

Харківська державна академія залізничного транспорту

Черниш Наталя Юріївна

УДК 656.225.073.437

**ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ КАНАЛІВ  
ВАНТАЖОПОТОКІВ ПРИ УДОСКОНАЛЕННІ МАРШРУТНИХ  
СПОСОБІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ МАСОВИХ ВАНТАЖІВ  
ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ**

05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

**автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2001

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківській державній академії залізничного транспорту Міністерства транспорту України.

**Науковий керівник**

доктор технічних наук, професор **Нагорний Євген Васильович**  
професор кафедри "Транспортні системи",  
Харківський державний автомобільно-дорожній  
технічний університет

**Офіційні опоненти:**

**Негрей Віктор Якович** - доктор технічних наук, професор, перший проректор Білоруського державного університету транспорту;

**Савенко Анатолій Семенович** - кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри "Управління експлуатаційною роботою" Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту.

**Провідна установа**

Східноукраїнський національний університет, каф. транспортних технологій, Міністерство освіти і науки України, м. Луганськ.

Захист відбудеться " 4 " жовтня 2001 р. о 13<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 у Харківській державній академії залізничного транспорту, за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

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

Автореферат розісланий " 3 " вересня 2001 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

\_\_\_\_\_ Запара В. М.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

У зв'язку з переходом на прямі договірні умови доставки вантажів з боку постачальників і споживачів змінюються вимоги до умов доставки, її кількісних і часових параметрів, що викликає необхідність вдосконалення системи організації вагонопотоків. Одним з найважливіших напрямків вдосконалення системи організації вагонопотоків є відправницька маршрутизація, яка забезпечує прискорення доставки вантажів споживачам, більш ефективне використання маневрових засобів, скорочення простоїв вагонів на технічних станціях, в дорозі прямування.

Оскільки в сфері транспорту і виробництва задіяні великі людські і матеріальні ресурси і в тому числі рухомий склад, вантажно-розвантажувальні машини, складські споруди зі значними капіталовкладеннями, виникає необхідність підвищення ефективності використання оснащення виробничо-транспортних систем з метою зниження сумарних витрат на обробку вантажопотоків.

**Актуальність теми.** З ускладненням зв'язків між учасниками ринкового процесу підвищуються вимоги до продуктивності і якості роботи залізничного транспорту. В умовах транспортного ринку з боку вантажовласників критеріями оцінки якості роботи залізничного транспорту виступають доставка вантажу "точно в термін" і з мінімальними витратами. Організаційні форми і економічні методи комплексного управління вантажопотоком покликані максимально скоротити сукупні витрати на всіх стадіях зберігання і пересування вантажу.

Велике значення має вивільнення виробничих запасів сировини при доставці вантажу "точно в термін" оптимальними партіями. Для отримання оптимальних параметрів каналів вантажопотоків і зниження витрат на обробку вантажопотоків необхідні нові підходи до побудови і аналізу моделей, що описують функціонування виробничо-транспортних комплексів. Існуючі моделі не враховують в повній мірі інтереси кожного учасника виробничо-транспортного ланцюга руху вантажопотоків. Тому важливою проблемою стає вдосконалення маршрутних способів перевезення масових вантажів шляхом вибору раціональних параметрів каналів вантажопотоків, що обумовлює необхідність розробки нових моделей.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася на основі Концепції і Програми реструктуризації на залізничному транспорті України і Стратегії комерціалізації Укрзалізниці, а також пов'язана з виконанням науково-дослідних тем на кафедрі "Станції, вузли, вантажна і комерційна робота" ХарДАЗТ у наукових напрямках Міністерства транспорту України: замовлення Укрзалізниці на виконання методичних рекомендацій по визначенню договірних (вільних) тарифів на вантажні перевезення, роботи і послуги, які виконуються залізницями України (Укрзалізницею); держбюджетна тема "Розробка ринково-орієнтованої системи фірмового транспортного обслуговування для залізниць України", за № держреєстрації 0198U005210.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є вибір раціональних параметрів каналів вантажопотоків при вдосконаленні маршрутних способів перевезення масових вантажів залізничним транспортом для досягнення економічного ефекту суб'єктів виробниче-транспортного ланцюга. Поставлена мета визначила такі основні задачі досліджень:

1. Розробити принципи формування моделей процесів функціонування виробниче-транспортних систем.
2. Розробити виробниче-транспортний ланцюг перевезення масових вантажів маршрутами.
3. Сформувати математичну модель функціонування каналів вантажопотоків перевезення масових вантажів маршрутами.
4. Провести моделювання функціонування виробниче-транспортного ланцюга і виконати аналіз результатів.
5. Розробити практичні рекомендації по створенню єдиного технологічного процесу функціонування всього виробниче-транспортного ланцюга (ВТЛ), оптимізації експлуатаційної роботи транспортних систем при нестійкому характері роботи виробничих і транспортних комплексів.

*Об'єкт дослідження.* Канали вантажопотоків перевезення масових вантажів маршрутами.

*Предмет дослідження.* Параметри каналів вантажопотоків при маршрутному способі перевезення масових вантажів.

*Методи дослідження.* Теоретичні дослідження при розробці принципів формування моделей виробниче-транспортних систем базуються на основах системного аналізу. При розв'язанні поставлених задач використані методи: рішення задач нелінійного програмування для пошуку екстремуму цільової функції, математичної статистики при дослідженні попиту на порожні вагони, дослідження операцій і теорія управління запасами при розробці математичних моделей ланок ВТЛ.

При виборі методів дослідження в умовах досить високої універсальності задач, що розглядаються враховувалися технологічні і транспортні особливості двох основних виробничих систем: гірничозбагачувального комбінату і металургійних комбінатів, які мають різні виробничі потужності і різні зв'язки з виробничими цехами і транспортом загального користування. Системний підхід, що застосовується, дозволяє підвищити надійність транспортного обслуговування при зменшенні величини транспортних витрат.

