

Музикіна Галина Іванівна

УДК 656.225

**ОПТИМІЗАЦІЯ МАСИ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ І КОЛІЙНОГО  
РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ У ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРАХ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2002

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі “Управління експлуатаційною роботою на залізничному транспорті” Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту Міністерства транспорту України

**Науковий керівник:**

кандидат технічних наук, доцент **Савенко Анатолій Семенович**,  
Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту,  
завідувач кафедри “Управління експлуатаційною роботою на залізничному транспорті”

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор **Нагорний Євген Васильович**,  
Харківський національний автомобільно-дорожній технічний університет,  
завідувач кафедри “Транспортні системи”

кандидат технічних наук, доцент **Бобровський Володимир Ілліч**,  
Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту,  
завідувач кафедри “Станції та вузли”

**Провідна установа:**

Східноукраїнський державний університет Міністерства освіти України,

НТБ  
ДНУЗТ

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність проблеми.** Залізничний транспорт є складовою частиною виробничо-транспортного логістичного ланцюга, перед яким ставиться завдання досягнути найвищої економічної ефективності при здійсненні процесів виробництва і транспортування вантажів.

Аналіз розвитку прогресивних технологій транспортування вантажів показує, що перевага повинна віддаватися високорентабельним перевезенням, у тому числі і змішаним за участю декількох видів транспорту. З урахуванням конкуренції на транспортному ринку підвищення економічної ефективності залізничних перевезень є визначальним чинником фінансової стабільності роботи залізниць України.

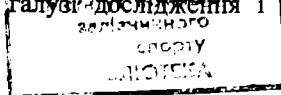
У сучасних умовах у транспортуванні вантажів велике значення має швидкість їхньої доставки. На залізничному транспорті цей показник нерозривно зв'язаний з масою поїзда. Правильний вибір оптимального сполучення маси і швидкості руху вантажних поїздів визначає експлуатаційні витрати, зв'язані з пересуванням вагонопотоків, впливає на пропускну і провізну спроможності залізничних ділянок, напрямків і транспортних коридорів.

Маса і ходова швидкість вантажних поїздів - найважливіші параметри, які багато в чому визначають техніко-економічну сторону експлуатації залізниць як у поточних умовах, так і на перспективу. Норми маси визначаються, насамперед, довжиною станційних приймально-відправних колій, погонними навантаженнями рухомого складу і потужністю тягових засобів. У перспективі оптимальні норми маси можуть визначати раціональну довжину станційних приймально-відправних колій та їхню кількість, а оптимальне сполучення маси і ходових швидкостей - необхідні і найвигідніші параметри тягових засобів.

Сформована система уніфікації норм маси вантажних поїздів на напрямках великої довжини, поряд зі зменшенням завантаження станцій додатковою переробкою вагонопотоку і прискоренням доставки вантажу, приводить до деякого недовикористання потужності поїзних локомотивів. Для реалізації цих резервів можуть бути застосовані різні заходи, доцільність яких вимагає техніко-економічного обґрунтування.

Питаннями вибору оптимальних норм маси на напрямках у різний час займалися визначні вчені: А.П.Петров, В.В.Повороженко, К.А.Бернгард, Б.Е.Пейсахзон, Е.Д.Федман, Г.І.Черномордик, К.К.Тихонов, Н.А.Воробйов та ін. Важливе місце в їхніх дослідженнях займали питання уніфікації і переломів мас поїздів. Однак у жодній з попередніх робіт питання вибору оптимальних мас на ділянках залізничних напрямків не вирішувалося одночасно з позицій нерівномірності руху поїздів і їхнього обслуговування на станціях, а також з обліком стохастичного характеру мас і довжин поїздів. Дана робота розглядає вирішення цього питання.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Обраний напрямок досліджень зв'язаний із планом виконання науково-дослідних робіт у Дніпропетровському державному технічному університеті залізничного транспорту (ДІТУ) в галузі дослідження і вибору оптимальних параметрів



експлуатації залізниць у транспортних коридорах (НДР з номерами держреєстрації 0101U002587, 0101U002586)

Робота виконана відповідно до головних напрямків розвитку науки і техніки, закону України про основи державної політики в сфері науки і науково-технічної діяльності, відповідно до щорічних координаційних планів НДДКР "Укрзалізниця", концепції і програми реструктуризації на залізничному транспорті України.

#### **Мета і задачі дослідження.**

*Мета роботи* полягає у підвищенні ефективності функціонування транспортних коридорів шляхом оптимізації маси вантажних поїздів і колійного розвитку технічних станцій.

Економічні показники перевізного процесу, як визначеного стану фізичної системи, нерозривно зв'язані з масою поїздів. Саме маса вантажних поїздів у сполученні з ходовою швидкістю визначає необхідну потужність тяги, розміри руху, швидкість доставки вантажів.

Теорія і практика експлуатації залізниць намітили кілька принципових напрямків у рішенні проблеми вибору раціональних норм маси вантажних поїздів і зв'язаних з нею швидкістю руху і колійного розвитку технічних станцій.

#### **Головними напрямками є:**

- визначення економічно вигідних норм маси при існуючих параметрах тягових засобів і відповідного їм технічного оснащення залізниць. Задача зводиться до складання рівняння приведених річних перевізних витрат і капіталовкладень за цей період для функції маси поїзда, інших етапних заходів щодо освоєння зростаючих перевезень, термінів їхнього здійснення та ефективності розосередження за часом витрат на посилення потужності лінії для освоєння зростаючих перевезень у визначений період часу;

- визначення економічно вигідного сполучення маси і швидкості руху вантажних поїздів при перемінних параметрах тягових засобів. Задача вирішується з урахуванням темпу росту перевезень у перспективі і розподілу витрат на заходи етапного посилення потужності ліній для освоєння зростаючих перевезень, а також передбачає визначення вимог до проєктованих показників тягових засобів;

комплексний вибір параметрів оптимальної експлуатації залізничних ділянок і напрямків, що припускає визначення необхідних параметрів перспективних локомотивів і станційних приймально-відправних колій.

*Об'єктом дослідження* є технологія формування та пропуску поїздів на станціях, ділянках та напрямках в межах транспортних коридорів.

*Предметом дослідження* є поїздопотоки, закономірності їхнього формування, а також залізничні станції, що є головною складовою технології роботи залізниць.

