

**Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Українська державна академія залізничного транспорту**

**ЗАПАРА ЯРОСЛАВ ВІКТОРОВИЧ**

УДК 656.222:658.7

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ВУЗЛА НА БАЗІ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ**

05.22.01 – транспортні системи

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту  
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Ломотько Денис Вікторович**,  
Українська державна академія залізничного транспорту,  
проректор з наукової роботи

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Козаченко Дмитро Миколайович**,  
Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,  
начальник науково-дослідної частини

кандидат технічних наук, доцент  
**Шраменко Наталія Юріївна**,  
Харківський національний автомобільно-дорожній  
університет, кафедра транспортні технології,  
доцент кафедри

Захист відбудеться «\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 р. о \_\_ годині на засіданні спеціалізованої  
вченої ради Д 64.820.04 в Українській державній академії залізничного  
транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії  
залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий «\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

А.В. Прохорченко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### *Актуальність теми*

У післякризовий період намітилась тенденція стабілізації майже усіх секторів економіки держави. Потреба вантажовідправників у рухомому складі для здійснення перевезень постійно зростає. В умовах гострого дефіциту вантажних вагонів збільшувати обсяги перевезень можливо лише завдяки прискоренню обороту вагонів, удосконаленню технології роботи. Загалом аналіз користування вантажними вагонами за 2011 року свідчить про загрозливу тенденцію збільшення часу простою під вантажними операціями. Середній час користування вагонами збільшився на 2,2 год. (10,5%) і складає майже добу — 23,4 год. Аналізуючи за останні роки оборот вантажного вагона по Укрзалізниці, слід відзначити його зростання до 7,04 доби у 2009 році, що на 1 добу більше ніж у 2008 та на 2,7 доби більше ніж у 2005 році, але намітилась поступова тенденція до скорочення цього показника, так у 2011 році він склав 5,85 доби. Це вказує на можливість подальшого покращення використання вагонного парку залізниці, удосконалення технології роботи станцій та залізничних вузлів, в першу чергу, на основі логістичного управління.

Отже, можна стверджувати, що на сучасному етапі функціонування залізниць і їх подальшого розвитку необхідний перегляд технології роботи у залізничних вузлах країни, тому запропоновану роботу можна вважати актуальною.

### *Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами*

Дисертаційну роботу виконано у відповідності з «Державною цільовою програмою реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки», затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1390; «Стратегії розвитку залізничного транспорту України до 2020 року», затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1555-р; Закону України «Про енергозбереження» від 01 серпня 1994 року №74/94 – ВР, а також з науково-дослідними темами «Проведення дослідження та надання пропозицій щодо розроблення державної цільової програми забезпечення безпеки перевезення небезпечних вантажів на 2011-2020 роки» (державний реєстраційний № 0111U002235), «Розробка Єдиного технологічного процесу роботи під'їзної колії Закритого акціонерного товариства «Донецьксталь» – металургійний завод» та станції примикання Донецьк ДП «Донецька залізниця» (державний реєстраційний № 0108U003761), «Разработка предложений по повышению эффективности использования грузовых вагонов различной формы собственности в новых условиях» (державний реєстраційний № 0110U004890) та «Розробка технології обслуговування під'їзних і тракційних колій залізничних та промислових підприємств Лозівського вузла» (державний реєстраційний № 0112U000423).

### *Мета і задачі дослідження*

Метою дисертаційної роботи є удосконалення технології роботи залізничного вузла шляхом підвищення ефективності функціонування його складових за рахунок логістичного управління ними у процесі взаємодії учасників перевізного процесу.

Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення таких основних задач:

1. Проведення аналізу шляхів удосконалення технології роботи залізничних вузлів в Україні та в світі.
2. Проведення аналізу причин затримок вантажних вагонів на елементах залізничного вузла, що виникають на маршруті прямування вантажів у логістичному ланцюзі “Відправник-Одержувач”.
3. Формалізування процесу узгодження взаємодії усіх учасників перевізного процесу на основі системної оптимізації.
4. Розробка комплексного критерію для вибору раціональної технології роботи при мінімальних вагоно-годинах та фінансових витратах, пов’язаних із знаходженням вантажних вагонів у залізничному вузлі.
5. Формування моделі визначення оптимального розподілу кількості рухомого складу на підсистемах залізничного вузла в умовах логістичного управління.
6. Формування агентної імітаційної моделі функціонування залізничного вузла в умовах єдиного інформаційного простору при організації логістичного управління перевізним процесом.
7. Удосконалення інформаційно-керуючих систем за рахунок формування системи підтримки прийняття рішень (СППР) оперативних працівників, які здійснюють логістичне управління залізничним вузлом.

*Об’єкт дослідження* – організація роботи у залізничному вузлі.

*Предмет дослідження* – технологія роботи залізничного вузла на базі логістичного управління.

#### ***Методи дослідження***

Основою для дослідження є методи прикладного системного аналізу процесів і систем, теорія логістики, теорія організації і управління роботою окремих видів транспорту, транспортних систем і мереж. Використані принципи обробки результатів моніторингу з подальшим застосуванням теорії ймовірностей та математичної статистики. При моделюванні використовувались методи теорії графів та динаміки середньої, методи економічного аналізу та агентного імітаційного моделювання.

#### ***Наукова новизна одержаних результатів***

В дисертаційній роботі за допомогою комплексу математичних моделей вирішено науково-прикладну задачу удосконалення технології роботи залізничного вузла шляхом підвищення ефективності функціонування його складових за рахунок логістичного управління ними у процесі взаємодії учасників перевізного процесу.

#### ***Вперше:***

- формалізовано технологію роботи залізничного вузла, що на відміну від існуючих враховує конфігурацію та фактичні умови функціонування вузла при логістичному управлінні;
- формалізовано технологію вантажних перевезень у залізничному вузлі на основі системної оптимізації, що на відміну від існуючої дозволяє узгодити взаємодію усіх учасників перевізного процесу з метою раціоналізації цих перевезень;
- розроблено імітаційну модель технології роботи залізничного вузла, яка на відміну від існуючих дозволяє оперативним працівникам на базі логістичного

управління обирати за представленим комплексним критерієм найбільш доцільну технологію із множини можливих.

*Доопрацьовано:*

- комплекс технологічних задач, які вирішує інформаційно-керуюча система залізниць України шляхом інтегрування розробленого комплексу моделей на автоматизовані робочі місця працівників диспетчерського персоналу залізниць, що дає можливість раціонально використовувати елементи залізничного вузла при реалізації обраної технології роботи.

#### ***Практичне значення одержаних результатів***

Запропонований комплекс моделей з удосконалення технології роботи залізничного вузла дозволяє обирати найбільш раціональну та економічно обґрунтовану технологію обробки вагонів при здійсненні перевізного процесу у залізничному вузлі за рахунок логістичного управління елементами вузла у процесі взаємодії учасників перевізного процесу.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій обумовлена коректністю постановки та вирішення задач, а також адекватністю розроблених моделей, що підтверджено відповідністю теоретичних результатів моделювання та емпіричних показників, які отримані в експлуатації і перевірено за відомими критеріями.

Основні результати дисертаційних досліджень по удосконаленню технології роботи залізничних вузлів на базі логістичного управління використано і впроваджено на станціях Харківської дирекції Південної залізниці, а також у навчальний процес Української державної академії залізничного транспорту при вивченні дисциплін “Вантажні перевезення (Управління вантажною і комерційною роботою)” та “Комерційна експлуатація залізниць”, у проведенні навчально-дослідницьких робіт студентів. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами та патентом України, які наведені у додатках до дисертації.

