

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Бех Петро Вікторович

УДК 656.225.073.235

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2006

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент Музикіна Галина Іванівна,

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка

В.Лазаряна, доцент кафедри “Управління експлуатаційною роботою на залізничному транспорті”

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Нагорний Євген Васильович, Харківський національний автодорожній університет, завідувач кафедри транспортних технологій

кандидат технічних наук, доцент Яновський Петро Олександрович, Державне підприємство “Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України”, головний науковий співробітник відділу транспортних технологій

Провідна установа: Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля Міністерства освіти і науки України, м. Луганськ, кафедра транспортних технологій

Захист відбудеться “12” жовтня 2006 р. о 14.10 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Акад. Лазаряна, 2.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Акад. Лазаряна, 2

Автореферат розісланий “08” вересня 2006 р.

Учений секретар

спеціалізованої вченої ради

І.В.Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дисертації. Одним з найважливіших сегментів транспортного ринку є перевезення контейнерних вантажів. В умовах загострення конкурентної боротьби в галузі контейнерних перевезень велика увага приділяється оптимізації, плануванню, організації та управлінню роботою транспорту промислових вузлів, в яких переробляються масові контейнеропотоки, ведеться пошук ефективних проектних, технічних, технологічних і організаційних рішень.

Зростаюча потреба в скороченні транспортних витрат приводить до необхідності впровадження перевізних технологій, які поєднують швидкість і помірну вартість доставки вантажів.

У дисертаційній роботі вирішується проблема переходу на найбільш економічні і прогресивні технології формування і пропуску контейнерних потоків на станціях, дільницях та напрямках, які відповідають вимогам ринку.

В зв'язку з вищевикладеним тема дисертаційної роботи актуальна і її виконання сприяє покращенню техніко-економічних показників використання рухомого складу, особливо в сучасних умовах роботи залізниць України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до головних напрямків розвитку науки і техніки, Закону України про наукову і науково-технічну діяльність, відповідно до щорічних координаційних планів НДДКР “Укрзалізниця”, концепції і Програми реструктуризації на залізничному транспорті України, затвердженої рішенням Колегії Міністерства транспорту України (протокол №30 від 18.08.1998 р.), Концепції реформування транспортного сектора України.

Обраний напрямок досліджень пов'язаний з планом виконання науково-дослідних робіт у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна в галузі дослідження і вибору оптимальних параметрів експлуатації залізниць: “Розробка проекту державної цільової програми розвитку залізничного вантажного рухомого складу” (договір №12.01/НДЧ-47/01-897.01-ЦТех, №ДР 0101U002586), “Всебічний логістичний аналіз відкритої залізничної лінії, яка з'єднує м. Гданськ з м. Одесою для перевезення уніфікованого і об'ємного вантажу в багатофункціональній транспортній системі між регіонами Балтійського та Чорного морів” (договір № М/145-2004-44.16.04.05, №ДР 0104U008408), “Удосконалення технології роботи станції Запоріжжя-Ліве” (договір № ПР/НТО-06586/НЮ, №ДР 0106U006499), “Уніфікація маси та швидкості руху поїздів на напрямках Кримської дирекції в ув'язці з напрямком Синельникове-Мелітополь-Джанкой з метою використання результатів розрахунків для побудови графіків руху поїздів” (договір

№ ПР/НТО-06587/НЮ, №ДР 0106U006500), за якими автор є виконавцем. В рамках цих робіт автором розроблено математичне та програмне забезпечення для розв'язання задач, пов'язаних з організацією та пропуском контейнеропотоків.

Мета та задачі дослідження. *Метою роботи є удосконалення експлуатаційної роботи з організації контейнеропотоків та підвищення ефективності контейнерних перевезень на мережі залізниць України.*

Поставлена мета досягається в результаті розв'язання наступних *задач*:

- прогнозування обсягів внутрішніх та транзитних контейнеропотоків на мережі залізниць України;
- побудова математичної моделі процесу контейнерних перевезень на транспортній мережі регіону;
- формалізація задачі оптимізації процесу транспортування контейнерних вантажів та її розв'язання з використанням сучасних оптимізаційних алгоритмів;
- обґрунтування економічної доцільності запропонованих заходів з розробкою практичних рекомендацій щодо технології роботи на транспортних полігонах;
- реалізація розроблених методик у вигляді програмного забезпечення.