Для розробки практичних рекомендацій по створенню єдиного технологічного процесу функціонування всього ВТЛ, а також оптимізації експлуатаційної роботи транспортних систем використовуються досягнення сучасної транспортної науки, технологія основного виробництва, адекватні математичні методи і можливості сучасних інформаційно-обчислювальних систем.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- розроблена концепція вибору раціональних параметрів функціонування виробничо-транспортних систем, що полягає в описі процесів взаємодії виробництва, транспортування і споживання, яка базується на основах системного аналізу, логістики і методів дослідження операцій з урахуванням зміни виробничо-економічних відносин і застосуванням як критерію оптимізації сумарних економічних витрат;
- вперше запропоновані критерії по встановленню диференційованих залізничних вантажних тарифів з урахуванням особливостей окремих поїздо-дільниць і показників використання рухомого складу, засновані на інтеграції і чіткій взаємоув'язці інтересів виробників і споживачів продукції, що перевозиться;
- запропоновані вдосконалені комплексні підходи відносно системи організації вагонопотоків від постачальника до споживача з розрахунку на використання їх безпосередньо вантажовласниками або магістральним транспортом;
- вперше розроблена загальна математична модель функціонування виробничо-транспортного ланцюга перевезення масових вантажів по критерію витрат роботи її окремих ланок, враховуючі технічні і технологічні можливості і обмеження, а також стан транспортних засобів і особливості функціонування.

**Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій.** Достовірність наукових результатів дисертації підтверджується порівнянням теоретичних розрахунків і результатів, отриманих при впровадженні на Південній та Донецькій залізницях. Достовірність положень обумовлена застосуванням фундаментальних положень математичної статистики, використанням реальних вихідних даних у запропонованій моделі. Рівень достовірності отриманих результатів 91,9%.

**Наукове значення.** Отримані результати направлені на розвиток теорії взаємодії виробників, перевізників і споживачів з точки зору скорочення сумарних економічних витрат.

**Практичне значення отриманих результатів.** Розроблена модель вибору раціональних параметрів каналів вантажопотоків перевезення масових вантажів маршрутами може бути застосована для вирішення актуальних проблем спільного функціонування транспортних систем і основного виробництва на різних етапах, а також питань оптимізації взаємодії різних дільниць і ланок виробничо-транспортних систем.

Розроблена методика встановлення диференційованих залізничних вантажних тарифів може бути покладена в основу формування тарифної політики на залізничному транспорті.

Розроблені математичні моделі оптимізації витрат по дільницях ВТЛ призначені для рішення широкого кола задач постачальників або споживачів при самостійному виборі варіантів доставки вантажу, а саме: вибір маршруту проходження; розміру оптимальної партії відправки; параметрів рухомого складу і вантажно-розвантажувального обладнання, їх кількісних показників; технологічних параметрів на дільницях ВТЛ.

Отримані оптимальні параметри (рівень резервного запасу порожніх вагонів, величина транспортної партії вантажу, тривалість виробничого циклу підприємства) і запропоновано ряд заходів щодо розробки єдиного технологічного процесу функціонування всього ВТЛ.

Загальні принципи і методи створення моделей вибору раціональних параметрів каналів вантажопотоків перевезення масових вантажів можуть бути рекомендовані при проектуванні і удосконаленні виробничо-транспортних комплексів аналогічних підприємств безперервного і безперервно-дискретного типів різних галузей промисловості, зокрема, вугледобувної, нафтопереробної, хімічної і інш.

Основні результати, отримані в дисертаційній роботі, використано та впроваджено на Донецькій та Південній залізницях, а також в учбовому процесі навчання магістрів транспорту та при підвищенні кваліфікації кадрів робітників Укрзалізниці (в інституті перепідготовки і підвищення кваліфікації кадрів ХарДАЗТ).

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, які приведені в додатку до роботи.

**Особистий внесок здобувача.** Всі положення і результати, які виносяться на захист, отримані автором самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, дисертанту належить:

- описання принципів моделювання процесів транспортного ринку [1];
- розробка методики формування диференційованих залізничних вантажних тарифів, яка відображає системний підхід [2];
- розробка математичної моделі вибору раціональних параметрів каналів вантажопотоків перевезення масових вантажів залізничним транспортом [3];
- проведення аналізу результатів моделювання функціонування виробничо-транспортного ланцюга та вибір раціональних параметрів каналів вантажопотоків [4].

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи повідомлені, обговорені і схвалені на: міжнародній науковій конференції "Вдосконалення експлуатаційної роботи залізниць в сучасних умовах" (м. Санкт-Петербург, 1999 р.); науково-практичній конференції "Промисловий транспорт: наука, виробництво, кадри" (м. Луганськ, 1999 р.); міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми розвитку транспортних комунікацій" (м. Гомель, 2000 р.); науково-технічних конференціях Харківської державної академії залізничного транспорту (1998-2000 рр.).

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 5 друкарських робіт в фахових виданнях.

**Структура і об'єм роботи.** Дисертаційна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків і 6 додатків. Повний обсяг роботи становить 177 сторінок, з них обсяг основного тексту 136 сторінок; додатків, списку використаних джерел, рисунків і таблиць 41 сторінка. Робота ілюстрована 26 рисунками, наведено 20 таблиць. Список використаних джерел складається з 100 найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовані мета і задачі дослідження, відображені наукова новизна і практична цінність, подано загальну характеристику роботи.

У першому розділі зроблено аналіз існуючого стану питання, надано стислий огляд робіт в даній області, викладені стан та перспективні напрямки вирішення проблеми формалізації процесів, що протікають в ринковому транспортному середовищі.