*Методи досліджень.* У процесі виконання досліджень використані: аналіз і наукове узагальнення досвіду вітчизняних і закордонних розробок у даній галузі, сучасні методи математичної статистики, теорія імовірності. Для вирішення поставлених задач були використані методи дослідження за двома критеріями:

- оптимізація маси і швидкості вантажних поїздів з урахуванням поїзних погонних навантажень за критерієм найбільшої провізної спроможності;  
оптимізація маси і швидкості вантажних поїздів на основі економіко-математичного моделювання за критерієм мінімальних приведених витрат.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

- Розроблено економіко-математичну модель, що дозволяє оптимізувати масу вантажних поїздів на ділянках, виконані розрахунки і побудовані графіки залежності маси поїздів від приведених витрат при різних типах профілю колії;

- розроблена методика розрахунку уніфікованої маси поїздів на напрямках, що включають кілька залізничних ділянок, для полегшення розрахунків пропонується використовувати тонно-кілометрові діаграми;

для розрахунку кількості приймально-відправних колій на технічних станціях отримані аналітичні залежності і побудовані номограми;

визначені параметри транспортного коридору за принципом спеціалізованих контрейлерних поїздів. Пропонується поетапне введення режиму комбінованих перевезень у транспортних коридорах України відповідно до їхніх параметрів.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що розроблені методики, номограми і методи вирішення поставлених задач дозволяють оптимізувати масу вантажних поїздів при існуючих параметрах тягових засобів і технічного оснащення станцій на ділянках, напрямках у межах транспортних коридорів. Вони можуть бути також використані для рішення задач, зв'язаних з вибором перспективних тягових засобів і відповідного їм колійного розвитку станцій.

Виконана робота значно полегшить розрахунок потрібної кількості приймально-відправних колій у парках технічних станцій, розташованих у межах транспортних коридорів.

#### **Апробація результатів дисертації**

Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на:

3-й міжнародній конференції “Наука і освіта – 2000” (Харків, лютий 2000);

2-й науково-практичній конференції “Безпека руху поїздів” (Москва, МІІТ, вересень 2000);

- 1-й міжнародній науковій конференції “Проблеми економіки транспорту в умовах реструктуризації” (Дніпропетровськ, ДІТ, лютий 2001);

міжнародній науково-практичній конференції “Актуальні проблеми розвитку транспортних систем і будівельного комплексу” (Гомель, БілДУТ, 2001)

14-й міжнародній школі-семінарі з перспективних систем керування (Алушта, вересень 2001);

- Міжнародній науковій конференції “Транспорт ХХІ століття” (Польща, вересень, 2001);

Міжакадеміальному семінарі кафедр “Управління експлуатаційною роботою на залізничному транспорті” та “Станції і вузли” Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту, листопад, 2001 р.

**Публікації.** Результати дисертації опубліковані в 9 друкованих працях. У тому числі – 3 статті у наукових журналах, 2 у збірниках наукових праць, 4 тези доповідей на науково-технічних конференціях.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаних джерел (найменувань) і додатків. Робота містить 188 сторінок, з них основного тексту - 137, у тому числі 38 ілюстрацій, 34 таблиці. Список використаних джерел із 90 найменувань.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтована актуальність напрямку досліджень, сформульовані цілі і задачі досліджень. У положеннях, що виносяться на захист, відбиті її наукова новизна і практична цінність, реалізація роботи на практиці, приведені відомості про публікацію досліджень.

У **першому розділі** дисертації приводиться аналіз транспортних коридорів України. Відповідно до концепції реструктуризації залізничного транспорту України з метою підвищення економічної ефективності перевезень, передбачається забезпечити більш тісну взаємодію між залізницями України і суміжних країн.

Поняття "коридор" у даному контексті містить у собі усі види транспорту - автомагістралі, річкові, залізничні ділянки, вокзали і термінали, комбінований колійношинний транспорт, морські і повітряні порти.

Частка готової продукції в загальному обсязі перевезень вантажів постійно зростає. Особлива увага приділяється перевезенням коштовних вантажів, що повинні перевозитися швидко і у термін - швидкість перевезень їх "від дверей до дверей" повинна бути не менше 25 км/год при повному забезпеченні схоронності вантажу.

Усе це є підтвердженням того, що виникла потреба в нових транспортних послугах, задоволення яких буде здійснюватися за рахунок організації змішаних комбінованих (інтермодальних) перевезень.

Більш точно сутність комбінованих перевезень відображає поняття перевезення вантажів у вантажних одиницях. Як вантажні одиниці на ринку транспортних послуг використовуються контейнери, контрейлери, біконтрейлери, комбітрейлери, зйомні кузови, автомобільні напівпричепи і причепи.

Для досягнення високої економічної ефективності транзитних міжнародних перевезень необхідно максимально використовувати вигідність географічного розташування України, залучаючи додаткові потоки вантажів і пасажирів. Доцільне утворення нових коридорів для забезпечення транспортного зв'язку європейських країн, країн Близького Сходу і Африки з азійським континентом. Розвиток міжнародних транспортних коридорів потребує проведення комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення швидкостей руху поїздів, поліпшення якості послуг перевезень, забезпечення безпеки руху і схоронності вантажів.

На підставі аналізу перспективних напрямків розвитку вантажних перевезень міжнародними транспортними коридорами сформульовані

першочергові задачі їхнього технічного забезпечення в частині підготовки рухомого складу інфраструктури для створення системи спеціалізованих маршрутів, що включає комбінований транспорт.

Для подальшого удосконалення системи безперевантажувальних перевезень у міжнародному сполученні необхідні розробки рухомого складу нового покоління, що відповідають одночасно вимогам, що пред'являються на залізницях як колії 1520 мм, так і колії 1435 мм. При цьому особливу увагу варто приділити розробці і впровадженню технічних засобів прискореного переходу вагонами пунктів стиків колії різної ширини шляхом застосування технології автоматичної зміни у візках колісних пар.

Запропоновано поетапне введення режиму комбінованих перевезень на залізницях України. Початковий етап практичного рішення задачі - освоєння техніки і технології контрейлерних перевезень може бути забезпечений шляхом модернізації існуючого рухомого складу, для чого необхідно розробити вимогу до відповідних технічних засобів і визначити умови і сфери їхнього ефективного застосування. На наступних етапах розвитку системи комбінованих перевезень пропонується створення нових спеціалізованих вагонів, а також автомобільно-залізничного рухомого складу, тобто засобів бімодального транспорту.

Головне в організації транспортних коридорів - забезпечення оптимальних параметрів експлуатації залізниць. Основними параметрами є маси поїзда, швидкість і технічне оснащення станцій.

**В другому розділі** розглянуто ефективність контрейлерних перевезень на залізницях України. По території України проходять чотири транспортних коридори, з яких коридор Берлін - Дрезден - Вроцлав -Мостиська-2 - Львів Київ - Москва планується продовжити до Луганська і далі до Центральної Азії.