#### ***Особистий внесок здобувача***

У основних наукових працях, опублікованих зі співавторами, особистий внесок полягає: в роботі [1,18] проведений статистичний аналіз часу знаходження вагонів на станціях залізничних вузлів; розроблені заходи, які спрямовані на зменшення можливих затримок вагонів на всьому шляху транспортування за рахунок системної оптимізації [2,13]; у роботі [5,6] запропоноване розширення інформаційного забезпечення оперативних працівників, які здійснюють логістичне управління залізничним вузлом, шляхом введення підсистеми планування технології роботи залізничного вузла у СППР автоматизованого робочого місця (АРМ) вузлового диспетчера (ДНЦ); в статті [7] запропоновано агентну імітаційну модель функціонування залізничного вузла в умовах єдиного інформаційного простору при організації логістичного управління перевізним процесом; у патенті [8] представлено спосіб визначення раціональної технології роботи залізничного вузла на обраний період.

Дослідження, що висвітлені в усіх наукових працях, проводились в Українській державній академії залізничного транспорту (УкрДАЗТ).

### ***Апробація результатів дисертації***

Основні положення дисертації доповідались, обговорювались та схвалені на науково-технічних конференціях:

- міжнародній науково-практичній конференції “Перспективні інновації в науці, освіті, промисловості та транспорті ‘2008”, Одеський національний морський університет, 2008 р., (м. Одеса);
- міжнародній науково-практичній конференції “Сучасні інформаційні технології на транспорті, промисловості та освіті”, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, 2009 р., (м. Дніпропетровськ);
- 22 міжнародній науково-практичній конференції “Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины”, УкрДАЗТ, 2009 р., (м. Алушта);
- международной научно-практической конференции “Научные исследования и их практическое применение. Современные состояния и пути развития ‘2009”, Одесский национальный морской университет, 2009 г., (г. Одесса);
- міжнародній науково-практичній конференції “Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України”, УкрДАЗТ, 2010 р., (смт. Коктебель);
- международной научно-практической конференции “Современные направления теоретических и прикладных исследований ‘2011”, Одесский национальный морской университет, 2011 г., (г. Одесса);
- третій міжнародній науково-практичній конференції “Логістика промислових регіонів”, Донецька академія автомобільного транспорту, 2011 р., (м. Донецьк-Святогірськ);
- 74 міжнародній науково-технічній конференції кафедр Української державної академії залізничного транспорту та фахівців залізничного транспорту і підприємств, УкрДАЗТ, 2012 р., (м. Харків);
- міжнародній науково-практичній конференції “Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України”, УкрДАЗТ, 2012 р., (м. Харків).

Повністю результати дисертаційної роботи заслухані та схвалені на розширеному засіданні кафедр Управління вантажною та комерційною роботою (УВКР) та Автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів (АТ) УкрДАЗТ та на 74-ій Міжнародній науково-практичній конференції кафедр УкрДАЗТ і підприємств.

### ***Публікації***

За темою дисертації опубліковано 18 наукових публікацій, у тому числі 7 наукових статей (у тому числі дві з них без співавторів) у виданнях, що затверджені Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України, 1 патент на корисну модель, 9 тез доповідей та 1 додаткова праця.

### ***Структура та обсяг дисертації***

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 11 додатків.

Повний обсяг дисертаційної роботи складає 170 сторінок, з яких обсяг основного тексту 119 сторінок. Робота ілюстрована 34 рисунками, з них на 3 сторінках рисунки, що займають повну площу листа, наведено 5 таблиць, з них на 3 сторінках таблиці, що займають повну площу листа, список використаних джерел із 139 найменувань на 14 сторінках і 11 додатків на 31 сторінці.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми для залізничних вузлів в умовах гострого дефіциту рухомого складу. Сформульовано мету та завдання дослідження, відображені зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, наукова новизна та практична цінність дисертаційної роботи, подано її загальну характеристику.

У першому розділі виконано аналіз вітчизняного та закордонного досвіду удосконалення технології роботи залізничних вузлів та впливу її на ефективну роботу залізниць.

Питаннями удосконалення технології роботи залізничних вузлів займалися багато вітчизняних і зарубіжних науковців. Вчені В.М. Акулінічев, Є.В. Архангельський, В.І. Апатцев, І.В. Берестов, К.А. Бернгард, А.В. Бикадоров, В.І. Бобровський, В.Я. Болотний, Т.В. Бутько, А.С. Гершвальд, П.С. Грунтов, М.І. Данько, І.В. Жуковицький, Г.І. Загарій, В.М. Запара, Д.М. Козаченко, В.Є. Козлов, О.М. Корнаков, А.М. Котенко, Ф.П. Кочнев, В.І. Крячко, В.М. Кулешов, Д.В. Ломотько, В.К. Мироненко, Є.В. Нагорний, В.Я. Негрей, А.О. Поляков, І.Є. Савченко, А.О. Смахов, І.Б. Сотніков, Є.М. Тішкін, А.Н. Толстошей, Є.М. Шафіт, В.О. Шиш, Н.Ю. Шраменко, П.О. Яновський та інші висвітлювати у своїх роботах взаємодію різних видів транспорту, раціоналізацію взаємодії між роботою станцій та прилеглих дільниць, ефективне формування передавального руху у вузлах, вдосконалення технології роботи технічних та вантажних станцій, раціональне використання вантажних вагонів та маневрових засобів, автоматизації станційних процесів, поліпшення взаємодії учасників перевізного процесу та інше.

Досвід вчених свідчить, що основним резервом у підвищенні ефективності роботи вузла є зменшення міжопераційних простоїв, з відповідним скороченням питомих витрат на всіх технологічних ланках вузла. Найбільш проблемними місцями у ефективному функціонуванні залізничних вузлів слід вважати розбіжності у роботі учасників перевізного процесу різних суб'єктів господарювання (залізниця, промислові підприємства, суміжні структури), організація чіткого передавального руху (особливо в умовах зміни обсягів перевезень), конфліктність на рівні підсистем вузла (в першу чергу технічної та вантажної станції), недостатня автоматизація перевізного процесу. Недостатньо уваги у наукових працях приділено розгляду технології роботи залізничного вузла на основі логістичного управління.

Аналіз технології роботи залізничних вузлів показав її недосконалість, про це свідчить значний час перебування рухомого складу на елементах вузла. Простій вантажного вагона під однією вантажною операцією на станціях залізничних вузлів

країни, у ряді випадків, перевищує планові і нормативні значення до 40 %. Негативними наслідками цих перепростоїв є погіршення експлуатаційних показників роботи залізниць (зокрема обороту вантажного вагона), порушення термінів доставки тощо. Виходячи з вимог транспортного ринку та зростаючої конкуренції з боку інших видів транспорту, технологія роботи у залізничних вузлах потребує вдосконалення у межах сучасних інформаційних технологій на основі інструментів логістичного управління, таких як планування, контроль та організація.

Таким чином, набуває актуальності вирішення задачі удосконалення технології роботи залізничних вузлів на основі логістичного управління в межах існуючих інформаційно-керуючих систем.

**У другому розділі** досліджені основні кількісні і якісні показники роботи залізничного вузла та проведено аналіз причин затримок вантажних вагонів на елементах системи, які виникають на маршруті прямування вантажів у логістичному ланцюзі “Відправник-Одержувач”, що дозволило окреслити шляхи вирішення поставлених задач.

Для вирішення цих задач оброблені вхідні та вихідні потоки, а також час перебування вагонів на елементах системи, що характеризують роботу станцій Харківського залізничного вузла. Встановлені основні кількісні та якісні показники роботи елементів системи, які можуть бути використані для формалізації роботи цього вузла.

Доведено, що вагонопотоки є пуасонівськими і підпорядковуються згідно експоненційного та закону Ерланга високих порядків.