Аналітичний огляд робіт показав, що дослідження питань організації роботи виробничо-транспортних комплексів і оптимізація їх параметрів знайшли відображення в роботах вчених: Смехова А. О., Міротіна Л. Б., Гріневича Г. П., Брагіна Б. Ф., Нечаєва Г. І.; організації роботи транспорту — Акулінічева В. М., Осипова В. Т., Іловайського Н. Д., Кожевникова Ю. Н., Данька М. І.; питань управління процесами вантажної роботи — Дерібаса А. Т., Повороженка В. В., Ферапонтова Г. В., Котенка А. М. і інш.

Одним з найважливіших напрямів вдосконалення системи організації вагонопотоків є відправницька маршрутизація, яка забезпечує прискорення доставки вантажів споживачам, більш ефективне використання маневрових засобів, скорочення простоїв вагонів на технічних станціях, в дорозі прямування.

Існуюча система обґрунтування маршрутизації і класифікація маршрутів не враховують в повній мірі особливостей вантажостворення в пунктах навантажування, в тому числі оснащеність вантажних фронтів, об'єми складських приміщень, тривалість виконання вантажних операцій і інші чинники, що обумовлює додаткові витрати на станціях навантажування.

Проведені раніше дослідження не розглядали взаємовпливу виробництва і транспортного комплексу із застосуванням економічних критеріїв.

В умовах розвитку ринкових відносин при побудові і аналізі моделей необхідно враховувати передусім чинники, що враховують економічні інтереси споживача транспорту. До них насамперед відносяться витрати на зберігання запасів, утримання і технічне оснащення вантажно-розвантажувальних фронтів, формування замовлень, інформацію і документування, транспортування вантажів.

Однак досить адекватно оцінити прибуток вантажовласника в умовах конкурентного ринкового середовища неможливо без створення більш гнучкої тарифної політики на залізничному транспорті. У теоретичних дослідженнях системний підхід не знайшов достатнього відображення при розробці збалансованої тарифної політики на залізничному транспорті.

Загалом при розробці математичних моделей, що описують стан транспортного ринку, необхідний комплексний підхід, який засновується на чіткій взаємодії попиту, постачання, виробництва, транспорту і розподілу продукції з метою отримання найбільшого ефекту.

У другому розділі розглянуті питання дослідження і розробки підходів до формування моделей функціонування каналів вантажопотоків перевезення масових вантажів маршрутами, викладений системний підхід до їх опису. Запропоновані критерії по формуванню диференційованих залізничних вантажних тарифів.

Для розробки загальної концепції вибору раціональних параметрів каналів вантажопотоків побудований виробничо-транспортний ланцюг доставки залізничної сировини, в якому інтегровані чотири технологічних елементи: складування і підготовка залізничної сировини на місцях видобутку; операції по формуванню поїздів із залізничною; транспортування залізничного; складування страхового і оперативного запасів руди у споживача. Метою побудови ВТЛ є визначення оптимального співвідношення між максимально необхідною і мінімально можливою кількістю транспортних, перевантажувальних і складських операцій при доставці сировини споживачеві.

Запропоновано інтегральний показник, що виражає сумарні витрати по виготовленню, зберіганню, транспортуванню і споживанню готової продукції при виконанні умови доставки вантажу "точно в термін" і що враховує витрати всіх учасників технологічного процесу: виробництва, транспорту і споживання. Схема розрахунку інтегрального показника представлена у вигляді цільової функції

$$R = R_{zp}^{uc} + R_{np}^o + R_{ny}^o + R_{map} + R_{vblz}^{uc} + R_{XII} \rightarrow \min \quad (1)$$

де  $R_{zp}^{uc}$  - витрати, пов'язані з використанням вагона при виконанні вантажних операцій на пункті навантажування, грн;  $R_{np}^o$  - витрати, пов'язані з простоем вагонів, що чекають подачі на вантажний фронт відправника, грн;  $R_{ny}^o$  - витрати на подачу і прибирання вагонів в пункті відправлення, грн;  $R_{map}$  - витрати на переміщення вантажу в пункт доставки, грн;  $R_{vblz}^{uc}$  - витрати, пов'язані з використанням вагонів при розвантаженні складу маршруту в пункті призначення, грн;  $R_{XII}$  - витрати на зберігання вантажу до моменту надходження його у виробництво, грн.

Виконано детальний аналіз технології роботи всіх ланок виробничо-транспортного ланцюга перевезення вантажів маршрутами, внаслідок чого отримані аналітичні залежності, що описують технологію роботи кожної з ланок ВТЛ.

Запропоновані практичні рекомендації по формуванню відправницьких маршрутів з метою скорочення простою вагонів на під'їзних коліях і станції примикання.

У цільову функцію (1) входить плата за доставку вантажу по договірних тарифах  $R_{map}$ . Ця складова витрат є найбільш вагомою і в найбільшій мірі впливає на собівартість продукції, що перевозиться, від чого, в свою чергу, залежить очікуваний прибуток для вантажовласника і транспорту.



Внаслідок того, що діюча тарифна політика не досконала, запропонована методика визначення провізних плат, яка відображає системний підхід і враховує ціну вантажу шляхом пропорційного розподілу прибутку, особливості конкретних поїздо-дільниць дороги при визначенні собівартості, інтереси клієнта шляхом узгодження з ним маршруту проходження вантажу. Визначені дільничні коефіцієнти залежної і повної собівартості для полігона Південної залізниці. На основі форм звітності Південної і Донецької залізниці по запропонованій методиці визначена собівартість перевезення залізняка на дільниці "З-С", яка становить 21,506 коп/10 ткм.

