

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет залізничного транспорту

АРСЕНЕНКО ДАНИЛО ВОЛОДИМИРОВИЧ



УДК 656.223

**УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ  
ТРАНСПОРТУВАННЯМ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ  
ТРАНСПОРТОМ**

05.22.01 – транспортні системи

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі транспортних систем та логістики в Українському державному університеті залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор

**Ломотько Денис Вікторович,**

Український державний університет залізничного транспорту,  
кафедра транспортних систем і логістики, завідувач кафедри.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор

**Козаченко Дмитро Миколайович,** Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, кафедра управління експлуатаційною роботою, професор кафедри;

кандидат технічних наук, доцент

**Павленко Олексій Вікторович,** Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра транспортних технологій, доцент кафедри.

Захист відбудеться «\_02\_» \_жовтня\_ 2020 р. о \_11<sup>00</sup>\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українському державному університеті залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий «\_29\_» \_\_серпня\_\_ 2020 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради



А. В. Прохорченко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Аналіз вантажних перевезень вітчизняних залізниць за останні роки намітив чітку тенденцію на розвиток перевезення товарів маслянистої та зернової групи. Динаміка збільшення перевезення зернових вантажів має позитивний характер із наростаючим підсумком, причиною чого є технологічний розвиток галузі та попит на світовому ринку.

Зважаючи на технологічну, географічну та нормативно-правову складові сектора перевезень зернових вантажів, залізниця стає ключовим перевізником у цій сфері. В умовах дефіциту локомотивної тяги, відсутності належної конкуренції на ринку перевезень гостро постає питання впровадження відповідних інновацій у процесі формування ефективної логістики стосовно зернових вантажів. Це відбувається на тлі коливань цін на зернову продукцію, наприклад у минулому фрахтовому році ціна на вітчизняну кукурудзу була на 18 % нижче світової.

Окремо постає питання формування повагонних відправок цієї групи вантажів. Аналіз обсягів навантаження зернових вантажів на кінець календарного 2018 року залізничними станціями України показує фактичну неспроможність залізниці забезпечити попит на перевезення для відправників із малим і середнім обсягом. Така ситуація унеможливує розвиток цілого сегмента аграрного бізнес-сектора та сприяє негативній оцінці транспортної галузі.

Зважаючи на вищесказане, одним з головних завдань для власника інфраструктури є створення умов для перевезення зернових вантажів із забезпеченням вимог усіх учасників перевізного процесу. При цьому слід враховувати наявність дефіциту локомотивної тяги, необхідність створення умов для залучення інвестицій у рухомий склад вантажовідправників, що за обсягами не мають можливості формувати маршрутні відправлення зернових вантажів самостійно.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р, Стратегічного плану розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, затвердженого наказом Міністерства інфраструктури України від 21 грудня 2015 р. № 547, Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу на 2008-2020 роки, затвердженої наказом Міністерства транспорту і зв'язку України від 14.10.2008 р. № 1259, а також науково-дослідницької роботи, у якій автор брав безпосередню участь як виконавець: «Дослідження та розроблення проекту Порядку відкриття та закриття залізничних станцій для виконання всіх чи деяких операцій та зупинних пунктів» (ДР № 0117U0054414).

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є вирішення наукового завдання організації, управління та планування перевезень зернових вантажів залізничним транспортом у сучасних умовах впровадження логістичних технологій, коливань обсягів перевезень і нестачі рухомого складу.

Поставлена мета визначила такі основні задачі дослідження:

- виконати дослідження і провести аналіз показників перевезення зернових вантажів і відповідні експлуатаційні показники регіональної філії-залізниці;
- проаналізувати існуючі методи дослідження технології місцевої роботи

залізниць, особливості процесу планування розподілу порожнього рухомого складу та виявити ефективну технологію розподілу вагонів-зерновозів в існуючих умовах;

- проаналізувати технологію роботи диспетчерського локомотива на залізничних дільницях і створити гнучку технологію організації місцевої роботи з зерновими вантажами;

- сформувавши технологію організації ступеневого маршруту на залізничній дільниці на основі комплексу моделей, що включає імітаційну модель на базі гібридних мереж Петрі з динамічними вагами дуг з подальшою оптимізацією процесу планування формування ступеневого маршруту зернових вантажів на основі скорочення експлуатаційних витрат;

- створити комплекс задач для автоматизованого робочого місця (АРМ) диспетчера-вагонорозпорядника (ДНЦОВ) при формуванні ступених маршрутів з інтеграцією при створенні єдиної системи управління парком вагонів-зерновозів (ЄСУ ПВЗ) до Єдиної автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями української залізниці (АСК ВП УЗ Є) на базі теорії прийняття рішень;

- провести обґрунтування впровадження технології формування ступеневого маршруту зернових вантажів на залізничній дільниці шляхом розроблення та застосування відповідної техніко-економічної моделі.

*Об'єкт дослідження* - управління перевезенням зернових вантажів на залізничному транспорті.

*Предмет дослідження* - технологія організації та управління транспортуванням зернових вантажів ступеними залізничними маршрутами на базі логістичних технологій.

**Методи дослідження.** Проведені дослідження базуються на використанні методів математичної статистики з урахуванням зовнішніх і внутрішніх технологічних чинників, визначення ключових чинників технології перевезень зернових вантажів для прийняття певних управлінських рішень щодо формування маршрутів; методу динаміки середніх при створенні моделі єдиної системи управління парком вагонів-зерновозів (ЄСУ ПВЗ); моделювання технології формування ступених маршрутів за допомогою гібридних мереж Петрі; системного підходу при формалізації технології формування ступених маршрутів з урахуванням потреб усіх учасників перевізного процесу: перевізника, власника інфраструктури, вантажовласника; теорії прийняття рішень і методів нечіткої логіки при створенні вимог до додаткових задач системи АСК ВП УЗ Є.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У дисертаційній роботі вирішено наукове завдання з організації, управління та планування перевезень зернових вантажів залізничним транспортом шляхом створення гнучкої технології формування ступеневого маршруту.

У дисертаційній роботі дисертантом особисто отримано такі наукові положення:

*Вперше:*

- для організації перевезення зернових вантажів на базі логістичних технологій запропоновано модель управлінням перерозподілом рухомого складу, використану при створенні єдиної системи управління парком вагонів-зерновозів (ЄСУ ПВЗ) з урахуванням можливості використання вагонів різних власників і з

можливістю скорочення часу на планування перерозподілу;

- формалізовано логістичну технологію планування та управління залізничними перевезеннями зернових вантажів ступеневими маршрутами на основі комплексу моделей, що включає імітаційну модель на базі гібридних мереж Петрі з динамічними вагами дуг з подальшою оптимізацією процесу планування формування ступеневого маршруту зернових вантажів на полігоні шляхом урахування потреб усіх учасників перевізного процесу.

*Удосконалено:*

- структуру та комплекс функціональних задач АСК ВП УЗ Є на основі формування розподіленої системи підтримки прийняття рішень (СППР) АРМ диспетчерського персоналу для вирішення завдань управління при перевезенні зернових вантажів, що базується на запропонованій єдиній системі управління парком вагонів-зерновозів (ЄСУ ПВЗ).

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропоновано автоматизовану технологію формування ступеневих маршрутів перевезення зернових вантажів, що дозволяє приймати раціональні управлінські рішення щодо використання існуючого матеріально-технічного ресурсу, аналізувати і робити відповідні висновки за оперативною ситуацією на досліджуваному полігоні. Такі результати дозволяють як впливати на подальший результат в оперативні терміни для вирішення виробничого завдання, так і інтегрувати організаційне завдання на вищій управлінській рівень.

Розроблені підходи рекомендовано інтегрувати до автоматизованих робочих місць оперативного персоналу рівня регіональної філії, а саме диспетчера-вагонорозпорядника (ДНЦОВ), і для створення окремої інженерної посади для обробки інформаційної складової між оператором і вантажовідправником.

Розроблену модель рекомендовано для використання на всіх регіональних філіях - залізницях України. Полігоном дослідження обрано залізничну дільницю з п'яти вантажних станцій АТ «Укрзалізниця», що здійснюють навантаження зернових вантажів.

Основні результати і розроблені наукові підходи щодо формування ступеневого маршруту перевезення зернових вантажів, використані та впроваджені на Харківській дирекції залізничних перевезень Південної залізниці, дозволяють збільшити обсяги перевезення вантажів на 2,5 %, скоротити експлуатаційні витрати на формування відправки зернових на 32 %, скоротити експлуатаційні витрати, пов'язані з використанням диспетчерського локомотива, на 15 %. Ключові засади роботи впроваджені в навчальний процес студентів денної та заочної форм навчання факультету управління процесами перевезення дисциплін «Логістика» і «Транспортно-вантажні системи». Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, які наведені в додатках до роботи.