Дослідження часу знаходження вантажних вагонів на станціях залізничного вузла вказує на його імовірнісний характер та підпорядкування відповідним законам розподілу. Отримані закони розподілу перевірено на адекватність за відомими критеріями узгодження.

В цілому перевищення часу знаходження вагонів на станціях залізничного вузла підпорядковується нормальному закону розподілу. Математичне сподівання складає від 2,84 до 17,86 годин у розглянуті періоди, що вказує на можливий резерв скорочення цього показника.

Як показав аналіз, час знаходження місцевого вагона на конкретних станціях Харківського вузла є величиною, яка має значні коливання (коефіцієнт нерівномірності складає 1,33), на його фактичне значення мають вплив різноманітні фактори з різними ступенями кореляції, а інколи можливі і протилежні тенденції.

Встановлено, що основними причинами затримки вагонів на станції є неузгодженість організації робіт по вивантаженню вагонів, знаходження вагонів під митними операціями та тривале очікування переадресування. Загальна частка цих затримок становить від 80,16% до 93,4% загального часу усіх затримок на станціях залізничних вузлів у розглянуті періоди (роки). Інші причини затримок вагонів не є суттєвими. Отже, основна увага у зменшенні часу знаходження вантажних вагонів на станціях і у Харківському вузлі в цілому повинна бути спрямована на вдосконалення технології роботи станцій, взаємодії їх із суміжними структурами (митними органами) та під'їзних колій і станцій примикання.

Для скорочення часу затримок вантажних вагонів на станціях залізничних вузлів у роботі пропонується розгляд та дослідження залізничного вузла як



логістичної системи з відповідними логістичними принципами (оптимальність, ієрархія, емерджентність та інтеграція), а управління залізничним вузлом виконувати на основі застосування інструментів логістичного управління.

Для залізниць головною метою є підвищення конкурентноспроможності перевезень, для чого необхідно використовувати нові підходи в управлінні доставкою вантажу та взаємодії з клієнтами.

В цьому сенсі досить важливими виступають залізничні вузли, в яких концентруються клієнти, інфраструктура залізниць і знаходиться рухомий склад та мають місце його затримки із-за різних причин.

Ефективна робота усіх ланок перевізного процесу можлива в першу чергу за рахунок системної оптимізації, що дасть можливість узгодити взаємодію усіх учасників перевізного процесу (вантажовідправник, перевізник (залізниця), транспортно-логістичний центр та оператори вантажних вагонів).

Для вирішення задачі узгодження потреб і можливостей для забезпечення заданого обсягу перевезення у конкретних типах вантажних вагонів введемо деякий простір  $H$  – який будемо називати простором цільового призначення системи, який визначає потрібну кількість вантажних вагонів різних типів у залізничному вузлі. У цьому просторі розглядаємо певний вектор  $u \in H$ , який буде називатись вектором заявок на перевезення вантажів конкретними типами вагонів, які повинна виконати залізниця. Вихідні можливості вагонних операторів можливо описати за допомогою області  $D_g^o \in H$  цільового простору системи. Можливості перевізника по обробці заданих обсягів вантажних вагонів задаються областю  $D_n^o \in H$ . Метою системи є задоволення потреб вантажовідправників (виконання заданого обсягу перевезень у вантажних вагонах певного типу), які можуть бути задані областю  $D_3^o \in H$ . Коригування області  $D_g^o$  виконується на основі векторного критерію  $F = \{F_1, F_2, F_3\}$ . До них відносять  $F_1$  - інвестиції у новий рухомий склад, грн.;  $F_2$  - інвестиції у ремонт вагонів, грн.;  $F_3$  - інвестиції у поліпшення організації експлуатаційної роботи, грн. Коригування  $D_n^o$  виконується на основі критерію  $V = \{V_1, V_2\}$ , де  $V_1$  - інвестиції у збільшення пропускної спроможності, грн.;  $V_2$  - інвестиції у залізничну інфраструктуру (локомотиви, сортувальні пристрої тощо), грн. Щодо корекції  $D_3^o$  то вона виконується на основі векторного критерію  $W = \{W_1, W_2\}$ , де  $W_1$  - інвестиції у власний рухомий склад, грн.;  $W_2$  - втрати від зміни потреб, грн. Дані критерії визначають ступінь відхилення від мети, яка стоїть перед системою.

Критерії задачі векторної оптимізації об'єднуються у три коаліції. На базі критеріїв кожної коаліції формуються критерії:

$$F = \sum_{r \in R} \rho_r \omega_r(F_r), \quad (1)$$

$$V = \sum_{h \in H} \rho_h \omega_h(V_h), \quad (2)$$

$$W = \sum_{g \in G} \rho_g \omega_g (W_g), \quad (3)$$

де  $\rho_r, \rho_h, \rho_g$  - відповідні вагові коефіцієнти критеріїв  $F, W, V$ ;  $\omega_r, \omega_h, \omega_g$  - перетворення критеріїв до безрозмірного виду.

Запропоновано метод формування ефективних рішень управління розвитком системи, який полягає у тому, що до критеріїв  $F, W, V$  застосовується метод поступок, а по відношенню до кожної коаліції критеріїв – метод обмежень, що дозволяє отримати сприятливі узгоджені рішення усіх учасників перевізного процесу на базі неузгодженої моделі (рисунок 1).

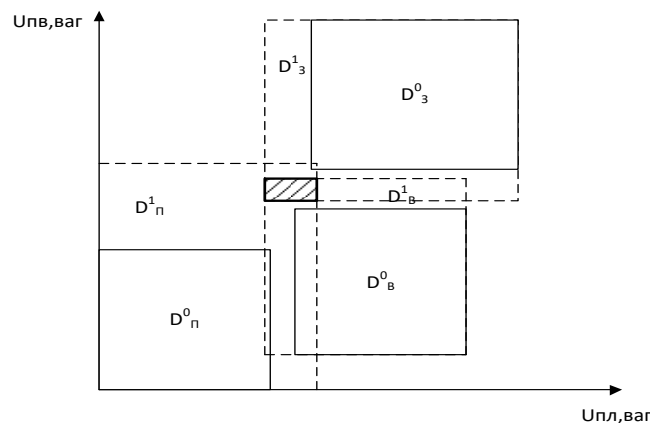


Рисунок 1 - Графічна інтерпретація цільового простору коригування початкових областей  $D_\epsilon^0, D_n^0, D_3^0$  критеріями  $F, W, V$

Використання підходу системної оптимізації в організації вантажних перевезень дозволить узгодити взаємодію усіх учасників перевізного процесу різних форм власності, що в свою чергу вплине на зменшення обороту вантажного вагона та експлуатаційних витрат.

Для оцінки технології роботи залізничного вузла пропонується використання комплексного критерію ( $\theta$ ) для вибору кращої альтернативи, що дасть можливість у кожний конкретний момент вибрати раціональну технологію роботи залізничного вузла. Складові критерію є суперечливими і у загальному випадку неможливо однозначно вибрати альтернативу.

Пропонується найкращою технологією ( $T$ ) вважати таку, яка забезпечує мінімум наступного критерію на множині  $\tilde{T}$

$$\theta = \inf_{T \in \tilde{T}} \left( \beta_1 \cdot \frac{C_\epsilon - C_\epsilon^{\min}}{C_\epsilon^{\max} - C_\epsilon^{\min}} + \beta_2 \cdot \frac{P - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \right), \quad (4)$$

де  $C_\epsilon^{\max} = \max_{T \in \tilde{T}} C_\epsilon^T, C_\epsilon^{\min} = \min_{T \in \tilde{T}} C_\epsilon^T$  - максимальні та мінімальні витрати, що пов'язано з вагоно-годинами за технологіями із множини  $\tilde{T}$ ;

$P_{\max} = \max_{T \in \tilde{T}} P_T, P_{\min} = \min_{T \in \tilde{T}} P_T$  - максимальні та мінімальні фінансові витрати за технологіями із множини  $\tilde{T}$ ;  $\beta_1$  – важливість першого критерію (витрат вагоно-годин) при прийнятті рішення;  $\beta_2$  – важливість другого критерію (фінансових витрат) при прийнятті рішення.