Автором була досліджена технологія перевезення контрейлерів спеціалізованими поїздами в межах транспортного коридору від станції Луганськ Донецької залізниці до станції Стрий Львівської залізниці. Розглядалися два варіанти побудови графіка руху контрейлерного поїзда в цьому коридорі регулярного контрейлерного повідомлення між станціями Західної Європи і Центральної Азії на напрямку Луганськ Дебальцеве Красноармійськ Нижньодніпровськ-Вузол – П'ятихатки – Знам'янка ім. Т.Г.Шевченка - Миронівка - Фастів - Казатин - Шепетівка - Здолбунов - Красне - Львів - Стрий. Установлено, що при оптимальній вазі (1750 т) контрейлерного поїзда, сформованого з 22 спеціальних платформ для перевезення багатотоннажних автомобілів із причепами і двох пасажирських вагонів, забезпечуються ходові швидкості його руху, що наближаються до швидкості пасажирських поїздів.

У результаті виконаної роботи складений розклад руху контрейлерного поїзда в межах позначеного коридору, розрахований оборот состава, що склав четверо діб (рис. 1), зроблені пропозиції щодо використання передбачуваної технології пропуску контрейлерних поїздів для реальних перевезень. По станції ім. Т. Г. Шевченка відповідно до графіка руху поїздів запланована стоянка тривалістю 2 години для можливості відчеплення і причеплення, а також для

заміни груп вагонів. На підставі техніко-економічних розрахунків отримані витрати, зв'язані з просуванням контейнерних поїздів.

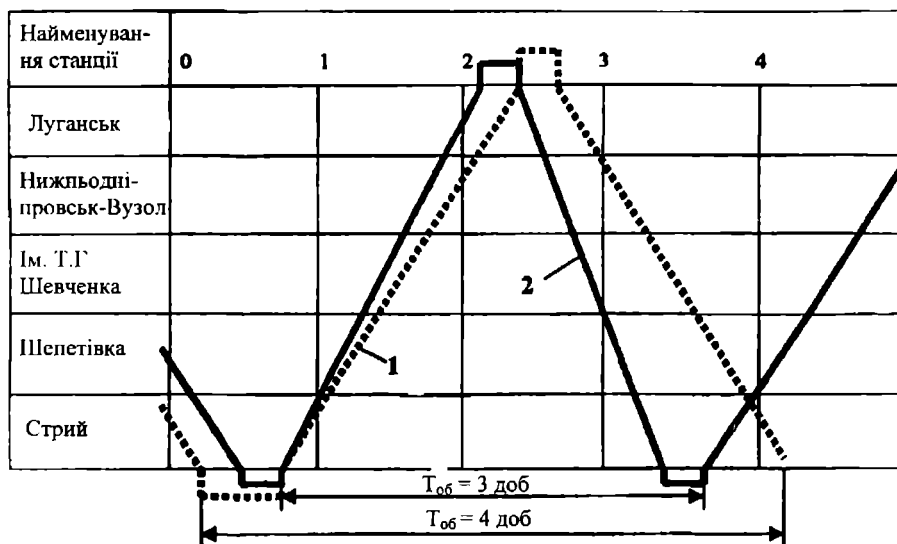


Рис. 1. Схема обороту контейнерного поїзда:  
1, 2 - варіанти прокладки маршруту контейнерного поїзда

При другому варіанті побудови графіка обороту состава можливо скоротити на одну добу, кількість составів щоденного курсування таких поїздів з чотирьох до трьох, час стоянок в напрямку Луганськ - Стрий - на 4,25 год, а в зворотному (Стрий - Луганськ) - на 5,38 год при середній технічній швидкості 54 км/год і збільшенні дільничної швидкості від 41 до 47 км/год.

Вирішальним показником при виборі виду транспорту для вантажних перевезень є собівартість перевезень і зменшення капітальних вкладень в основні оборотні кошти.

Після порівняння цих варіантів (табл. 1, рис.1) кращим є другий варіант.

Таким чином, виконана робота підтверджує, що використання міжнародних транспортних коридорів для контейнерних перевезень означає підвищення рівня економічної незалежності країни і галузі, збільшення валютних надходжень у бюджет за транспортні послуги при транзитних перевезеннях вантажів, можливість за рахунок міжнародних фінансових коштів реконструювати національну транспортну мережу України на основних лініях, що збігаються з міжнародними транспортними коридорами.

Виконана робота досліджує можливості використання залізниць України для організації перевезень контейнерів, перспективність яких доведена світовою практикою.

Стратегія формування транспортних коридорів України включає кілька задач. По-перше, прискорення оборотності торгового, промислового і



фінансового капіталу на основі розвитку рівновеликих збалансованих комунікаційних осей Захід Схід і Північ Південь. По-друге, це "цементування" геополітичних і соціокультурних блоків Західної, Східної і Південної України на основі єдиного економічного і транспортно-географічного простору.

Таблиця 1

## Порівняння варіантів прокладки контрейлерних поїздів

Варіанти	1		2	
Напрямок	Луганськ - Стрий	Стрий - Луганськ	Луганськ - Стрий	Стрий - Луганськ
Відстань, км	1501,9	1501,9	1501,9	1501,9
Загальний час ходу	38-08	37-48	32-25	32-25
Число стоянок	12	12	5	5
Загальний час стоянок	8-16	9-23	4	4
$V_{\text{тех}}$ , км/год	55	53	55	53
$V_{\text{діл}}$ , км/год	41,6	40	47	46,3
$V_{\text{тех сер}}$ , км/год	54		54	
$V_{\text{діл сер}}$ , км/год	41		47	
Оборот, доб.	4		3	

Втретє, необхідне створення Великого комунікаційного кола швидкісних магістралей, що зв'язують столицю держави з найбільшими регіональними, індустріальними центрами і головними морськими воротами країни: Київ – Харків – Донецьк – Дніпропетровськ – Одеса – Львів – Київ. Вчетверте, доцільно виділити проблему відродження транзитних функцій Криму і демілітаризації його портів.

Самим великим і важливим є коридор, що передбачає транспортні зв'язки між портами Білого, Балтійського і Чорного морів зі Східним Середземномор'ям.

Однієї із стратегічних задач України є створення умов для трансконтинентальних напрямків з Європи не тільки в Центральну Азію, але і через Кавказ в Іран і Індію.

Пропуск спеціалізованого поїзда відрізняється від прокладки вантажного поїзда. Особливості прокладки такого поїзда полягають у наступному:

1) спеціалізований поїзд має масу значно нижчу від критичної маси вантажних поїздів на ділянці, що визначається за допомогою тягових розрахунків;

2) надлишок потужності локомотивів використовується для підвищення швидкості руху, у результаті чого ходова швидкість руху контрейлерного поїзда наближається до швидкості пасажирського поїзда; отже, спеціалізований поїзд варто вважати швидкісним вантажним;

3) спеціалізований поїзд не повинен попадати під обгін швидкими пасажирськими поїздами;

4) стоянка спеціалізованого поїзда на станціях, де здійснюється технічне обслуговування, не повинна перевищувати встановленої по технологічному процесу норми;

5) для забезпечення прибуття поїзда на кінцеві станції за розкладом у графіку руху поїздів повинен бути резерв часу.