Об'єктом дослідження є технологія формування та пропуску контейнерних потоків.

Предметом дослідження є контейнеропотоки, закономірності їх формування, а також моделі, методи і алгоритми розвитку контейнерних потоків транспортного полігону.

Для вирішення поставлених задач використовуються наступні *методи дослідження*: математична статистика та прогнозування для визначення обсягів контейнеропотоків; системний аналіз, теорія графів, теоретичні основи перевезення вантажів для побудови математичної моделі процесу контейнерних перевезень; лінійне програмування, теорія управління та методи векторної оптимізації для пошуку оптимального варіанту організації процесу транспортування контейнерних вантажів; економічний аналіз для обґрунтування доцільності запропонованих заходів.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше формалізовано багатокритеріальну задачу організації контейнеропотоків, що враховує інтереси залізниці та вантажовідправників і розроблено методику її розв'язання на основі методів векторної оптимізації;
- удосконалена математична модель для описання системи контейнерних перевезень в частині оптимізації маси, швидкості і дальності руху контейнерних поїздів, при змінних маршрутах слідування;

- одержала подальший розвиток методика визначення собівартості контейнерних перевезень та розрахунку доцільності призначення контейнерних поїздів, яка враховує масу цих поїздів та вид локомотивної тяги.

Практичне значення отриманих результатів. На основі розроблених в роботі методик, моделей та алгоритмів реалізовано:

- програмне забезпечення для вирішення задач вибору раціональної організації контейнеропотоків та визначення найбільш сприятливих для вантажовідправників маршрутів слідування контейнерних потоків;

- розроблено рекомендації з розрахунку собівартості контейнерних перевезень.

Результати дисертаційних досліджень впроваджені у перевізному процесі Придніпровської залізниці та в роботі Українського державного центру транспортного сервісу “Ліски”, що підтверджується актами, наведеними в дисертації. Також результати роботи використовуються в учбовому процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при вивченні дисципліни “Організація вантажної та комерційної роботи на залізничному транспорті”.

Особистий внесок здобувача.

Усі теоретичні й експериментальні дослідження, приведені в роботі, отримані автором самостійно. Публікація [1] підготовлена без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, дисертанту належить:

- у роботах [2, 12] розроблена методика організації руху вантажних поїздів за твердим графіком – як спосіб підвищення рентабельності і конкурентоспроможності залізничного транспорту на основі покращення якості обслуговування, удосконалення тарифної політики, технології і організації вантажних перевезень;

- у роботах [3, 6, 8, 11] запропонована структура моделі процесу контейнерних перевезень та методика оптимізації перевезень контейнерів прискореними поїздами;

- у роботах [4, 9] запропоновано методику розрахунку собівартості контейнерних перевезень;

- у роботах [5, 10] розроблена математична модель для формалізації процесу контейнерних перевезень, як задачі векторної оптимізації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи повідомлені та обговорені на 3-й, 4-й та 5-й міжнародних конференціях “Проблеми економіки транспорту” (Дніпропетровськ, ДІТ, 2003, 2005, 2006); 7-й міжнародній конференції “Ефективне формування національної мережі міжнародних транспортних коридорів” (Одеса, 2003); 2-й науково-практичній конференції “Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління” (Київ, КУЕТТ, 2004); 65-

й та 66-й міжнародних науково-практичних конференціях “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту” (Дніпропетровськ, ДПТ, 2005, 2006); 3-й науково-практичній конференції “Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління” (Київ, КУЕТТ, 2005).

У повному обсязі дисертація доповідалася і була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі кафедр “Управління експлуатаційною роботою на залізничному транспорті”, “Станції і вузли”, “Автоматика, телемеханіка та зв'язок на залізничному транспорті” Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна.

