

**Українська державна академія залізничного транспорту**

Ломотько Денис Вікторович

УДК 656.225

**ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ  
ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ НА БАЗІ ЛОГІСТИЧНИХ  
ПРИНЦИПІВ**

05.22.01 – транспортні системи

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Харків – 2008

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі «Управління експлуатаційною роботою», Міністерство транспорту та зв'язку України

**Науковий консультант:**

доктор технічних наук, професор  
**Буцько Тетяна Василівна,**  
Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра «Управління експлуатаційною роботою», завідувач кафедри

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Шибасв Олександр Григорович,**  
Одеський національний морський університет МОН України, кафедра «Морські перевезення», завідувач кафедри

доктор технічних наук, професор  
**Бобровський Володимир Ілліч,**  
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України, кафедра «Станції та вузли», завідувач кафедри

доктор технічних наук  
**Левківський Олександр Петрович,**  
Національний транспортний університет МОН України, кафедра «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», професор

Захист відбудеться „ 06 ” листопада 2008 р. о 11<sup>00</sup> 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 ” 02 ” жовтня 2008 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Фалендиш А.П.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

**Актуальність теми.** Одними із основних напрямків удосконалення організації транспортного процесу залізниць України є забезпечення конкурентоспроможності та прибутковості в умовах транспортного ринку, реформування галузі та інтеграції до Європейської співдружності. Вирішення цієї наукової проблеми можливо здійснити шляхом впровадження логістичних принципів в усі ланки перевізного процесу. Даний напрямок відповідає вимогам Державної програми реформування залізничного транспорту України і низці директивних документів Укрзалізниці. Процес формування логістичних технологій організації транспортного процесу залізниць України повинен носити комплексний характер і сприяти процесам реформування, враховувати інтереси усіх учасників перевізного процесу, бути спрямованим на ресурсозберігаючі технології при використанні обмежених ресурсів (рухомого складу, вантажних механізмів, тощо), на покращення кількісних і якісних показників експлуатаційної роботи. В умовах зростання обсягів перевезень при наявності конкуренції з іншими видами транспорту та при підвищенні вимог клієнтури до якості транспортного обслуговування особливо актуальним стає вирішення наукової проблеми створення методологічних основ для формування логістичних ланцюгів, що, у свою чергу, передбачає створення високоефективних технологій перерозподілу та використання засобів транспорту, визначення раціональних маршрутів прямування вантажних поїздів, формування адаптивної системи взаємодії залізничного та інших видів транспорту у транспортних вузлах зі створенням відповідних сучасних систем підтримки прийняття рішень (СППР). Розробка комплексу відповідних математичних моделей є засобом для вирішення цієї наукової проблеми, що дозволить визначити раціональну технологію організації транспортного процесу залізниць України, скоротити експлуатаційні витрати та сформувати ієрархічну систему логістичних центрів Укрзалізниці. Запропоновані методи і технології є основою для удосконалення взаємодії різних видів транспорту у процесі логістичної діяльності на залізничному транспорті України, держав СНД і Балтії, а також Європейського Союзу. Ці напрямки розробки логістичних технологій організації транспортного процесу залізниць дозволяють вважати тему дисертації актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась відповідно до Державної програми реформування залізничного транспорту (розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. № 651-р), Закону про інформатизацію на залізничному транспорті, а також до науково-дослідних робіт «Розробка і дослідження технології перевізного процесу на залізничному транспорті на основі ресурсозбереження» (держ. реєстр. № 0105U000898), «Розробка математичної моделі та технології автоматизованого поточного планування поїздоутворення на сортувальній станції» (держ. реєстр. № 0107U000105), «Розробка концепції реформування і Програми розвитку промислового залізничного транспорту ДК „Промтранс” на основі ресурсозберігаючих технологій на період 2007 – 2015 рр.» (держ. реєстр. № 0107U000104),

«Проведення дослідження та розробка концепції, технології і організаційної структури по створенню логістичного центру залізниць України» (держ. реєстр. № 0107U002794).

**Мета та задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є формування транспортного процесу залізниць України на базі логістичних принципів в умовах технічних, технологічних, інфраструктурних та фінансових обмежень для отримання синергетичного ефекту при виконанні вантажних перевезень.

Досягнення цієї мети передбачає постановку та вирішення таких основних задач:

- проаналізувати тенденції розвитку технології транспортного процесу в Україні і за кордоном;
- створити методологічний підхід, що удосконалює процес функціонування залізничного транспорту, як великої динамічної логістичної системи;
- розробити концепцію щодо вирішення наукової задачі формування та ефективного управління організаційною структурою логістичних центрів залізниць України;
- удосконалити наукові підходи щодо організації системи доставки вантажів на базі комплексу моделей технологічних процесів в умовах розподілу обмеженого ресурсу при формуванні виробничо-транспортних логістичних ланцюгів з оптимізацією маршруту прямування поїздів;
- розробити комплекс моделей, що реалізує транспортний процес сумісної роботи залізниць з іншими видами транспорту в межах транспортних вузлів на основі логістичних принципів;
- удосконалити методи планування вантажної роботи на залізничному полігоні у межах виробничо-транспортних логістичних ланцюгів з урахуванням невизначеності вихідних даних;
- розробити наукові методи організації раціональної технології управління інформаційними логістичними потоками в умовах формування системи підтримки прийняття рішень з оптимізацією процесу відбору інформації;
- удосконалити процедуру перерозподілу синергетичного ефекту між елементами виробничо-транспортних логістичних ланцюгів з використанням системи стимулювання підрозділів та управлінням ресурсами на базі лізингових схем;
- сформулювати критерій оцінки ефективності варіантів транспортно-логістичного обслуговування для вантажовласників.

*Об'єкт дослідження* – транспортний процес залізниць України.

*Предмет дослідження* – формування транспортного процесу залізниць на основі логістичних принципів.

*Методи дослідження.* Методи системного аналізу використано при формалізації процесу функціонування залізничного транспорту, як великої динамічної логістичної системи. Методи теорії прийняття рішень у складних системах – при оптимізації системи доставки вантажів на основі багатокритеріального ресурсозберігаючого підходу. Методи теорії систем масового обслуговування – при вирішенні задачі оптимізації роботи

логістичного центру. Методи теорії нечітких множин та нечіткої логіки – при рішенні задачі створення та ефективного управління організаційною структурою логістичного центру, при формалізації транспортного процесу в умовах раціонального розподілу обмеженого ресурсу, при формуванні систем підтримки прийняття рішень на залізницях. Методи теорії графів, множин, мереж Петрі, методи динамічного та стохастичного програмування - при моделюванні технологічних процесів розподілу обмеженого ресурсу, при формуванні критерію оптимальності функціонування елементів виробничо-транспортних логістичних ланцюгів. Методи нелінійного програмування – при оптимізації управління вантажопотоками. Методи теорії імовірності і математичної статистики – для виявлення закономірностей показників функціонування залізничної мережі, клієнтів, залізничного та інших видів транспорту.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У дисертації сформовано закономірності організації транспортного процесу залізниць України на базі логістичних принципів, які, на відміну від відомих раніше, враховують наявність технічних, технологічних, інфраструктурних та фінансових обмежень з метою отримання синергетичного ефекту при виконанні вантажних перевезень.

Вперше сформовано підходи щодо організації транспортного процесу залізниць України, як динамічної транспортної системи, що забезпечують функціонування виробничо-транспортних логістичних ланцюгів та отримання синергетичного ефекту, а саме:

- створено комплекс динамічних моделей транспортного процесу залізниць України, що формалізують розвиток структури та технології залізничної транспортної системи на базі логістичних принципів із забезпеченням підвищення її ефективності в умовах управління обмеженим ресурсом та з оптимізацією маршруту прямування поїздів з урахуванням невизначеності;
- створено наукові основи організації логістичної технології роботи залізнично-водних транспортних вузлів України на базі моделі нелінійного програмування, яка на відмінність від інших, оптимізує масу вантажу у маршруті та кількість вантажу «на колесах»;
- створено комплексний метод перерозподілу синергетичного ефекту від функціонування виробничо-транспортних логістичних ланцюгів на основі багатокритеріальних ресурсозберігаючих підходів в умовах використання компенсаторної схеми стимулювання учасників транспортного процесу.

Удосконалені та набули подальшого розвитку:

- удосконалено наукові основи формування оптимальної технології використання обмеженого ресурсу у виробничо-транспортних логістичних ланцюгах за рахунок створення комплексу моделей на базі розширених мереж Петрі та з динамічними обмеженнями на ресурс з урахуванням нечіткості вихідних даних;
- подальшого розвитку набули наукові підходи щодо управління вантажопотоками у процесі їх надходження до вантажовласника з

урахуванням часу затримок по елементах виробничо-транспортних логістичних ланцюгів в умовах нечіткості вихідних даних;

- подальшого розвитку набула методологія управління інформаційними потоками в логістичній системі залізниць України за рахунок рішення наукової задачі формування нечіткої бази знань та створення системи підтримки прийняття рішень шляхом використання нечітких множин та методів оцінки та відбору нечіткої інформації.

**Практичне значення одержаних результатів.** Матеріали дисертаційної роботи використано при розробці Концепції створення логістичного центру залізниць України, Концепції реформування і Програми розвитку промислового залізничного транспорту ДК «Промтранс», в нормативно-керуючих документах та в інструкції Укрзалізниці (наказ 491-Ц від 12.12.2006 р).

Розроблений комплекс моделей, що реалізує процес розподілу обмеженого ресурсу та оптимізує маршрут прямування поїздів дозволяє визначати раціональні варіанти функціонування залізничних підрозділів з урахуванням специфіки транспортного процесу залізниць України та скоротити простій вагонів на станціях. Отримані результати впроваджено на залізничних підрозділах Південної, Південно-Західної та Одеської залізниць. Зокрема, на Південній залізниці впровадження дозволило отримати скорочення простою вантажного вагону під однією вантажною операцією на 2.9%, простою на одній технічній станції на 2.1%, прискорено обіг вантажного вагону на 1.6% та порожній пробіг скорочено на 2.2%. На Південно-Західній залізниці у результаті впровадження запропонованих заходів обіг вантажного вагону прискорено на 1.2% та порожній пробіг скорочено на 1.9%.

Розроблена технологія організації транспортного процесу на основі нечітких систем підтримки прийняття рішень дозволяє підвищити якість роботи оперативного персоналу на основі надання обґрунтованих варіантів управлінських рішень, що забезпечує зменшення експлуатаційних витрат. Впровадження даної технології на Одеській залізниці показало скорочення простою під однією вантажною операцією на 2.7%, скорочення обсягу маневрової роботи на 1.7%, прискорення обігу вантажного вагону на 1.5% та зменшення порожнього пробігу вагонів на 1.4%.

Розроблені методологічні підходи та комплекс моделей з оптимізації маршруту прямування поїздів та удосконалення технології взаємодії різних видів транспорту використовуються у навчальному процесі УкрДАЗТ при вивченні дисципліни «Транспортна логістика», у дипломному проектуванні, при виконанні навчально-дослідних робіт студентів, в Інституті перепідготовки та підвищення кваліфікації при УкрДАЗТ. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами впровадження.