Так, плата за доставку вантажу, який прямує відправницьким маршрутом, складе:

$$R_{map} = C_{HK} + e_{NS}^3 \left(1 + \frac{1-z}{z}\right) l \sum_{i=0}^m \frac{K_{Pi} l_i}{\sum_{i=0}^m l_i} + C_z l m_{np}, \quad (2)$$

- де  $C_{HK}$  - собівартість початково-кінцевих операцій для  $l$  т вантажу, грн;  
 $e_{NS}^3$  - собівартість в середньому по дирекції залізничних перевезень або залізниці, грн;  
 $z$  - відношення залежної собівартості до повної в середньому по дирекції залізничних перевезень або залізниці загалом;  
 $K_{Pi}$  - коефіцієнт повної собівартості на дільниці  $i$ ;  
 $l_i$  - довжина  $i$ -ї дільниці, км;  
 $C_z$  - ціна однієї тонни вантажу, що перевозиться, грн;  
 $l$  - відстань перевезення або середня відстань в тарифному поясі, км;  
 $m_{np}$  - прибуток на 1 грн-км, грн.

Істотною функцією транспортного ринку є зберігання запасів. У зв'язку з цим обгрунтована необхідність включення в математичну модель перевезення масових вантажів маршрутами сумарних витрат, пов'язаних з управлінням запасами.

У третьому розділі виконані дослідження і розроблені моделі функціонування окремих ланок ВТЛ, а також вирішені задачі вибору їх раціональних параметрів по критерію витрат в залежності від кількісних і часових параметрів вантажопотоку. Розроблена загальна математична модель вибору раціональних параметрів каналів вантажопотоків перевезення масових вантажів на прикладі залізняка. Проведено аналіз особливостей, характерних для конкретних родів вантажів і обгрунтовано універсальність інтегрального показника.

Процес моделювання розбитий на етапи (рис. 1). На основі детального аналізу технології роботи відповідних ланок ВТЛ, а також аналізу проведених досліджень уперше отримані функції кожного етапу  $R_0, R_1, \dots, R_4$ , що відображають відповідно витрати:

- постачальника на виконання замовлення;

- на зберігання готової продукції у відправника при безперервному процесі накопичення до резервного рівня порожніх вагонів  $I$ , що включає дві складові витрат: коли попит на порожні вагони  $S$  перевищує резервний рівень їх наявності  $S > I$ ; і при  $I - S \geq 0$  і немає дефіциту порожніх вагонів;
- пов'язані з простоем вагонів в очікуванні подачі і пробігом маневрового локомотива;
- пов'язані з перевезенням магістральним залізничним транспортом;
- на зберігання вантажу у одержувача до моменту надходження його у виробництво.

Виробництво постачальника $R_0=f(m, q_{пор}, Z)$	Зберігання готової продукції $R_1=f(I, I_{max}, K_{ск}, q_{п},$ огр)	Промисловий транспорт $R_2=f(x, C_{ис}, m)$	Магістральний транспорт $R_3=f(l, m, e^3_{NS}, \sum V_i)$	Зона зберігання споживача $R_4=f(m, n,$ $Q_{п})$
$u_0$	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$

Рис. 1. Схема розподілу процесу моделювання на макро- і мікрорівні

Як критерій оптимальності при рішенні задачі вибору раціональних параметрів каналів вантажопотоків виступають приведені витрати, орієнтовані на споживача.

Об'єднуючим елементом в системі моделювання виступає вагонопотік. Динаміку моделі задає попит на порожні вагони  $S$ . В результаті статистичних досліджень отримано і математично обгрунтовано типовий розподіл величини попиту на порожні вагони (нормальний розподіл). Визначений розмір вибірки близько 460 составів для того, щоб результати статистичної обробки були статистично достовірними. Отримані основні параметри нормального розподілу:  $M(S) = a = 47$  ваг.,  $\sigma(S) = 10$ . З рівнем значущості 0,01 перевірені гіпотези про вигляд розподілу. Створене програмне забезпечення для статистичної обробки інформації про величину попиту на порожні вагони. Програма дозволяє також побудувати гістограму розподілу попиту на порожні вагони і перевірити отриманий емпіричний закон розподілу на відповідність нормальному закону розподілу за допомогою критерію  $\chi^2$  Пірсона.

Вперше створено математичну модель функціонування всього ВТЛ, в якій враховані технічні і технологічні можливості і обмеження окремих ланок, а також стан транспортних засобів і особливості функціонування, формули (3-9).

Розроблена математична модель функціонування ВТЛ це задача нелінійного програмування. Для рішення задач комплексної оптимізації параметрів в найбільшій мірі застосовні методи: градієнтні, покоординатного спуску, можливих напрямів і інші.

Внаслідок аналізу перерахованих методів встановлено, що для оптимізації параметрів функції мети  $I'_{max}$ ,  $I'$  і  $q_{пор}$  доцільно використати градієнтний метод. Вибір

методу обумовлений такою перевагою: здійснюється проходження меншої кількості вузлів сітки значень за рахунок визначення напрямку спуску в поточному вузлі.

$$\begin{aligned}
 R(I, I_{\max}, q_{\text{нозр}}) = & [\eta C_{uc} (\sum_b \frac{\alpha(I_{\max} - I)q_{cm}}{Z_b q_{0b}} + \sum t_{ny}) \cdot (I_{\max} - I) + \\
 & \sum_b \frac{Z_{ib} A_b^{IPM} K_{Mb} \alpha_i (I_{\max} - I)}{\sum_j \alpha_i h_j (I_{\max j} - I_j)} + \\
 & + \eta C_{uc} (\sum_b \frac{q_{cm}}{q_{\text{нозр}}} \int_b^I (I - S) \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-(S-a)^2 / 2\sigma^2} dS) + \\
 & + \frac{AK_{ck}}{365 \cdot 24} \sum_b \frac{q_{cm}}{q_{\text{нозр}}} \int_b^{I_{\max}} (S - I) \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-(S-a)^2 / 2\sigma^2} dS + \\
 & + \eta \sum_i C_{ucn} (\frac{24}{X_i}) \frac{\sum_j \alpha_i h_j (I_{\max j} - I_j)}{2 \cdot 30} + X_i C_1 + \\
 & + (e_{NS}^3 (1 + \rho) l \sum_i \frac{k_{0i} l_i}{\sum_i l_i} + U_{\varepsilon} l m_{np}) \sum_i V_i + \\
 & + \eta (C_{uc}^1 + C_{uc}^{2-8} (\frac{(I_{\max} - I)q_{cm}}{Q_n} - 1 - \frac{\sum_{i=1}^{Q_n} (i-1)}{(I_{\max} - I)q_{cm}})) \cdot (I_{\max} - I)] \times \frac{1}{I_{\max} - I} \rightarrow \min
 \end{aligned} \tag{3}$$