У подальшому комплексний критерій використовується для визначення раціональної технології роботи залізничного вузла на обраний період.

У третьому розділі дисертаційної роботи для формалізації технології роботи залізничного вузла сформовано модель визначення оптимальної кількості вантажних вагонів на станціях вузла та агентну імітаційну модель технології роботи залізничного вузла.

Для динамічної оцінки станів вагонів усіх типів у залізничному вузлі з визначенням витрат вагоно-годин застосовано метод динаміки середніх.

З метою розв'язання задачі визначення фактичних витрат вагоно-годин на елементах вузла розглянуто всі можливі стани вагонів у залізничному вузлі (рисунок 2).

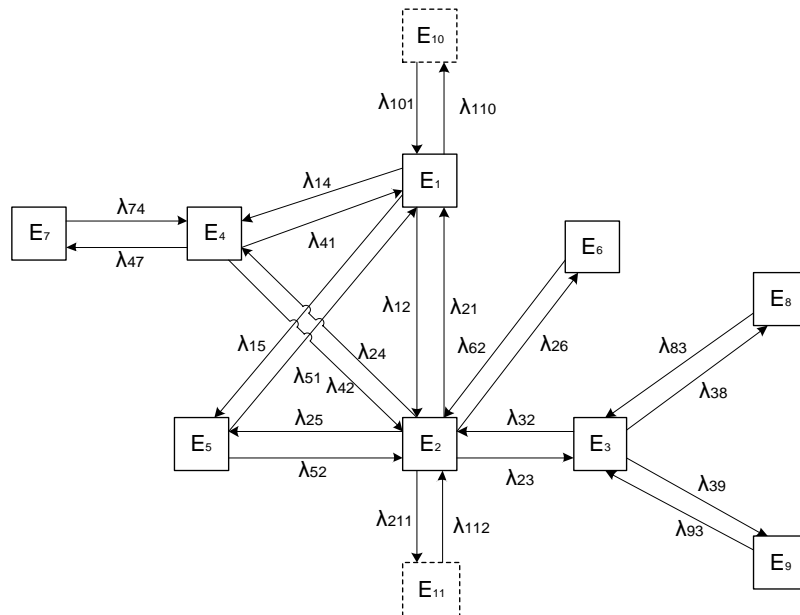


Рисунок 2 - Граф станів вантажного вагона у базовому залізничному вузлі де  $E_i$  – знаходження вантажного вагона на  $i$ -й технічній станції ( $E_1$  – Харків – Сортивальний;  $E_2$  - Основа) та  $i$ -й вантажній станції ( $E_3$  – Харків – Балашівський;  $E_4$  – Куряж;  $E_5$  – Нова – Баварія;  $E_6$  – Харків – Червонозаводський;  $E_7$  – Залютине;  $E_8$  – Індустріальна;  $E_9$  – Рогань), год;  $\lambda_i$  - інтенсивності потоків переходів вантажного вагону із стану в стан, ваг/год.

На основі графічної моделі базового залізничного вузла побудовано систему диференціальних рівнянь (5). В результаті моделювання з урахуванням теореми складання математичних сподівань, визначено витрати вагоно-годин на окремих елементах та у вузлі в цілому за певний проміжок часу при стохастичному режимі роботи системи.

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{dp_1}{dt} &= \lambda_{31}P_3 + \lambda_{61}P_6 + \lambda_{21}P_2 + \lambda_{41}P_4 + \lambda_{51}P_5 - (\lambda_{13} + \lambda_{16} + \lambda_{12} + \lambda_{14} + \lambda_{15})P_1; \\
 \frac{dp_2}{dt} &= \lambda_{12}P_1 + \lambda_{52}P_5 + \lambda_{42}P_4 - (\lambda_{21} + \lambda_{25} + \lambda_{24})P_2; \\
 \frac{dp_3}{dt} &= \lambda_{13}P_1 + \lambda_{83}P_8 + \lambda_{93}P_9 - (\lambda_{31} + \lambda_{38} + \lambda_{39})P_3; \\
 \frac{dp_4}{dt} &= \lambda_{14}P_1 + \lambda_{24}P_2 + \lambda_{74}P_7 - (\lambda_{41} + \lambda_{42} + \lambda_{47})P_4; \\
 \frac{dp_5}{dt} &= \lambda_{15}P_1 + \lambda_{25}P_2 - (\lambda_{51} + \lambda_{52})P_5; \\
 \frac{dp_6}{dt} &= \lambda_{16}P_1 - \lambda_{61}P_6; \\
 \frac{dp_7}{dt} &= \lambda_{47}P_4 - \lambda_{74}P_7; \\
 \frac{dp_8}{dt} &= \lambda_{38}P_3 - \lambda_{83}P_8; \\
 \frac{dp_9}{dt} &= \lambda_{39}P_3 - \lambda_{93}P_9;
 \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

Рішення цієї системи рівнянь задовольняє нормувальній умові:

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 = 1, \quad (6)$$

де  $p_i$  - відповідна вірогідність знаходження вантажного вагона у  $E_i$  стані.

Шляхом моделювання доведено, що при вихідних даних базового залізничного вузла оптимальна пропускна спроможність складає близько 1000 вагонів. Ця величина характеризує сумарну кількість місцевих вагонів, які проходять переробку в даному вузлі на вантажних та технічних станціях при відповідних параметрах. Ефективною технологією функціонування вузла є стаціонарний режим роботи, який настає після 5 годин від початкового періоду роботи системи.

За результатами моделювання запропоновано оптимальний розподіл місцевих вагонів по елементах вузла, який дозволить скоротити витрати вагоно-годин у вузлі до 9 %. Економія становитиме до 41000 ваг-год на місяць (без врахування внутрішньовузлових переміщень). Незважаючи на те, що на деяких підсистемах отримано негативний баланс витрат вагоно-годин, в цілому по системі він позитивний.

На основі отриманих результатів і даних з інформаційно-керуючих систем пропонується визначити раціональну технологію роботи залізничного вузла з множини можливих шляхом агентного імітаційного моделювання.

Агентне моделювання залізничного вузла - це підхід до моделювання логістичної системи, що містить автономних і взаємодіючих агентів (вагони, працівники тощо). Агенти - це автономні об'єкти, які можуть самостійно реагувати на зовнішні події і змінювати свій стан. Існують різні типи агентів, які характеризуються конкретною моделлю поведінки й властивостями (швидкість руху, час обробки та ін.). Агенти вузла децентралізовані, а стан всієї системи, що

моделюється на основі інструментів логістичного управління визначається взаємодією агентів, знаючи індивідуальну логіку поведінки кожного з них.

В імітаційній моделі залізничного вузла виділені групи агентів, які формують три основні рівні моделі: керуючий, інфраструктурний, сервісний.

Агентами, що відносяться до інфраструктурного рівня моделі, є ті, що моделюють залізничний вузол, залізничні станції, колії станцій, перегони, стрілки, рухомий склад. При моделюванні кожен з цих агентів перебуває у різних становищах відповідно до діаграми станів (рисунок 3), що визначає також можливі зміни станів агентів у системі. Аналогічно моделюється поведінка агентів сервісного і керуючих рівнів.

Переходи між станами агентів виконуються відповідно до фізичних обмежень, щоб зміна стану відповідала реальним об'єктам.