**Особистий внесок здобувача.** У наукових працях, опублікованих зі співавторами, особистий внесок полягає в: [18, 22] - проведено аналіз мереж Петрі, обґрунтовано напрямки їх поширень, використано розроблені поширення для побудови моделей; [15, 16, 20, 21, 37] – проведено аналіз показників транспортного процесу у транспортних вузлах і розроблено моделі реалізації технології взаємодії залізничного та інших видів транспорту; [14, 19, 25, 26] – розроблено методику розподілу обмеженого ресурсу та визначено сферу її

застосування; [17, 24, 33, 34] – сформовано методологію побудови інформаційно-керуючої системи логістичних центрів залізниць; [36, 27, 28, 31, 32] – розроблено комплекс моделей, що відтворюють транспортний процес елементів логістичного ланцюгу; [23, 29, 30,] – сформовано економіко-математичні моделі щодо обґрунтування запропонованих заходів. У додатковій праці [35] – запропоновано технологію технічного обслуговування сортувальних пристроїв з урахуванням впливу конструктивних факторів.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації доповідались, обговорювались і були схвалені на:

- 67-й, 68-й та 69-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр академії та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств (м. Харків, УкрДАЗТ, 2005- 2007 р.);
- 18-й та 19-й міжнародних науково-практичних конференціях «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті» (м. Алушта, 2005-2006рр.);
- 3-й науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління» (24-25 листопада 2005 р., м Київ, КУЕТТ);
- I-ой Международной научно-практической конференции "Современные научные достижения - 2006" (г. Днепропетровск, 20-28 февраля 2006);
- Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті» ЕКУЗТ 2006 та ЕКУЗТ 2007 (м. Судак, 2006-2007 рр.);
- Международной научно-технической конференции «Современные проблемы управления перевозочным процессом. Повышение качества подготовки специалистов и уровня научных исследований» (г. Москва, МИИТ, 16-17 ноября 2006 г.);
- Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (м. Дніпропетровськ, ДІТ 14-15 травня 2007 р.);
- 1-й міжнародній науковій конференції «Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України» (м. Євпаторія, 22-25 травня 2007 р);
- 20-й міжнародній науково- практичній конференції «Перспективные системы контроля и управления на железнодорожном транспорте» (м. Алушта, жовтень 2007 р.);
- Международной научно-практической конференций «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2007» (г. Одеса, 1 - 15 октября 2007 г.).

Дисертаційна робота повністю доповідалась на:

- науковому семінарі кафедри Морські перевезення Одеського національного морського університету;

- науковому семінарі кафедр Аеропорти, Економіки, Транспортних систем та маркетингу, Транспортного права, системного аналізу та логістики, Менеджменту Національного транспортного університету;
- науково-технічній нараді Державного науково-дослідного центру Укрзалізниці;
- розширеному засіданні кафедри Управління експлуатаційною роботою Української державної академії залізничного транспорту.

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 34 наукові роботи у виданнях, що затверджені ВАК України, та 3 додаткових праці.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається з вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи складає 393 сторінок, з яких обсяг основного тексту 268 сторінок, робота ілюстрована 67 рисунками з яких 6 рисунків на 5 стор., наведено 8 таблиць, з яких 2 таблиці на 2 стор. Список використаних джерел складає 367 найменувань на 35 сторінках, 14 додатків на 74 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми для транспортного процесу залізниць в сучасних умовах формування логістичних технологій та інтеграції України до Європейської співдружності. Сформульовані мета та задачі дослідження, відображені зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, наукова новизна та практична цінність дисертаційної роботи, подано її загальну характеристику.

**У першому розділі**, виходячи з мети дисертації, проведені дослідження та аналіз показників транспортного процесу, вантажо - та вагонопотоків на мережі залізниць України, кількісних і якісних показників експлуатаційної роботи залізниць, тенденції розвитку діючих в Україні транспортних та сучасних інформаційних технологій. Проаналізовано наукові розробки та практичний досвід щодо впровадження логістичних технологій на залізничному та інших видах транспорту. Доведено, що за останні вісім років спостерігається стійке зростання обсягів перевезень та покращення якісних показників використання рухомого складу.

Значний вклад у розв'язання наукової проблеми підвищення ефективності функціонування системи доставки вантажів та формування логістичних систем внесено у працях Бабаєва М.М., Бабушкіна Г.Ф., Бобровського В.І., Бутько Т.В., Воркута А.І., Воркут Т.А., Гаджинського А.М., Галабурди В. Г., Данька М.І., Долі В.К., Жуковицького І.В., Котенка А.М., Лапкіна О.І., Левковця П.Р., Міроненка В.К., Міротіна Л.Б., Нагорного Є.В., Негрея В.Я., Нечаєва Г.І., Парунакяна В.Е., Поліщука В.П., Скалозуба В.В., Смахова А.А., Ташибаєва И.І., Цветова Ю.М., Шафіта Є.М., Шибяєва О.Г. та інших вчених.

Аналіз тенденцій розвитку технології транспортного процесу довів необхідність реформування залізничного транспорту в Україні з метою

підвищення його конкурентоспроможності та прибутковості в умовах зростання обсягів перевезень та скорочення парку рухомого складу. Аналіз показників роботи залізниць України довів наявність тенденції стійкого зростання обсягів перевезень: у порівнянні з 2005 вони зросли на 4,7%. Встановлено, що існуюча технологія доставки не є адаптивною та не зорієнтована на споживача транспортних послуг. В цих умовах найбільш ефективна форма організації транспортного процесу для залізниць України повинна базуватись на використанні логістичних принципів, застосування яких спрямовано на отримання інтеграційного ефекту діяльності залізничної галузі, як цілісної системи. Ця система в Україні має певні особливості: геополітичне розташування у Європі, наявність розвинутої транспортної мережі з великою кількістю портів, достатньо обмежений технологічний час на доставку вантажів та інші.

Досвід роботи вітчизняних та закордонних залізниць показав, що паралельно з удосконаленням технології, не було надано достатньої уваги автоматизації технологічних процесів на базі СППР, що інтегровані до АРМ оперативного персоналу, недостатньо розглянуто питання формування єдиного інформаційного середовища у межах виробничо-транспортних логістичних ланцюгів (ВТЛЛ) на базі загальноприйнятих стандартів обміну даними. Не викликає сумніву, що застосування комплексних оптимізаційних методів з урахуванням нечіткого характеру факторів, що впливають на технологію перевезень, позитивно вплине на вчасну доставку вантажу.

Встановлено, що наукова проблема організації транспортного процесу залізниць України є частиною глобальної проблеми формування ВТЛЛ для просування вантажів від виробника до споживача з урахуванням взаємодії з іншими видами транспорту. Показано, що при цьому повинні враховуватись фактори, що визначають технологічні переваги кожного виду транспорту. Тому удосконалення технології транспортного процесу при перевезенні вантажів повинне базуватися на вимогах та потребах вантажовласника з урахуванням дефіциту рухомого складу та інших технологічних обмежень. Це може бути реалізовано за рахунок створення системи логістичних центрів Укрзалізниці, якої до сьогоднішнього дня в Україні не існує.

Відповідно до аналізу тенденції розвитку технології транспортного процесу залізниць в Україні і за кордоном розроблено структурно-логічну схему дослідження та поставлено задачі дисертаційної роботи.

**У другому розділі** створено методологічний підхід, що удосконалює процес функціонування залізничного транспорту, як великої динамічної транспортної системи. Встановлено, що для розвитку транспортного процесу залізниць України доцільно сформувати систему логістичних центрів залізниць з формалізацією процесу їх функціонування на базі методів системного аналізу.

Під системою логістичних центрів залізниць будемо розуміти множину елементів (сервісних логістичних центрів, ВТЛЛ з портами, пунктами перетину кордонів, терміналами та іншими елементами транспортно-виробничої інфраструктури, враховуючі інформаційну підсистему), які знаходяться у функціональних зв'язках між собою, мають певні обмеження на власні технічні та

технологічні можливості і утворюють єдину цілісність з метою досягнення синергетичного ефекту.

Транспортна система  $S$  і всі її складові частини характеризуються станом у просторі і часі. Стан транспортної системи  $C$  у момент часу  $t$  визначається за допомогою оператора

$$C(t) = \Psi^0(t; C_0; U_t; V_t; P_t; X_t), \quad (0)$$

де  $\Psi^0$  – оператор стану (оператор переходу);  $t$  – момент часу;  $C_0$  – початковий стан залізничної транспортної системи;  $U_t$  – керований вхідний вплив у момент часу  $t$ , за допомогою якого здійснюється цілеспрямовані зміни у системі. Елементами вектору  $U_t$  є вхідні потоки, план формування поїздів, управлінські рішення, що приймаються відповідальними працівниками станцій, дирекцій залізничних перевезень, управлінь залізниць, Укрзалізниці щодо функціонування залізничної системи і взаємодії з іншими транспортними системами і клієнтурою;  $V_t$  – вектор некерованого вхідного впливу у момент часу  $t$ , який характеризує вплив на транспортну систему з боку зовнішнього середовища;  $P_t$  – параметри управління транспортною системою у момент часу  $t$ , що спрямовані на організацію транспортного процесу на основі логістичних принципів, врахують інтереси всіх учасників перевізного процесу та забезпечують скорочення витрат обмежених ресурсів;  $X_t$  – вектор параметрів і характеристик, які характеризують внутрішні властивості транспортної системи у момент часу  $t$ . Кількість таких параметрів позначимо  $N$ , а область припустимих значень – через множину  $\tilde{X}$ .

Значення вихідних параметрів  $Y$  системи залежать від вхідних параметрів  $U_t$ ,  $V_t$ , внутрішніх характеристик  $X_t$  та стану системи в початковий момент  $C_0$ . Таким чином, перетворення входів у виходи з урахуванням функціонування транспортної системи можливо представити в загальному випадку у вигляді оператора

$$Y(t) = \Gamma^0(t; C_0; U_t; V_t; X_t; S_t), \quad (0)$$

де  $S_t$  – змінення структури транспортної системи, які відбивають процеси створення логістичних центрів в умовах реформування галузі.

Для залізничної транспортної системи структурні зміни  $S_t$  відбуваються на фоні наявності на Укрзалізниці обмежених ресурсів рухомого складу, пропускної спроможності, тому конфігурація фазового простору визначається з урахуванням цих обмежень. Це, у свою чергу, призводить до необхідності вирішення задачі ресурсозбереження.

Функціональний оптимум в області припустимих фазових траєкторій залізничної транспортної системи, як правило, визначається її спроможністю досягати поставленої мети без залучення додаткових ресурсів. Зокрема, фазовий простір  $\Phi$  залізничної системи обмежений по основних параметрах  $X_t$  – кількістю локомотивів ( $M_{лt}$ ), вагонів ( $M_{вт}$ ), пропускною спроможністю ( $M_{дt}$ ), а  $V_t$  – інтенсивністю вантажопотоків ( $Q_t$ ) у момент часу  $t$ .

В умовах найбільш інтенсивного зносу тягового рухомого складу зроблено припущення, що лімітуючим та найбільш жорстким обмеженням є

кількість локомотивів  $M_{лt}$ . Таким чином, фазовий простір  $\Phi$  для залізничної транспортної системи за своєю конфігурацією представляє найбільш частіше випуклий багатокутник з обмеженнями

$$\begin{aligned} & \Phi \in E_2 \\ & \begin{cases} M_{лt} \leq f(M_{лt}(Q_t)) \\ M_{л}^{\max} \geq M_{лt} \geq M_{л}^{\min} \\ Q_t \leq Q_t^{\max} \end{cases} \end{aligned} \quad (0)$$

де  $E_k$  – евклідов простір розмірністю  $k=2$ ;  $Q_t^{\max}$  – максимально можливі вантажопотоки для даної системи;  $M_{л}^{\min}$ ,  $M_{л}^{\max}$  – відповідно мінімальна та максимальна кількість локомотивів, що знаходиться у експлуатації.

Структурно-функціональну схему технології взаємодії залізничних підрозділів у складі єдиної транспортної системи наведено на рис. Рис.11.

З метою оцінки ефективності впровадження логістичних технологій запропоновано використати узагальнену оцінку основних показників перевезень, їх вплив на кінцевий результат, значимість для вантажовласників. Експлуатаційні показники відбивають ефективність ресурсозбереження, а також служити основою для обґрунтування управлінських рішень.