при виконанні таких обмежень:

$$(I, I_{\max}) \geq 0; \tag{4}$$

$$I_{\max} > I; \tag{5}$$

$$1 \leq \frac{(I_{\max} - I)q_{cm}}{Q_n} \leq 8; \tag{6}$$

$$(I_{\max} - I)q_{cm} \leq Q_{\text{обр}}; \tag{7}$$

$$\frac{(I_{\max} - I)q_{cm}}{Q_n} \leq I_0; \quad (8)$$

$$I_{\max} \leq \tau, \quad (9)$$

де  $I_{\max}$  - максимальний рівень запасу порожніх вагонів, ваг.;  $\eta$  - корегуючий коефіцієнт до ставок плати за користування вагоном;  $C_{ис}(t_{ep})$  - вартість користування вагоном в залежності від часу простою вагона під навантажуванням  $t_{ep}$  (для умов України приймає дискретні значення), грн;  $q_{cm}$  - середнє статичне навантаження вагона, т;  $\Sigma t_{ny}$  - час на виробництво всіх операцій по подачі-прибиранню, год.;  $h_j$  - кількість маршрутів  $j$ -го призначення за період, що планується (місяць);  $\alpha_i$  - частка участі  $i$ -го пункту навантажування у відправницькому маршруті, що формується;  $Z_{ib}$  - кількість ВРМ типу  $b$  на вантажному фронті  $i$ ;  $q_{ob}$  - продуктивність ВРМ типу  $b$ , т/год.;  $A_b^{IPM}$  - річні відрахування на амортизацію однієї ВРМ, %;  $K_{Mb}$  - вартість однієї ВРМ типу  $b$ , грн;  $q_{нозр}$  - часова продуктивність пункту навантажування, т/год.;  $P(S) dS$  - щільність імовірності того, що попит знаходиться в інтервалі  $(S, S+dS)$ ;  $A$  - річні амортизаційні відрахування, що доводяться на додаткову площу складу, %;  $K_{ск}$  - вартість споруди додаткової площі складу, грн;  $X_i$  - кількість подач вагонів на  $i$ -й вантажний фронт підприємства зі станції примикання;  $C_l$  - вартість однієї подачі на вантажний фронт, грн;  $L_i$  - довжина вантажного фронту, м;  $\rho$  - коефіцієнт відношення незалежної від складу маршруту собівартості до залежної;  $\Sigma V_i$  - сума коефіцієнтів доплат за різні види послуг;  $C_{uc}^1$  - ставка плати за користування вагоном протягом першої доби, грн;  $C_{uc}^{2-8}$  - те ж протягом подальших семи діб, грн;  $Q_n$  - продуктивність вантажного фронту у одержувача вантажу, т/доб.;  $Q_{бр}$  - маса поїзда брутто, т;  $I_0$  - величина поставки, що обумовлена договором між виробником та споживачем, ваг.;  $\tau$  - місткість залізничних колій на станції примикання, ваг.

Розроблено алгоритм і програмне забезпечення для вибору раціональних параметрів каналів вантажопотоків перевезення масових вантажів маршрутами, що дозволяють по критерію витрат визначити оптимальні параметри, пов'язані з функціонуванням всього ВТЛ: рівень запасів на складах підприємств, розмір транспортної партії вантажу, тривалість виробничого циклу підприємства, потужність технічного оснащення вантажних фронтів, складів і інш.

Розглянуто та аналітично описано особливості, які характерні для конкретних родів масових вантажів, відмінних технологічною схемою вантажно-розвантажувальних і складських операцій.

Загалом розроблена математична модель перевезення масових вантажів маршрутами, заснована на системному підході, універсальна і може бути застосована практично.

Уперше отримано і обгрунтовано інтегральний показник  $R(I, I_{\max}, q_{нозр})$ , що дозволяє вирішити широке коло задач, пов'язане з вибором параметрів рухомого складу і

ВРМ, їх кількісних показників, часових і кількісних параметрів вантажопотоку, плануванням і управлінням експлуатаційною роботою станцій, вибором ресурсів транспортних засобів.

**У четвертому розділі** виконано моделювання функціонування виробничо-транспортного ланцюга. Проаналізовано вплив параметрів каналів вантажопотоків на їх працездатність і економічну ефективність. Наведено практичні рекомендації по скороченню сумарних економічних витрат.

Внаслідок моделювання отримано оптимальні значення параметрів: партія маршруту, що формується – 39 ваг., рівень страхового запасу порожніх вагонів – 12 ваг., максимальний рівень запасу вагонів – 51 ваг., продуктивність пункту навантажування – 176,32 т/год., сумарні витрати, що доводяться на один вагон – 1115,08 грн. Побудовано залежності, що дозволяють оцінити характер зміни цих параметрів в умовах, що склалися (рис. 2, рис. 3).

Загалом, внаслідок дослідження функціонування виробничо-транспортної системи і аналізу запропонованої математичної моделі узгоджуються виробничі і транспортні параметри.

Розглянуто окремі складові економічної ефективності розробленого ВТЛ і запропоновано методика визначення економічного ефекту для магістрального залізничного транспорту і виробництва.