**Особистий внесок здобувача.** Результати, що становлять основний зміст дисертаційної роботи, отримані автором самостійно та проводились в УкрДУЗТі.

У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належить таке: у роботі [1] проаналізовано принципи організації місцевої роботи в умовах реформування галузі та виявлено основні технологічні принципи формування відправок і роботи маневрового локомотива; у роботах [2, 19] проаналізовано ієрархічну складову в організації експлуатаційної роботи, її зв'язок із вантажовідправниками та

розроблено модель оптимального розподілу порожнього рухомого складу з урахуванням існуючого принципу формування управлінських рішень; у роботах [4, 14] - аналіз впровадження та взаємодії логістичних ланцюгів у міжнародному сполученні; у роботах [5, 12] сформовано систему підтримки прийняття рішень з використанням когнітивних технологій у ланцюгах доставки вантажів залізницями; у роботах [6, 18] встановлено завдання формування необхідних составів поїздів у пунктах навантаження з урахуванням замовлень вантажовласників, зведено до задачі лінійного програмування з необхідністю мінімізувати отриману функцію; у роботах [7, 17] сформовано нечітку систему підтримки прийняття рішення оперативного персоналу; у роботах [8, 15] формалізовано процеси розподілу рухомого складу з використанням динамічної моделі; у роботах [9, 13] виявлено основні методи управління інфраструктурою для оптимізації перевезення зернових вантажів; у роботі [10] запропоновано варіанти розрахунків коефіцієнтів інтенсивності експлуатації для рухомого складу залежно від термінів експлуатації під перевезенням певних видів вантажів; у роботах [11, 16] наведено підходи до удосконалення автоматизованої системи для забезпечення вантажовласників рухомим складом певного рівня комерційної придатності відповідно до їхніх заявок.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалені на таких конференціях: 11-й Міжнародній науково-практичній конференції «Міжнародні транспортні коридори та корпоративна логістика», м. Харків, 11-13 червня 2015 р., УкрДУЗТ; 80-й, Міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті», м. Харків, 2018р., УкрДУЗТ; Міжнародній науково-практичній конференції «Синергетика, мехатроніка, телематика дорожніх машин і систем у навчальному процесі та науці», м. Харків, 2017 р., ХНАДУ; Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті – ЕКУЗТ 2017», м. Харків, 17 – 19 травня 2017 р.; 31-й Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті», м. Харків, 2018 р., УкрДУЗТ; Міжнародній науково-практичній Internet-конференції «Моделювання та інформаційні технології в науці, техніці та освіті», м. Харків, 21-22 листопада 2018 р., ХНАДУ; науково-практичної конференції Комп'ютерні технології і мехатроніка, 21-22 листопада 2018 р., Харків, ХНАДУ; 15-й науково-практичній конференції «Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика», м. Харків, 6-8 червня 2019 р., УкрДУЗТ.

Дисертацію в повному обсязі розглянуто і схвалено в Українському державному університеті залізничного транспорту на розширеному засіданні кафедри транспортних систем та логістики за участю членів спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04.

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 19 наукових праць, у тому числі 9 наукових статей у фахових виданнях, затверджених МОН України, одна з них без співавторів (у тому числі 3 – у міжнародних наукометричних базах), 1 – у базі даних Scopus, 2 – додаткових праці (зокрема – одне підтвердження прав на об'єкти інтелектуальної власності), а також 8 праць апробаційного характеру (тези доповідей на науково-практичних конференціях).

**Структура і обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу,

чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

Повний обсяг дисертації складає 145 сторінок, з яких обсяг основного тексту – 104 сторінки, 31 рисунок за текстом, 3 таблиці і 2 рисунки на окремих сторінках, список використаних джерел із 120 найменувань і 6 додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету дисертаційної роботи, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень; наведено наукову новизну, розкрито теоретичне та практичне значення отриманих результатів і напрями їх впровадження.

У **першому розділі** проведено аналіз існуючого стану агарного сектора, його перспективи та взаємний зв'язок між галузями. Окрім того, проведено аналіз ринку перевезень зернових вантажів і виявлено ключові чинники, що формують характер його роботи. Так, проаналізувавши експлуатаційні показники зерновозів по Харківській регіональній філії залізничних перевезень, встановлено, що середня швидкість руху зерновоза в навантаженому та порожньому стані при повагонних відправках становить близько 7,6 км/год, а при маршрутних відправках - близько 11,2 км/год. Враховуючи припортовий характер вивантаження зернових вантажів, середнє скорочення обігу вагона становить близько 2,5 доби.

Тому виникає проблема при формуванні поодиноких і групових відправок на залізничній дільниці. Впровадження гнучких логістичних технологій для задоволення попиту на відвантаження зернових вантажів дозволяє оперативно планувати місцеву експлуатаційну роботу на принципах ресурсозбереження та відкриває можливість для додаткових варіантів організації місцевої роботи.

У **другому розділі** запропоновано виділити ключові чинники в оптимізації перевезення зернових вантажів, до яких належать оптимальний розподіл порожніх вагонів, існуюча структурна складова та її взаємозв'язок із іншими учасникам перевізного процесу, модель формування ступеневого маршруту та інформаційна складова.

Інтеграція залізниці до ринкових умов праці є невід'ємною частиною реформування галузі. Виходячи з цього обсяги навантаження, забезпечення потреб інших учасників перевізного процесу оператором перевезення та інші експлуатаційні показники мають відповідати вимогам ринку та його тенденціям. Зважаючи на це, формування будь яких логістичних та управлінських впроваджень має базуватися на принципах ресурсозбереження та оптимізації витрат у цілому.

Аналіз показав, що для відносно крупних відправників зернових вантажів ефективною технологія перевезень у вигляді відправницьких маршрутів. Для відносно невеликих відправників (з обсягом до 10 ваг/доба) слід використовувати гнучкий підхід, що сприятиме коректному прийняттю рішень перевізниками, трейдерами та оператором рухомого складу в комплексі. Таким підходом є використання технології перевезень зернових вантажів ступеневими маршрутами на базі розподіленої СППР оперативного персоналу.

За відомим визначенням, у роботі під ступеневим маршрутом зернових вантажів розуміється група вагонів, завантажена двома та більше різними

вантажовідправниками на адресу одного одержувача; він формується на дільниці або у вузлі за нормою кількості вагонів, як й відправницький маршрут (рис. 1).