Позначимо систему доставки вантажу через  $\lambda$ . Важливими показниками системи доставки вантажу  $\lambda$  є термін доставки  $T(\lambda)$ , а також множини економічного ефекту  $\mathbf{M}$  і витрат  $\mathbf{B}$ . Будемо вважати, що економічний ефект полягає у отриманні прибутку на кожній ділянці та попутній станції від проходження поїзду, нетранспортного ефекту у вантажовласника, додаткового ефекту від раціонального використання рухомого складу та інших ресурсів. Витрати складаються з експлуатаційної складової технології доставки, заходів щодо скорочення терміну доставки, нераціонального використання запасів матеріального ресурсу та інших логістичних витрат. З урахуванням невизначеності у загальному випадку ці множини є векторними функціями приналежності

$$\begin{aligned} \mathbf{M} &= \left[ \mu_{r_1}(M_1), \dots, \mu_{r_i}(M_i), \dots, \mu_{r_n}(M_n) \right]; \\ \mathbf{B} &= \left[ \mu_{h_1}(B_1), \dots, \mu_{h_j}(B_j), \dots, \mu_{h_k}(B_k) \right], \end{aligned} \quad (0)$$

де  $r_i$ ,  $h_j$  – бажаний рівень виконання  $i$ -го або  $j$ -го показника;  $\mu(\bullet)$  – функція приналежності рівня виконання показника.

Для загальносистемного моделювання технології функціонування системи доставки вантажу  $\lambda$  запропоновано об'єднану модель єдиної системи. Цільовою функцією в даному випадку буде

$$\lambda^* = \arg \max_{\lambda} [\mathbf{M} - \mathbf{B}] \quad (0)$$

Нажаль, описати залежність множин  $\mathbf{M}$  та  $\mathbf{B}$  від технологічних та інших параметрів у явному вигляді дуже складно. Тому нелінійну екстремальну задачу (0) формалізовано як екстремальну з припущеннями.

Значення множин показників (0) можливо вважати за результат функціонування залізничної системи доставки вантажу. Тоді визначення оптимальних параметрів можливо формалізувати як задачу прийняття рішення серед  $q$  можливих альтернатив  $\Lambda^q$

$$f(\lambda^*) = \arg \max_{\lambda \in \Lambda^q} [\Phi(\lambda)]; \quad (0)$$

$$\forall i \in [1, q]: f(M_i) \in \mathbf{M}, f(B_i) \in \mathbf{B},$$

де  $\Phi(\lambda)$  - функція якості функціонування логістичної системи доставки вантажу, яку задано у неявному вигляді в залежності від показників економічного ефекту  $\mathbf{M}$ , витрат  $\mathbf{B}$  та  $S_t$  структури транспортної системи.

Лексикографічний принцип квазіоптимальності дозволяє збільшити припустиму множину отриманих рішень за рахунок рішення пріоритетної послідовності задач з можливістю відхилення параметрів від заданого рівня і один від іншого на заздалегідь обрану константу  $\varepsilon_i$

$$\lambda^* = \arg \max_{\lambda \in \Lambda^q} [y_q \Phi_q(\lambda)] \pm \varepsilon_q \dots \max_{\lambda \in \Lambda^2} [y_2 \Phi_2(\lambda)] \pm \varepsilon_2 \max_{\lambda \in \Lambda^1} [y_1 \Phi_1(\lambda)] \pm \varepsilon_1, \quad (0)$$

$$\forall i \in [1, q], \varepsilon_i = \text{const.}$$

Рішення (0) дає можливість практичного його використання для підтримки прийняття рішення про параметри системи доставки вантажу. Крім того, мінімізація змін структури  $S_t$  призводить до необхідності використання у транспортній системі логістичних технологій.

Методологічний аспект управління технологією функціонування та організаційною структурою системи логістичних центрів залізниць пов'язаний з мінімізацією відхилення фактичної фазової траєкторії від оптимальної.

Ефективність функціонування організаційної структури системи логістичних центрів оцінено наступним чином. Припустимо, що у структурі існує  $Z$  підрозділів. Оцінка роботи  $j$ -го підрозділу по виконанню множини показників  $\bar{R}$  є векторною функцією приналежності нечіткої множини  $\bar{H}_j = \langle \mu_{h_{1j}}(R), \mu_{h_{2j}}(R), \dots, \mu_{h_{Nj}}(R) \rangle$ , де  $h_{ij}$  - рівень виконання  $i$ -го показника  $j$ -м підрозділом. Оцінка ефективності функціонування підрозділу у вигляді відхилення  $\Delta$  складе

$$\Delta_j = \langle \min \langle \mu_{r_1}(R), \mu_{h_1}(h) \rangle, \dots, \min \langle \mu_{r_N}(R), \mu_{h_N}(h) \rangle \rangle = \bar{R} \cap \bar{H}_j. \quad (0)$$

Рис.1. Структурно-функціональна схема технології взаємодії залізничних підрозділів у складі єдиної залізничної транспортної системи

Виходячи з цього, ефективне управління організаційною структурою логістичного центру представимо цільовою функцією

$$\Delta = \bigcup_{j \in \{1, Z\}} a_j (\overset{u}{K} \cap \overset{u}{H}_j) \rightarrow \max, \quad (0)$$

де  $a_j$  – представляє собою функцію Хевісайда,  $a_j \in \{0, 1\}$ , яка показує можливість ( $a_j = 1$ ) або неможливість ( $a_j = 0$ ) участі підрозділу у складі відповідної логістичної системи доставки.

Методологія побудови системи технології та організаційної структури логістичних центрів Укрзалізниці повинна базуватись на вимогах вантажовласників в рамках впровадження логістичних технологій в перевізний процес.

Логістичні центри (ЛЦ) управління на залізничному транспорті об'єднують автоматизовані центри управління перевезеннями, комерційні центри або центри сервісу (КЦ, ЦТС), інформаційно – статистичні центри залізниць (ІСЦ), головний інформаційно-обчислювальний центр (ГІОЦ) (рис. Рис.22).

Структурно логістичні центри раціонально з'єднувати з системою управління залізничним транспортом, яка має три рівня:

- стратегічний (верхній) рівень ЛЦ (ГЛЦ) – загально мережний з ГІОЦ;
- тактичний (середній) рівень ЛЦ (РЛЦ) – дорожній з ІСЦ та КЦ;
- оперативний (низовий) рівень ЛЦ (МЛЦ) – вузловий з АСУ залізничного вузла, до якого входять лінійні інформаційно-керуючі системи сортувальних, вантажних станцій та клієнтів, центру управління місцевою роботою, а подалі вузловим центрами управління перевезеннями.

В роботі розроблено перелік задач для ЛЦ різних рівнів, розроблено структуру функціональної взаємодії у системі логістичних центрів.

**Третій розділ** присвячено удосконаленню наукових основ організації транспортного процесу на залізницях в умовах управління обмеженим ресурсом.

Реалізація ефективних логістичних технологій у транспортному процесі можлива тільки з урахуванням лімітуючих факторів, які безпосередньо впливають на процес формування та функціонування системи логістичних центрів залізниць, та визначають конфігурацію відповідного фазового простору.

Логістичний центр шляхом управління  $U_i$  здійснює основний вплив на транспортний ринок та має можливість перерозподілу рухомого складу і фінансів. Центр при визначених обставинах додає в замкнуту транспортну систему визначену кількість ресурсу для його використання. Цей ресурс повинен бути більшим за визначену величину  $r > r_{\min}$ , або у відсотковому співвідношенні складати визначену частину від загального ресурсу  $R$ .

Основний показником оптимальності функціонування системи розподілу рухомого складу, буде показник ефективності розподілу ресурсу  $k$ . Метою оптимізації розподілу рухомого складу на полігоні буде мінімізація змін кількості ресурсу за період часу  $t$ , що призведе до можливості здійснення певних обсягів перевезення у межах ВТЛЛ меншою кількістю вагонів.

Рис.2. Принципова схема системи логістичних центрів Укрзалізниці

Задача логістичного центру на рівні ГЛЦ або РЛЦ (при використанні існуючої інфраструктури  $S_i$ ) полягає у розподілі обмеженого ресурсу  $R = \sum_{i=1}^N r_i$  між  $N$  підрозділами (елементами ВТЛЛ) та в розподілі отриманого прибутку  $\Pi$ . У якості критерію оптимальності поставимо задачу максимізації прибутку всього ВТЛЛ

$$\begin{aligned} \Pi &= \sum_{i=1}^N f_i(q_{n-1}, r_i) d_i - \sum_{i=1}^N (r_i e_i) \rightarrow \max \\ \begin{cases} R &= \sum_{i=1}^N r_i \\ q_i &> 0, r_i \geq 0, \forall i \in \{1, N\} \end{cases} \end{aligned} \quad (0)$$

де  $q_0, \dots, q_n$  - вантажопотоки підрозділів, причому вихідний потік попереднього підрозділу є вхідним для наступного;  $f_i(q_{n-1}, r_i)$  - виробнича функція  $i$ -го підрозділу, яка показує зв'язок рівнів вхідного вантажопотоку і використаних ресурсів з вихідним вантажопотоком;  $d_i$  - доходна ставка за доставлену тону вантажу  $i$ -м підрозділом;  $e_i$  - видаткова ставка за використання одиниці ресурсу  $i$ -м підрозділом.

Логістичний центр у процесі управління здійснює перерозподіл ресурсу в умовах інформації про зменшення чи збільшення рівня ефективності функціонування підрозділів, яка має характер невизначеності. Тоді логістичний центр має інформацію про ефект у вигляді значень функції приналежності  $\mu_{\tilde{k}_i}(r_i, k_i)$  нечіткого ефекту  $\tilde{k}_i$ . Нечіткі оцінки функції приналежності можуть бути отримані шляхом обробки нечіткої бази даних про роботу елементів ВТЛЛ або методом експертних оцінок. Відповідно до принципу узагальнення Беллмана-Заде, значення функції приналежності нечіткої інформації про ефект, отриманий логістичним центром в залежності від вектору  $\mathbf{r}$  розподілу ресурсу, складе

$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{K}}(\mathbf{r}, K) &= \sup \min_{i \in N} \mu_{\tilde{k}_i}(r_i, k_i) \\ \begin{cases} K &= \rho \sum_i k_i \\ \mathbf{r} &= (r_1, \dots, r_N), \forall i: r_i \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (0)$$

де  $\rho$  - величина стимулювання елемента ВТЛЛ, пропорційно до якого розподіляється отриманий загальний ефект.

Синтез ресурсозберігаючої системи розподілу обмеженого ресурсу одного типу на залізничному полігоні в умовах нечіткої інформації полягає у виборі центром вектора  $\mathbf{r}$  ресурсу, який буде максимізувати функцію

$$\begin{aligned} P^* = \arg \max_{\mathbf{r}} & \mu_{\tilde{K}}(\mathbf{r}, K) \\ \sum_i r_i & \leq R \\ \forall i \in [1, N] \end{aligned} \quad (0)$$

Якщо ресурси не є взаємозамінними (наприклад, платформи і цистерни), то з позиції ресурсозберігаючого підходу задачу розподілу може бути зведено до  $w$  незалежних, а рішення отримано у вигляді

$$\begin{aligned} P^* = \bigcup_{j \in w} \arg \max_{r_{ij}} & \mu_{\tilde{K}_j}(r_{ij}, K_j) \\ \sum_j \sum_i r_{ij} & \leq R \\ \forall i \in [1, N], \forall j \in [1, w] \end{aligned} \quad (0)$$

У реальній ситуації виконавчі транспортні підрозділи можуть подавати замовлення на ресурс з пріоритетами. Введемо до моделі ваговий вектор  $\Lambda = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_q\}$  пріоритету кожного з підрозділів,  $\sum_{i=1}^N \gamma_i = 1$ . Тоді для кожного підрозділу можливо визначити відносну важливість у вигляді  $\gamma_1 > \gamma_2 > \dots > \gamma_N$  і виконати їх розподіл на пріоритетні і непріоритетні відносно заданого рівня значимості  $\gamma_p$ . Перевірку якості запропонованих підходів здійснено за правилом Фішберна.