Виконана робота досліджує можливості використання залізниць України для організації перевезень контейнерів, перспективність яких доведена світовою практикою.

**В третьому розділі** розглядається вибір оптимальної маси вантажних поїздів на ділянках, що формуються на технічних станціях у межах транспортних коридорів.

Норми маси і швидкості руху вантажних поїздів – найважливіші параметри, які багато в чому визначають техніко-економічні показники експлуатаційної роботи залізниць як у поточних умовах, так і на перспективу. У поточних умовах при заданому технічному оснащенні лінії норми маси поїздів встановлюються або максимально можливі до профілю колії і потужності тяги, або до погонного навантаження рухомого складу і корисній довжині станційних приймально-відправних колій, або найвигідніші в даних умовах за техніко-економічними показниками. У перспективі, оптимальні норми маси будуть визначати раціональну довжину станційних приймально-відправних колій, а оптимальне сполучення норми маси і ходових швидкостей – необхідні і найвигідніші параметри тягових засобів.

Питання про вибір оптимальних параметрів експлуатації залізниць постійно є одним з найважливіших питань теорії управління залізничним транспортом. Показниками роботи залізничного транспорту є:

- розміри руху на ділянці чи напрямку;
- ходова і дільнична швидкості руху;
- середньодобовий пробіг локомотивів і вагонів;
- продуктивність вагонів і локомотивів;
- потрібні парки вагонів і локомотивів;
- швидкість доставки вантажів;
- потрібна кількість поїзних локомотивних бригад;
- витрата енергоносіїв на тягу поїздів;
- тривалість маневрової роботи і нагромадження.

Усі ці параметри тісно зв'язані з масою поїзда чи прямо залежать від неї.

Норми маси і ходові швидкості вантажних поїздів визначають рівень наявної і потрібної пропускну здатності ліній, конструктивні особливості і необхідну динамічну міцність рухомого складу, вимоги до постійних технічних пристроїв, у тому числі верхньої будови колії, штучних споруд, пристроїв сигналізації, централізації і блокуванню, оснащення і колійного розвитку станцій. Системний підхід до вирішення такої складної проблеми вимагає комплексного розгляду впливу всіх основних факторів на загальний критерій, що оцінює стан перевізного процесу. Для цього попередньо повинні бути виявлені і математично формалізовані усі внутрішні взаємозв'язки в задачі.

Рішення задачі вимагає розробки наступних основ побудови економіко-математичної моделі:

- загальної методики рішення задачі, підбору та обґрунтування необхідних техніко-економічних нормативів;

- установлення стохастичного взаємозв'язку норми маси, що визначає ходову швидкість чи необхідну потужність тягових засобів, і середніх для них мас поїздів, що визначають розміри руху;

- тягово-енергетичних залежностей показників руху від параметрів керування системою перевізного процесу;

- вибору жорсткої етапності розвитку потужності лінії в перспективі і формалізації параметрів, що визначають кожен етап цього розвитку;

- установлення функціональних залежностей критерію від досліджуваних параметрів керування системою перевізного процесу.

Теоретичний зміст задач полягає в розкритті і математичній формалізації внутрішніх взаємозв'язків, побудові економіко-математичної моделі задачі, дослідженні залежностей результатів рішення від різних факторів. Без такої формалізації неможливо установити параметри технічних пристроїв і рухомого складу, що у сполученні з визначеними способами організації руху покликані забезпечити мінімальні витрати при здійсненні вантажних перевезень за більш-менш тривалий період експлуатації лінії з етапною системою посилення її потужності.

Практичне значення проблеми полягає в тому, що її рішення дає можливість установити оптимальну довжину станційних приймально-відправних колій у перспективі на тих чи інших напрямках і розробити обґрунтований план подовження їх на всьому полігоні мережі, установити оптимальні норми маси і ходові швидкості вантажних поїздів і на їхній основі – оптимальні параметри перспективних локомотивів, а також визначити інші оптимальні технічні показники: необхідну потужність колії і штучних споруд, оснащення станцій, пристроїв сигналізації, централізації, блокування, динамічну міцність рухомого складу, потужність гальмових засобів, тобто визначити показники технічного прогресу залізничного транспорту.

Тягово-енергетичні та експлуатаційно-економічні показники перевізного процесу як визначеного стану фізичної системи характеризується в основному двома масами поїздів: нормою маси (у сполученні з ходовою швидкістю, що визначає необхідну потужність тяги) і середньою масою (що визначає розміри руху). З огляду на це, вибір оптимальної маси поїзда, у тому числі і на перспективу, розпадається власне кажучи на дві взаємозалежні задачі знаходження оптимальної норми маси і відповідної їй середньої маси поїзда. Задача зводиться, таким чином, до вибору оптимальної норми маси при установленому функціональному зв'язку її із середньою масою поїзда.

Забезпечення оптимальної експлуатації залізниць у перспективі має, власне кажучи, наступні аспекти рішення:

- комплексний вибір параметрів оптимальної експлуатації – оптимальних норм маси і ходових швидкостей вантажних поїздів разом з оптимальними

параметрами перспективних локомотивів і подовженням станційних приймально-відправних колій;

вибір оптимального подовження станційних колій при перемінних параметрах тягових засобів і заданих постійних на особливо знайденому оптимальному рівні чи дискретно варійованих у вихідній інформації ходової швидкості і різних по напрямках руху розрахункових поїзних погонних навантажень при заданому характері чи параметрах закону їх розподілу;

вибору оптимальних норм маси і оптимальної довжини станційних приймально-відправних колій при заданих параметрах існуючих чи перспективних локомотивів, а також особливо знайдених при підготовці вихідних даних на оптимальному рівні розрахункових і відповідних їм середніх поїзних погонних навантажень – різних по напрямках руху і для різних типів локомотивів.