Рис. 2. Залежність приведених витрат від максимального і резервного рівней запасу вагонів

Рис. 3 Залежність приведених витрат від партії технологічного маршруту і продуктивності пункту навантаження

Загальний економічний ефект для обох суб'єктів ВТЛ:

— магістрального транспорту

$$\mathcal{E}_{ж.д.} = (\mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_6 \lambda + \mathcal{E}_7) 365, \quad (4)$$

— виробництва

$$\mathcal{E}_{пр} = 365[(\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_4 + \mathcal{E}_5) \lambda + \mathcal{E}_2], \quad (5)$$

- де  $\lambda$  - інтенсивність вагонопотоку, що відправляється, ваг/доб;
- $\mathcal{E}_1$  - ефект за рахунок скорочення сумарних витрат на формування відправницького маршруту партією  $m_{opt}$ , грн/ваг.;
- $\mathcal{E}_2$  - ефект за рахунок скорочення сумарних витрат на будівництво бункерів внаслідок скорочення рівня запасів, грн/доб.;
- $\mathcal{E}_3$  - ефект за рахунок скорочення резервного рівня запасу вагонів, грн/доб.;
- $\mathcal{E}_4$  - ефект від скорочення втрат вантажів внаслідок зменшення часу їх транспортування і зберігання, грн/ваг.;
- $\mathcal{E}_5$  - економічний ефект внаслідок зменшення "омертвленого капіталу" на колесах і на складі і скорочення запасів оборотних коштів, грн/ваг.;
- $\mathcal{E}_6$  - ефект від прискорення обороту вагона, грн/ваг.;
- $\mathcal{E}_7$  - ефект внаслідок скорочення простою вагонів в очікуванні обробки документів, грн/доб.

Визначено економічний ефект для обох суб'єктів ВТЛ: магістрального транспорту і виробництва. Більший економічний ефект реалізується на користь залізниці і становить 948218,9 грн/рік. Ефект отриманий споживачем транспорту — 644980,55 грн/рік.

Встановлено, що найбільша питома вага в економічному ефекті підприємства досягається економією коштів на будівництво бункерів внаслідок скорочення рівня запасів — 483,07 грн/доб. і зменшенням втрат вантажу при зберіганні і транспортуванні — 4,29 грн/ваг. Найбільша питома вага в економічному ефекті залізниці досягається скороченням резервного рівня запасів порожніх вагонів — 129,36 грн/доб і від прискорення обороту вагона — 12,33 грн/ваг.

Проведено експерименти в плануванні і організації перевезення залізничної сировини відправницьким маршрутом призначенням Золотнішино-Сартана. Адекватність і достовірність розробленої математичної моделі підтверджується близькістю (понад 90%) основних параметрів моделювання результатам експериментальних досліджень.

Проведені експерименти показали, що сумарний економічний ефект для виробника становить 354557,35 грн/рік; економічний ефект при використанні результатів моделювання — 327985,35 грн/рік. Сумарний економічний ефект Південної залізниці становитиме 97629,71 грн/рік, Донецької залізниці — 106896,33 грн/рік, що підтверджено відповідними актами.

Розроблено графіки взаємодії виробництва, транспорту і споживання, застосування яких дозволить досягти підвищення ефективності доставки вантажів. При цьому інтенсивність надходження сировини у виробництво повинна відповідати оптимальній партії відправки.

Запропоновано практичні рекомендації по вдосконаленню і оптимізації експлуатаційної роботи залізничного транспорту і створенню єдиного технологічного процесу функціонування всього ВТЛ, що приведе до скорочення тривалості і оптимізації

виробничого циклу, підвищення продуктивності у всіх ланках, гармонійного їх розвитку, особливо при зберіганні, складуванні, транспортуванні.

У додатках роботи приведені розрахунки визначення собівартості перевезення вантажів для дільниць полігона Південної залізниці, обробка статистичних даних, результати моделювання функціонування ВТЛ і документи, що підтверджують впровадження результатів, отриманих в дисертації.

## ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена актуальній для залізничного транспорту проблемі вибору раціональних параметрів каналів вантажопотоків при вдосконаленні маршрутних способів перевезення масових вантажів залізничним транспортом.

Отримані в дисертації результати проведених теоретичних і експериментальних досліджень дозволяють зробити такі висновки:

1. Існуючі в цей час концепції, принципи, критерії і моделі ефективності функціонування транспортного ринку не враховують особливостей ринкових відносин, які вимагають інтеграції і чіткої взаємоув'язки інтересів кожної дільниці виробничо-транспортного ланцюга руху вантажопотоків. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки нової концепції в організації функціонування виробничо-транспортних систем і методів підвищення їх ефективності, а також необхідність вдосконалення системи організації вагонопотоків.

2. Розроблена концепція і методологія вибору раціональних параметрів функціонування виробничо-транспортних систем, що полягає в описі процесів взаємодії виробництва, транспортування і споживання, які базуються на основах системного аналізу, логістики і методів дослідження операцій з урахуванням зміни виробничо-економічних відносин.

3. Запропоновані вдосконалені комплексні підходи відносно системи організації вагонопотоків. Сформовано і обгрунтовано інтегральний показник, що дозволяє вирішити широке коло задач, пов'язане з вибором параметрів рухомого складу і вантажно-розвантажувальних машин, їх кількісних показників, часових і кількісних параметрів вантажопотоку, плануванням і управлінням експлуатаційною роботою станцій, вибором ресурсів транспортних засобів.

4. Отримані аналітичні залежності, що описують технологію роботи основних елементів виробничо-транспортного ланцюга: складування і підготовка сировини на місцях видобутку, операції по формуванню поїздів, транспортування, складування страхового і оперативного запасів сировини у споживача, з метою максимальної взаємоув'язки виробничо-транспортних процесів.

