськ, 2007. С. 16.

40. Кириченко А. И. Развитие информационных технологий коммерческого хозяйства как инструмент повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта. *Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті*: тези доп. III Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпропетровськ, 2009. С. 11.

41. Кириченко Г. І. Забезпечення цінності даних в автоматизованих системах як фактор підвищення якості управління залізничним транспортом. *Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті*: тези доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпропетровськ, 2010. С. 12-13.

42. Кириченко Г. І. Забезпечення достовірності даних перевізних документів в автоматизованих системах залізничного транспорту. *Проблеми економіки транспорту*: тези доп. IX міжнар. наук. конф. Дніпропетровськ, 2010. С. 15.

43. Кириченко Г. І. Проблеми досліджень процесів перевезень при взаємодії суміжних видів транспорту у контексті логістичної концепції управління. *Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології*: тези доп. V наук.-практ. конф. Київ: ДЕТУТ, 2011. С. 182-184.

44. Іващук В. Р., Кириченко Г. І. Логістичні технології управління процесами перевезень вантажів на залізницях. *Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики*: збірник доп. XIII Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2011. С. 87-92.

45. Кириченко Г. І. Розробка «інструментів» управління процесом виконання транспортної послуги. *Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті*: тези доп. VI Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпропетровськ, 2012. С. 16.

46. Кириченко Г. І. Проблема створення інформаційного моніторингу процесів доставки вантажів залізничним транспортом. *Тези LXXIII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. Київ: НТУ, 2012. С. 186.

47. Петрашевський О. Л., Кириченко Г. І., Алексеєнко О. В. Техніко-економічні критерії репрезентативності інформаційного забезпечення як частини моніторингу мультимодальних перевезень. *Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики*: тези 14 Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2012. С. 149.

48. Петриковець О. В., Бердниченко Ю. А., Кириченко Г. І. Система керування транспортними вантажопотоками при взаємодії залізничного і морського транспорту. *Проблеми економіки і управління на залізничному транспорті*: матеріали VII Міжнарод. наук.-практ. конф. Судак, 2012. С. 278-279.

49. Кириченко Г. І. Аналіз інформаційних технологій управління процесами доставки вантажів на залізницю. *Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології*: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2013. С. 160-162.

50. Кириченко Г. І. Процесуальні категорії, характеристики й процедури мультимодальної доставки вантажів. *Тези доповідей LXXIX наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. – Київ: НТУ, 2013. С. 204-205.

51. Кириченко Г. І. Формування термінологічної системи транспортних процесів. *Тези доповідей LXXX наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. Київ: НТУ, 2014. С. 187-188.

52. Кириченко А. І., Овчаренко С. Н. Совершенствование процесса контроля доставки грузов на железнодорожном транспорте. *Современные проблемы развития интеллектуальных систем транспорта*: тезисы Международ. науч.-практ. конф. Днепропетровск: ДНУЖТ, 2014. С. 35-36.

53. Іващук В. Р., Кириченко А. І. Создание информационных технологий системы управления цепями поставок. *Проблеми і перспективи розвитку*

железнодорожного транспорта: тезиси докладов 75 Междунар. науч.-практ. конф. Днепропетровск, 2015. С. 184-185.

54. Кириченко Г. І., Кириченко О. А. Інформаційна підтримка моделювання сценаріїв процесу доставки вантажів. *Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті*: тези X Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпро, 2016. С. 20-21.

55. Кириченко Г. І. Семантика нових термінів системних транспортних процесів. *Тези доповідей LXXI наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. Київ: НТУ, 2015. С. 231.

56. Kyrychenko H. I. Applying processes modelling to manage goods delivery. *Modern Scientific Achievements and Their Practical Application: III International Scientific and Practical Conference*. 2017. № 5(21), Vol. 1. Dubai, UAE. P. 53-55.

57. Кириченко Г. І., Стативка Ю. І., Бердниченко Ю. А., Цейко Б. О. Оцінка якості доставки вантажів з використанням апарату нечітких множин. *Технології та інфраструктура транспорту*: Міжнар. наук.-техн. конф. Харків: УкрДУЗТ, 2018. С. 193-194.

58. Кириченко Г. І., Бердниченко Ю. А., Малишко С. В. Вдосконалення технології розподілення напіввагонів під навантаження. *Перспективи розвитку технічних наук у країнах ЄС та в Україні*: Міжнар. наук.-практ. конф. Влоцлавек, Республіка Польща, 2018. С. 44-47.

59. Кириченко А. И., Приймак А. А. Информационные системы железной дороги при оценке качества доставки грузов. *Тихомировские чтения: инновационные технологии перевозочного процесса'2018*: Междунар. научн.-практ. конф. Гомель, Беларусь, 2019. С. 40-42.

АНОТАЦІЯ

Кириченко Г. І. Методологія підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту шляхом вдосконалення науково-обґрунтованої стратегії управління технологічними процесами. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Державний університет інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2021.