Оцінка кожного з варіантів здійснюється відносно приведених річних витрат:

$$E_{np} = E_e + E_n \cdot K, \quad (1)$$

де  $E_e$  – експлуатаційні витрати, грн.;  
 $K$  – капітальні витрати, грн.;  
 $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.  
 Для розрахунку розмірів капітальних витрат використовується формула:

$$K = K_e + K_n, \quad (2)$$

де  $K_e$  – капітальні витрати у вагонний парк, грн.;  
 $K_n$  – капітальні витрати в локомотивний парк, грн.  
 У свою чергу  $K_e = K_{нак} + K_p$ ,  
 де  $K_{нак}$  – капітальні витрати, зв'язані з накопиченням поїздів, грн.;  
 $K_p$  – капітальні витрати, зв'язані з рухом поїздів, грн.  
 У загальному вигляді капітальні витрати будуть виглядати так:

$$K = \frac{K_{np} \cdot C \cdot Q_{бр}}{24 \cdot q_{бр}} C_e + \frac{\Gamma_o \cdot L}{24 V_{ош} \cdot q_{бр}} C_e + \frac{\Gamma_o \cdot L}{24 V_{ош} \cdot Q_{бр}} C_n \quad (3)$$

де  $K_{np}$  – число призначень;  
 $C$  – параметр накопичення;  
 $Q_{бр}$  – середньозважена на напрямку маса поїзда брутто, т;  
 $C_e$  – ціна вагона, грн.;  
 $q_{бр}$  – технічна норма завантаження вагона, т;  
 $\Gamma_o$  – вантажопотік, т;  
 $L$  – довжина ділянки чи напрямку, км;  
 $C_n$  – ціна локомотива, грн.;  
 $V_{ош}$  – дільнична швидкість, км/год.

Число призначень формування при будь-якій масі поїзда і довжині лінії можна визначити за формулою:

$$K_{np} = (0,25 + \frac{1500}{Q_{бр}}) L \cdot K_{вих} \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

де  $K_{вих}$  – вихідне число призначень плану формування поїздів.

У ряді випадків зручніше користатися аналітичним виразом залежності між річною швидкістю і нормою маси поїздів. Перевірка показала наявність між ними прямолінійного кореляційного зв'язку

$$V_{\text{ок}} = a + b \cdot Q_{\text{бр}} \quad (5)$$

де  $a$  й  $b$  - параметри, що характеризують типи локомотивів і профілю колії.

$$E_e = E_{\text{нак}} + E_p \quad (6)$$

$$E_{\text{нак}} = 365 \cdot K_{\text{пр}} \cdot C \cdot \frac{Q_{\text{бр}}}{q_{\text{бр}}} \cdot C_{\text{в2}} \quad (7)$$

$$E_p = \frac{\Gamma_{\text{д}} 365 \cdot L}{Q_{\text{бр}} \cdot \varphi_{\text{н}}} C_{\text{нк}} \quad (8)$$

де  $C_{\text{в2}}$  - вартість вагонно-години;

$C_{\text{нк}}$  - витрати, зв'язані з пробігом поїздів.

Зі збільшенням маси вантажних поїздів ряд експлуатаційних витрат зменшується, а деякі з них ростуть. Крім того, у більшості випадків виникає потреба в капітальних вкладеннях. Тому вибір оптимального значення маси вантажних поїздів на розглянутому напрямку повинен обґрунтовуватися техніко-економічними розрахунками.

Для знаходження екстремуму функції узятя похідна (9), від функції приведених річних витрат щодо маси поїзда, і визначена оптимальна маса, що забезпечує мінімум витрат:

$$E'_n = 0,09125 \frac{LK_{\text{вх}} CC_{\text{в2}}}{q_{\text{бр}}} + \frac{365 \Gamma_{\text{д}} L}{\varphi_{\text{н}}} \times$$

$$\times \left[ \frac{1}{Q_{\text{бр}}^2} \left( \frac{(e_{\text{MH}} + e_{\text{Mh}} K_2)(a + 2bQ_{\text{бр}})}{(a + bQ_{\text{бр}})^2} + \beta_y (e_{\text{MS}} + e_{\text{MH}} + e_{\text{A}} a_{\text{зм}}) + e_{\text{MS}} + e_{\text{Plбр}} P_{\text{л}} \right) + \right.$$

$$\left. + \frac{e_{\text{нН}} b}{q_{\text{бр}} (a + bQ_{\text{бр}})^2} + \frac{E_{\text{н}} L}{q_{\text{бр}}} \left[ \frac{0,25 \cdot 10^{-3} K_{\text{вх}} C C_{\text{в2}}}{24} - \frac{\Gamma_{\text{д}} b C_{\text{в2}}}{24(a + bQ_{\text{бр}})^2} - \frac{\Gamma_{\text{д}} C_{\text{в2}} L(a + 2bQ_{\text{бр}})}{24 Q_{\text{бр}}^2 (a + bQ_{\text{бр}})^2} \right] \right] \quad (9)$$

де  $e$  - видаткові ставки;

$\text{MH}$  - локомотиво-години;

$\text{Mh}$  - бригадо-години локомотивних бригад;

$\text{MS}$  - локомотиво-кілометри;

$a$  - витрати електроенергії;

$\text{Plбр}$  - тонно-кілометри брутто вагонів і локомотивів;

$\text{нН}$  - вагонно-години.

Виконано розрахунки і побудовані графіки залежності маси поїздів від приведених витрат при різних категоріях профілю колії (рис. 2). На підставі цього можна зробити наступний висновок: при профілях I-го й II-го типу оптимальну масу поїзда визначають у залежності від приведених витрат, а при більш складних типах (III і IV) - по потужності локомотива. Максимальне

використання розрахункової сили тяги поїзних локомотивів забезпечує найбільшу провізну спроможність при складних типах шляху.

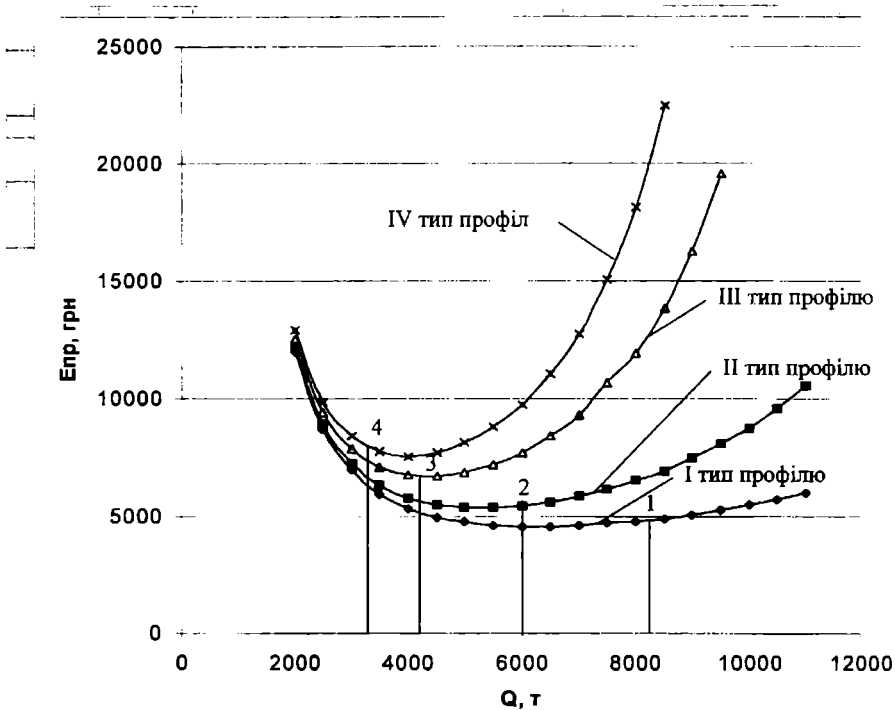


Рис.2. Залежність маси поїзда від приведених витрат при різних типах профілю: 1, 2, 3, 4 – маса поїзда брутто розрахована по потужності локомотива при  $i_p = 4; 6; 9; 12\%$  (відповідно)