Публікації. Результати дисертації опубліковані в 13 друкованих працях, у тому числі 5 статей в фахових наукових виданнях за переліком ВАК України, 6 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, що викладені на 148 сторінках, які містять 25 рисунків, 13 таблиць, списку використаних джерел зі 124 найменувань, що викладений на 12 сторінках, 8 додатків на 33 сторінках. Повний об'єм дисертації складає 195 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

У першому розділі проведено аналіз стану контейнерної системи, вітчизняний і закордонний досвід розвитку контейнерних перевезень.

Участь України в міжнародному транспортному ринку, складовою частиною якого є транспортні коридори, дає підставу здійснювати в їхніх межах контейнерні перевезення. Контейнеризація складає одну з основних тенденцій розвитку транспортування вантажів. Щоб не залишитися на узбіччі міжнародних транспортних шляхів, Україні необхідно нарощувати свій потенціал щодо перевезення і переробки контейнерів.

Аналіз тенденцій переробки контейнерів у портах світу на протязі останніх 30 років показує, що переробка контейнерів у портах зростала в середньому в 1,6 разу кожні п'ять років. Простежується тенденція збереження таких темпів.

Проблеми створення системи організації вантажо- та контейнеропотоків, складання планів перевезень, розробки плану формування вантажних поїздів розглянуті в роботах

В.М. Акулиничева, Е.В. Архангельского, К.А. Бернгарда, Л.В. Канторовича, А.Ф. Бородіна, В.К. Буянової, В.К. Долі, М.Д. Іловайского, Г.І.Нечаєва, В.Т. Осипова, А.П. Петрова, А.А. Босова, В.І. Бобровського, Є.В.Нагорного, В.Я.Негрея, В.М. Самсонкіна, П.О.Яновського, А.М. Котенка, В.М. Кулешова, М.І. Луханіна, В.К.Мироненка, І.Ю. Левицького, В.М.Мірошніченка, Г.І. Музикіної, І.Б.Сотникова, Е.А.Сотникова, І.Г.Тихомирова, М.П.Топчієва, Є.М.Шафіта, М.Р.Ющенко.

У літературі по економіці і управлінню складних систем питання розробки логістичних систем ще не знайшли належного висвітлення. А в тих літературних джерелах, де ці питання розглядаються, мова йде, в основному, про технічну надійність елементів систем, а деякі економічні вимоги враховуються тільки в якості локальних критеріїв.

В другому розділі проведена формалізація процесів функціонування контейнерної транспортної системи і показників, які впливають на її стан. Проведено прогнозування обсягів внутрішніх та транзитних контейнеропотоків на мережі залізниць України.

Попит на ринку транспортних послуг визначається специфікою транспортного виробництва. Відносно моменту часу його можна диференціювати наступним чином (рис. 1).

Контейнерний спосіб перевезення істотно спрощує виконання ряду допоміжних операцій. З їхнього числа виключається в перевалочних пунктах переважування вантажів, рахунок місць, перевірка упакування; передача вантажу заміняється передачею контейнера.

Одним з основних показників, що характеризують якість використання контейнерів у часі, є оборот контейнера.

В оперативному плануванні роботи з контейнерами на станції важливе значення має вивчення закономірностей коливання основних показників їхнього використання, таких як навантаження, вивантаження, робочий парк контейнерів. Для оптимального прогнозування можуть бути застосовані різні методи, а саме: кореляційного аналізу, побудови тимчасових рядів, експертних оцінок і інші. У дисертації застосований метод багатофакторного кореляційного аналізу, що дозволяє не тільки досліджувати розподіл випадкових величин, але і визначити ступінь і форму впливу однієї на іншу.

З метою визначення актуальності вирішення питань підвищення ефективності технологічних процесів при залізничних контейнерних перевезеннях був проведений статистичний аналіз і прогнозування транзитних контейнерних перевезень.

Розглянувши трендову модель функції (рис.2), можна зробити такі висновки: у наступному періоді часу варто очікувати зростання кількості перевезень та кількість перевезень у кінці кожного року має постійну тенденцію до зростання.

Відсутність застосування принципів логістики при перевезенні вантажів у контейнерах негативно впливає на поліпшення обслуговування власників вантажів, збільшують терміни їхньої доставки, знижує конкурентноздатність залізниць.