Оптимізувати функціонування МЛЦ, як елементів ВТЛЛ, можливо за рахунок формалізації процесу розподілу засобів транспорту, як технологічного обмеження на основі динамічної моделі. Дослідження особливостей технології функціонування залізничного транспорту створило передумови для використання у якості математичного апарату гібридних мереж Петрі.

З метою створення адекватної математичної моделі запропоновано ввести та формалізувати поняття «ресурс, що поділяється». У якості такого ресурсу можливо вважати вагони, локомотиви, колії, вантажно-розвантажувальні механізми та інші засоби транспорту, а також матеріальні ресурси, що підлягають перевезенню. Формалізацію введеного поняття за допомогою мережі Петрі наведено на рис. Рис.33 між чотирма транспортними технологічними процесами з пріоритетами.

Перевірка отриманої моделі в умовах Південної залізниці показала можливість оптимізації технологічних процесів із скороченням часу очікування до 47,4%.

Організація транспортного процесу залізниць в умовах створення ефективної системи розподілу рухомого складу під навантаження визначається не тільки технологічними параметрами, а й системою мотивації та контролю за виконанням забезпеченості вагонами на полігоні на певному рівні. Припустимо, що за інтервал планування  $t_{пл}$  виконавчому підрозділу на полігоні потрібно отримати значення показника  $R_{пл}$ . Близькість фактичного значення показника до планового є критерієм якісного виконання завдання логістичного центра.  $r_i$  є величиною зміни планового показника  $R$  за певний інтервал часу. Якщо відносна точність виміру  $r_i$  складає  $\delta(r_i)$ ,  $\delta(r_i) \in [0; 1]$ , то можливо визначити відповідно нижню та верхню границі інтервальної оцінки зміни значення показника  $R$  в поточний момент часу

Рис.3. Формалізація функціонування «ресурсу, що поділяється» між чотирма процесами з пріоритетами на мережі Петрі

Логістичний центр найбільш зацікавлений визначити найгірший випадок, коли існує загроза невиконання  $R_{пл}$ , тобто  $R_i^{min}$ . Для даного випадку визначимо мінімально можливі зміни  $\bar{r}_i^{min}$  показника  $R$ , при яких за період до  $t_{пл}$  буде досягнуто планове значення  $R_{пл}$

$$\bar{r}_i^{min} = \frac{R_{пл} - R_i^{min}}{t_{пл} - t_i} = \frac{R_{пл} - R_i + (r_{max} - r_{min}) \int_0^t \delta(r_i) dt}{t_{пл} - t_i} \quad (0)$$

де  $R_i$ ,  $R_i^{max}$ ,  $R_i^{min}$  - оцінки значення показника відповідно при значеннях зміни показника за певний період часу  $\bar{r}_i$ ,  $r_i^{max}$ ,  $r_i^{min}$ .

Таким чином, будемо вважати, що комплекс запропонованих моделей є складовою наукових основ організації транспортного процесу залізниць. Реалізація цих моделей дозволяє сформулювати технологію функціонування багаторівневої системи ЛЦ шляхом удосконалення процесів управління обмеженим ресурсом.

**У четвертому розділі** запропоновано наукові підходи формування логістичної системи доставки вантажів в умовах оптимізації маршруту прямування поїздів.

Процедуру оптимізації транспортного обслуговування вантажовласника розглянемо з урахуванням логістичного обмеження «точно у строк» при забезпеченні мінімальних витрат вантажовласника на збереження вантажу в процесі доставки.

Залізничну мережу представимо у вигляді неорієнтованого графу  $G(V, D)$ , де  $V$  – множина вузлових станцій, які є вершинами графу  $v_i \in V, i \in [1; n]$ ,  $D$  – множина залізничних дільниць, які примикають до станцій,  $d_{ij} \in D, i, j \in [1; n], i \neq j$ . Кожній дільниці  $d_{ij}$  мережі поставимо у відповідність два нечітких числа: оцінку економічного ефекту  $\tilde{m}_{ij}$  від проходження поїзду і оцінку фактичного часу прямування  $\tilde{t}_{ij}^y$  по дільниці. Величина  $\tilde{m}_{ij}$  в основному пов'язана з перерозподілом перевізної плати між залізничними підрозділами

ВТЛЛ, які беруть участь у перевезенні, і у загальному випадку вона буде пропорційною обсягу виконаної перевізної роботи. Кожний маршрут прямування (ланцюг мережі)  $\lambda \in \Lambda$  зі станції формування (початкової вершини) на станцію розформування (в кінцеву вершину) характеризує процес перевезення.

Введемо до моделі оцінку фактичної тривалості перевезення  $\tilde{T}(\lambda) = \sum_{d_{ij} \in \lambda} \tilde{t}_{ij}^y$  за маршрутом, що входить до ВТЛЛ, з урахуванням нормативного часу перевезення  $T_n$ .

Реалізація логістичного обмеження «точно у строк» вимагає від залізниці враховувати наступну функцію додаткових витрат

$$B^d(\lambda) = \begin{cases} k_n(T_n \cdot \tilde{T}(\lambda)), T_n \geq \tilde{T}(\lambda) \\ k_t(\tilde{T}(\lambda) \cdot T_n), T_n < \tilde{T}(\lambda) \end{cases} \quad (0)$$

де  $k_n$ ,  $k_t$  – відповідно коефіцієнт приведення відхилення строку доставки до додаткових витрат та тарифний коефіцієнт, який враховує штрафні санкції за порушення терміну доставки.

Цільовою функцією для пошуку оптимального маршруту прямування поїзду по дільницях буде максимум різниці між ефектом і додатковими витратами по цих дільницях

$$\lambda^* = \arg \max_{\lambda} \sum_{d_{ij} \in \lambda} (\tilde{m}_{ij}(\lambda) - B_{ij}^d(\lambda)) \quad (0)$$

Розширимо наведену вище модель функціонування ВТЛЛ з нечіткими параметрами. Кожній дільниці  $d_{ij}$  залізничної мережі, по якій здійснюється доставка вантажу, поставимо у відповідність дві множини: множину економічного ефекту  $\mathbf{M}$  від проходження поїзду і множину витрат  $\mathbf{B}$ .

Для рішення задачі оптимізації маршруту прямування поїздів перейдемо від графу  $\mathbf{G}$  до графу  $\mathbf{G}_0$  таким чином, що кожній вершині поставимо у відповідність дві  $v_j^+, v_j^- \in G_0$ ,  $v_j \Leftrightarrow (v_j^+, v_j^-)$ , причому кожному ребру  $d_{ij}$ , інцидентному вершині  $v_j$  у графі  $\mathbf{G}$ , відповідають ребра  $d_{ij}^+, d_{ij}^-$  у графі  $\mathbf{G}_0$ . Ребру між вершинами  $v_j^+, v_j^-$  поставимо у відповідність показники економічного ефекту і сумарних витрат у вершині – це необхідно для забезпечення можливості їх еквівалентного використання як на ребрах графу, так і вершинах.

Для врахування витрат, що пов'язані з початково-кінцевими операціями і подачею-прибиранням вагонів на місцях незагального користування, а також з додатковими логістичними витратами у вантажовласників, до графу  $\mathbf{G}_0$  слід також ввести фіктивні вершини  $v_j^{BB}$  - витік для вантажовідправника і стік  $v_j^{BO}$  – для вантажоодержувача з використанням еквівалентного перетворення. Для поставленої задачі оптимізації ланцюгу доставки вантажу за рахунок вибору раціонального маршруту прямування розглянемо процес прийняття рішення, який полягає у виборі таких технологічних параметрів системи доставки, які дозволяють отримати прийнятний рівень якості для вантажовласника  $\Phi(\lambda)$ .

При цьому значення показників множин  $\mathbf{M}$  і  $\mathbf{B}$  будуть залежать від маршруту прямування у силу різної технології проходження поїздом кожній дільниці або станції, тому

$$\forall i \in [1, q]: f(M_i) \in \mathbf{M}, f(B_i) \in \mathbf{B}, \quad (0)$$

де  $q$  – кількість показників множин  $\mathbf{M}$  і  $\mathbf{B}$ . У подальшому цю залежність позначимо як  $\mathbf{M}(\lambda)$  і  $\mathbf{B}(\lambda)$ ;  $f(M_i)$ ,  $f(B_i)$  – функції, які характеризують залежність економічного ефекту  $M_i$  та витрат  $B_i$  від  $i$ -го показника.

Припустимо, що витрати та економічний ефект є опуклими функціями. У цьому випадку модель пошуку оптимального логістичного ланцюга переміщення вантажів буде мати наступний вигляд

$$\lambda^* = \arg \max_{\lambda} [\mathbf{M}(\lambda) - \mathbf{B}(\lambda)], \mathbf{M}(\lambda) - \mathbf{B}(\lambda) \geq 0. \quad (0)$$

Для визначення оптимальних логістичних ланцюгів  $\lambda_k^* \in \Lambda^*$  на мережі  $\mathbf{G}$  необхідно задачу (0) вирішено як «задачу про багатопродуктовий потік».

Отримання рівнів функції якості  $\Phi(\lambda)$  здійснюється на основі поточних значень складових частин. Причому, у тих випадках, коли відсутня можливість встановити ці значення у явному вигляді - як значення функції приналежності. У розглянутому варіанті функція якості функціонування ВТЛЛ  $\Phi(\lambda)$  є вектором з компонентами у вигляді показників всього ланцюга, тому його можливо вважати за оцінку якості функціонування ВТЛЛ у цілому. Тому пошук рішення задачі (0) можливо здійснити у вигляді

$$f(\lambda^*) = \arg \max_{\lambda \in \Lambda^q} [\Phi(\lambda)]; \quad (0)$$

$$\forall i \in [1, q]: f(M_i) \in \mathbf{M}, f(B_i) \in \mathbf{B}.$$

Визначення технологічних параметрів оптимального логістичного ланцюга доставки вантажу можливо формалізувати як задачу прийняття рішення. Якщо вважати у загальному випадку функцію якості  $\Phi(\lambda)$  нечіткою (хоча б для декількох показників), то відношення побудується за композиційним правилом висновків Заде

$$f(\lambda^*) = \mu_{\Phi(\lambda)}(\Phi^*(\lambda)) = \bigcup_{\Phi(\lambda) \in \Phi^*(\lambda)} [\mu_{\Phi_i(\lambda)}(\Phi^*(\lambda)) \cap \mu_{\Phi_r(\lambda)}(\Phi^*(\lambda))], \quad (0)$$

де  $\Phi^*(\lambda)$  – функція якості функціонування логістичного ланцюга, яка є вектором з нечіткими компонентами показників  $\Phi_i^*(\lambda)$ ,  $\forall i \in [1, q]$ ;  $\mu_{\Phi_i}(\Phi^*(\lambda))$  - відповідні функції приналежності нечітких показників компонентам вектору функції якості  $\Phi^*(\lambda)$ .

У роботі подовжено поширення моделі на всю мережу залізниць України з метою формування гнучкої системи логістичних ланцюгів доставки вантажу. Кожній дільниці  $d_{ij}$  мережі поставлено у відповідність провізну спроможність  $q_{ij}$  і оцінку часу прямування  $t_{ij}^o$  по дільниці.

Кожний маршрут прямування вантажопотоку  $\lambda \in \Lambda$  має у своєму складі вершини трьох типів: станція формування (тип «витік»), станція розформування (тип «стік») і транзитні станції (тип «транзитна вершина»). Кожний тип вершини має свої технологічні особливості і характеризується своїм вектором витрат на скорочення часу прямування. Визначення сумарного часу обробки

$\sum_{k \in V_j} t_k^z$  на станціях здійснено за критерієм мінімуму витрат від затримок  $\sum_{z \in Z} B_{ij}^z$  та

додаткових витрат на їх усунення  $\sum_{z \in Z} M_{ij}^z$ , де  $Z$  – множина підсистем станцій, у яких можуть виникнути затримки.