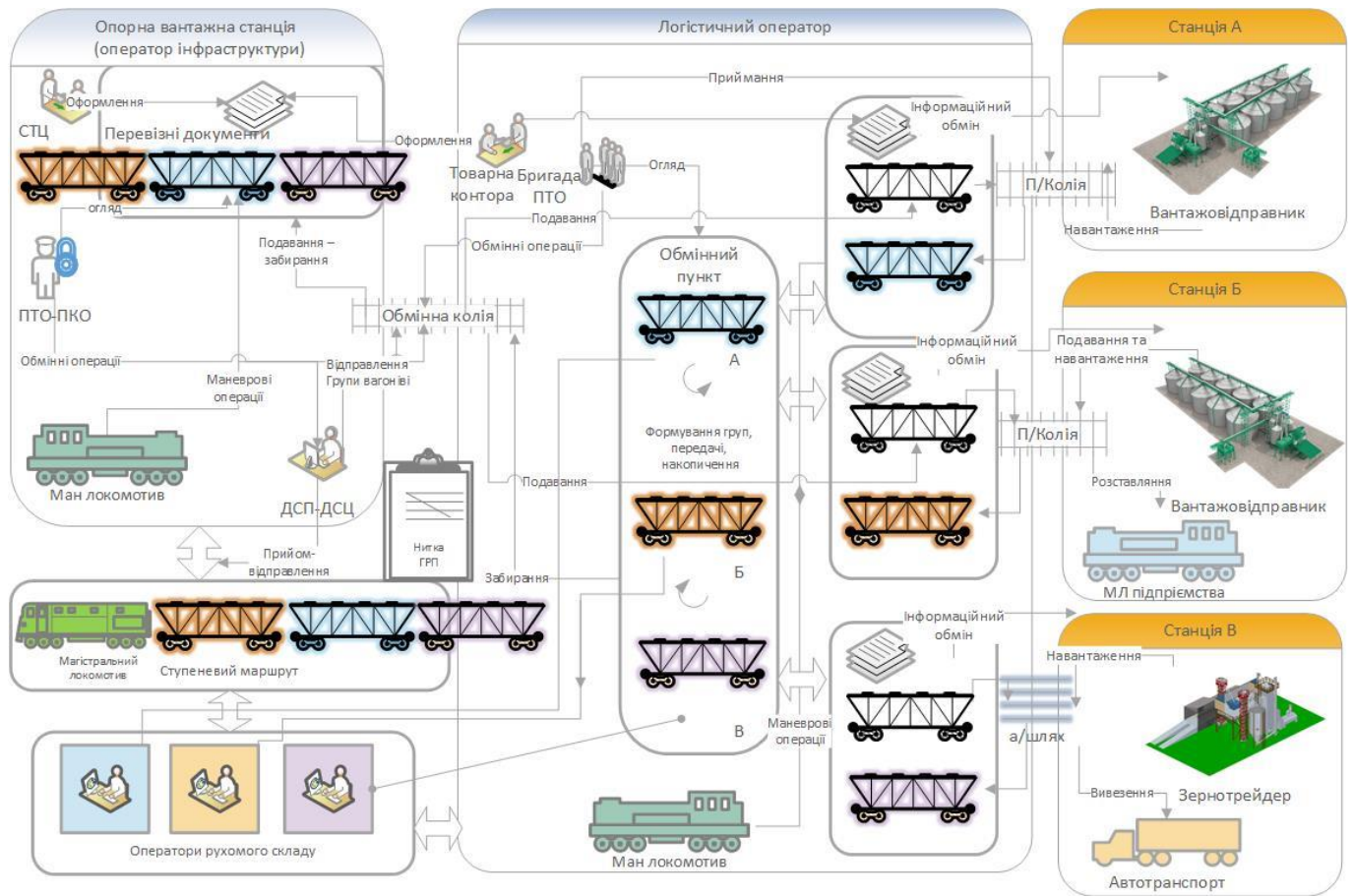


Рис. 1. Структурно-логічна схема технології формування ступеневого залізничного маршруту з зерновими вантажами

Дослідження показали, що для скорочення простою вагона виникла необхідність у формалізації процесів розподілу порожнього рухомого складу під зернові вантажі та планування процесу формування маршрутів в умовах застосування логістичних технологій. Схему вирішення завдання удосконалення процесів організації та управління транспортуванням зернових вантажів ступеневими залізничними маршрутами на базі логістичних технологій наведено на рис. 2.

Процес розподілу вагонів-зерновозів запропоновано формалізувати як процедуру з оперативної діяльності диспетчерського апарату на базі методу динаміки середніх. Головним завданням при цьому стає отримання первинної інформації щодо оцінки імовірності переходу стану вагонів із порожнього в навантажений з урахуванням додаткових вихідних параметрів системи – дислокації вагонів і їх приналежності в умовах можливої пріоритетності забезпечення вагонами певних станцій.





Рис. 2. Схема вирішення задачі удосконалення процесів організації та управління транспортуванням зернових вантажів ступеневими залізничними маршрутами

Технологію розподілу вагонів-зерновозів формалізовано з урахуванням випадкового характеру в їх потребі в такому вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dU_1^I(t)}{dt} = -U_1^I(t)W_1 + \sum_{i=1}^n h_1 U_1^{II}(t)W_{i,1}, \\ \frac{dU_2^I(t)}{dt} = -U_2^I(t)W_2 + \sum_{i=1}^n h_2 U_2^{II}(t)W_{i,2}, \\ \dots, \\ \frac{dU_n^I(t)}{dt} = -U_n^I(t)W_n + \sum_{i=1}^n h_i U_i^{II}(t)W_{i,n}, \\ \frac{dU_1^{II}(t)}{dt} = \sum_{i=1}^n U_i^I(t)W_i - h_1 U_1^{II}(t) \sum_{j=1}^n W_{1,j}, \\ \frac{dU_2^{II}(t)}{dt} = \sum_{i=1}^n U_i^I(t)W_i - h_2 U_2^{II}(t) \sum_{j=1}^n W_{2,j}, \\ \dots \\ \frac{dU_n^{II}(t)}{dt} = \sum_{i=1}^n U_i^I(t)W_i - h_n U_n^{II}(t) \sum_{j=1}^n W_{n,j}. \end{array} \right. \quad (1)$$

У моделі (1) прийнято:

$U_i^I(t)$  – кількість навантажених вагонів, зайнятих в  $i$ -му завантажувальному районі, кількість яких приймемо рівним  $N^I$ ;  $U_i^{II}(t)$  – кількість порожніх вагонів, що можуть використовуватися в  $i$ -му завантажувальному районі,  $\sum_n U_i^{II}(t) = N^n$ ;  $h_i$  – булева змінна, що враховує наявність ( $h_i=1$ ) або відсутність ( $h_i=0$ ) можливості використання вагонів різних власників (операторів вагонів) в  $i$ -му завантажувальному районі;  $W_{i,j}$  – інтенсивність процесу використання порожнього вагона з  $i$ -го вантажного району під завантаження в завантажувальному районі  $j$  в інтервалі часу  $(t; t+\Delta t)$ ;  $W_i$  – інтенсивність вивантаження навантаженого вагона в

завантажувальному районі  $i$ ,  $\sum_n W_i = 1$ . Параметр представлено у вигляді степеневої функції, що дозволяє надати коректну оцінку стану вагона.

Розглянемо залізничний полігон П, що складається з трьох навантажувальних районів та на якому знаходиться робочий парк вагонів-зерновозів кількістю 1000 од. Здійснено припущення, що всі вагони є взаємозамінними. Розглянемо такі ситуації: коли для оператора рухомого складу використання вагонів у кожному з районів є рівнозначним ( $U_1^{\Pi}(t) = U_2^{\Pi}(t) = U_3^{\Pi}(t) = 0,333 * N^{\Pi} = 333$  од.) і коли для оператора рухомого складу існують пріоритети використання вагонів на кожному полігоні (перший умовний район є найбільш пріоритетним, третій – найменш пріоритетним), тобто прийнято  $U_1^{\Pi}(t) = 0,5 * N^{\Pi} = 500$  од.,  $U_2^{\Pi}(t) = 0,3N^{\Pi} = 300$  од.,  $U_3^{\Pi}(t) = 0,2N^{\Pi} = 200$  од. (рис. 3 та 4).

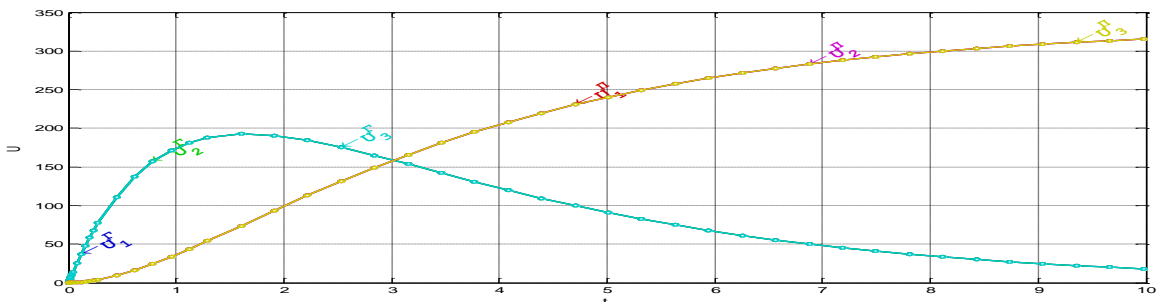


Рис. 3. Результати моделювання для умовного полігону П при рівних обсягах роботи в навантажувальних районах ( $U_1^{\Pi}(t) = U_2^{\Pi}(t) = U_3^{\Pi}(t)$ )

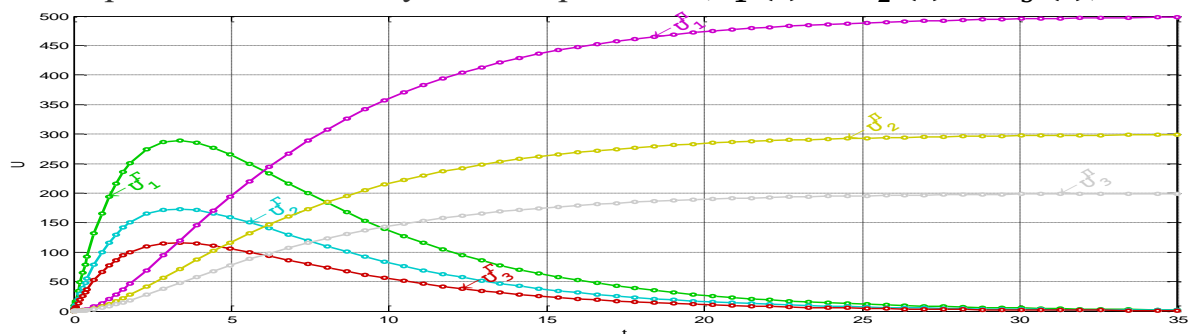


Рис. 4. Результати моделювання для умовного полігону П при навантажувальних районах із різними обсягами роботи і з пріоритетами

Використання запропонованих моделей дозволяють зменшити для оператора інфраструктури експлуатаційні витрати на здійсненні управління (W) рухомим складом і зменшити обіг місцевого вагона в середньому. Так, результат перерозподілу вагонів при рівнозначних навантажувальних районах, на відміну від ситуації за наявності пріоритетів, настає на 25 год швидше. Отже, якщо всі навантажувальні регіони будуть рівними за пріоритетом, то тривалість прийняття управлінського рішення скорочується в 3,5 разу. Величину відносної похибки результатів моделювання оцінено на рівні 8,3 % у першому випадку та на рівні 2,7 % - у другому.