В загальному випадку кожний адаптивний агент може перейти в інший стан з кількості допустимих станів  $\gamma$ . Якщо  $n$ -й агент перейшов в момент часу  $t$  до стану  $k$  та отримав при цьому користь  $R(x)$ , то він змінює свою перевагу у виборі  $j$ -го переходу до іншого стану по формулі

$$S_{nj}(t+1) = (1 - \varphi)S_{nj}(t) + \begin{cases} R(x)(1 - \varepsilon), & j = k \\ S_{nj}(t) \frac{\varepsilon}{\gamma - 1}, & j \neq k \end{cases} \quad (7)$$

де  $S_{nj}(t)$  - перевага у виборі переходу до  $j$ -го стану в момент  $t$ ;  $\varphi, \varepsilon$  - параметри, що визначають ступінь оновлення переваг та ступінь різноманіття переходів, що обираються, відповідно.

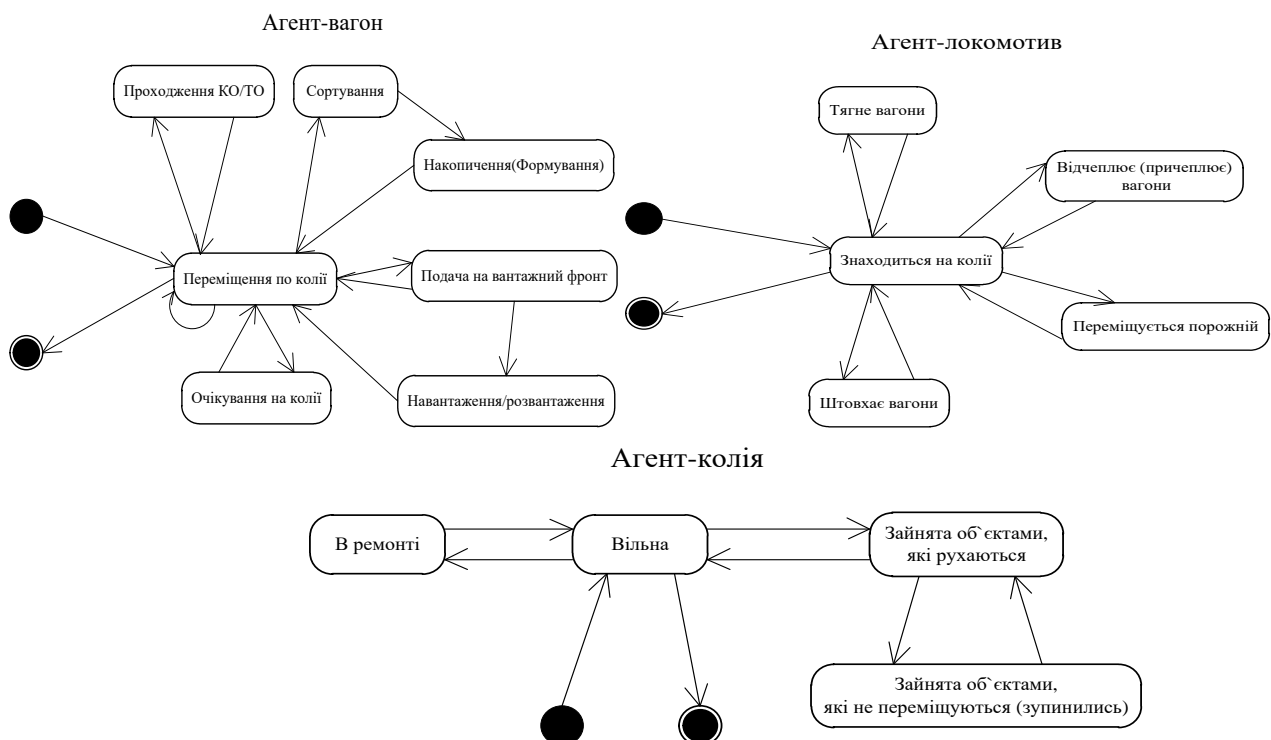


Рисунок 3 - Діаграми станів агентів інфраструктурного рівня моделі

Стан  $n$ -го агента у момент часу  $t$  визначається набором таких параметрів як дуга чи вершина графа, де знаходиться агент, та операція, в якій він приймає участь. Перехід агента в інший стан в момент часу  $t + 1$  відбувається з вірогідністю

$$p_{nk}(t+1) = \frac{S_{nk}(t)}{\sum_j S_{nj}(t)}, \quad (8)$$

де  $S_{nk}$  - перевага  $n$ -го агента у виборі  $k$ -го стану.

Вірогідність переходу до стану, що принесе більшу користь, збільшується.

Інструментом реалізації агентної імітаційної моделі є бібліотека RePast, що містить такі важливі компоненти, як паралельний дискретний планувальник по часу, середовище для візуалізації моделі та адаптовні засоби поведінки.

У загальному випадку схема визначення технології роботи вузла представлена у нотації BPMN (рисунок 4).

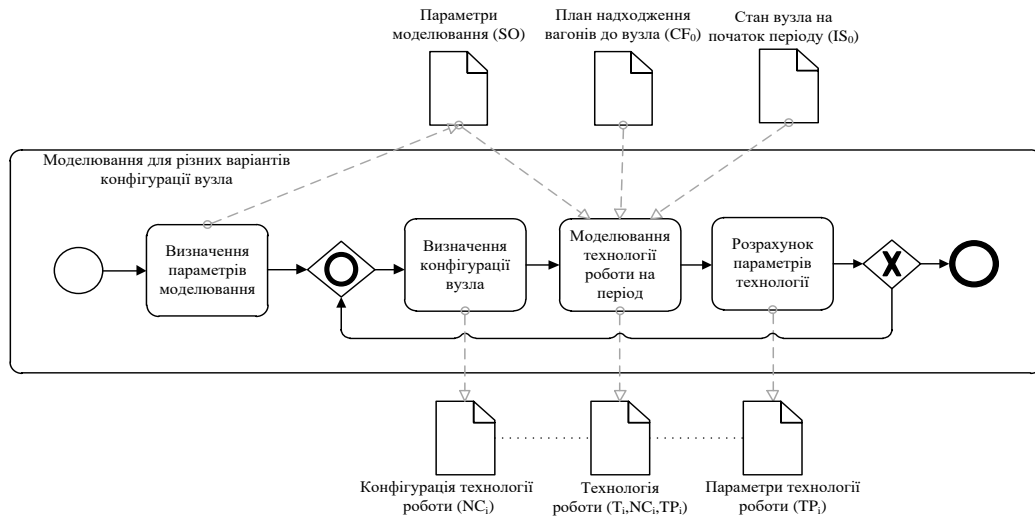


Рисунок 4 - Схема визначення технології роботи вузла на певний період

Параметри моделювання  $SO$  описують способи прийняття рішень інтелектуальними агентами, імовірності ідентифікації несправностей вагонів та інші параметри агентної імітаційної моделі.

Конфігурація  $NC_i$  вузла, що містить перелік обладнання та персоналу, які можна використовувати, визначається

$$NC_i = \left\{ \langle K_p, \{t_p^s, t_p^b\} \rangle, \langle Q_h, \{t_h^s, t_h^b\} \rangle, p \in EQ^+, h \in Q^- \right\}, \quad (9)$$

де  $\langle K_p, \{t_p^s, t_p^b\} \rangle$  – кортеж, що описує інтервали часу  $\{t_p^s, t_p^b\}$ , коли доступне обладнання  $K_p$  протягом періоду моделювання;  $\langle Q_h, \{t_h^s, t_h^b\} \rangle$  – кортеж, що описує інтервали часу  $\{t_h^s, t_h^b\}$ , коли колія  $Q_h$  недоступна протягом періоду

моделювання;  $EQ^+$  – об’єкти, що приймають участь в роботі вузла;  $W^-$  – колії, використання яких неможливо при моделюванні.