У четвертому розділі вирішується задача розробки методики уніфікації маси вантажних поїздів на залізничних напрямках, у тому числі й у межах транспортних коридорів. У загальному вигляді рішення задач уніфікації мас поїздів можна представити як алгоритм (рис. 3). Уніфікація маси на напрямку має своєю метою забезпечити найбільш повне та ефективне використання потужності тягових і технічних засобів при освоєнні заданого вантажопотоку на напрямку, що містить у собі кілька залізничних ділянок. На кожній ділянці може бути своя норма маси вантажного поїзда, що залежить від профілю лінії і засобів тяги. Вибір уніфікованої маси поїзда на напрямку повинен здійснюватися тільки за допомогою техніко-економічних розрахунків, де будуть розглядатися всі можливі варіанти.

Задача на вибір уніфікованої маси поїздів відноситься до класу екстремальних задач, і її рішення вимагає знаходження оптимуму: такої маси, при якій приведені витрати при здійсненні перевезень будуть мінімальними. При

цьому необхідно відзначити, що витрати на виконання перевезень на одноколіїній і двоколіїній ділянці будуть різними.

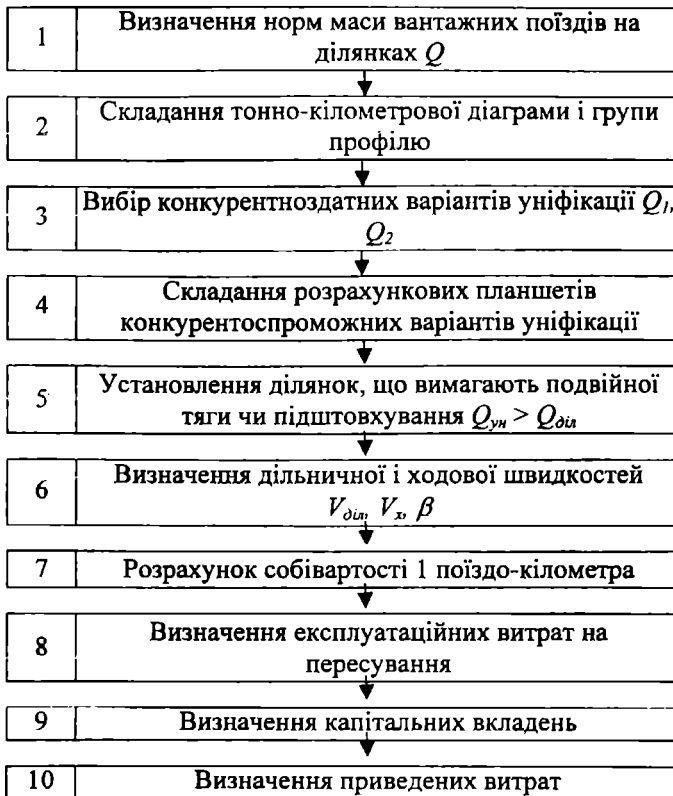


Рис. 3. Алгоритм рішення задачі уніфікації маси поїздів

При уніфікації маси цілком використовувати силу тяги локомотивів можливо лише на окремих ділянках. На інших же ділянках уніфікація маси зв'язана з необхідністю підвищення чи зниження маси поїзда в порівнянні з розрахунковою на даному тяговому плечі.

Потужність тягових засобів можна використовувати або на збільшення маси, або на збільшення швидкості руху поїзда. Факторами, що протидіють підвищенню маси поїздів, є витрати, зв'язані з ростом простоїв вагонів під накопиченням, можливі витрати на подовження станційних колій і додаткові витрати на енергопостачання при електричній тязі, що виникають головним чином на одноколіїйних лініях. На двоколіїйних лініях, у зв'язку зі зменшенням числа поїздів при рості їхньої маси, навантаження на підстанції і контактну мережу змінюються порівняно незначно, крім випадків згущення руху.

Уніфікація маси поїздів набуває особливого значення в зв'язку зі створенням транспортних коридорів. Це пояснюється тим, що розходження розрахункових норм маси на ділянках затрудняє просування составів на далекі відстані, викликаючи необхідність у частих змінах маси поїзда.

Наявність єдиної норми маси значно полегшує роботу станцій, але для її введення необхідно здійснити ряд заходів, що забезпечують досить високу масу поїздів на напрямку.

Уніфіковані маси встановлюються в даний час переважно експертним шляхом, на підставі даних про розміщення локомотивного парку, планованих розмірів і призначення вантажопотоків, що існує, довжини приймально-відправних шляхів. Широке застосування таких заходів щодо уніфікації маси, як подвійна тяга з різним ступенем використання потужності другого локомотива, підштовхування, зниження на ряді ділянок маси поїзда в порівнянні з розрахунковим, застосування рівнобіжних норм мас, впливає на рівень основних експлуатаційних і економічних показників роботи доріг. У зв'язку з цим великого значення набуває порівняльна техніко-економічна оцінка ефективності усунення переломів маси і застосування можливих заходів щодо уніфікації маси в різних експлуатаційних умовах.

У четвертому розділі розроблена методика розрахунку уніфікації маси поїздів на ділянках напрямку.

У п'ятому розділі досліджується колійний розвиток технічних станцій з метою одержання аналітичних закономірностей, що дозволяють визначати потрібну кількість колій у приймально-відправних парках станції, що розташовані в транспортних коридорах, і є головною складовою технології їхньої роботи.

Залізничні станції являють собою складний технічний комплекс, що включає значну кількість взаємодіючих елементів (підходів, внутрішньостанційних ходів, станційних колій, стрілочних горловин і ін.), поєднаних відповідними зв'язками в організаційне ціле. Дослідження такого комплексу або групи його елементів з урахуванням усіх взаємозв'язків складає сутність системного підходу. У першу чергу це відноситься до технічних станцій.