Цей комплекс задач прийняття управлінських і технологічних рішень, зважаючи на імовірнісний характер критеріїв вибору технологічних альтернатив, їхніх параметрів та обмежень, запропоновано покласти в основу ЄСУ ПВЗ з подальшою інтеграцією до системи АСК ВП УЗ Є.

У третьому розділі розглянуто формалізацію технологічних варіантів

реалізації формування ступеневого маршруту на залізничному полігоні.

Створення підходу до формалізації технології перевезень зернових вантажів сприятиме коректному прийняттю рішень перевізниками, трейдерами та оператором залізничної інфраструктури на базі інформаційних систем. Географічний аналіз топології залізничної мережі, де розташовано пункти вантажоутворення, навантажувальні можливості вантажних станцій, технологічні можливості забезпечення вагонами і тяговим рухомим складом дають підставу для можливості застосування ступеневих маршрутів, причому кількість таких пунктів, як правило, змінюється від двох до п'яти. Але обґрунтування ефективності запропоновано підтвердити за допомогою імітаційної моделі на мережі Петрі.

На рис. 5 представлено загальний вигляд моделі технології формування залізничних ступеневих маршрутів для перевезень зернових вантажів, створеної за допомогою гібридної мережі Петрі.

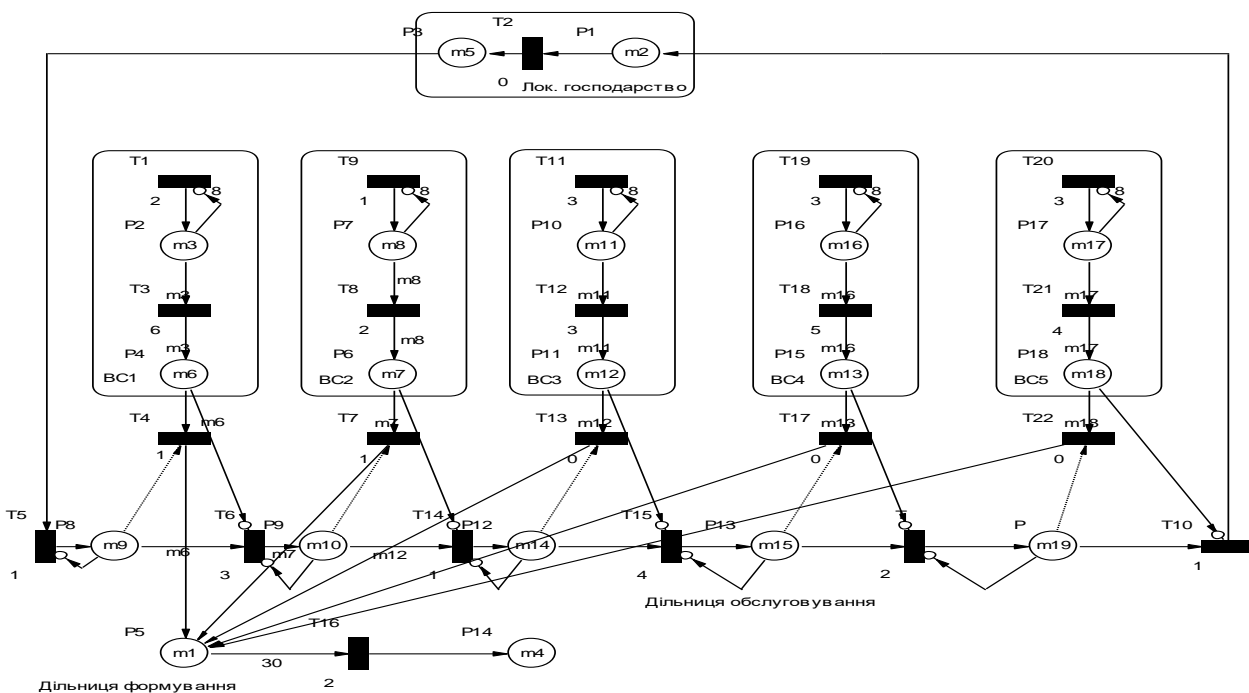


Рис. 5. Загальний вигляд моделі технології формування залізничних ступеневих маршрутів зернових вантажів на мережі Петрі у вигляді графа

З метою виключення неоднозначності у функціонуванні моделі та підвищення її стійкості до зациклення в моделі використано дуги-інгібітори, що дозволило уникнути перехідних інваріантів. Виключення наявності позиційних інваріантів підтверджено властивістю зберігання мережі. Це досягнуто за допомогою використання синтез-дуг із динамічними вагами (наприклад між переходом T3 та позицією P4), що вперше застосовується для моделювання технологічних процесів залізничних перевезень зернових вантажів. Дійсно, після закінчення моделювання має місце рівність початкового та фінального маркування мережі, тобто адекватність моделі також підтверджується властивістю зберігання мережі-моделі.

Здійснено моделювання технології формування ступеневого маршруту на дослідному полігоні для різного його складу  $m_m$ . Рациональним на даному полігоні можна вважати варіант ступеневого маршруту при  $m_m = 45$  ваг. в умовах скорочення часу на формування маршруту на 12 год (18 %) порівняно з базовим варіантом.

Обґрунтування впровадження технології формування ступеневого маршруту зернових вантажів на дільниці запропоновано шляхом розроблення та застосування відповідної техніко-економічної моделі. Ключовим у вирішенні поставленого питання є створення моделі оптимального планування процесу формування маршруту зернових вантажів з визначенням таких технологічних параметрів:

- кількість вагонів у маршруті  $q_x$ ;
- термін часу на його накопичення  $t$ ;
- визначення полігонів, для яких буде оптимально таке перевезення з урахуванням відстані від станції розпилення та кількості технічних станцій.

Проаналізувавши показники вантажної роботи на дослідній дільниці, запропоновано формалізувати перевезення зернових вантажів на базі ступеневого маршруту з накопиченням. Ключовими питаннями при побудові такої моделі буде визначення оптимальної кількості вагонів у маршруті, враховуючи необхідну кількість заявок на перевезення по даній дільниці (рис. 6). У явному вигляді модель із системою обмежень, що забезпечує виконання технічних, технологічних, логістичних і правових умов, має такий вигляд:

$$C(q_x) = \sum_{i=1}^8 C_i = (C'_x + Z'_T) \cdot t_{qi} + \frac{q_x}{Q_c} \cdot C'_x + C_T + \frac{f_{arm} \cdot t_{qi} \cdot q_{st}}{q_x} + \frac{\sum_{i=1}^m g_i (C_m + C_{zp}) \cdot t_i}{q_x} \cdot q_{st} + \frac{\sum_{i=1}^m s_i C_{ткм} \cdot L_i}{1000 q_x V_d} \times$$

$$\times q_{st} + \frac{C''_T q_x}{Q_P} + n^{1/n} \cdot f_{log} + \left( \frac{C_{xm} + Z_T}{q_x} \right) \cdot t_x \cdot q_{st} + \frac{(C_m + C_{zp}) \cdot t_{mv}}{q_x} \cdot q_{st} \Rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q_{\min} \leq q_x \leq q_{\max} - \text{партія вантажу не повинна перевищувати максимально - допустиму} \\ \text{вагову норму щодо вантажних поїздів на даному напрямку } q_{\max} \\ q_{\min} - \text{відповідна мінімальна вагова норма, } q_{\min} = q_{ст} \\ \frac{q_x}{Q_{\Pi}} + t + T_{\text{пер}} \leq T_{\text{норм}} \end{array} \right.$$