Після перевірки допустимості заданої конфігурації вузла виконується моделювання (*sim*) технології роботи залізничного вузла по обробці вагонів за рахунок програмного забезпечення, що плануються для надходження в вузол ( $CF_o$ ) при визначеному початковому стані вузла ( $IS_o$ ) і за певної конфігурації обладнання та колій ( $NC_i$ ) і визначених параметрах моделювання  $SO$

$$T_i = sim(SO, CF_o, IS_o, NC_i) = \left\{ U_l, \langle Op, \{Eq_p\}, t_s, t_e \rangle_l^m, l = \overline{1, U_{car}}, m = \overline{1, n_{op}^l}, p \in EQ^+ \right\}, (10)$$

де  $U_l$  – вантажний вагон;  $U_l, \langle Op, \{Eq_p\}, t_s, t_e \rangle_l^m$  – кортеж, що описує  $m$ -ту операцію над вагоном;  $Op$  – операція, що виконується;  $\{Eq_p\}$  – об’єкти, що задіяні в операції над вагоном;  $t_s$  – момент початку виконання операції;  $t_e$  – момент закінчення виконання операції;  $U_{car}$  – кількість вагонів, що оброблялося за період моделювання;  $n_{op}^l$  – кількість операцій над  $l$ -м вагоном.

За необхідності отримання додаткових варіантів технологій роботи проводиться зміна параметрів вузла та виконується повторне моделювання.

Із отриманого набору технологій роботи вузла  $T = \{T_i, i = \overline{1, N}\}$  ДНЦ обирає остаточну технологію роботи за комплексним критерієм (4).

Результатом моделювання є масив даних, що містить по кожному вагону перелік всіх операцій (в тому числі очікування цих операцій) із зазначенням місця, де виконувалася операція, устаткування та обслуговуючих одиниць, що виконували операцію (локомотив, бригади комерційного та технічного огляду та ін.); час початку та час закінчення операції.

Перевірка гіпотези про приналежність вибірки статистичних спостережень та вибірки моделювання однієї й тієї ж генеральної сукупності, відповідає необхідній умові, тому що відхилення результатів моделювання від результатів статистичних спостережень відрізняється не більше ніж на 4,2 %.

Можливі два варіанти використання моделі – для планування технології роботи на наступну добу та для уточнення чи коригування технології роботи протягом доби в наслідок позаштатних ситуацій.

При моделюванні використовується дискретний модельний час із інтервалом, що відповідає одній хвилині реального часу.

Запропонований підхід додатково надає можливість проаналізувати завантаженість окремих елементів залізничного вузла, визначити «вузькі місця» при певній технології та виконати інший аналіз з використанням графічного інтерфейсу користувача системи (рисунок 5).

Шляхом зміни параметрів системи, за результатами моделювання, час знаходження даного конкретного вантажного вагона у залізничному вузлі може зменшитись більш ніж на 5 годин. Модель інтегрована у систему диспетчерської

централізації «Каскад» та АСК ВП УЗ-Є. Отримання результату моделювання провадиться через АРМ ДНЦ та виконує роль СППР.

У четвертому розділі наведені пропозиції щодо формування СППР оперативних працівників при виборі відповідної технології роботи та розробки додаткових технологічних задач, які вирішують інформаційно-керуючі системи залізниць України. Зокрема використання логістичного управління у залізничному вузлі дозволило при керуванні залізничним вузлом вирішувати наступні технологічні задачі: вибір раціональної технології роботи залізничного вузла ДНЦ на певний період за рахунок використання агентного імітаційного моделювання технології роботи системи; порівняння основних показників роботи вузла та його елементів при різних технологіях роботи; подання обґрунтованих рекомендацій щодо коригування діючої технології роботи через СППР АРМ ДНЦ; візуалізація технології роботи вузла та його підсистем.

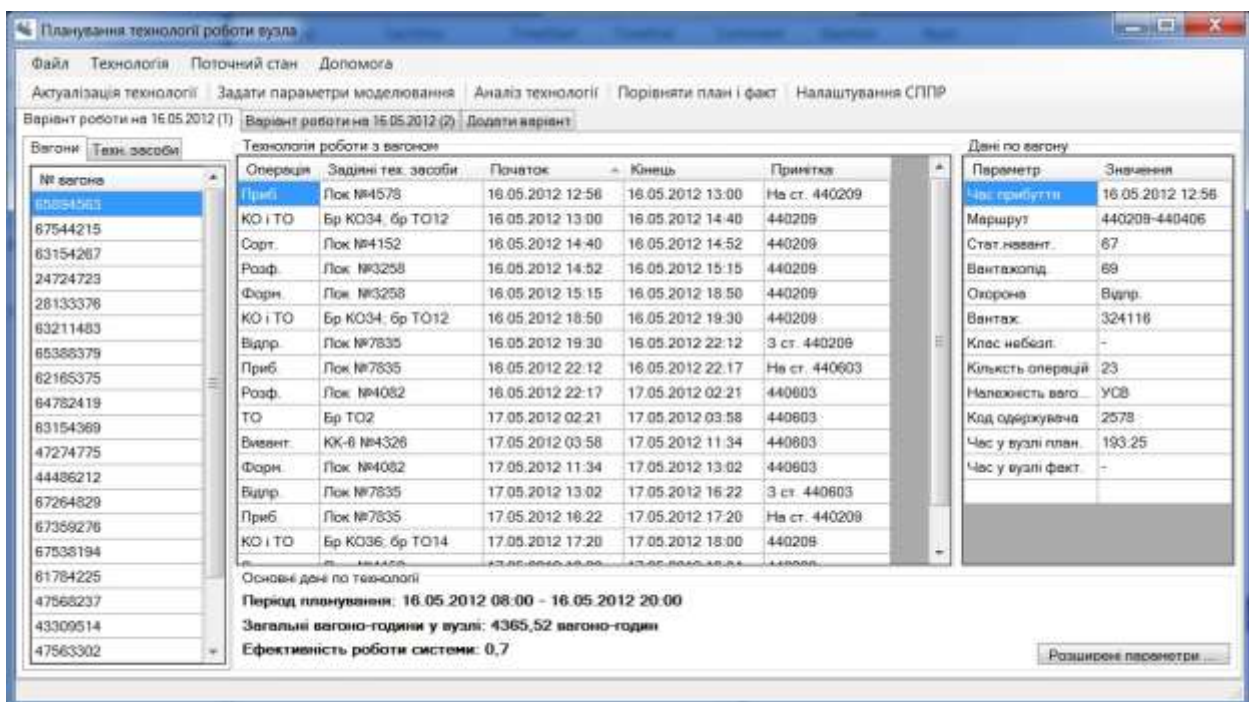


Рисунок 5 - Інтерфейс СППР для визначення раціональної технології роботи залізничного вузла

Застосування агентного імітаційного моделювання перевізного процесу у АРМ ДНЦ дає можливість зменшити час на виконання операцій по: плануванню приймання поїздів за часовими періодами; плануванню відправлення поїздів за часовими періодами; плануванню місцевої роботи на дільниці. Це дозволить покращити ефективність керування системою, скоротити час на прийняття рішень з меншим відсотком браку та дотримуватись нормативів часу на виконання відповідних операцій.