5. Розроблена методологія встановлення диференційованих залізничних вантажних тарифів, що відображає системний підхід і враховує ціну вантажу шляхом пропорційного розподілу прибутку, особливості конкретних поїздо-дільниць залізниці



при визначенні собівартості, інтереси клієнта шляхом узгодження з ним маршруту проходження вантажу.

6. Розроблені моделі основних ланок виробниче-транспортного ланцюга, в яких враховані технічні і технологічні можливості і обмеження, а також стан транспортних засобів і особливості функціонування, з метою розв'язання проблеми підвищення ефективності функціонування каналів вантажопотоків при перевезенні масових вантажів маршрутами. Сформований на прикладі перевезення залізничної сировини виробниче-транспортний ланцюг із запропонованим математичним апаратом може експлуатуватися як споживачем так і постачальником, що значно розширює її можливості.

7. Розроблена загальна математична модель функціонування виробниче-транспортного ланцюга перевезення масових вантажів маршрутами. Модель дозволяє оптимізувати параметри каналів вантажопотоків, критерієм оптимальності є сукупні витрати, що доводяться на одиницю вантажу, який перевозиться. Розроблена математична модель універсальна, відкрита і може бути розширена введенням додаткових етапів на різних рівнях ВТЛ для врахування більшого числа чинників, що впливають на остаточний результат.

8. Розроблено алгоритм і програмне забезпечення для вибору раціональних параметрів каналів вантажопотоків перевезення масових вантажів маршрутами, що дозволяють по критерію витрат визначити оптимальні параметри, пов'язані з функціонуванням всього ВТЛ: рівень запасів на складах підприємств, розмір транспортної партії вантажу, тривалість виробничого циклу підприємства, потужність технічного оснащення вантажних фронтів, складів і інш.

9. Отримано оптимальні значення параметрів: партія маршруту, що формується – 39 ваг., рівень страхового запасу порожніх вагонів – 12 ваг., максимальний рівень запасу вагонів – 51 ваг., продуктивність пункту навантажування – 176,32 т/год., сумарні витрати, що доводяться на один вагон – 1115,08 грн. Побудовано залежності, що дозволяють оцінити характер зміни цих параметрів в умовах, які склалися при зміні величин керованих параметрів.

10. Розглянуті окремі складові економічної ефективності розробленого ВТЛ і запропонована методика визначення економічного ефекту для магістрального залізничного транспорту і виробництва. Визначено, що ефект який може реалізувати споживач транспорту становить 644980,55 грн/рік, ефект, що досягається залізницею — 948218,9 грн/рік.

11. Запропоновані практичні рекомендації по:

а) вдосконаленню і оптимізації експлуатаційної роботи залізничного транспорту, засновані на плануванні маневрової роботи вантажної станції, з визначенням: черговості подачі вагонів на пункти навантажування, числа вагонів в подачі, числа пунктів навантажування;

б) створенню єдиного технологічного процесу функціонування всього ВТЛ з регламентуванням тривалості виробничого циклу підприємства-постачальника і

підприємства-споживача, інтенсивності надходження сировини у виробництво, тривалості транспортування;

в) розробці графіків взаємодії виробництва, транспорту і споживання.

12. Запропонована математична модель випробувана на Південній і Донецькій залізницях і показала адекватність і реальність опису виробничо-транспортного процесу. Як експеримент сформовано 4 відправницьких маршрута складом 60 вагонів призначенням Золотнішино-Сартана. В результаті проведення експериментальних досліджень, сумарний економічний ефект для виробника склав 354557,35 грн/рік; економічний ефект при використанні результатів моделювання — 327985,35 грн/рік. Розходження становить 26572 грн або 8,1%. Достовірність отриманих результатів понад 90%. Сумарний економічний ефект Південної залізниці становитиме 97629,71 грн/рік, Донецької залізниці — 106896,33 грн/рік, що підтверджено відповідними актами.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Нагорный Е. В., Черныш Н. Ю. Принципы моделирования процессов транспортного рынка // Вестник ВУГУ. –1999. - № 2 (18). – С. 31-37.
2. Нагорный Е. В., Черныш Н. Ю. Методика формирования дифференцированных железнодорожных грузовых тарифов в условиях конкуренции с другими видами транспорта // Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог в современных условиях: Межвуз. сб. научн. тр. под ред. д. т. н. проф. Ю. И. Ефименко. –С.-П. –1999. – С.193-195.
3. Нагорный Е. В., Черныш Н. Ю. Математическая модель функционирования каналов грузопотоков перевозки массовых грузов маршрутами // Проблемы развития транспортных коммуникаций: Междун. сб. научн. тр. –Гомель: БелГУТ, 2000. – С.36-40.
4. Нагорный Е. В., Черныш Н. Ю. Аналіз результатів моделювання функціонування логістичного ланцюга перевезення масових вантажів залізничним транспортом // Зб. наук. пр., – Харків: ХарДАЗТ, 2000. Ч.1 Вип.42 – С. 63-68.
5. Черныш Н. Ю. Единый технологический процесс функционирования производства, транспорта и потребления: рекомендации по разработке. // ИУСЖТ. —2000. – №6. – С. 21-23.

### **АНОТАЦІЯ**

Черныш Н. Ю. Вибір раціональних параметрів каналів вантажопотоків при удосконаленні маршрутних способів перевезення масових вантажів залізничним транспортом. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.22.20 — Експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Харківська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2001.