де  $m$  – кількість станцій на дільниці;  $t_{qi}$  – час простою вагонів під накопиченням на маршрут по  $i$ -й станції, год;  $q_{st}$  – статичне навантаження, для зернових вантажів прийнято 68 т/ваг;  $C'_x$  – експлуатаційна питома вартість простою одного вагона вантажу під очікуванням накопичення на маршрут, грн/ваг.год;  $Z'_T$  – питома вартість простою одного вагону вантажу під очікуванням накопичення на маршрут для відправника, грн/ваг.год;  $C_T$  – експлуатаційні витрати при навантаженні за тонну, грн/ваг;  $Q_c$  – переробна спроможність фронтів станції, т/год;  $f_{arm}$  – експлуатаційні витрати на утримання АРМ з урахуванням фонду заробітної плати, грн/год;  $g_i$  – булева змінна, що враховує виконання процесу пересування частин ступеневого маршруту по дільниці маневровим локомотивом ( $g_i=1$ ) або в інший спосіб ( $g_i=0$ ) в  $i$ -му завантажувальному районі;  $C_m$  – вартість локомотиво – години маневрової роботи (з урахуванням вартості палива), грн/год;  $C_{zp}$  – фонд заробітної праці працівників служб комерційної роботи і руху, грн/год;  $t_i$  – загальний час роботи маневрового локомотива по  $i$ -й станції дільниці, год;  $s_i$  – булева змінна, що враховує виконання процесу пересування частин ступеневого маршруту по дільниці поїзним локомотивом ( $s_i=1$ ) або в інший спосіб ( $s_i=0$ ) в  $i$ -му завантажувальному районі;  $C_{ткм}$  – ставка питомих витрат на 1000 ткм брутто вантажного руху, грн.;  $L_i$  – довжина  $i$ -ї

залізничної дільниці між завантажувальними районами, км;  $V_d$  - середня дільнична швидкість, км/год;  $C_T''$  - експлуатаційні витрати при вивантаженні за годину, грн/год;  $Q_P$  - можлива переробна спроможність порту, т/год.;  $f_{log}$  - витрати на підсилку групи порожнього рухомого складу згідно з тарифним керівництвом № 1, грн.;  $t_x$  - час простою час простою маршруту на станції вивантаження, год;  $C_{xm}$  - експлуатаційна питома вартість простою маршруту в очікуванні на станції вивантаження, грн/год;  $Z_r$  - питома вартість простою маршруту в очікуванні вивантаження для відправника, грн/год;  $t_{mv}$  - загальний час роботи маневрового локомотива на станції вивантаження.

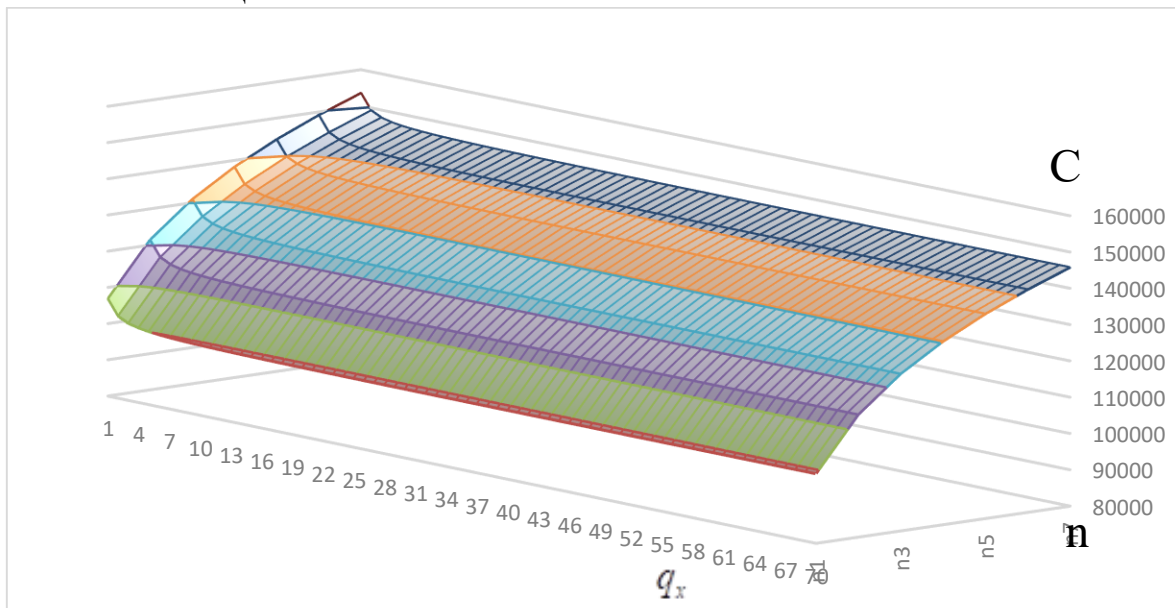
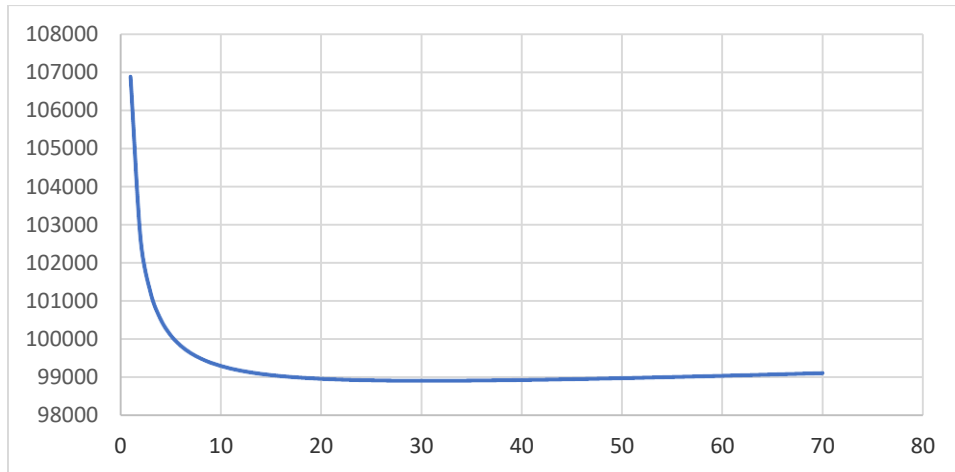


Рис. 6. Графічне відображення результатів моделювання у вигляді поверхні відгуку експлуатаційних витрат на перевезення маршруту зернових вантажів залежно від кількості вагонів і їхніх груп на полігоні в процесі формування ступеневого маршруту на дослідній дільниці

Враховуючи всі вищенаведені складові та принципи формування маршруту маємо графічне відображення значень цільової функції, подане на рис. 7 (для фіксованої кількості груп  $n$ ). Зважаючи на результат моделювання, для дослідного полігону оптимальною вважається кількість вагонів у маршруті близько 30, а тенденція до зростання поточних витрат починається з 50. Така ситуація дозволяє формувати маршрут з урахуванням оперативної ситуації та запровадити технологію з гнучким складом маршруту із зерновими вантажами.

**У четвертому розділі** розглянуто технологічні показники моделі формування ступеневого маршруту і можливі варіанти їх вдосконалення. Сутність цього питання розглянуто через призму конкурентоспроможності такого варіанта перевезення з альтернативними, результуючим підсумком чого є економічний ефект від провадження технології. В основу оцінювання ефективності варіантів технології перевезень зернових вантажів залізничним транспортом покладено формування сучасних інформаційних систем підтримки прийняття рішень і СППР оперативного персоналу.

С



qx

Рис. 7. Значення цільової функції моделі (для пошуку раціонального складу ступеневого залізничного маршруту)

Як джерело інформації про транспортно-логістичний процес доставки зернових вантажів можна використати дані, що автоматично надаються у СППР ЄСУ ПВЗ через АСК ПВ УЗ, експертні думки та інформацію автоматизованої системи «Месплан». Такий підхід призводить до появи великої кількості багатомірної і частково слабоструктурованої інформації. Нечітке висловлення експерта або слабоформалізовані дані, отримані автоматично, можна представити конструкціями вигляду  $\langle R_i(T_i) \in R'_i(T_i) \rangle$ , де  $R'_i(T_i)$  – конкретне значення лінгвістичної змінної, якому відповідає нечітка множина на універсальній множині  $R^*$ .