Впровадження системи планування технології роботи у залізничному вузлі шляхом інтегрування СППР до локальної інформаційно-керуючої системи на АРМ



ДНЦ дозволяє отримати в умовах Харківського залізничного вузла економію витрат у розмірі 493845 грн. на рік.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі проведено теоретичне обґрунтування і вирішення науково-прикладної задачі удосконалення технології роботи залізничного вузла шляхом підвищення ефективності функціонування його складових за рахунок логістичного управління ними у процесі взаємодії учасників перевізного процесу. На основі проведених досліджень одержано наступні висновки та результати:

1. Аналіз технології роботи залізничних вузлів показав її недосконалість, про що свідчить значний час перебування вантажних вагонів на елементах вузла. Простій вантажного вагона під однією вантажною операцією на станціях залізничних вузлів країни, у ряді випадків, перевищує планові і нормативні значення до 40 %. Найбільш проблемними місцями у ефективному функціонуванні залізничних вузлів слід вважати розбіжності у роботі учасників перевізного процесу різних суб'єктів господарювання, організацію чіткого передавального руху, конфліктність вантажної та технічної станції на рівні підсистем вузла, недостатню автоматизацію перевізного процесу. Недостатньо уваги у наукових працях приділено розгляду залізничного вузла на основі сучасних логістичних підходів та управління.

2. Встановлено, що основними причинами затримки вагонів на станціях залізничних вузлів є неузгодженість організації робіт по вивантаженню вагонів, знаходження вагонів під митними операціями та тривале очікування переадресування. Перераховані затримки негативно характеризує один із елементів логістичного ланцюга «Відправник-Одержувач» - знаходження вантажного вагона у залізничному вузлі. Загальна частка цих затримок становить від 80,16% до 93,4% загального часу затримок вагонів на станціях залізничних вузлів у розглянуті періоди (роки). Комплексний підхід у вирішенні задачі зменшення часу знаходження вагонів у залізничному вузлі дозволить суттєво покращити показники простою вагонів (можливий резерв складає до 17,86 год).

3. Для процесу узгодження взаємодії усіх учасників перевізного процесу запропоновано метод формування ефективних рішень управління розвитком системи, суть якої полягає у тому, що за рахунок додаткових критеріїв змінюються області, які визначають можливості учасників перевізного процесу до досягнення узгодженого стану. Використання підходу системної оптимізації в організації вантажних перевезень у залізничному вузлі дозволить зменшити час знаходження вантажного вагона на елементах вузла, додатково залучити нові обсяги перевезень, покращити взаємодію в інформаційному просторі.

4. Запропоновано комплексний критерій для вибору раціональної технології роботи у залізничному вузлі, що враховує мінімальні витрати вагоно-годин та мінімальні фінансові витрати. Складові цього критерію є суперечливими, тому враховується важливість тієї чи іншої складової критерію у кожний конкретний момент часу при прийнятті рішень по вибору раціональної технології роботи залізничного вузла.

5. Розроблена модель визначення оптимального розподілу кількості вагонів на підсистемах вузла для динамічної оцінки станів вагонів у системі. За результатами моделювання оптимальний розподіл місцевих вагонів по станціях вузла дозволить скоротити витрати вагоно-годин у вузлі до 9 %. Отримана залежність витрат вагоно-годин при змінному вагонопотоці місцевих вагонів, що вказує на величину часу знаходження місцевого вагона на елементах вузла при варіюванні відповідних параметрів системи.

6. Сформована агентна імітаційна модель з виділенням інформаційного, сервісного та керуючого рівнів, яка дозволяє визначати раціональну технологію роботи залізничного вузла з множини можливих в умовах єдиного інформаційного простору при організації логістичного управління перевізним процесом. Вузловий диспетчер матиме можливість відслідковувати поведінку та завантаженість кожного елемента керуючої системи та приймати рішення щодо його використання. Отримання результату моделювання реалізовано через АРМ ДНЦ у вигляді відповідної СППР. При цьому можливе зменшення часу знаходження конкретного вантажного вагона у вузлі більш ніж на 5 годин.

7. Удосконалена існуюча інформаційно-керуюча система АСК ВП УЗ-Є за рахунок створення підсистеми планування технології роботи вузла в СППР для АРМа ДНЦ. Вона дозволяє покращити технологію роботи залізничного вузла. Вибір найбільш прийняттого варіанту технології роботи ДНЦ, який виконує логістичне управління залізничним вузлом, здійснюється з множини прийнятних технологій, що отримані шляхом агентного імітаційного моделювання вузла. Інформаційне забезпечення підсистеми планування технології роботи вузла розширює технологічні функції АРМ ДНЦ і може бути інтегроване у систему диспетчерської централізації «Каскад» та АСК ВП УЗ-Є.

Впровадження системи планування технології роботи у залізничному вузлі шляхом інтегрування СППР до локальної інформаційно-керуючої системи на АРМ ДНЦ дозволяє отримати в умовах Харківського залізничного вузла економію витрат у розмірі 493845 грн. на рік.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Основні праці:**

1. Запара, Я.В. Дослідження зміни часу знаходження місцевих вагонів у Харківському вузлі / Я.В. Запара, Д.В. Ломотько // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. – 2009. – Випуск 17. – С. 9-17.
2. Запара, Я.В. Використання логістичних підходів та системної оптимізації при функціонуванні транспортних вузлів / Я.В. Запара, Д.В. Ломотько, Є.В. Запара // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2009. - №111. – С.17-23.
3. Запара, Я.В. Оцінка технології роботи транспортного вузла / Я.В. Запара // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2010. – № 1/7 (43). – С. 60-63.
4. Запара, Я.В. Формалізація технології роботи залізничних вузлів в умовах зміни обсягів перевезень / Я.В. Запара // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2010. – №119. – С.53-60.

5. Запара, Я.В. Системи підтримки прийняття рішень вузловим диспетчером при плануванні технології роботи залізничного вузла / Я.В. Запара, Д.В. Ломотько, Є.В. Запара // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2011. – № 122. – С.12-22.

6. Запара, Я.В. Удосконалення організації планування технології роботи залізничного вузла / Я.В. Запара, Є.В. Запара // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2011. – № 124. – С.154-159.

7. Запара, Я.В. Імітаційне моделювання технології роботи залізничного вузла / Я.В. Запара, Є.В. Запара // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті – 2012. – №2.–С.79-86.

8. Пат. на кор. модель 68073 Україна, МПК В61L 27/00. Спосіб визначення технології роботи залізничного вузла / Запара Я.В., Запара Є.В., Каньовська Д.В.; заявник і патентовласник Запара Я.В., Запара Є.В., Каньовська Д.В. - №U201111155; заявл. 19.09.2011; опубл. 12.03.2012, Бюл.№5.

#### **Праці апробаційного характеру:**

9. Запара, Я.В. Шляхи покращення взаємодії видів транспорту в залізничних транспортних вузлах на базі логістики: збірник наукових трудов по матеріалам міжнародної науково-практичної конференції ["Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании"], (г. Одеса, 15-25 декабря 2008 г.). Том 1 / Транспорт, Туризм и рекреация. – Одеса: Черноморье, 2008. – С.73-75.

10. Запара, Я.В. Напрями покращення використання рухомого складу у Харківському залізничному вузлі: тези III міжнародної науково-практичної конференції [«Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті»], (м. Дніпропетровськ, 14-15 травня 2009 р.)/ М-во тр-ту та зв'язку Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Д.: ДІТ, 2009. – С.45.

11. Запара, Я.В. Використання логістичних підходів та системної оптимізації при функціонуванні транспортних вузлів: мат. доп. 22-ї міжнародної наук.-практ. конф. ["Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины"], (м. Алушта, вересень 2009 р.)/ М-во тр-ту та зв'язку, Укр. держ. акад. зал. тр-ту. – Х.: УкрДАЗТ, Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 2009. – № 4 (додаток) – С. 10-11.

12. Запара, Я.В. Функціонування залізничного вузла, як єдиної комплексної системи: збірник наукових трудов по матеріалам міжнародної науково-практичної конференції ["Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании"], (г. Одеса, 21-28 декабря 2009 г.). Том 1 / Транспорт, Туризм и рекреация. – Одеса: Черноморье, 2009. – С.65-66.