Таким чином, пошук оптимального маршруту  $\lambda \in \Lambda$  на мережі  $\mathbf{G}$  формалізовано наступним чином

$$\lambda^* = \sup_{\lambda \in \Lambda} \min_{\mu_{\tilde{T}_{ij}}} \left\{ \sum_{l \in N} Q_l \sum_{i,j \in \lambda} T_{ij} + \sum_{i,j \in D} t_{ij}^d + \sum_{\substack{k \in V_j \\ z \in Z}} t_k^z \right\}$$

$$\left\{ \sum_{\substack{k \in V_j \\ z \in Z}} t_k^z = f \left\{ \sum_{z \in Z} B_{ij}^z, \sum_{z \in Z} M_{ij}^z \right\} \rightarrow \min \right.$$

$$\left. \begin{aligned} & v_i \in V, i \in [1; n] \\ & d_{ij} \in D, i, j \in [1; n] \\ & \sum_{i,k \in \lambda} q_{ik} = \sum_{k,j \in \lambda} q_{kj} \\ & Q_j \leq \sum_{i,j \in \lambda} q_{ij} \end{aligned} \right\}, \quad (0)$$

де  $\mu_{\tilde{T}_{ij}}(\bullet)$  - функція приналежності нечіткого фактичного терміну доставки за маршрутом  $\lambda$  договірному терміну  $\sum_{i,j \in \lambda} T_{ij}$ .

Адекватність моделей запропоновано оцінити шляхом дослідження властивостей залишкового компонента  $\delta_i$  (розбіжності між фактичними і розрахунковими даними) за критерієм Дарбина-Уотсона. Перевірку точності моделі здійснено з використанням значення середньої відносної помилки апроксимації. Апробація запропонованої моделі на реальних даних дирекції залізничних перевезень показала можливість збільшити прибуток від перевезень у порівнянні з традиційною технологією на 7,1% за рахунок дотримання логістичного обмеження «точно у строк».

**У п'ятому розділі** виконано розробку комплексу моделей, що реалізують взаємодію різних видів транспорту у логістичних ланцюгах за участю залізниць. Пунктами взаємодії залізниць з іншими видами транспорту є транспортні вузли різних типів.

Основна маса вантажних перевезень здійснюється за участю двох і більш видів транспорту. Так 80% вантажів, що прибувають у морські порти, передається на залізницю, а в річкових портах ця частка досягає 50%. Через недоліки організації транспортної ланки «вантажовідправник - експедитор - порт – трейдер» усі витрати через таку неузгодженість припадають на залізницю. Наслідком цього є значне накопичення перетворених у склади на колесах „кинутих” поїздів у напрямку портів.

У системі з фіксованим інтервалом часу між надходженнями суден, перевантаження здійснюється у визначені моменти часу з періодом  $(t_{n+1}-t_n)$ . З використанням логістичних принципів, узгодженість ритмів роботи залізничного та морського транспорту можливо представити у вигляді наступних моделей:

- вивантаження вантажу з вагонів у місця тимчасового зберігання вантажу (склади, причали та ін.);
- вивантаження відбувається по прямому варіанту «вагон – судно».

Формування цільової функції графоаналітичної моделі ВТЛЛ при прямому варіанті вивантаження „вагон-судно” в графічному вигляді представлено на рис. Рис.44.

Рис.4. Графічна модель ВТЛЛ «підприємство – залізничний транспорт – морський порт – судно»

Припустимо, що виробництво, транспортування і вивантаження на судно відбувається синхронно, що відповідає функціонуванню логістичної системи «Канбан» і характеризується мінімальною потребою у запасі готової продукції (вантажу). В остаточному вигляді модель функціонування ВТЛЛ має наступний вигляд

$$C(q) = \sum_{i=1}^{12} C_i = \frac{C_x q}{2Q_{\Pi}} + \frac{C_B q^2}{q_{CT} Q_{\Pi}} + \frac{f_H}{q} + C_{\Pi} / q + \frac{C_m q t_{\Pi}}{q_{CT} l_{\Phi}} + \frac{f_K}{q} + \frac{C_B q^2}{q_{CT} Q_{\Phi}} + \frac{C_x q}{2Q_{\Phi}} + \frac{C_c Q_c}{Q_{\Phi}} + \frac{C_e Q_c Q_{\Phi}}{q_{CT} q} \left[ \frac{1}{Q_{\Pi}} - \frac{1}{Q_{\Phi}} \right] + \frac{C_{рез} Q_c Q_{\Phi}}{q} \left[ \frac{1}{Q_{\Pi}} - \frac{1}{Q_{\Phi}} \right] + \frac{C_{вс} Q_c}{2Q_{\Phi}} \Rightarrow \min \quad (0)$$

$q_{\min} \leq q \leq q_{\max}$  - партія вантажу не повинна перевищувати максимальну вагову норму щодо вантажних поїздів на даному напрямку та мінімальна вагова норма

$\frac{q}{Q_{\Pi}} + t_{\text{перевезення}} + \frac{Q_c}{Q_{\Phi}} = T_{\text{доставки}}$  - виконання логістичного об'єму вантажу "точно у термін", включно часом перебування вантажу у порту

$\frac{Q_{\Phi} Q_c}{q_{CT}} \left[ \frac{1}{Q_{\Pi}} - \frac{1}{Q_{\Phi}} \right] < Q_{\text{наскр. в ваг}}$  - кількість вагонів у резерві не повинна перевищувати ємність припортованих вагонів

$\frac{Q_c}{Q_{\Phi}} \leq T_{\text{судна}}$  - термін простоювання судна не повинен перевищувати термін простоювання у порту

де  $q$  - маса вантажу у маршруті;  $q_{CT}$  - місткість вагонів, або місткість вантажних ємностей,  $Q_C$  - ємність судна,  $(T_{n+1}-T_n)$  - час на підготування вагонів до перевантаження у судно,  $Q_{II}$  - продуктивність підприємства;  $l_{\phi}$  - довжина фронту вивантаження;  $t_{II}$  - час на подавання - прибирання однієї подачі;  $f_K$  - витрати на інформаційні та кінцеві операції на усю партію вантажу;  $Q_{\phi}$  - продуктивність вантажного фронту у порту.

Ці підходи використано при побудові системи підтримки прийняття рішення щодо вибору параметрів системи доставки вантажів у складі АРМ оперативних працівників. У роботі здійснено формування оптимальної логістичної технології сумісної роботи порту та залізниці на прикладі Одеського транспортного вузла. Для вантажо- перевантажувального комплексу здійснено розрахунок оптимальної маси партії вантажу у маршруті  $q_{opt}$ . (рис. Рис. 55) у вигляді номограми для різних значень водотоннажності судна з урахуванням дедвейту.

Рис. 5. Розрахунок оптимальної маси партії вантажу у маршруті  $q_{opt}$  в залежності від водотоннажності судна з урахуванням дедвейту

Аналогічним чином виконано формалізацію сумісної роботи підприємств гірничо-металургійного комплексу та залізничних вузлів на основі логістичних методів. Модель ВТЛЛ при взаємодії з підприємствами гірничо-металургійного комплексу має вигляд

$$\begin{aligned}
 C(q) = \sum_{i=1}^n C_i &= \frac{C_x q}{2Q_{II}} + \frac{C_B q^2}{q_{CT} Q_{II}} + \frac{f_H}{q} + \frac{C_B q^2}{q_{CT} Q_i} + \frac{f_H}{q} + \frac{f_K}{q} + \frac{C_{лз} q t_{ман}}{q_{CT} L_{фр}} + \\
 &+ \frac{C_x q}{2Q_i} + C_x T_n = \frac{q t_{ман} C_{лз}}{q_{CT} l_{фр}} + \frac{1}{2} C_x q (Q_n + Q_i) + \frac{C_B q^2}{q_{CT}} \left[ \frac{1}{Q_{II}} + \frac{1}{Q_i} \right] + \\
 &+ \frac{C_B T_n}{q} + \frac{1}{q} (f_H + f_n + f_K) \Rightarrow \min
 \end{aligned} \tag{0}$$

$$\begin{aligned}
 & q_{min} \leq q \leq q_{max} - \text{партія вантажу не повинна перевищувати максимальну - допустиму} \\
 & \text{вагову норму щодо вантажних поїздів на даному напрямку } q_{max} \\
 & q_{min} - \text{відповідна мінімальна вагова норма, } q_{min} = q_{CT} \\
 & \frac{q}{Q_{II}} + T_{пер} \leq T_{дост}
 \end{aligned}$$

Далі показано основні напрямки удосконалення технології функціонування транспортних вузлів, які пов'язані з перетинанням державних кордонів зі зміною ширини колії.

Відповідно до комплексу розроблених задач інформаційно-керуючої логістичної системи необхідно створити передумови для формування ВТЛЛ, до яких у тому числі повинні входити механізовані дистанції, вантажні станції, транспортно-експедиційні структури і цілий ряд інших підрозділів. Функціонування такої системи неможливо без якісної організації і планування місцевої роботи та подальшого її удосконалення.

Оперативне управління місцевою роботою зводиться до прийняття рішень про переміщення об'єктів керування з урахуванням їх стану та місця їх знаходження. Рішення задачі здійснено у вигляді змішаної задачі нелінійного (квадратичного) програмування

$$F_1 = F(X_t) = F \left[ \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K x_t^{jk} - \bar{x}_t^j \right]^2 \rightarrow \min, \quad (0)$$

де  $X_t$  - завдання по регіону в цілому, що регулюється;

$\bar{x}_t^j$  - планове завдання по кожній  $j$ -й станції в цілому на  $t$ -й інтервал планового періоду, що регулюється;

$x_t^{jk}$  - норми вантажної роботи з  $k$ -му типу рухомого складу на  $j$ -й станції у  $t$ -й інтервал планового періоду;

$j = 1, 2, \dots, J$  - кількість станцій;

$K$  - кількість типів рухомого складу,

при обмеженнях

$$\left| \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K x_t^{jk} \right| \leq \varepsilon, \text{ де } \varepsilon \approx |X_t|, \quad (0)$$

яке характеризує обмежену кількість ресурсів (рухомого складу)  $X_t$  (див. (0)) на станціях та полігоні у цілому, та

$$\left| \sum_{l=1}^{T_{nl}} t_l - T_{nlj} \right| \leq \delta, \quad (0)$$

яке відбиває логістичне обмеження «точно у строк» із заздалегідь заданою точністю  $\delta$  для планового періоду  $T_{nlj}$  по кожній станції полігону.

Загальна оцінка ефективності плану навантаження для станції складе

$$\Omega_j = \min \left[ \mu_{h_{1j}}(x_t^{jk*}), \mu_{h_{1j}}(x_t^{jk}), \dots, \min \left[ \mu_{h_{Nj}}(x_t^{jk*}), \mu_{h_{Nj}}(x_t^{jk}) \right] \right] = \bar{X}_j \cap \bar{H}_j, \quad (0)$$

де  $h_{ij}$  - рівень виконання показника  $j$ -м підрозділом в умовах дії  $i$ -го фактору;

$\mu_{h_{ij}}(x_t^{jk})$  - функція приналежності рівня виконання показника в умовах дії  $i$ -го нечіткого фактору.

Виходячи з цього, ефективне планування навантаженням на полігоні можливо представити нечіткою цільовою функцією

$$\Omega = \bigcup_{j \in \{1; N\}} \zeta_j (\bar{X}_j \cap \bar{H}_j) \rightarrow \max, \quad (0)$$

де  $\zeta_j$  - представляє собою одиночну функцію Хевісайда,  $\zeta_j \in \{0, 1\}$ , яка показує можливість ( $\zeta_j = 1$ ) або неможливість ( $\zeta_j = 0$ ) участі станції у виконанні того чи іншого показника плану навантаження на полігоні.