Рис.1. Класифікація та трансформація попиту на ринку перевезень вантажів

Прогнозування контейнерних перевезень дозволяє встановити (з вірогідністю 0,95-0,98) потребу в технічних засобах для контейнерних терміналів (контейнерів, вагонів, навантажувально-розвантажувальних машин, автомобілів, тягачів, півприцепів та ін.), а також дозволяє отримати більш достовірні результати оперативного планування.

Рис. 2. Трендова модель функції $y_t = a_0 + a_1 t$ в графічному вигляді

У третьому розділі розроблено комплекс математичних моделей функціонування контейнерних систем, сформульовано та вирішено оптимізаційні задачі контейнерних перевезень.

Обмеженнями при оптимізації контейнеропотоків є: переробна спроможність контейнерних пунктів, пропускна спроможність залізничних ділянок, перевалочних комплексів в морських портах та на прикордонних станціях.

Задача оптимізації по критерію вартості перевезень має вигляд

$$\sum_{i=1}^{k+n} \sum_{j=1}^{k+m} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

при обмеженнях

$$\sum_{j=1}^{k+m} x_{ij}^r \leq a_i^r, 1 \leq r \leq R, k+1 \leq i \leq k+n, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{k+n} x_{ij}^r \leq b_j^r, 1 \leq r \leq R, k+1 \leq j \leq k+m, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{k+n} p_{ij} x_{ij} - \sum_{i=1}^{k+m} p_{ij} x_{ij} = 0, 1 \leq j \leq k, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{k+n} p_{ij} x_{ij} \leq Q_j, 1 \leq j \leq k, \quad (4)$$

$$0 \leq x_{ij} \leq s_{ij}, 1 \leq i \leq k+n, 1 \leq j \leq k+m. \quad (5)$$

Тут n – число відправників контейнерних вантажів; m – число отримувачів контейнерних вантажів; k – число станцій сортування контейнерів; R – кількість типів контейнерів, x_{ij}^r – кількість r -них контейнерів, що доставляються з i -го пункту в j -й; c_{ij} – витрати на перевезення одного контейнера з пункту i в пункт j . Обмеження (1) та (2) показують наявність навантажених контейнерів у відправника і потребу контейнерних вантажів (в контейнерах)

під вивантаження у отримувача відповідно. Обмеження (3) вимагає, щоб контейнери не скупчувались на вузлових станціях. Нерівності (4) та (5) описують пропускну спроможність вузлових станцій та діляниць відповідно.

Математичною моделлю мережі є граф, у якого перелік вершин V відповідає пунктам мережі, а перелік ребер E відображає наявність колій між пунктами.

Всі вершини V розбивались на дві підмножини V_+ та V_- . Вершини з множини V_+ виступали в якості джерела вантажу, а вершини з V_- являлись споживачами вантажів. Цей розподіл є природним, коли мова йде про конкретний вид вантажів. Однак, коли вантажо-потік виміряти в вагонах або контейнерах, то кожна з вершин може виступати як джерело, так і споживач.

Крім матриці P_{ij} мережа характеризується довжиною ребер $L(e)$, $e \in E$, яка відповідає відстані між пунктами, що з'єднують ребро e .

Нехай W_{ij} представляє собою набір простих шляхів з вершини i в вершину j , а через $X_{ij\omega}$ позначимо потік від i в j по шляху $\omega \in W_{ij}$, тоді повинно виконуватись обмеження

$$\sum_{\omega \in W_{ij}} X_{ij\omega} = P_{ij}, \quad i, j \in V. \quad (6)$$

Якщо позначити через $I_{\omega}(e)$ індикатор ребра e на шляху ω , то повинно мати місце

$$\sum_{i, j \in V} \sum_{\omega \in W_{ij}} X_{ij\omega} I_{\omega}(e) \leq \bar{N}(e), \quad e \in E, \quad (7)$$

де $C(e)$ - пропускна здатність ребра e .

В якості показника раціональності розподілу потоку приймаємо

$$Pr = \sum_{i, j \in V} \sum_{\omega \in W_{ij}} X_{ij\omega} L(\omega), \quad (8)$$

де $L(\omega)$ довжина шляху ω .