13. Запара, Я.В. Логістичні підходи до скорочення простоїв вантажних вагонів у залізничних вузлах / Я.В. Запара, Д.В. Ломотько // мат. доп. шостої науково-практичної міжнародної конференції [“Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України”], (смт. Коктебель, 7-12 червня 2010 р.) / М-во тр-ту та зв'язку, Укр. держ. акад. зал. тр-ту. – Х.: УкрДАЗТ, 2010. – № 30 (додаток) – С. 183.

14. Запара, Я.В. Покращення інформаційного забезпечення вузлового диспетчера при організації технології роботи залізничного вузла: збірник наукових

трудоу по материалам международной научно-практической конференции ["Современные направления теоретических и прикладных исследований"], (г. Одесса, 15-28 марта 2011 г.). Том 1 / Транспорт. – Одесса: Черноморье, 2011. – С.65 -66.

15. Запара, Я.В. Удосконалення технології роботи залізничного вузла шляхом розширення інформаційного забезпечення вузлового диспетчера: матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції ["Логістика промислових регіонів"], (Донецьк-Святогірськ, 6-9 квітня 2011 року) / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Донецька академія автомобільного транспорту, Приазовський державний технічний університет [та ін.]. – Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2011. – С.354-357.

16. Запара, Я.В. Імітаційне моделювання технології роботи залізничного вузла: тези доповідей 74-ї міжнародної науково-технічної конференції кафедр УкрДАЗТ та фахівців залізничного транспорту і підприємств. - Харків: УкрДАЗТ, 2012. –С.265.

17. Запара, Я.В. Удосконалення технології роботи залізничного вузла шляхом імітаційного моделювання: за матеріалами восьмої науково-практичної міжнародної конференції [Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України], (5-8 червня 2012 року). – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – С.82.

#### **Додаткові праці:**

18. Запара, Я.В. Оцінка часу знаходження місцевого вагонопотоку на станції Основа Південної залізниці / Я.В. Запара, В.М. Запара, С.В. Бондарчук // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2011. – № 120. – С.5-11.

### **АНОТАЦІЯ**

Запара Я.В. Удосконалення технології роботи залізничного вузла на базі логістичного управління. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Українська державна академія залізничного транспорту МОНмолодьспорту України, Харків, 2012.

Дисертацію присвячено вирішенню актуального науково-прикладного завдання удосконалення технології роботи залізничного вузла шляхом підвищення ефективності функціонування його складових за рахунок логістичного управління ними у процесі взаємодії учасників перевізного процесу.

Удосконалено систему підтримки прийняття рішень для оперативних працівників шляхом використання комплексу моделей, що дозволяють отримати, за рахунок комплексного критерію, найбільш доцільну технологію роботи у залізничному вузлі. Розроблені: модель визначення оптимального розподілу кількості вагонів на підсистемах вузла, що дозволить скоротити витрати вагоно-годин у вузлі до 9 %; агентна імітаційна модель, яка дозволяє визначати раціональну технологію роботи залізничного вузла з множини можливих в умовах єдиного інформаційного простору при організації логістичного управління перевізним процесом.

Оцінено ефективність впровадження запропонованих розробок в умовах Харківського залізничного вузла.

Ключові слова: залізничний вузол, логістичне управління, технологія роботи, учасник перевізного процесу, підтримка прийняття рішення, комплексний критерій, агентна імітаційна модель.

## АННОТАЦИЯ

Запара Я.В. Усовершенствование технологии работы железнодорожного узла на базе логистического управления. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, МОИМолодьспорта Украины, Харьков, 2012.

Диссертация посвящена усовершенствованию технологии работы железнодорожного узла путем повышения эффективности функционирования его составляющих за счет логистического управления ими в процессе взаимодействия участников перевозочного процесса.

Для динамической оценки состояний вагонов всех типов в железнодорожном узле разработана модель определения оптимального количества вагонов на подсистемах узла, основывающаяся на установленной достоверности нахождения подвижного состава на определенной станции узла. В дальнейшем результаты моделирования используются при расчетах общих расходов вагоно-часов на соответствующих элементах системы. Предложен комплексный критерий для выбора рациональной технологии работы, учитывающий минимальные расходы вагоно-часов и минимальные финансовые расходы. Составляющие этого критерия являются противоречивыми, поэтому при выборе технологии работы железнодорожного узла учитывается важность той или другой составляющей критерия в каждый конкретный момент времени при принятии решений по выбору рациональной технологии работы.

Для процесса согласования взаимодействия всех участников перевозочного процесса предложен метод формирования эффективных решений управления развитием системы на основе системной оптимизации, суть которой заключается в том, что к критериям участников перевозочного процесса применяется метод уступок, а по отношению к каждой коалиции критериев – метод ограничений, позволяющий получить благоприятные согласованные решения всех участников перевозочного процесса на базе несогласованной модели. Реализация такого метода уменьшает время нахождения грузового вагона на элементах узла, дополнительно позволяет привлечь дополнительные объемы перевозок, улучшить взаимодействие в информационном пространстве.

Предложена агентная имитационная модель, позволяющая определять рациональную технологию работы железнодорожного узла из множества возможных. Для построения модели технологии работы железнодорожного узла выделены три основных категории агентов: инфраструктурный, сервисный и управляющий уровни. Исследовано их поведение, взаимодействие со средой и

другими агентами. Разработана диаграмма состояний агентов всех уровней модели, определяющая физические и технологические правила поведения, которые и формируют работу всей системы. Узловой диспетчер будет иметь возможность отслеживать поведение и загруженность каждого элемента управляющей системы и принимать решение относительно его использования.

Внедрение системы планирования технологии работы в железнодорожном узле осуществляется путем интегрирования системы поддержки принятия решений к локальной информационно-управляющей системе на автоматизированном рабочем месте узлового диспетчера. При этом возможно достижение уменьшения времени нахождения конкретного грузового вагона в железнодорожном узле более чем на 5 часов.

Оценена эффективность внедрения предложенных разработок, позволяющая в условиях Харьковского железнодорожного узла получить экономию расходов в размере 493845 грн. в год.

Ключевые слова: железнодорожный узел, логистическое управление, технология работы, участник перевозочного процесса, поддержка принятия решений, комплексный критерий, агентная имитационная модель.

## **THE SUMMARY**

Zapara Y. Improvements of rail node work technology based on logistics management. - The manuscript.

Dissertation on competition of a scientific degree of a Ph.D. on a speciality 05.22.01 - transport systems. – The Ukrainian state academy of railway transport, The Ministry of Education and Science, Youth and Sport of Ukraine, Kharkov, 2012.

The thesis is devoted to actual theoretical and practical tasks of improving the work technology of the railway node by increasing the efficiency of its components due to logistics management of elements in the interaction of the transportation process participants.

The expert support system for operational staff through the use of complex models that allow to obtain the most appropriate technology to work in the railway junction through a complex criterion,. Developed: a model of determining the optimal allocation of the number of cars in the sub-node, which will reduce costs wagon-hours in the node to 9%; agent-based simulation model which allows defining a rational technology of rail node from the set of possible under a single information space in the organization transportation process.

The efficiency of the proposed development in Kharkov railway junction has been estimated.

Keywords: railway node, logistics management, work technology, transportation process member, decision support, integrated criterion, agent-based simulation model.

**ЗАПАРА ЯРОСЛАВ ВІКТОРОВИЧ**

УДК 656.222:658.7

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ВУЗЛА НА БАЗІ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ**

05.22.01 – транспортні системи

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск



к.т.н., доц. Продащук С.М.

---

Підписано до друку «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір офсетний

Умовн.-рук.арк. 0,7. Обл.-вид.арк. 0,9.

Замовлення № \_\_\_. Тираж 100 прим.

---

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Друкарня УкрДАЗТу: 61050 , м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7