У роботі сформовано метод оцінки та відбору нечіткої інформації при формуванні СППР та відповідних функцій приналежності на базі методу експертних оцінок. Включення експерту до складу експертної групи обсягом  $n$  можливо здійснити за критерієм максимальної погодженості на основі обчислення коефіцієнтів взаємної парної рангової кореляції  $\eta_{ij} \in [-1; 1]$  думок  $a_i$   $i$ -го та  $a_j$   $j$ -го експертів. На підставі значень побудованої матриці коефіцієнтів взаємної парної рангової кореляції  $H = \|\eta_{ij}\|$  можливо сформувати групу експертів, яка задовольняє вимозі погодженості думок. Поставимо групі експертів у відповідність вектор

$$Z = \{\zeta_i\}, i \in [1, n], \quad (0)$$

де  $\zeta_i$  – представляє собою одиночну функцію Хевісайда,  $\zeta_j \in [0, 1]$ , яка показує можливість ( $\zeta_j = 1$ ) або неможливість ( $\zeta_j = 0$ ) участі експерта в групі.

Таким чином, формалізацію процесу вибору експертів для формування нечіткої бази знань в СППР буде зведено до знаходження вектору  $Z$ , який максимізує бінарне відношення думок експертів

$$E = \underset{Z}{\text{Arg max}} \sum_{i \in n} \sum_{j \in n} \zeta_i \zeta_j \eta_{ij};$$

$$\begin{cases} \forall \zeta_i \in Z; \forall \zeta_j \in Z; \\ \eta_{ij} \in [-1; 1]; i \neq j; \\ \sum_{i \in n} \sum_{j \in n} \zeta_i \zeta_j \geq 2. \end{cases} \quad (0)$$

За допомогою відстані Кемені  $M(a_1, a_2) = \sum_{i \in n} \sum_{j \in n} |a_{1ij} - a_{2ij}|$  можливо знайти підсумкову думку групи експертів.

Щодо залучення експертів в якості джерел інформації для формування функцій приналежності правильність відбору можна представити нечіткою множиною, яка представляє множину результатів рішень

$$\Xi = f[A_i, R_i(T_i), T_i], \quad (0)$$

де  $A_i$  – множина правил, факторів, процедур, стратегій прийняття рішень  $i$ -ої задачі;  $R_i(T_i)$  – множина врахованих факторів у вигляді лінгвістичних змінних;  $T_i$  – тривалість рішення  $i$ -ої задачі.

Знаходження  $\Xi$  через  $A_i$  та  $R_i(T_i)$  можливо на основі ідентифікації лінгвістичних змінних групою експертів у вигляді набору правил перетворень диз'юнктивної та імплікативної форми з використанням методів кластерного аналізу. На основі експертної бази даних визначаються кластери кількісних значень атрибутів і центри кластерів. На основі виділення в кожному кластері мінімального та максимального значень атрибутів, а також центрів різних кластерів, необхідно побудувати інтервали значень, які є областями значень лінгвістичних змінних. Далі ідентифікуються функції приналежності значень інтервалів до

лінгвістичних змінних, тобто здійснюється перехід від бази даних з кількісними значеннями атрибутів до бази знань з нечіткими лінгвістичними змінними.

Розроблені наукові методи враховують специфіку логістичних інформаційних потоків та дозволяють ефективно здійснювати управлінський вплив  $U_t$  на ВТЛЛ.

У цьому розділі вирішено задачі удосконалення процедури перерозподілу синергетичного ефекту у ВТЛЛ та формування критерію ефективності варіантів транспортно-логістичного обслуговування.

Зменшити критичність обмежень (0) на фазовий простір функціонування системи логістичних центрів можливо шляхом раціонального управління обмеженим ресурсом з використанням лізингових схем для отримання синергетичного ефекту від функціонування ВТЛЛ.

Розглянемо процес функціонування ВТЛЛ та основні ресурси, необхідні для здійснення транспортного процесу, у вигляді формалізованої моделі. Під оптимізацією управління обмеженим ресурсом будемо розуміти підтримання його працездатності на заданому рівні з припущенням, що це здійснюється за рахунок інвестицій в його ремонт та відновлення. Динаміку змін рівня ефективності використання обмеженого ресурсу та його відновлення за рахунок внутрішніх і зовнішніх фінансових джерел на інтервалі часу  $[0, \tau]$  можливо описати диференціальним рівнянням

$$\frac{dR(t)}{dt} = -\omega R(t) + \alpha P(t) + I(t)(1+k), \quad (0)$$

де  $R(t)$  – оцінка обсягу обмеженого ресурсу  $R \in \mathbf{R}$  у грошовому вимірі;  $\omega$  – відрахування на ресурс, які показують його вибування та зменшення можливості виконання транспортного обслуговування ресурсом на протязі часу;  $P(t)$  – синергетичний ефект від використання ресурсу за певний період часу;  $\alpha$  – коефіцієнт, який характеризує частку прибутку від транспортного обслуговування, що направляється на відновлення ресурсу;  $I(t)$  – необхідний обсяг фінансових інвестицій на відновлення ресурсу з зовнішніх джерел;  $k$  – дисконтний коефіцієнт, який характеризує зміну інвестицій за період часу.

Отримано рішення рівняння (0) відносно  $\alpha$

$$\alpha = \frac{1+\omega}{\omega-1}. \quad (0)$$

Отримане рішення відбиває динаміку змінення здатності ресурсу виконувати свої функції у межах ВТЛЛ, що характеризується зміною вартості, яка обмежена на протязі певного часу.

Управління обмеженим ресурсом запропоновано здійснювати за допомогою лізингових схем. У якості критерію вибору тієї чи іншої лізингової схеми лізингоотримувач може скористатися рівнем «упущеної» вигоди, яка розраховується за формулою

$$By = \sum_{i=1}^n (B_{i-1} + Pl_i)(1+P) \rightarrow \min, \quad (0)$$

де  $V_y$  - сума «упущеної» вигоди лізингоотримувача;  $V_i$  - величина «упущеної» вигоди  $i$ -го лізингового платежу;  $P$  - ставка прибутковості лізингоотримувача;  $Pl_i$  – величина  $i$ -го лізингового платежу;  $n$  - тривалість періодів згідно лізингового договору.

Ефективна процедура перерозподілу ресурсів вимагає визначення не тільки критеріїв, за якими здійснюється оцінка раціональності розподілу, але й потребує розробку моделі стимулювання елементів ВТЛЛ при досягненні забезпеченості рухомим складом на полігоні певного рівня. Даний підхід можливо поширити на перерозподіл синергетичного ефекту між елементами ВТЛЛ.

Припустимо, що в районі тяжіння  $i$ -го елемента ВТЛЛ знаходиться певна кількість ресурсу, яку позначимо як  $r_i$ ,  $r_i \geq 0$ . Нехай питомий валовий прибуток від перевезення складе  $\Pi_i$ ;  $E_0$  - постійні питомі витрати (включаючи амортизацію устаткування, накладні та інші витрати),  $E_0(r_i)$  - змінні витрати,  $H_n$  - ставка податку з прибутку. Тоді чистий прибуток залізниці від діяльності  $i$ -го підрозділу дорівнює

$$K(r_i) = \{\Pi_i r_i - E_0 - E_0(r_i)\}(1 - H_n). \quad (0)$$

Якщо  $\rho(r_i)$  - величина стимулювання виконавчого підрозділу, а  $F(r_i)$  - величина синергетичного ефекту, який отримала залізниця, то має місце балансова умова

$$\{\Pi_i r_i - E_0 - E_0(r_i)\}(1 - H_n) = \rho(r_i)(1 + H_n) + F(r_i). \quad (0)$$

Метою функціонування логістичного центру  $i$  залізниці у цілому є максимізація величини ефекту  $F(r_i)$ . Управляючим впливом логістичного центру на елементи ВТЛЛ є величина стимулювання  $\rho(r_i)$  в залежності від отриманого синергетичного ефекту у цілому на полігоні.

Для реалізації процедури перерозподілу синергетичного ефекту запропоновано модель із використанням механізму стимулювання елементів ВТЛЛ

$$F(r_i) = \left| \Pi_i r_i - E_0 - E_0(r_i) \right| (1 - H_n) \cdot \rho(r_i) (1 + H_n) \rightarrow \max,$$

$$\rho(r_i) = \begin{cases} E_0(r_i)(1 + n), & r_i \in [r_i^{\min}, r_i^{\max}] \\ 0, & r_i \notin [r_i^{\min}, r_i^{\max}] \end{cases}, \quad (0)$$

$$r_i \geq 0.$$

де  $n$  – коефіцієнт стимулювання,  $n \geq 0$ , який показує на скільки буде скомпенсовані витрати виконавчого підрозділу;  $[r_i^{\min}, r_i^{\max}]$  - можливий інтервал зміни кількості ресурсу, що встановлений логістичним центром.

Оскільки розглянута модель є детермінованою, то можливо використати компенсаторну систему стимулювання, яку введено до моделі у вигляді першого обмеження.

Формування комплексу транспортно-логістичних послуг, як складової організації транспортного процесу залізниць, дозволяє врахувати інтереси усіх учасників ВТЛЛ.

В умовах ринку транспортних послуг вибір перевізника та комплексу транспортних послуг обумовлено прагненням клієнта (вантажовласника) до оптимізації вартості перевезеного вантажу. З метою вирішення цієї задачі пропонується визначити максимум прибутку вантажовласника  $\Pi_j^k$  при  $j$ -ом варіанті транспортного обслуговування. Таким чином

$$\Pi_j^k = [C_1 - C_0 - Cmm_j(1+k_p)]e^{-t_j(1+\beta)} \rightarrow \max, \quad (0)$$

де  $C_1$  і  $C_0$  - відповідно ціна 1 т вантажу в пункті призначення та в пункті відправлення, грн./т.;  $Cmm_j$  - собівартість  $j$ -го варіанту ТЛЮ, грн./т.;  $k_p$  - коефіцієнт рентабельності варіанту транспортного обслуговування;  $t$  - строк доставки вантажу;  $\beta$  - ризик порушення строку доставки вантажу.

Сумарний ефект для перевізника від варіантів наданого ТЛЮ полягає в максимальному сумарному прибутку  $\sum PP_{TO}$  від їх надання (з обмеженнями, що аналогічні (0)), тобто

$$\begin{aligned} \sum PP_{TO} &= \sum_{i=1}^N Cmo_i(1+k_p)X(t)_i \rightarrow \max \\ \begin{cases} M_{lt} \leq f(M_{lt}(Q_i)) \\ M_{lt} \geq M_l^{\min} \\ M_{lt} \leq M_l^{\max} \\ Q_i \leq Q_i^{\max} \end{cases} &, \end{aligned} \quad (0)$$

де  $X(t)_i$  - величина попиту на  $i$ -й варіант транспортного обслуговування;  $N$  - кількість видів послуг, запропонованих залізницею;  $Cmm_j$  - собівартість  $j$ -го варіанту обслуговування грн./т.;  $k_p$  - коефіцієнт рентабельності варіанту транспортно-логістичного обслуговування.

Запропоновано сформулювати СППР щодо вибору вантажовласником того чи іншого варіанту транспортно-логістичного обслуговування на базі критерію оцінки ефективності варіантів обслуговування. Введемо умовні позначення:  $i = [1, Z]$  - порядковий номер технологічного варіанту обслуговування;  $Z$  - загальна кількість варіантів;  $j = [1, M]$  - порядковий номер показників перевезення, що є важливими для вантажовласника;  $M$  - загальна кількість використаних параметрів в  $i$ -ому технологічному варіанті;  $\Theta_i = \{\theta_{i1}, \theta_{i2}, \dots, \theta_{ij}, \dots, \theta_{iM}\}$  - вектор параметрів для  $i$ -го технологічного варіанту;  $\bar{\Theta}_Z = \{\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_i, \dots, \Theta_Z\}$  - матриця параметрів для транспортної системи, яка складається з  $Z$  технологічних варіантів обслуговування. Також введемо вектор

достатнього для вантажовласника рівня цих оцінок  $D_M = \{d_1, d_2, \dots, d_j, \dots, d_M\}$ ,  $d_j \in [0, 1]$ , обумовлений заданими вимогами до логістичної системи з урахуванням ситуації, що склалася на ринку транспортних послуг.