Якщо швидкості руху постійні, то показник Pr буде характеризувати час, який вантажі знаходяться в процесі доставки. Більш того, даний час може бути визначено, якщо ввести середню швидкість доставки $x(\omega)$ по шляху ω . Тоді показник Pr повинен вираховуватись за формулою

$$Pr = \sum_{i, j \in V} \sum_{\omega \in W_{ij}} X_{ij\omega} L(\omega) / v(\omega). \quad (9)$$

Сформульована задача при заданому графі $G(V, E)$ представляє собою задачу лінійного програмування. В цій задачі важливим елементом є побудова простих шляхів W_{ij} з вершини i в вершину j , а також визначення індикатору $I_{\omega}(e)$. Введемо ще один показник мережі $L(E)$ - сумарну довжину мережі.

Виникає задача знайти таку підмережу початкової мережі, щоб сумарна довжина була що найменша.

Відносно підмережі маємо на увазі, що перелік вершин такий же як і у початкової мережі, а множина ребер є підмножиною E .

Таким чином, приходимо до задачі векторної оптимізації

$$\begin{pmatrix} L(\tilde{E}) \\ \text{Pr}(\tilde{E}) \end{pmatrix} \rightarrow \min \quad (10)$$

при умові що, $P_r(\tilde{E})$ є рішенням задачі типу (6)-(8) на графі $G(V, \tilde{E})$.

Відмітимо, що якщо є два графа $G(V, E_1)$ та $G(V, E_2)$, то будемо говорити, що граф $G(V, E_1)$ кращий графа $G(V, E_2)$, якщо виконуються нерівності

$$\begin{pmatrix} L(E_1) \leq L(E_2) \\ \text{Pr}(E_1) \leq \text{Pr}(E_2) \end{pmatrix}, \quad (11)$$

причому має місце хоча б одна строга нерівність.

Нерівності (11) визначають бінарне відношення Парето.

У випадку, коли має місце співвідношення

$$\begin{pmatrix} L(E_1) \leq L(E_2) \\ \text{Pr}(E_1) \geq \text{Pr}(E_2) \end{pmatrix} \text{ або } \begin{pmatrix} L(E_1) \geq L(E_2) \\ \text{Pr}(E_1) \leq \text{Pr}(E_2) \end{pmatrix},$$

то говорять, що ці графи непорівнювальні за Парето.

Визначення. Під рішенням задачі векторної оптимізації (10) будемо розуміти набір графів, які між собою непорівнювальні за Парето.

Твердження 1. Якщо два графи $G(V, E_1)$ та $G(V, E_2)$ такі, що $E_1 \subset E_2$, то вони непорівнювальні за Парето.

Наслідок. Нехай $E_1 \subset E_2 \subset \dots \subset E_n$, тоді графи $G(V, E_k)$, $k \in \overline{1, n}$ непорівнювальні за Парето.

Твердження 2. Якщо граф $G(V, E_*)$ такий, що його сумарна довжина $L(E_*)$ мінімальна, і при ньому задача (6)-(8) має рішення, то множини $E_1=E_*$, $E_2=E_1 \cup \{e_1\}$, \dots , $E_k=E_{k-1} \cup \{e_{k-1}\}$, \dots , $E_n=E_{n-1} \cup \{e_{n-1}\}=E$ можуть служити оцінкою рішення задачі векторної оптимізації (10) при умові, що ребра e_1, e_2, \dots, e_{n-1} упорядковані за довжиною.

В силу даного твердження можна запропонувати алгоритм наближеного рішення задачі векторної оптимізації (10):

П1. упорядковуємо множину ребер E за їх довжиною.

П2. вирішуємо задачу (6)-(8) на графі $G(V, E)$. Якщо рішення немає, то роботу алгоритму закінчуємо.

ПЗ. Формуємо множину $E_1 = E \setminus \{e\}$, де e - ребро максимальної довжини з E та вирішуємо задачу (6)-(8) на графі $G(V, E_1)$, якщо ця задача має рішення, то будуємо $E_2 = E \setminus \{e\}$, де e - ребро максимальної довжини з множини E_1 і так далі.

Множини $E, E_1, E_2, E_n = E^*$ і будуть тими, що вказані в твердженні 2.