Дисертація присвячена питанням вдосконалення системи організації вагонопотоків шляхом вибору раціональних параметрів каналів вантажопотоків при маршрутних способах перевезення масових вантажів залізничним транспортом. В роботі запропоновані вдосконалені комплексні підходи відносно системи організації вагонопотоків від постачальника до споживача. Вперше розроблена загальна математична модель функціонування виробниче-транспортного ланцюга перевезення масових вантажів маршрутами. Запропонована методика визначення економічного ефекту для магістрального залізничного транспорту і виробництва. Запропоновані практичні рекомендації по вдосконаленню і оптимізації експлуатаційної роботи залізничного транспорту, створенню єдиного технологічного процесу функціонування всього виробниче-транспортного ланцюга, розробці графіків взаємодії виробництва, транспорту і споживання.

Ключові слова: канали вантажопотоків, параметри каналів вантажопотоків, масові вантажі, відправницька маршрутизація, вагонопотоки, виробниче-транспортний ланцюг, математична модель.

## АННОТАЦИЯ

Черниш Н. Ю. Выбор рациональных параметров каналов грузопотоков при совершенствовании маршрутных способов перевозки массовых грузов железнодорожным транспортом. - Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 - Эксплуатация и ремонт средств транспорта. - Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2001.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования системы организации вагонопотоков путем выбора рациональных параметров каналов грузопотоков при маршрутных способах перевозки массовых грузов железнодорожным транспортом.

В работе предложены усовершенствованные комплексные подходы относительно системы организации вагонопотоков от поставщика к потребителю в расчете на использование их непосредственно грузовладельцами или магистральным транспортом. Для разработки общей концепции выбора рациональных параметров каналов грузопотоков построена производственно-транспортная цепь доставки железорудного сырья; целью построения является определение оптимального соотношения между максимально необходимым и минимально возможным количеством транспортных, перегрузочных и складских операций при доставке сырья потребителю.

Сформирован и обоснован интегральный показатель, который выражает суммарные расходы по изготовлению, хранению, транспортировке и потреблению готовой продукции при выполнении условия доставки груза "точно в срок".

Вследствие того, что действующая тарифная политика не совершенна, предложена методика определения провозных плат, которая отображает системный подход и учитывает цену груза путем пропорционального распределения прибыли, особенности конкретных поездо-участков дороги при определении себестоимости, интересы клиента путем согласования с ним маршрута следования груза.

Для решения проблемы повышения эффективности функционирования производственно-транспортной цепи перевозки массовых грузов железнодорожным транспортом маршрутами впервые разработаны модели оптимизации взаимодействия отдельных звеньев, в которых учтены технические и технологические возможности и ограничения, а также состояние транспортных средств и особенности функционирования.

Впервые разработана общая математическая модель функционирования производственно-транспортной цепи перевозки массовых грузов маршрутами по критерию затрат работы ее отдельных звеньев. Модель позволяет оптимизировать параметры каналов грузопотоков, критерием оптимальности являются суммарные затраты, приходящиеся на единицу перевозимого груза. Разработанная математическая модель включает в себя основные технологические звенья производственно-транспортной цепи перевозки массовых грузов маршрутами. В связи с этим проведен анализ особенностей, характерных для конкретных родов массовых грузов и обоснована универсальность интегрального показателя.

Динамику модели задает спрос на порожние вагоны. В результате статистических исследований получено и математически обосновано типовое распределение величины спроса на порожние вагоны (нормальное распределение).

Выполнено моделирование функционирования производственно-транспортной цепи, вследствие чего получены оптимальные значения параметров. Построены зависимости, которые позволяют оценить характер изменения этих параметров в сложившихся условиях при изменении величин управляемых параметров. В результате исследования функционирования производственно-транспортной системы и анализа предложенной математической модели согласовываются производственные и транспортные параметры.

Рассмотрены отдельные составляющие экономической эффективности разработанной производственно-транспортной цепи и предложена методика определения экономического эффекта для магистрального железнодорожного транспорта и производства.

Предложены практические рекомендации по совершенствованию и оптимизации эксплуатационной работы железнодорожного транспорта, созданию единого технологического процесса функционирования всей производственно-транспортной цепи, разработке графиков взаимодействия производства, транспорта и потребления.

Проведены эксперименты в планировании и организации перевозки железорудного сырья отправительскими маршрутами назначением Золотнішино-Сартана. Адекватность и достоверность разработанной математической модели подтверждается близостью (более 90%) основных параметров моделирования результатам экспериментальных исследований.

Ключевые слова: каналы грузопотоков, параметры каналов грузопотоков, массовые грузы, отправительская маршрутизация, вагонопотоки, производственно-транспортная цепь, математическая модель.

## **THE SUMMARY**

Chernish N. U. Choice of rational goods traffics channels parameters attached to improvement of route transfer methods of mass goods by railway transport. – Manuscript.

Dissertation on winning of scientific candidate degree of technical sciences on speciality 05.22.20 - Exploitation and transport methods repair. - Kharkov state academy of railway transport, Kharkov, 2001.

Dissertation is devoted by question of organization system perfection wagon traffics by dint of choice of rational goods traffics channels parameters attached to route transfer methods of public goods by railway transport. In work are offered improved complex approaches in point of organization system wagon traffics from supplier to consumer. Developed general mathematical functioning model of production-transport transfer chain of mass goods by itineraries. Offered determination methods of economic effect for arterial railway transport and production. Offered practical recommendations on perfection and to optimization of operational work of railway transport, to creation of one technological functioning process all industrial-transport chain, to production interaction graphs development, transport and consumption.

Key words: goods traffics channels, goods traffics channels parameters, mass loads, sender routing, wagon traffics, mathematical model.

Черниш Наталя Юріївна

**Вибір раціональних параметрів каналів вантажопотоків при удосконаленні  
маршрутних способів перевезення масових вантажів  
залізничним транспортом**

05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

**автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку " 20 " 06 2001р., формат паперу А5,  
папір для тиражувальних апаратів, друк на ризографі.

Замовлення № 305, тираж 100 прим.

Видавництво ХарДАЗТу. Свідоцтво № 112 від 06.07.2000 р.  
Друкарня ХарДАЗТу, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.