Для практичного використання в результаті досліджень отримана і рекомендується до застосування формула для розрахунку потрібного колійного розрахунку приймально-відправних парків:

$$П = 0,042NT_3 + 0,306\sqrt{NT_3} + 1, \quad (10)$$

де  $N$  - середня кількість поїздів, що надходять за добу;

$T_3$  - середній час зайняття колії поїздом, ч.

Для обчислень  $П$  можна користуватися номограмою, яка представлена на рис. 4.



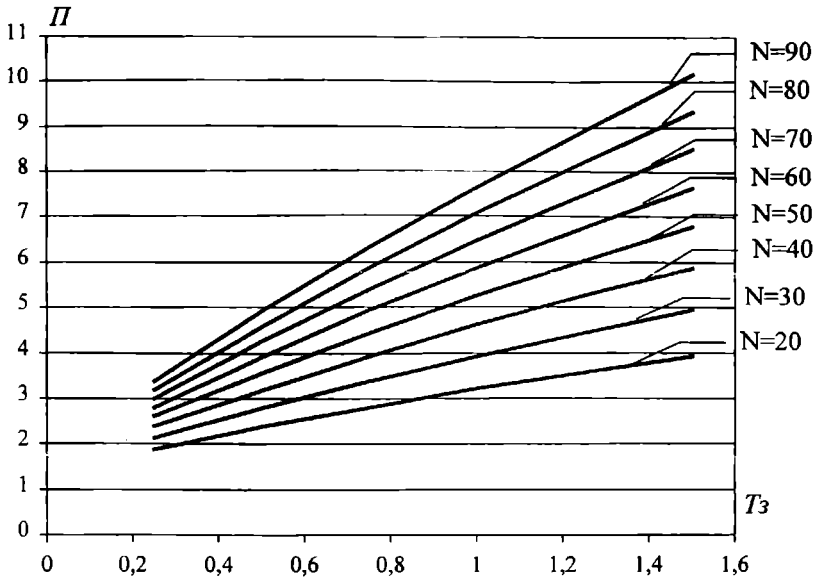


Рис. 4. Номограма для визначення кількості колій у парку

У додатку приведені результати обробки статистичних спостережень, приклади рішень задач, алгоритм програми і програма.

#### Висновки

Дисертаційна робота присвячена рішенням актуальній для залізничного транспорту проблемі підвищення ефективності функціонування транспортних коридорів шляхом оптимізації маси вантажних поїздів і колійного розвитку технічних станцій.

Виконана робота підтверджує, що використання міжнародних транспортних коридорів для контейнерних перевезень означає підвищення рівня економічної незалежності країни і галузі, збільшення валютних надходжень у бюджет за транспортні послуги, при транзитних перевезеннях вантажів і пасажирів, можливість за рахунок міжнародних фінансових засобів реконструювати національну транспортну мережу України на основних лініях, що збігаються з міжнародними транспортними коридорами.

На підставі проведених у дисертаційній роботі досліджень можна зробити такі висновки:

1. Розроблено технологію пропуску спеціалізованих поїздів у межах транспортних коридорів. Розроблено графіки руху контейнерних поїздів на напрямках Стрий-Луганськ, Іллічевськ Хутір-Михайлівський і Кучурган Хутір-Михайлівський. Застосування цієї технології дозволяє скоротити час доставки вантажів, збільшити пропускну спроможність залізничних напрямків.

2. У роботі вирішені питання оптимізації маси вантажних поїздів на ділянках. Проблема вибору норми маси поїздів за економічними показниками відноситься до класу екстремальних задач. Економічна ефективність підвищення маси поїзда виражається в зниженні витрат, зв'язаних з пересуванням поїзда по ділянці. При збільшенні маси поїзда збільшуються витрати, зв'язані з накопиченням у місцях формування поїздів, причому, ці витрати збільшуються зі збільшенням маси поїзда. У той же час при однаковій масі поїзда, але різних за потужністю локомотивах найбільш ефективний варіант із більш потужним локомотивом, тому що в локомотива з більшою потужністю вища ходова, а отже і дільнична швидкість, а витрати на накопичення однакові. Оптимальна маса поїздів забезпечує мінімальні витрати, пов'язані з їх пересуванням.

3. Розроблена методика розрахунків і отримані залежності маси поїздів від приведених витрат при різних категоріях профілю колії. Отримані результати свідчать, що для електровозів змінного і постійного струму при профілях I-го і II-го типу оптимальну масу поїзда визначають у залежності від приведених витрат, а при більш складних типах (III і IV) і для тепловозів (при всіх типах профілю) за потужністю локомотива. Встановлено, що максимальне використання розрахункової сили тяги вантажних локомотивів забезпечує найбільшу провізну спроможність при складних типах колії.

4. Розроблено методику розрахунку уніфікованої маси поїздів на ділянках напрямку, яка враховує підбір і розміщення локомотивів, ділянок їх обертання, техніко-економічні умови утворення і просування поїздів, що має особливе значення в зв'язку зі створенням транспортних коридорів. Ця методика рекомендується до використання для розрахунків уніфікованих мас поїздів на залізничних напрямках, а також в навчальному процесі.

5. Встановлено, що нерівномірність надходження поїздів впливає на роботу станцій і повинна враховуватися як при розробці технологічних процесів, так і при рішенні питань технічного оснащення станцій, розташованих у межах транспортних коридорів. Для розрахунку кількості колій у парках станції отримані аналітичні залежності і складені номограми, що дозволяє значно полегшити розрахунок потрібної кількості приймально-відправних колій у парках технічних станцій.

#### **Список опублікованих праць за темою дисертації:**

1. Савенко А.С., Музыкина Г. И. К расчету количества путей в парках станции // *Залізничний транспорт України*. - 1999, № 4. - С. 15-17.

2. Савенко А.С., Музыкина Г.И. Экономическая эффективность контрейлерных перевозок на железных дорогах Украины // *Залізничний транспорт України*. - 1999, № 5. - С. 22-23.

3. Музыкина Г.И. Исследование надежности работы станционных парков и их путевого развития // *Транспорт: 36.наук.пр.* Вып. 5. Днепропетровск: «Наука і освіта». - 2000. - С. 57-61

4. Савенко А.С., Музыкина Г.И. Оптимизация массы грузовых поездов на участках // *Транспорт: 36.наук.пр.* Вып. 8 Днепропетровск: ДИИТ. - 2001. - С. 93-97.

5. Савенко А.С., Музыкина Г.И. Роль человека в безопасности движения // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2001, № 4. С.119-120.

Додаткові праці:

1. Савенко А.С., Музыкина Г.И. Исследование надежности работы станционных парков и их путевого развития // Праці третьої Міжнародної конференції «Наука і освіта – 2000». – Том 2. – Дніпропетровськ: Наука і освіта.-2000. – С.3-5.