Як слідує з рис. 3, значення $P_r(\tilde{E})$ буде знаходитись десь між точками A і B , так як

$$P_r(\tilde{E}_{k+1}) \leq P_r(\tilde{E}) \leq P_r(\tilde{E}_k)$$

Рис. 3. Геометрична інтерпретація співвідношень в просторі функціоналів для множин.

Якщо в цих нерівностях буде мати місце строга нерівність, то тоді множини $\{E_k\}$ в просторі функціоналів L та P_r утворюють випуклу лінійну оболонку точного рішення задачі (10). Для цього твердження достатньо мати

$$P_r(E_{k+1}) \leq P_r(\tilde{E}) \leq P_r(E_k) \quad (12)$$

У випадку, коли

$$\Pr(E_{k+1}) = \Pr(\tilde{E}),$$

то необхідно множину E_{k+1} замінити на \tilde{E} і перейти до розгляду E_{k+2} і т. д.

Якщо \tilde{E} допустимо за пропускну здатністю, то якщо добавка будь-якого ребра з $E \setminus \tilde{E}$ приводить до співвідношення

$$P_r(\tilde{E}) > P_r(\tilde{E} \cup \{e\})$$

де $e \in E \setminus \tilde{E}$, то цього уже достатньо, щоб мало місце (12).

При формулюванні задачі (6)-(8) суттєво використовувалась множина W_{ij} - набір простих шляхів з вершини i в вершину j . Розглянемо більш детально процедуру побудови даної множини. На рис. 4 представлено граф $G(V, E)$, у якого вісім вершин і десять ребер.

Рис. 4. Модельний граф

Довжини ребер представляють собою $l(e_1)=2; l(e_2)=1; l(e_3)=3; l(e_4)=6; l(e_5)=11; l(e_6)=1; l(e_7)=17; l(e_8)=31; l(e_9)=21; l(e_{10})=15;$

Тоді набір простих шляхів з вершини $i=1$ в вершину $j=2$ представляє собою:

$\omega_1 = [1, 2]$ в термінах вершин або $\omega_1 = \{e_1\}$ в термінах ребер, а інші шляхи будуть

такими:

$$\omega_2 = [1, 6, 5, 2] = \{e_2, e_4, e_8\}; \quad \omega_3 = [1, 6, 5, 4, 3, 2] = \{e_2, e_3, e_5, e_6, e_8\};$$

$$\omega_4 = [1, 6, 5, 7, 8, 4, 3, 2] = \{e_2, e_3, e_5, e_7, e_8, e_9, e_{10}\}.$$

Зазначимо, що шлях в термінах ребер є множиною, тому порядок їх слідування не співпадає з дійсним шляхом. Так, наприклад $w_4 = [1, 6, 5, 7, 8, 4, 3, 2]$ як список ребер являє

собою $[e_2, e_8, e_9, e_{10}, e_7, e_5, e_3]$, а як множина $\{e_2, e_3, e_5, e_7, e_8, e_9, e_{10}\}$, яку одержують зі списку впорядкуванням за номерами ребер.

Рішення задачі (10) може бути оцінено по викладеному алгоритму і маємо можливість вирішити задачу вибору графа, а відповідно і транспортної мережі для вантажних перевезень, зокрема і контейнерів.

Нехай цьому графу відповідає набір ребер E . Розглянемо задачу вибору раціональних простих шляхів доставки з пункту i в пункт j обсягу перевезень Q_{ij} того чи іншого замовника даною мережею. Якщо W_{ij} набір шляхів з i в j , то кожному шляху $\omega \in W_{ij}$ співставимо два показники: час доставки ($t(\omega)$) і затрати на доставку даним шляхом ($Z(\omega)$).

Приходимо до задачі векторної оптимізації

$$\begin{pmatrix} t(\omega) \\ Z(\omega) \end{pmatrix} \rightarrow \min$$

за умови $\omega \in W_{ij}$.

В даній задачі обчислення часу доставки $t(\omega)$ і затрат коштів $Z(\omega)$ потребує більш детального розгляду, так як рішення цієї задачі дозволяє сформулювати критерій відношень між замовником та залізницею, яка здійснює доставку вантажів.