Оцінку кожного з параметрів  $\theta_{ij} \in [0, 1]$  дає експерт у вигляді висловлювання. Значення кожної оцінки  $\theta_{ij}$  для кожного  $i$ -го варіанту позначимо нечіткою підмножиною  $E(\Theta_i)$  на інтервалі  $[0, 1]$ . Встановлення адекватності думок експертів  $E(\Theta_i)$  з оцінки технологічних можливостей логістичної системи і відповідних параметрів  $D_M$ , які висунуті вантажовласником, здійснено з використанням коефіцієнта адекватності  $Y$  множини  $E(\Theta_i)$  щодо вектору  $D_M$  і зводиться до виконання наступної умови

$$\begin{aligned} \mu[E(\Theta_i)] \geq \mu[D_M] &\Rightarrow Y[E(\Theta_i)] = 1 \\ Y_{ij}[E(\Theta_i), D_M] &= \begin{cases} \mu[E(\Theta_i)] < \mu[D_M] & \Rightarrow \\ \mu[E(\Theta_i)] & \end{cases}, \quad (9) \\ Y[E(\Theta_i)] &= 1 \cdot \mu[D_M] + \mu[E(\Theta_i)] \end{aligned}$$

де  $\mu[E(\Theta_i)]$  - характеристична функція приналежності нечіткої оцінки  $j$ -го показника  $i$ -го варіанту транспортного обслуговування нечіткій множині  $E(\Theta_i)$ ;  $\mu[D_M]$  - характеристична функція приналежності нечіткої оцінки  $j$ -го показника вимогам вантажовласника у вигляді нечіткої множини  $D_M$ .

Узагальнене значення  $\bar{Y}_i[E(\Theta_i), D_M]$  для кожного  $i$ -го технологічного варіанту та вибір на його основі оптимального варіанту транспортно-логістичного обслуговування вантажовласника обчислюються за критерієм

$$\bar{Y}_i[E(\Theta_i), D_M] = \frac{\sum_{j=1}^M Y_{ij}[E(\Theta_i), D_M]}{M}. \quad (10)$$

Даний критерій оцінки ефективності варіантів транспортно-логістичного обслуговування, який базується на використанні коефіцієнта адекватності, може бути інтегровано до СППР вантажовласника.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз тенденцій розвитку технології транспортного процесу показав необхідність реформування залізничного транспорту в Україні з метою підвищення його конкурентоспроможності та прибутковості в умовах зростання обсягів перевезень. Встановлено, що існуюча технологія доставки не є достатньо адаптивною та не зорієнтована на споживача транспортних послуг. В цих умовах найбільш ефективна форма організації транспортного процесу для залізниць України повинна базуватись на використанні логістичних принципів, застосування яких спрямовано на отримання інтеграційного ефекту діяльності залізничної галузі з іншими учасниками транспортного ринку, як цілісної системи.
2. Створено методологічний підхід організації транспортного процесу залізниць України, який базується на логістичних принципах і враховує

додаткові фактори, що пов'язані з інфраструктурою залізниць України: забезпечує взаємодію з іншими видами транспорту та комплексно враховує інтереси учасників транспортного процесу. Використання запропонованих підходів дає можливість врахувати емерджентність системи з метою отримання синергетичного ефекту. Досягнення цього ефекту передбачає формування логістичної системи з відповідними логістичними центрами управління Укрзалізниці на базі інформаційних технологій.

3. Розроблено концепцію формування та ефективного управління адаптивною багаторівневою організаційною структурою логістичних центрів залізниць України на базі єдиних технологічних принципів та комплексу функціональних задач. Розвиток транспортної системи залізниць відповідно до запропонованої концепції, на відмінність від існуючих підходів, дозволяє підвищити ефективність технології транспортного процесу за рахунок оптимізації використання обмежених ресурсів системи (рухомого складу, колій, вантажних механізмів, персоналу, тощо). Впровадження елементів запропонованих технологій на полігоні Південно-Західної залізниці дало можливість прискорити обіг вантажного вагону на 1.2% та скоротити порожній пробіг на 1.9%.
4. Удосконалено наукові підходи організації системи доставки вантажів на базі комплексу моделей технологічних процесів перерозподілу та вибору маршруту прямування обмеженого ресурсу у виробничо-транспортних логістичних ланцюгах з використанням багатокритеріального ресурсозберігаючого підходу. Рішення задачі здійснено через перехід від множини критеріїв до традиційної задачі оптимізації при пошуку кращого рішення по Парето за допомогою згортки і з використанням лексикографічного принципу квазіоптимальності. Застосування комплексу моделей у складі СППР дозволить підвищити ефективність використання вагонів на полігоні дирекції та отримати синергетичний ефект на рівні 0,58%, збільшити прибуток від перевезень на 7,1% за рахунок дотримання логістичного обмеження «точно у строк».
5. Запропоновано комплекс моделей стохастичного програмування, що реалізує на основі логістичних принципів транспортний процес сумісної роботі залізничних та інших видів транспорту у транспортних вузлах. Особливу увагу приділено залізнично-водним вузлам, технологія роботи яких є найбільш критичним випадком при взаємодії залізниці з іншими учасниками перевезень. На відмінність від традиційних запропонований підхід передбачає визначення оптимальної маси вантажу у маршруті та мінімізацію кількості вантажу «на колесах» з розробкою рекомендацій щодо формування єдиної технології функціонування інфраструктури залізнично-водного вузла у відповідності із змінами вантажопотоків. Використання запропонованої технології у Одеському залізнично-водному вузлі показало можливість скорочення простою під однією вантажною операцією на 2.7%, скорочення обсягу маневрової роботи на 1.7%, прискорення обігу вантажного вагону на 1.5% та зменшення порожнього пробігу вагонів на 1.4%.

6. Удосконалено методи планування вантажної роботи на залізничному полігоні у межах виробничо-транспортних логістичних ланцюгів на основі оптимізації надходження матеріального ресурсу до вантажовласника. На відмінність від традиційних методів, запропоновані враховують час затримок на шляху прямування та невизначеність вихідних даних з можливістю наступної інтеграції до СППР. Використання на полігоні Південної залізниці запропонованих підходів дало можливість скоротити простій вантажного вагону під однією вантажною операцією на 2.9%, простій на одній технічній станції на 2.1% та прискорити обіг вантажного вагону на 1.6%.
7. Розроблено наукові методи організації раціональної технології управління інформаційними логістичними потоками системи логістичних центрів Укрзалізниці з використанням методів оцінки та оптимізації відбору нечіткої інформації при формуванні СППР на базі стандарту EDIFACT. Підхід забезпечує підвищення якості, конкурентоспроможності, ресурсозбереження та рівня сервісу за рахунок оптимального управління внутрішніми обмеженими ресурсами виробничо-транспортних логістичних ланцюгів. Апробація запропонованої технології в умовах місцевого логістичного центру у порівнянні з традиційною дозволяє збільшити вантажообіг на 137 т/тиждень, а рівень доходу – на 26%.
8. Удосконалено процедуру перерозподілу синергетичного ефекту між елементами виробничо-транспортних логістичних ланцюгів за рахунок формалізації компенсаторної системи стимулювання та безперервного контролю за елементами ланцюга. На відмінність від інших даний підхід враховує специфіку транспортної галузі, а процедура гарантовано реалізує принцип емерджентності і спрямована на збільшення обсягів перевезень при мінімізації витрат на управління логістичними центрами. Результати моделювання показали підвищення ефективності використання обмеженого ресурсу (маневрових локомотивів) на 1,18% при використанні лізингових схем управління у порівнянні з традиційними технологіями.
9. Сформовано критерії оцінки ефективності варіантів транспортно-логістичного обслуговування для вантажовласників. На відмінність від існуючих, запропонований критерій враховує невизначеність технологічних показників функціонування ВТЛЛ та дозволяє за допомогою коефіцієнту адекватності оцінити спроможність перевізника задовольняти вимогам вантажовласника. Отримані у роботі результати впроваджено для залізничних підрозділів на Південній, Південно-Західній та Одеській залізницях, що підтверджено відповідними актами.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ**

1. Ломотько Д.В. Використання апарату нечіткої логіки для оптимізації розподілу обмеженого ресурсу на залізничному полігоні // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2006. - № 4. - С. 10-14.
2. Ломотько Д.В. До питання підвищення якості обслуговування вантажовласників на основі створення сервісного логістичного центру //

- Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006.- № 1.- С. 12-16.
3. Ломотько Д.В. Логістичний підхід щодо визначення ефективності створення навантажо - розвантажувальних терміналів незагального користування // Зб. наук. праць ДонІІЗТ УкрДАЗТ: Випуск 7. – Донецьк, 2006.- С. 14-24.
  4. Ломотько Д.В. Метод оцінки та відбору нечіткої інформації при формуванні систем підтримки прийняття рішень у підрозділах залізниць // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. - №2. – С 3- 9.
  5. Ломотько Д.В. Методологічний аспект управління організаційною структурою сервісного логістичного центру // Зб. наук. праць ДонІІЗТ УкрДАЗТ: Випуск 5. - Донецьк, 2006. - С. 18-27.
  6. Ломотько Д.В. Методологічний підхід до оптимізації управління обмеженим ресурсом на залізничному полігоні // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2006. - №5-6. - С. 7-10.
  7. Ломотько Д.В. Оптимізація маршруту прямування поїздів з урахуванням логістичного принципу «точно у строк» // Залізничний транспорт України. – 2006. - №5. - С. 69-71.
  8. Ломотько Д.В. Підвищення ефективності технології розподілу рухомого складу на полігоні // Зб. наук. праць ДонІІЗТ УкрДАЗТ: Випуск 3. - Донецьк, 2005. - С. 5.
  9. Ломотько Д.В. Системний підхід до організації перевезень за участю залізничного і автомобільного видів транспорту // Зб. наук. праць ХДАМГ: ч. 2.- Харків: ХДАМГ, 2002. – С. 18-19.
  10. Ломотько Д.В. Технологія транспортно-експедиційного обслуговування з використанням гнучких тарифів // Залізничний транспорт України. – 2002. - №5. – С. 52 – 53.
  11. Ломотько Д.В. Формування логістичного ланцюгу доставки вантажів на базі оптимізації маршруту прямування поїздів // Зб. наук. праць ДонІІЗТ УкрДАЗТ: Випуск 6. - Донецьк, 2006.- С. 19-27.
  12. Ломотько Д.В. Формування нечіткої бази знань та системи підтримки прийняття рішення у підрозділах залізниць // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. -2006.- № 2.- С. 52-58.
  13. Ломотько Д.В. Формування системи ідентифікації варіанту транспортно-логістичного обслуговування залізницями з використанням нечіткої логіки // Зб. наук. праць ДонІІЗТ УкрДАЗТ: Випуск 11. - Донецьк, 2007.- С. 16-21.
  14. Ломотько Д.В. Оптимізація плану навантаження на залізничному полігоні з використанням нечіткої логіки на базі логістичних принципів / Д.В. Ломотько, О.П. Бочаров, О.М. Пилипейко // Транспортні системи і технології. Випуск 10: Зб. наук. праць. К.: КУЕТТ, 2006.- С. 161-167.
  15. Ломотько Д.В. Удосконалення сумісної роботи портів та залізничних вузлів на основі логістичних методів / Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько, Т.В. Головка // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2007. - № 3/6 (27). – С. 10-16.