Дисертаційну роботу присвячено розв'язанню науково-прикладної проблеми підвищення ефективності експлуатації рухомого складу за допомогою розроблення методології технологічно-інформаційного моделювання послідовності дій оперативного управління технологічними процесами залізниць. Застосування методології забезпечує розв'язання проблем практики експлуатаційної діяльності в частинах: формування інструментів оперативного контролю виконання технологічних процесів, прогнозування часу операцій технологічних процесів, ідентифікації проблемних ланок для прийняття управлінського впливу, оцінювання якості управління технологічними процесами перевезення вантажів залізницею, розроблення принципів формування системи показників, адекватної поточному стану експлуатаційного процесу.

У дисертаційній роботі: розроблено узагальнену класифікацію методів координації між видами транспорту за ознакою охоплення етапів перевезення доставки вантажів та поповнено термінологічну базу; описано структуру понять та зв'язки сценаріїв, подій з об'єктами управління в технологічних процесах доставки вантажів залізницею у фреймовій моделі; побудовано нечітку модель прогнозу експлуатаційних відхилень від встановлених контрольно-часових точок, застосовано моделювання на основі часових даних та уніфіковано оцінювання значень експлуатаційного відхилення на різних станціях за впорядкованою категоризованою шкалою, що заснована на порядкових статистиках; розроблено структуру та описано способи побудови елементів нечіткого регулятора системи управління під час впровадження нових показників або обґрунтування тих, що є; проведено імітаційне моделювання технологічних процесів; розроблено спосіб визначення показника обігу вагона, що оцінює якість роботи підрозділів управління залізницею з урахуванням поточної експлуатаційної ситуації.

Ключові слова: технологічні процеси залізниці, ефективність використання вагонів, нечіткий регулятор, модель прогнозу, інформаційні автоматизовані системи, оперативне управління, контрольно-часові точки, обіг вагона, вантажні перевезення, графіки доставки вантажів, інформаційний моніторинг, імітаційне моделювання.

ABSTRACT

Kyrychenko H. I. Methodology for increasing the means of transport operation efficiency by improving the scientifically grounded strategy for managing technological processes. – Manuscript.

Doctor of technical sciences candidate's thesis in 05.22.20 – Operation and Repair of Vehicles. State University of Infrastructure and Technology of the Ministry of Education and Science, Kyiv, 2021.

The object of the study is to solve the applied scientific problem of increasing the efficiency of means of transport operation through safe introduction of indicators of the quality of operational field work and the quality of transport services provision in the implementation of technological processes.

In the thesis, a generalized classification of existing coordination between transport modes has been developed based on the coverage of the stages of cargo delivery and the terminological base was supplemented; the structure of concepts and connections of scenarios, and events with control objects in technological processes of cargo delivery by rail using a frame model has been described; a fuzzy model for predicting operational deviations from the established control-time points has been built, modelling based on time data has been applied and a unified assessment of operational deviation values at various stations has been carried out in accordance with a streamlined well-categorized scale, based on order statistics; a structure has been developed and a method has been described for constructing elements of a fuzzy regulator of a control system when introducing a system of new indicators or justifying existing ones; simulation modelling of technological processes has been carried out; a method has been developed for determining the indicator – wagon turnover, with the help of which the quality of work of

the railway management units is assessed, taking into account the current operational situation.

Key words: railway technological processes, wagon efficiency, fuzzy regulator, forecast model, information automated systems, operational management, control-time points, wagon turnover, freight transportation, freight delivery schedules, information monitoring, simulation modelling

АННОТАЦИЯ

Кириченко А. И. Методология повышения эффективности эксплуатации средств транспорта путём совершенствования научно-обоснованной стратегии управления технологическими процессами. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт транспортных средств. Государственный университет инфраструктуры и технологий Министерства образования и науки, Киев, 2021.

Цель исследования – решение научно-прикладной проблемы повышения эффективности эксплуатации средств транспорта путём безопасного внедрения показателей качества оперативной эксплуатационной работы и качества предоставления транспортной услуги при осуществлении технологических процессов.

В диссертационной работе разработана обобщенная классификация существующих методов координации видов транспорта по признаку охвата этапов доставки грузов и дополнена терминологическая база; описана структура понятий и связей сценариев, событий с объектами управления с использованием фреймовой модели; построена нечеткая модель прогноза эксплуатационных отклонений от установленных контрольно-временных точек, применено моделирование на основе временных данных и осуществлено унифицированное оценивание значений эксплуатационного отклонения на различных станциях в соответствии с категоризированную шкалой, которая основывается на порядковых статистиках; разработана структура и описан способ построения элементов нечёткого регулятора системы управления при внедрении системы новых показателей или обосновании существующих; проведено имитационное моделирование технологических процессов; разработан способ определения показателя – оборот вагона, с помощью которого оценивается качество работы подразделений управления железной дорогой с учетом текущей эксплуатационной ситуации.

Ключевые слова: технологические процессы железной дороги, эффективность использования вагонов, нечёткий регулятор, модель прогноза, информационные автоматизированные системы, оперативное управление, контрольно-временные точки, оборот вагона, грузовые перевозки, график доставки грузов, информационный мониторинг, имитационное моделирование.

КИРИЧЕНКО ГАННА ІВАНІВНА

**МЕТОДОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ НАУКОВО-
ОБҐРУНТОВАНОЇ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ
ПРОЦЕСАМИ**

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку 07.04.21. Формат 60x84/16. Папір офсет.
Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 1,9.
Обл.-вид. арк. 2,0. Тираж 100 прим. Зам. № 17. Ціна договірна