Для кожного шляху $\omega \in W_{ij}$ процес доставки розіб'ємо на $i(\omega)$ під процесів або фаз, які умовно будемо позначати через $\Phi_k^{(\omega)}$, $k = \overline{1, n(\omega)}$. В кожній фазі вкажемо набір технологічних операцій Ξ_k , а через Θ_{kv} будемо позначати елементарну технологічну операцію в фазі $\Phi_k(\omega)$, тоді за умови незалежності фаз набір

$$\gamma = [\Theta_{1v_1}, \Theta_{2v_2}, \dots, \Theta_{i(\omega)}, v_{i(\omega)}]$$

можна розглядати як одну з можливих технологій доставки, якій можна співставити час і затрати за формулами

$$t(\omega) = \sum_{\Theta_{kv_k} \in \gamma} t(\Theta_{kv_k});$$

$$z(\omega) = \sum_{\Theta_{kv_k} \in \gamma} z(\Theta_{kv_k}),$$

де $t(\Theta_{kv_k})$ – затрати часу в k -тій фазі, якщо буде виконуватись операція Θ_{kv_k} ;

$z(\Theta_{kv_k})$ – затрати коштів на операцію Θ_{kv_k} .

Вирішивши подібну задачу для всіх ω з W_{ij} , отримуємо можливість побудувати сімейство кривих $z(t, \omega)$ (рис. 5), де суцільна лінія є залежністю $Z_*^{(t)} = \min_{\omega \in W_{ij}} z(t, \omega)$, яка дозволяє будувати відносини між замовником та перевізником.

Рис. 5. Якісний характер залежностей $z(t, \omega)$ для трьох шляхів $\omega_1, \omega_2, \omega_3$

Одним з ефективних і найбільш простих рішень задач про найкоротший шлях між двома вершинами є алгоритм Дейкстри. В роботі розроблений модифікований алгоритм, пристосований для вирішення нашої системи.

Пропонується запрограмована версія алгоритму Дейкстри (Pascal 7.0), що займає незначну частину пам'яті комп'ютера і дозволяє, варіюючи вхідними даними (рис.6), досить швидко і просто вирішувати задачі, як по оптимізації перевезення контейнерів по залізниці, так і по оптимізації тарифної політики.

Рис. 6. Критерії мінімізації

У четвертому розділі розроблена методика визначення доцільності призначення та розробки твердих графіків руху прискорених контейнерних поїздів.

Основною проблемою залізничного транспорту є підвищення рентабельності та конкурентоспроможності на основі покращення якості обслуговування, удосконалення тарифної політики, технології та організації вантажних перевезень. Ця проблема представляє собою комплекс задач (рис. 7).

Контейнерні поїзди дозволяють: знижувати терміни доставки контейнерних вантажів, що перевозяться залізничним транспортом; збільшувати роботу контейнерів і вагонів за рахунок скорочення їхнього обороту; зменшувати обсяг сортування на станціях. Перевезення контейнерів у наскрізних поїздах до місць призначення виключають переробку на сортувальних станціях, а також підвищують схоронність вантажів і контейнерів.

Рис. 7. Послідовність вирішення проблеми організації вантажних перевезень

Розрахунок і аналіз собівартості залізничних перевезень частіше всього використовують метод одиничних витратних ставок. Собівартість перевезення вантажів (без обліку початкових і кінцевих операцій) контейнерним поїздом на відстань S рекомендується обчислювати за отриманою формулою:

Побудований за допомогою ПЕОМ графік залежності собівартості перевезення від маси контейнерного потяга (рис. 8) показує, що починаючи навіть з 1000 тонн уже вигідно перевозити контейнери прискореними поїздами. При виборі маршруту проходження варто

враховувати різницю між собівартістю перевезень за допомогою електровозної і тепловозної тяги.

Значний економічний ефект дає застосування спеціалізованих довгобазних чотиривісних платформ вантажопідйомністю 60 т для перевезення контейнерів масою бруто 10, 20 і 30 т у різних сполученнях. Використання вантажопідйомності цих платформ підвищується в середньому на 36% по порівнянню з універсальними чотиривісними платформами, експлуатаційні витрати скорочуються відповідно на 20 %, а капітальні вкладення – на 30-35 %.