16. Ломотько Д.В. Формування гнучкої системи логістичних ланцюгів доставки вантажу залізницями України / Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько, Д.І. Мкртичян // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2006. - № 6/2(24). – С. 13-19.
17. Методологічний підхід до формалізації процесу функціонування великих динамічних систем залізничного транспорту / Ломотько Д.В., Бутько Т.В. // Зб. наук. праць УкрДАЗТ: Випуск 85. - Харків, 2007.- С. 25-34.
18. Оптимізація технології функціонування залізничних підрозділів на базі моделі розподілу ресурсів на мережі Петрі / Ломотько Д.В., Бутько Т.В. // Залізничний транспорт України. – 2007. - №3.- С. 19-22.
19. Удосконалення технології розподілу рухомого складу при використанні механізму стимулювання підрозділів / Ломотько Д.В., Бутько Т.В. // Зб. наук. праць УкрДАЗТ: Випуск 68. - Харків, 2005.- С. 40-46.
20. Ломотько Д.В. Удосконалення роботи залізничних вузлів при впровадженні варіантних технологій / Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько, Е.О. Малахова // Зб. наук. праць: Випуск 4. – К.:КУЕТТ, 2003.
21. Ломотько Д.В. Проблеми вибору комплексу транспортних послуг при взаємодії залізниці та вантажовласника / Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько, Д.І. Мкртичян // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2004. - №4,5. - С. 10-12.
22. Ломотько Д.В. Розробка моделі прогнозування пасажиропотоку на основі апарату нейронних мереж / Д.В. Ломотько, Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ: Випуск 66. - Харків, 2005.- С. 11-16.
23. Ломотько Д.В. Удосконалення методичних підходів до побудови тарифних схем з метою підвищення конкурентоспроможності залізниць на ринку вантажних перевезень / Д.В. Ломотько, В.М. Запара, Н.М. Колесникова // Зб. наук. праць УкрДАЗТ: Випуск 62. - Харків, 2004. - С. 83-93.
24. Методологічний підхід щодо створення структури логістичного центру залізниць України / Д.В. Ломотько, В.В. Козак, Т.В. Бутько та ін. // Залізничний транспорт України. – 2007. - №1.- С. 29-33.
25. До питання оптимізації розподілу рухомого складу під навантаження на залізничному полігоні / Д.В. Ломотько, М.М. Кузнецов // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 2005. - № 4. - С. 96-101.
26. Удосконалення технології використання засобів залізничного транспорту незагального користування на основі створення баз резерву / Д.В. Ломотько, О.В. Лаврухін, В.І. Панкратов та ін. // Зб. наук. праць ДонІІЗТ УкрДАЗТ: Випуск 10. - Донецьк, 2007.- С. 5-14.
27. Оптимізація системи доставки вантажів на основі множини критеріїв ресурсозберігаючих підходів / Д.В. Ломотько, Д.І. Мкртичян // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2006. - № 3/2. – С. 6-9.
28. Підвищення ефективності технології функціонування залізничних підрозділів за рахунок оптимізації процесу лізингу рухомого складу / Д.В.

- Ломотько, В.І. Панкратов // Зб. наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ: Випуск 9. - Донецьк, 2007. - С. 8-19.
29. Розробка технології формування гнучкої системи транспортно - експедиційного обслуговування залізницями / Д.В. Ломотько, О.М. Пилипейко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ: Випуск 57. - Харків, 2004.
  30. Удосконалення методики оперативного управління залізничними під'їзними коліями, які передано підприємствам / Д.В. Ломотько, М.М. Кузнецов, В.І. Панкратов та ін. // Зб. наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ: Випуск 8. - Донецьк, 2006.- С. 13-21.
  31. Досвід використання методики вибору ефективної технології транспортно – експедиційного обслуговування / Д.В. Ломотько, Ю.Н. Пуліна // Зб. наук. праць УкрДАЗТ: Випуск 53. - Харків, 2003.
  32. Ломотько Д.В. Оптимізація графіку транспортного обслуговування залізницями з урахуванням затримок / Д.В. Ломотько, Д.В. Шумик, О.М. Пилипейко // Інформаційно-управляючі системи на залізничному транспорті.- 2005. - №1,2. - С. 80-84.
  33. Ломотько Д.В. Проблеми взаємодії видів транспорту у перевізному процесі / Д.В. Ломотько, В.І. Шевченко, І.В. Берестов // Зб. наук. праць ХНАМГ: Випуск 58. - Харків, 2004. – С. 201-206.
  34. Методологічний підхід до організації взаємодії учасників перевезення в умовах формування інформаційно-керуючої системи логістичних центрів залізниць / Є.С. Альошинський, Д.В. Ломотько // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.- 2007. - №5, 6. – С. 13-17.
- Додаткові праці:
35. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв механізованих і автоматизованих сортувальних гірок на залізницях України. Наказ 491-Ц від 12.12.2006 р. / Ломотько Д.В., Майборода О.Ф., Мойсеєнко В.І. та ін. - К.: Швидкий рух, 2007.- 156 с.
  36. Ломотько Д.В. Математична модель функціонування пункту комерційного огляду вагонів / Д.В. Ломотько, М.М. Кузнецов, К.В. Таратушка // Залізничний транспорт України. – 2006. - №5 .- С. 37-39.
  37. Удосконалення взаємодії видів транспорту у пунктах перевалки при інтермодальних перевезеннях / Д.В. Ломотько, А.Л. Обухова // Зб. наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ: Випуск 8. - Донецьк, 2006.- С. 44-53.

## АНОТАЦІЯ

Ломотько Д.В. Формування транспортного процесу залізниць України на базі логістичних принципів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи; Українська державна академія залізничного транспорту; Харків, 2008.

Дисертацію присвячено формуванню транспортного процесу залізниць України на базі логістичних принципів в умовах технічних, технологічних, інфраструктурних та фінансових обмежень для отримання синергетичного ефекту при виконанні вантажних перевезень. Інструментом досягнення цього є розробка концепції формування системи логістичних центрів залізниць України у вигляді багаторівневої організаційної структури у єдиному технологічному та інформаційному середовищі. Це здійснено на основі комплексу моделей, що реалізує транспортний процес сумісної роботи залізниць з іншими видами транспорту в межах транспортних вузлів, та моделей технологічних процесів в умовах розподілу обмеженого ресурсу при формуванні виробничо-транспортних логістичних ланцюгів з оптимізацією маршруту прямування поїздів.

В роботі удосконалено методи планування вантажної роботи на залізничному полігоні у межах виробничо-транспортних логістичних ланцюгів з урахуванням невизначеності вихідних даних та розроблено наукові методи організації раціональної технології управління інформаційними логістичними потоками в умовах формування системи підтримки прийняття рішень з оптимізацією процесу відбору інформації. Використання запропонованих підходів передбачає врахування невизначеності при організації вагонопотоків та дозволяє скоротити простій вантажного вагону під однією вантажною операцією на 2.9%, прискорити обіг вантажного вагону на 1.6%.

Удосконалено процедуру перерозподілу синергетичного ефекту між елементами виробничо-транспортних логістичних ланцюгів з використанням системи стимулювання підрозділів та управлінням ресурсами на базі лізингових схем, а також сформовано критерій оцінки ефективності варіантів транспортно-логістичного обслуговування для вантажовласників.

Ключові слова: транспортний процес, логістичні принципи, залізниця, логістичний ланцюг, транспортний вузол, обмежений ресурс, ресурсозберігаюча технологія, система підтримки прийняття рішень.

## **АННОТАЦІЯ**

Ломотько Д.В. Формирование транспортного процесса железных дорог Украины на базе логистических принципов. - Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук по специальности 05.22.01 - транспортные системы; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта; Харьков, 2008.

Диссертация посвящена формированию транспортного процесса железных дорог Украины на базе логистических принципов в условиях технических, технологических, инфраструктурных и финансовых ограничений для получения синергетического эффекта при выполнении грузовых перевозок. Развитие транспортной системы железных дорог, в отличие от существующих подходов, предложено осуществить за счет повышения эффективности технологии транспортного процесса с оптимизацией использования ограниченных ресурсов системы (подвижного состава, путей, грузовых механизмов, персонала и т.п.). Инструментом достижения этого явилось разработка концепции формирования системы логистических центров железных дорог Украины в виде многоуровневой организационной структуры в единой технологической и информационной среде. Это осуществлено на основе комплекса моделей стохастического программирования, который реализует транспортный процесс совместной работы железных дорог с другими видами транспорта в пределах транспортных узлов, и моделей технологических процессов в условиях распределения ограниченного ресурса при формировании производственно-транспортных логистических цепей с оптимизацией маршрута следования поездов. В отличие от традиционных, предложенный подход предусматривает определение оптимальной массы груза в маршруте и минимизацию количества груза «на колесах» с разработкой рекомендаций по формированию единой технологии функционирования инфраструктуры транспортного узла в соответствии с изменениями грузопотоков.

В работе усовершенствованы методы планирования грузовой работы на железнодорожном полигоне в пределах производственно-транспортных логистических цепей с учетом неопределенности исходных данных и разработаны научные методы организации рациональной технологии управления информационными логистическими потоками в условиях формирования системы поддержки принятия решений с оптимизацией процесса отбора информации. Формирование системы поддержки принятия решений реализовано на базе международного стандарта EDIFACT. Использование этих подходов предусматривает учет неопределенности входных данных при организации вагонопотоков и позволяет сократить простой грузового вагона под одной грузовой операцией на 2.9%, ускорить оборот грузового вагона на 1.6%.

Усовершенствована процедура перераспределения синергетического эффекта между элементами производственно-транспортных логистических цепей с использованием системы стимулирования подразделений и с управлением ресурсами на базе лизинговых схем. В отличие от других, данный подход учитывает специфику транспортной отрасли, а процедура гарантированно реализует принцип эмерджентности с учетом направленности на увеличение

объемов перевозок при минимизации расходов на управление логистическими центрами. Также сформирован критерий оценки эффективности вариантов транспортно-логистического обслуживания для грузовладельцев. Он учитывает неопределенность технологических показателей функционирования производственно-транспортных логистических цепей и с помощью коэффициента адекватности позволяет оценить способность перевозчика удовлетворять требованиям грузовладельца.

Ключевые слова: транспортный процесс, логистические принципы, железная дорога, логистическая цепь, транспортный узел, ограниченный ресурс, ресурсосберегающая технология, система поддержки принятия решений.

## THE SUMMARY

Lomot'ko D.V. Formation transport process of railways Ukraine on the basis of logistical principles. – Manuscript.

The dissertation on competition of scientific doctor degree on a speciality 05.22.01 - the transport systems; Ukrainian State Academy of Railway Transport; Kharkov, 2008.

The dissertation is devoted formation transport process of railways of Ukraine on the basis logistical principles in the conditions of technical, technological, infrastructural and financial restrictions for reception synergetic effect at performance of freight traffic. The tool of achievement of it was working out on the concept of formation system logistical centres railways of Ukraine in the form of multilevel organizational structure in the uniform technological and information environment. It is carried out on the basis of a models complex which realises transport process of railways teamwork with other types of transport within transport joints, and models technological processes in the conditions of distribution the limited resource at formation of industrial-transport logistical chains with optimization a route of trains.

In work are improved methods of planning cargo work on railway range within industrial-transport logistical chains taking into fuzzy of initial data and developed scientific methods of the organization of rational management technology by information logistical streams in the conditions of formation a decision support system with optimization process of selection the information. Use of these models provides the account of uncertainty entrance data at the organization traffic streams and allows to reduce freight car idle time under one cargo operation to 2.9 %, to accelerate a freight car turn on 1.6 %.

Improved Redistribution procedure synergetic effect between elements of industrial-transport logistical chains with use a system stimulation of divisions and with

resource management on the basis of leasing schemes, and also the criterion an estimation of variants logistical service efficiency for cargo owners is generated.

Keywords: transport process, logistical principles, railway, logistical chain, transport joint, limited resource, resource-saving technology, decision support system.

Ломотько Денис Вікторович

УДК 656.225

ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ЗАЛІЗНИЦЬ  
УКРАЇНИ НА БАЗІ ЛОГІСТИЧНИХ ПРИНЦИПІВ

05.22.01 – транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

доц. Лаврухін О.В.

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,9. Обл.-вид.арк. 2,0.

Замовлення № Тираж 100.

---

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 112 від 06.07.2000 р.

Друкарня УкрДАЗТу,  
61050 , Харків - 50, пл. Фейєрбаха, 7