Для отримання нечітких висновків будемо використовувати правила перетворень нечітких висловлювань відповідно кон'юнктивної, диз'юнктивної та імплікативної форми:

$$\begin{aligned} \langle R_1(T_i) \in R'_1(T_i) \wedge R_2(T_i) \in R'_2(T_i) \rangle &\Rightarrow \langle (R_1(T_i), R_2(T_i)) \in (R'_1(T_i) \cap R'_2(T_i)) \rangle, \\ \langle R_1(T_i) \in R'_1(T_i) \vee R_2(T_i) \in R'_2(T_i) \rangle &\Rightarrow \langle (R_1(T_i), R_2(T_i)) \in (R'_1(T_i) \cup R'_2(T_i)) \rangle, \\ \langle R_1(T_i) \in R'_1(T_i) \text{ тобто } R_2(T_i) \in R'_2(T_i) \rangle &\Rightarrow \langle (R_1(T_i), R_2(T_i)) \in (R'_1(T_i) \rightarrow R'_2(T_i)) \rangle, \end{aligned} \quad (3)$$

де  $R'_1(T_i) \bullet R'_2(T_i)$  значення лінгвістичних змінних  $(R_1(T_i), R_2(T_i))$ , що відповідають вихідному висловлюванню  $\langle R_1(T_i) \in R'_1(T_i) \bullet R_2(T_i) \in R'_2(T_i) \rangle$ , якому для лінгвістичних змінних  $R_1(T_i)$  та  $R_2(T_i)$  ставиться у відповідність нечітка множина з функцією приналежності  $\mu_{R_1(T_i) \bullet R_2(T_i)}(R_1^*(T_i), R_2^*(T_i)) = \mu_{R_1(T_i)}(R_1^*(T_i)) \bullet \mu_{R_2(T_i)}(R_2^*(T_i))$ . Форму і характер функції приналежності запропоновано встановити методом експертних оцінок за умовною п'ятибальною шкалою.

З метою перевірки можливості використання запропонованого підходу до побудови СППР як вихідні дані було прийнято реальні дані дослідного полігону. Середній обсяг переробки зернових вантажів становить від 100 до 300 вагонів на



місяць. У результаті отримано нечітку множину  $\hat{R}_1(T_i) \bullet \hat{R}_2(T_i) = \langle \text{Відносна оцінка якості використання транспортних засобів} \rangle$ , при цьому нечітка база знань  $\Lambda$  СППР щодо технологічних варіантів буде мати вигляд

$$\Lambda = \begin{cases} B_1 : \langle R_{11} \wedge R_{12} \rangle \rightarrow \langle R'_{11} \wedge R'_{12} \rangle, \\ B_2 : \langle R_{21} \wedge R_{22} \rangle \rightarrow \langle R'_{21} \wedge R'_{22} \rangle, \\ B_3 : \langle R_{31} \wedge R_{32} \rangle \rightarrow \langle R'_{31} \wedge R'_{32} \rangle. \end{cases} \quad (4)$$

Приклад отриманої результуючої функції виконання (4) для дослідного полігону при кількості готових локомотивів 2 та обсязі роботи 100 вагонів наведено на рис. 8, кумулятивна умовна оцінка варіанта технології складає 3,83 одиниці (за умовно прийнятою п'ятибальною шкалою).

Схему інтеграції запропонованої ЄСУ ПВЗ до АСК ВП УЗЄ наведено на рис. 9.

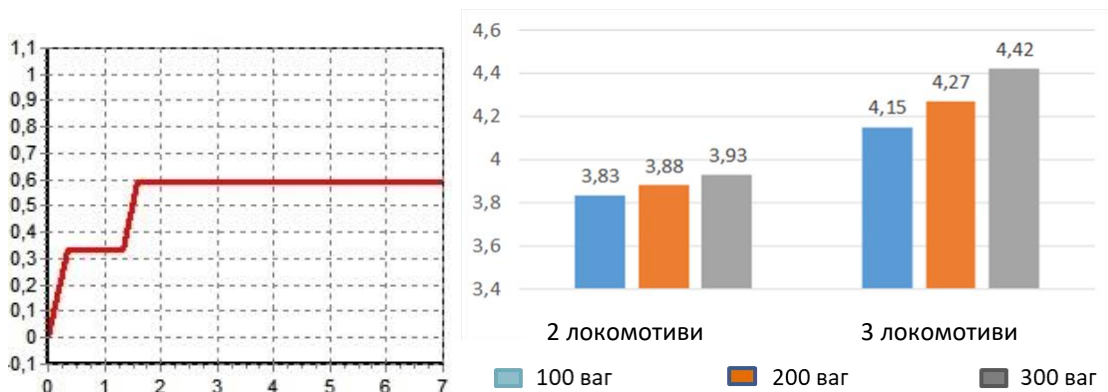


Рис. 8. Результуюча функція нечіткого висновку для СППР при кількості готових локомотивів 2 та обсязі роботи 100 вагонів і кумулятивні значення результуючої функції при різних кількостях готових локомотивів та обсягах роботи

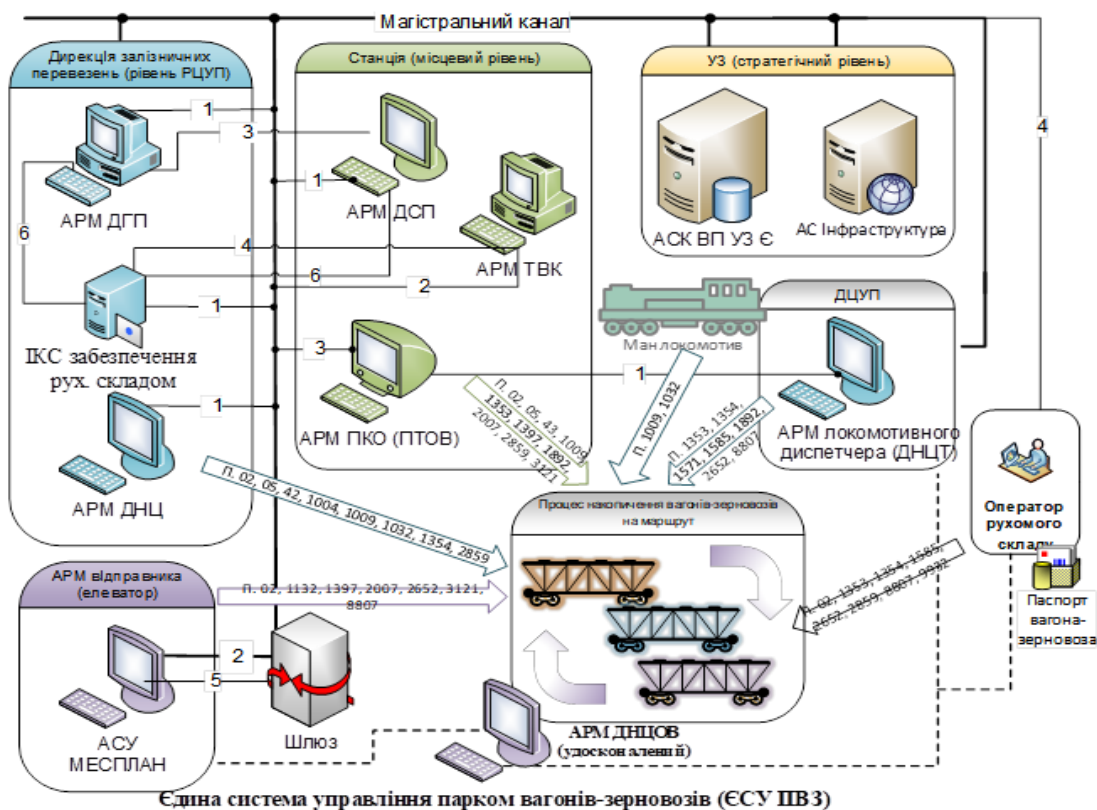


Рис. 9. Схема інтеграції запропонованої ЄСУ ПВЗ до АСК ВП УЗЄ

Основний економічний ефект від впровадження моделі формування ступеневих маршрутів полягає в покращенні технологічних, економічних і експлуатаційних показників роботи за рахунок підвищення скорочення обігу вагона шляхом поетапної оптимізації його складових. У даному випадку економічний ефект виступає у вигляді економії експлуатаційних витрат, одержуваної від збільшення дільничної швидкості руху порожнього вагона, зменшення часу очікування вантажних операцій, скорочення порожнього пробігу зерновоза.

Розрахунок економічного ефекту від впровадження інформаційно-керуючої системи забезпечення вантажовідправників залізничним рухомим складом довів, що сумарний приріст економічного ефекту з урахуванням приведених грошових потоків до першого року розрахункового періоду складає 2 869 000 грн. Період повернення одноразових витрат настане на перший рік експлуатації, коли величина сукупного економічного ефекту від інтеграції запропонованої ЄСУ ПВЗ до АСК ВП УЗЄ у вигляді додаткових задач АРМ ДНЦОВ стане додатною.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено наукове завдання організації та управління перевезеннями зернових вантажів залізничними ступеневими маршрутами в існуючих умовах значних коливань обсягів їх перевезень і нестачі рухомого складу. Це дозволило підвищити якісні та кількісні показники перевезення зернових вантажів, покращити здатність залізниць до конкуренції на транспортному ринку, врахувати сучасні вимоги всіх учасників перевезень зернових вантажів.