2. Савенко А.С., Музыкина Г.И. Повышение экологической безопасности за счет внедрения контейнерных перевозок в транспортных коридорах // Труды второй научно-практ.конф. «Безопасность движения поездов». – М.: МИИТ. – 2000. – С. VII-17.

3. Савенко А.С., Музыкина Г.И. Оптимизация массы грузовых поездов на участках // Труды Международной научно-практ.конф. «Актуальные проблемы развития транспортных систем и строительного комплекса». – Гомель: БелГУТ. – 2001. – С. 168-169.

4. Савенко А.С., Музыкина Г.И. Исследование надежности работы станционных парков и их путевого развития // Труды Международной конференции «Транспорт XXI века». – Варшава. – 2001. – С. 283-288.

#### АНОТАЦІЯ

Музикіна Г.І. Оптимізація маси вантажних поїздів і колійного розвитку технічних станцій у транспортних коридорах. – Рукопис.

Дисертація на здобуття ученого ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту, 2002.

Дисертація присвячена оптимізації маси вантажних поїздів і колійного розвитку технічних станцій у транспортних коридорах. Розглянуто питання ефективності контейнерних перевезень на залізницях України, вибору оптимальної й уніфікованої маси вантажних поїздів на ділянках у межах транспортних коридорів, а також досліджується шляховий розвиток технічних станцій.

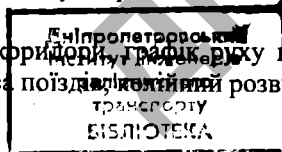
Уніфікація маси поїздів здобуває особливе значення в зв'язку зі створенням транспортних коридорів. Це пояснюється тим, що розходження розрахункових норм маси на ділянках затрудняє просування составів на далекі відстані, викликаючи необхідність у частих змінах маси поїзда.

Розроблено методику розрахунку уніфікації маси поїздів на ділянках напрямку.

Нерівномірність надходження потягів впливає на роботу станцій і повинна враховуватися як при розробці технологічних процесів, так і при рішенні питань технічного оснащення станцій, розташованих у межах транспортних коридорів.

Для розрахунку кількості колій у парках станції отримані аналітичні залежності і складені номограми.

Ключові слова: транспортні коридори, графік руху поїздів, математична модель, уніфікація, оптимізація, маса поїзда, колійний розвиток, номограма.



Е-12220

## АННОТАЦИЯ

Музыкина Г.И. Оптимизация массы грузовых поездов и путевого развития технических станций в транспортных коридорах. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – Эксплуатация и ремонт средств транспорта. Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта, 2002.

Диссертация посвящена оптимизации массы грузовых поездов и путевого развития технических станций в транспортных коридорах. Рассмотрены вопросы эффективности контрейлерных перевозок на железных дорогах Украины, выбора оптимальной и унифицированной массы грузовых поездов на участках в пределах транспортных коридоров, а также исследуется путевое развитие технических станций.

Возрастающая потребность в сокращении транспортных расходов приводит к необходимости внедрения перевозочных технологий, сочетающих относительно высокую скорость, при минимальных приведенных расходах, связанных с перевозочным процессом.

Постоянная либерализация цен на энергоносители требует перехода к топливо-сберегающим технологиям транспортировки грузов, к числу которых относятся комбинированные перевозки, в том числе и контрейлерные.

При внедрении контрейлерных перевозок мы сможем решить следующие задачи:

- соединение преимуществ двух доминирующих видов транспорта маневренности и скорости автомобильного транспорта с большой производительностью выгодного и безопасного железнодорожного транспорта;
- значительное снижение загрязненности окружающей среды;
- существенное уменьшение расхода автомобильного топлива;
- обеспечение сохранности автомобильных дорог;
- снижение вероятности дорожно-транспортных происшествий связанных с движением по магистралям большегрузных автопоездов.

Экономическая эффективность повышения массы поезда выражается в снижении затрат, связанных с передвижением поезда по участку и накоплением их в местах формирования. При одинаковой массе поезда, но разных по мощности локомотивах наиболее эффективен вариант с более мощным локомотивом, так как у локомотива с большей мощностью выше ходовая, а следовательно и участковая скорости, а затраты на накопление одинаковы.

Унификация массы поездов приобретает особое значение в связи с созданием транспортных коридоров. Это объясняется тем, что различие расчетных норм массы на участках затрудняет продвижение составов на дальние расстояния, вызывая необходимость в частых изменениях массы поезда.

Разработана методика расчета унификации массы поездов на участках направления.

Неравномерность поступления поездов оказывает существенное влияние на работу станций и должна учитываться как при разработке технологических

процессов, так и при решении вопросов технического оснащения станций, расположенных в пределах транспортных коридоров.

Для расчета количества путей в парках станции получены аналитические зависимости и составлены номограммы.

Ключевые слова: транспортные коридоры, график движения поездов, математическая модель, унификация, оптимизация, масса поездов, путевое развитие, номограмма.

## THE SUMMARY

Muzykina G.I. Optimization of freight train masses and ways of development of technical stations in transport corridors. – Manuscript.

Thesis for a candidate's degree by speciality 05.22.20 – Operation and repair of transportation facilities. – Dnipropetrovsk State Technical University of Railway Transport, Dnipropetrovsk, 2002.

The thesis is devoted to optimization of masses of freight trains and ways of development of technical stations in transport corridors.

The results of research of transport corridors development on the territory of Ukraine on an example of Lugansk – Stryi direction are presented. As a result, various parameters of contrailer train operation have been determined.

The technique of calculation of unification of train masses on the direction sections has been developed.

The irregularity of train arrivals affects essentially the operation of stations and should be taken into consideration during both the development of technological processes and the solution of problems of technical equipping the stations located within the transport corridors.

In order to calculate the quantity of rail tracks in yards, the analytical dependences have been obtained and the nomographic charts have been created.

Keywords: transport corridors, train schedule, mathematical model, unification, optimization, mass of trains, rail track development, nomographic chart.

НТБ  
ДНУЗТ

Музикіна Галина Іванівна

ОПТИМІЗАЦІЯ МАСИ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ І КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ  
ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ У ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРАХ

Автореферат

Підписано до друку 4.02.2002  
Формат 60х84 1/16. Папір для множильних апаратів. Різограф.  
Ум.др.арк. 1,0. Обл.-вид.л.1,0. Тираж 100 екз.  
Замовлення № 19. Безкоштовно.

Дніпропетровський державний технічний  
університет залізничного транспорту

Адреса університету і ділянки оперативної поліграфії:  
49010, Дніпропетровськ, вул. Акад.Лазаряна, 2