1. Проведений аналіз експлуатаційних показників перевезення зернових вантажів вагонами різних форм власності показує, що середня швидкість руху вагона-зерновоза при повагонних відправках становить близько 7,6 км/год, а швидкість руху вагона-зерновоза в маршруті складає 11,2 км/год. На обсяги відправлення зернових вантажів істотний вплив має сезонний чинник із значними коливаннями протягом року. Виявлено, що ці показники можуть бути покращені за рахунок впровадження системи раціонального розподілу вагонів під навантаження зернових вантажів і використання технології ступеневих маршрутів з місць навантаження.

2. Аналіз існуючої технології місцевої роботи залізниць і процесу розподілу рухомого складу в умовах його дефіциту, відсутності належної кількості тягового рухомого складу та наявності різних форм власності вагонів-зерновозів вказує на її певні недоліки. Запропоновано формалізувати процес управління перерозподілом рухомого складу у вигляді моделі з застосуванням методу динаміки середніх. Апробація запропонованої моделі дозволяє стверджувати, що використання розробленої моделі як задача ЄСУ ПВЗ призводить до зменшення обігу місцевого вагона-зерновоза, а про ефективність прийняття управлінського рішення щодо перерозподілу вагонів свідчить можливість скорочення часу планування приблизно у 3,5 разу за існуючої технології.

3. Існуюча технологія роботи диспетчерського локомотива на залізничній дільниці в умовах скорочення загальних обсягів перевезення, відносно великих відстаней між об'єктами інфраструктури та відсутність стійких закономірностей у розподілі часу закінчення вантажних операцій із вагоном-зерновозом призводить до



погіршення показників використання локомотивів і вагонів. Запропоновано створити базову технологію організації роботи місцевої роботи залізничної дільниці та диспетчерського локомотива на неї шляхом формування ступеневого маршруту зернових вантажів.

4. Формалізовано логістичну технологію залізничних перевезень зернових вантажів ступеневими маршрутами на полігоні на основі імітаційної моделі з використанням гібридних мереж Петрі з динамічними вагами дуг. Застосування розробленого підходу дозволяє скоротити час на формування партії порожніх зерновозів, оптимізувати час на проходження технологічних операцій на сортувальних і дільничних станціях, суттєво зменшити час виконання місцевої роботи. У подальшому здійснено оптимізацію процесу планування формування ступеневого маршруту зернових вантажів на полігоні на базі відповідної моделі шляхом урахування потреб усіх учасників перевізного процесу. Результатом впровадження є орієнтоване скорочення обігу вагона-зерновоза в середньому на 2,5 доби та, як наслідок, збільшення дільничної швидкості вагона. Отриманий результат моделювання для дослідного полігону показав, що оптимальною кількістю вагонів у маршруті з зерновими вантажами є близьким до 30, але тенденція до суттєвого зростання поточних витрат починається з 50 вагонів. Це дозволяє формувати маршрут з урахуванням оперативної ситуації та запровадити технологію з гнучким складом маршруту з зерновими вантажами. Здійснено моделювання технології формування ступеневого маршруту на дослідному полігоні, раціональним запропоновано вважати варіант маршруту у складі 45 ваг в умовах скорочення часу на формування маршруту на 12 год (18 %) порівняно з базовим варіантом.

5. Організаційна робота на дільниці потребує безпосередньої роботи з відправниками з урахуванням вимог існуючої технології забезпечення вагонами: згода елеватора на відвантаження - погодження з залізницею-регіональною філією - погодження порту на вивантаження. Ефективність виконання цієї роботи дозволить отримати відповідний технологічний результат за рахунок впровадження СППР і формування єдиного інформаційного простору між оператором, відправником і власником рухомого складу шляхом створення АРМ ДНЦОВ при формуванні ступеневих маршрутів. Подальша інтеграція запропонованих завдань дозволила удосконалити АСК ВП УЗ Є на основі формування розподіленої СППР у вигляді ЄСУ ПВЗ для вирішення завдань управління при перевезенні зернових вантажів

6. Запропоновано оптимізаційну модель формування ступеневих маршрутів вантажів зернових вантажів на полігоні, яку удосконалено шляхом урахування потреб усіх учасників перевізного процесу: перевізника, власника інфраструктури, вантажовласника. Очікуваний результат отримано виходячи з планування обсягів перевезення зернових вантажів на дільниці з урахуванням коливання обсягів перевезень в аграрному секторі. Проведено оптимізаційне моделювання з метою економічного обґрунтування впровадження гнучкої технології на основі ступеневих маршрутів (з приведенням результату до першого розрахункового року). Сумарний економічний ефект, зважаючи на прогнозовану інфляцію, дисконтну ставку та капітальні інвестиції наростаючим підсумком, становить 2 869 000 грн. Період повернення одноразових витрат настане на перший рік експлуатації, коли величина сукупного економічного ефекту удосконаленої технології у вигляді додаткових

задач АРМ ДНЦОВ стає додатною.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Основні наукові праці:

1. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В. Розробка моделі функціонування пункту концентрації комерційної роботи в умовах реструктуризації залізничного транспорту. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. Харків: УкрДАЗТ, 2013. Вип. 142. С. 19-23.

2. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В. Розробка оптимальної моделі управління рухомим складом оператором інфраструктури в ринкових умовах розвитку галузі. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. 166. С. 14-23.

3. Арсененко Д. В. Удосконалення організації перевезення зернових вантажів залізничними ступінчастими маршрутами. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. Харків: УкрДУЗТ, 2019. Вип. 184. С. 92-100.

*Публікації у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:*

4. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В. Формирование эффективных логистических технологий в перевозках грузов при железнодорожном международном сообщении. *Сборник научных трудов SWorld*. 2014. Вып. 4 (37). Т. 1. С. 77-79.

5. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В., Сморгісь І. В. Формування залізничних логістичних ланцюгів постачання контейнерних вантажів на базі когнітивних технологій. *Українська залізниця*. 2018. Вип. № 63. С. 11-14.

6. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В. Створення ефективної технології формування залізничних маршрутів із зерновими вантажами за допомогою моделей на мережі Петрі. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2018. Вип. № 6 (133). С. 38-45.

7. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В., Сморгісь І. В. Формування систем підтримки прийняття рішень з використанням когнітивних технологій у ланцюгах доставки контейнерів залізницями. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2018. Вип. 83. С. 93-99.

8. Lomotko D., Arsenenko D., Nosko N., Kovalova O. Formalization of rolling stock distribution processes by using dynamic model. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*. 2018. Vol. 6 (78). P. 143-154. doi : 10.15802/stp2018/154410.

9. Lomotko D., Arsenenko D., Kovalova O., Ischuka O., Methods of infrastructure management for optimization of grain transport organization. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 149. P. 500-507. doi : <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.168> ( видання індексується в базі Scopus).

### Додаткові праці:

10. Ломотько Д. В., Панченко С. В., Ковальов А. О., Ковальова О. В., Арсененко Д. В. Технологія оцінки комерційної придатності рухомого складу. *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 78080. Заявка 79028 від 26.03.2018 р. Дата реєстрації 04.04.2018 р.*

11. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В. Методология формирования эффективной логистической технологии перевозок в железнодорожном межгосударственном сообщении. *Залізничний транспорт України*. 2015. - Вип. 1. С. 11-17.

**Праці апробаційного характеру:**

12. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В., Запара Я. В. Удосконалення технології вантажних залізничних перевезень в умовах ринку транспортних послуг: *тези доповідей 11-ї Міжнар. наук.-практ. конф. «Міжнародні транспортні коридори та корпоративна логістика»* (11-13 червня 2015 р., Харків). *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2015. № 50. С. 23.

13. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В., Коханевич М. В. Синергетика, мехатроніка, телематика дорожніх машин і систем у навчальному процесі та науці. *Організація перевезення зернових вантажів в умовах реструктуризації галузі: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* (16 березня 2017). Харків: ХНАДУ, 2017. С. 97-99.

14. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В. Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті – ЕКУЗТ 2017». *Застосування альтернативних засобів та методів перевезень в аграрному секторі: матеріали XII Міжнар. наук.-практ. конф.* (17 – 19 травня 2017, Харків). Харків: ЕКУЗТ, 2017. С. 206-208.

15. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В. Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті. *Методи скорочення обігу зернового за рахунок створення маршрутних відправок: тези доповідей 80-ї Міжнар. наук.-техн. конф.* (24-26 квітня 2018, Харків). *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. Харків: УкрДУЗТ, 2018. Вип. 177. С. 196-197.

16. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В., Маслюк О. А. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. *Підхід до моделювання технології перевезень зернових вантажів за допомогою мереж Петрі: тези доповідей 31-ї Міжнар. наук.-практ. конф.* (24-26 жовтня 2018 р.). *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. Харків: УкрДУЗТ, 2018. Вип. № 4. С. 3-4.

17. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В., Сморгісь І. В. Моделювання та інформаційні технології в науці, техніці та освіті. *Формування системи підтримки прийняття рішень з використанням когнітивних технологій у ланцюгах доставки контейнерів залізницями: тези Міжнар. наук.-практ. Internet-конф. «Моделювання та інформаційні технології в науці, техніці та освіті»* (21-22 листопада 2018 р., Харків). *Збірник наукових праць*. Харків: ХНАДУ, 2018. С. 145-152.

18. Ломотько Д. В., Бутько Т. В., Арсененко Д. В. Комп'ютерні технології і мехатроніка. *Управління процесом забезпечення залізничним рухомим складом при перевезенні зернових вантажів: тези наук.-практ. конф.* (21-22 листопада 2018 р., Харків). Харків: ХНАДУ, 2019. С. 63-66.

19. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В. Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика. *Удосконалення логістичного управління транспортування та переробки зернових вантажів залізничним транспортом: тези доповідей 15-ї Міжнар. наук.-практ. конф.* (6-8 червня 2019 р., Харків). *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2019. Вип. 66. С. 147-149.

## АНОТАЦІЯ

Арсененко Д. В. Удосконалення логістичного управління транспортуванням зернових вантажів залізничним транспортом. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Український державний університет залізничного транспорту МОН України, Харків, 2020.

Дисертація присвячена питанням удосконалення транспортного процесу залізниць шляхом удосконалення перевезення зернових вантажів ступеневими маршрутами.

У роботі проаналізовано існуючі технології розподілу порожнього рухомого складу під навантаження, маршрутні та повагонні відправки зернових вантажів і виявлено, що експлуатаційні показники використання зернового вагона не відповідають оптимальним. Дефіцит локомотивної тяги та вагонного парку спонукають максимально оптимізувати роботу існуючого ресурсу на принципах ресурсозбереження та стимулювати інвестиційний рух у галузь.

Розроблено комплекс моделей щодо формування ступеневого маршруту зернових вантажів, що враховує вимоги оператора інфраструктури та відправника. Запропоновано науковий метод вибору та організації перевезення зернових вантажів, що дозволив скоротити обіг вагона та забезпечити послугою перевезення весь спектр вантажівідправників із оптимальними експлуатаційними витратами.

Впровадження удосконаленого комплексу додаткових завдань інформаційно-керуючої системи підтримки прийняття рішень у сформованому на нових принципах інформаційному полі, враховуючи мінімальні капітальні вкладення, дозволяє повернути одноразові витрати на перший рік експлуатації, коли величина сукупного економічного ефекту від ІКС стане додатною.

**Ключові слова:** залізничний транспорт, ступеневий маршрут, вагон-зерновоз, інформаційно-керуюча система, перевезення зернових вантажів, логістичні технології.

## АННОТАЦИЯ

Арсененко Д. В. Совершенствование логистического управления транспортировки зерновых грузов железнодорожным транспортом. – Рукопис.

Диссертация соискателя ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 - транспортные системы. - Украинский государственный университет железнодорожного транспорта МОН Украины, Харьков, 2020.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования транспортного процесса железных дорог путем усовершенствования перевозки зерновых грузов ступенчатыми маршрутами.

В работе проанализированы существующие технологии распределения порожнего подвижного состава под погрузку, маршрутные и повагонные отправки зерновых грузов и выявлено, что эксплуатационные показатели использования зернового вагона не соответствуют оптимальным. Так, проанализировав эксплуатационные показатели перевозки зерновых грузов по Харьковскому региональному филиалу железнодорожных перевозок, установлено, что средняя скорость движения зернового вагона в груженном и порожнем состоянии при повагонных отправках

составляет около 7,6 км/ч, а при маршрутных отправлениях - около 11,2 км/ч. Учитывая припортовый характер выгрузки зерновых грузов, среднее сокращение оборота вагона при формировании маршрутных отправок составляет около 2,5 суток. В то же время дефицит локомотивной тяги и вагонного парка требуют оптимизировать работу существующего вагонного и тягового хозяйства на принципах ресурсосбережения, при этом стимулировать инвестиционный климат в отрасли на всех ее уровнях.

Анализ технологии работы диспетчерского локомотива на железнодорожных участках в условиях сокращения объемов перевозок вынуждает создавать гибкую технологию организации местной работы с учетом планирования перевозки зерновых грузов ступенчатыми маршрутами.

Процесс распределения вагонов-зерновозов предложено формализовать как процедуру оперативной деятельности диспетчерского аппарата на базе метода динамики средних. Главная задача - получение первичной информации по оценке вероятности перехода состояния вагонов с порожнего в груженое состояние с учетом дополнительных выходных параметров системы - дислокации вагонов и их правовой принадлежности в условиях возможной приоритетности обеспечения вагонами определенных станций. Использование предложенных моделей позволяет оператору инфраструктуры уменьшить эксплуатационные расходы на осуществление управления подвижным составом и уменьшить оборот местного вагона. Так, результат распределения порожних вагонов при равнозначных погрузочных районах в отличие от ситуации с наличием приоритетов сокращается в 3,5 раза. Величина относительной погрешности результатов моделирования оценена на уровне 8,3 % в первом случае и на уровне 2,7 % - во втором.

Формирование технологии организации ступенчатого маршрута на железнодорожном участке на основе комплекса моделей включает в себя имитационную модель на базе гибридных сетей Петри с динамическими весами дуг и последующей оптимизацией процесса планирования формирования ступенчатого маршрута зерновых грузов на основе сокращения эксплуатационных расходов. Комплекс моделей, разработанных в диссертации, позволяет оптимизировать эксплуатационные показатели для ступенчатого маршрута начиная с его формирования. В процессе формирования ступенчатого маршрута на участке имитационная модель на базе гибридных сетей Петри позволяет прогнозировать оптимальное число вагонов в маршруте с учетом длины путей.

Учитывая характер проведенной работы обоснование внедрения технологии формирования ступенчатого маршрута зерновых грузов на железнодорожном участке рассматривается путем применения соответствующей технико-экономической модели. Ключевыми вопросами при построении такой модели будут определение оптимального числа вагонов в маршруте и создание непосредственно целевой функции эксплуатационных расходов, которая в свою очередь учитывает интересы всех участников перевозочного процесса.

Практическое отображение работы состоит в создании комплекса задач для автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера-вагонораспорядителя (ДНЦОВ) при формировании ступенчатых маршрутов с интеграцией при создании единой системы управления парком вагонов-зерновозов (ЕСУ ПВЗ) в Единую автоматизированную систему управления грузовыми перевозками украинской

железной дороги (АСК ВП УЗ Е) на базе теории принятия решений.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, ступенчатый маршрут, вагон-зерновоз, информационно-управляющая система, перевозка зерновых грузов, логистические технологии.

## SUMMARY

Arsenenko D.V. Improving the logistics management of grain transportation by rail.  
- Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.22.01 - transport systems. - Ukrainian State University of Railway Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2020.

The dissertation is devoted to the issues of improving the transport process of railways by improving the transportation of grain cargo by step routes.

The paper analyzes the existing technologies for the distribution of empty rolling stock under load, route and wagon shipments of grain cargo and found that the performance of the grain truck does not meet the optimal. The deficit of locomotive traction and car fleet encourages to optimize the work of the existing resource on the principles of resource conservation and stimulate investment in the industry.

A set of models for the formation of a stepped route of grain cargo has been developed, which takes into account the requirements of the infrastructure operator and the sender. A scientific method of selection and organization of grain transportation has been proposed, which has allowed to reduce the turnover of the car and provide transportation services to the entire range of shippers with optimal operating costs.

The introduction of an improved set of additional tasks of the information management system of decision support in the information field formed on the new principles, taking into account the minimum capital investment allows to return one-time costs in the first year of operation, when the total economic effect becomes positive.

**Key words:** railway transport, step route, grain car, information and control system, grain cargo transportation, logistics technologies.

**Арсененко Данило Володимирович**

УДК 656.223

**УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ  
ТРАНСПОРТУВАННЯМ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ  
ТРАНСПОРТОМ**

05.22.01 – транспортні системи

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск



доц. Г. О. Примаченко

Підписано до друку 26.08.2020р.  
Формат 60 x 84 1/16. Папір офсетний.  
Друк-цифровий. Умовн. друк. арк. 0,9. Тираж 100 прим. Зам. № 2608202001

---

Надруковано у копії-центрі «МОДЕЛІСТ»  
(ФО-П Миронов М.В., Свідоцтво ВО4№022953)  
м. Харків, вул. Мистецтв, 3 літер Б-1  
Тел. +38-067-91-93-922  
[www.modelist.in.ua](http://www.modelist.in.ua)