В **додатках** наведено результати обробки статистичних спостережень, текст та алгоритм розробленої програми, приклади рішення задач, результати досліджень, довідки.

Висновки

В дисертаційній роботі вирішена наукова задача оптимізації розподілу контейнеропотоків на мережі залізниць, що дозволяє підвищити ефективність контейнерних перевезень. Основні наукові результати, висновки і практичні рекомендації дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. Існуючі методи організації контейнерних перевезень орієнтовані на мінімізацію витрат залізниць на перевезення і не враховують інтересів клієнтів, що знижує конкурентоспроможність залізничного транспорту в даному сегменті ринку.

2. Прогнозування контейнерних перевезень дозволяє з вірогідністю 0,95-0,98 встановлювати потребу в технічних засобах для контейнерних терміналів (контейнерів, вагонів, навантажувально-розвантажувальних машин, автомобілів, тягачів, півприцепів та ін.), що також дозволить отримувати достовірніші результати оперативного планування.

3. Вирішена задача оптимізації розподілу контейнеропотоків на мережі залізниць за критеріями: мінімальних витрат на перевезення вантажу від станції навантаження до станції вивантаження – зі сторони перевізника; максимальних прибутків від продажу виробленої продукції з обліком доставки в пункт призначення – зі сторони відправника; мінімальної ціни товару в пункті призначення – зі сторони одержувача; терміну доставки вантажу в пункт призначення.

Встановлено, що в сучасних умовах пропускна спроможність залізничних дільниць має суттєві резерви, тому вказана задача може бути зведена до рішення окремих локальних задач за критеріями часу, вартості та маршруту слідування.

4. Маршрутизація перевезень, особливо відправницька, дозволяє суттєво скоротити простій вагонів з контейнерами на технічних станціях та прискорити їх оборот. Результати розрахунків показали, що ефективність маршрутизації перевезень досягається при се-

редній відстані між сортувальними станціями $l_{\pi \delta \delta} = 200$ км на відстані більше 400 км, при $l_{\pi \delta \delta} = 250$ км на відстані більше 500 км, при $l_{\pi \delta \delta} = 350$ км на відстані більше 700 км.

5. Виділення постійних коридорів для пропуску контейнерних поїздів дозволить створити умови для руху з максимальною дільничною швидкістю за напрямками Одеса-Ковель, Ковель-Полтава, Ужгород-Луганськ, Ужгород-Хутір-Михайлівський.

6. Розроблений алгоритм розв'язання задачі раціонального розподілу контейнерних потоків, що враховує інтереси залізниці і вантажовідправників, дозволяє підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту на ринку контейнерних перевезень.

7. Встановлено, що починаючи з маси контейнерного поїзду 1000 т вже вигідно перевозити контейнери прискореними поїздами. При виборі маршруту слідування необхідно враховувати різницю між собівартістю перевезень за допомогою електровозної та тепловозної тяги.

Основні наукові і прикладні результати роботи достатньо повно викладені у таких публікаціях:

1. Бех П.В. Прогнозування контейнерних потоків // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. – 2004. – Вип. 4. – С. 86-91.

2. Музикіна Г.І., Савенко А.С., Бех П.В. Проблема управління вантажними перевезеннями в умовах впливу економічних факторів // Вісник Академії митної служби України. -2005. -№ 1 (25). - С. 51-57.

3. Музикіна Г.І., Бех П.В., Максименкова Ю.В. Постановка задачі для аналізу ефективності контейнерних перевезень // Вісник Академії митної служби України. - 2005. -№ 3 (27). - С. 78-84.

4. Савенко А.С., Музыкина Г.И., Бех П.В. Экономическая эффективность контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. - 2005. – Вип. 9. - С. 226-228.

5. Босов А.А., Бех П.В. Рациональное распределение потоков на сети // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. – 2006. – Вип. 12. - С. 85-89.

Додаткові публікації:

6. Папахов А.Ю., Музыкина Г.И., Бойко Г.А., Бех П.В. Контейнерные перевозки в условиях скоростного движения // III Сборник докладов 7-й междунар. конференции “Эф-

фективное формирование национальной сети международных транспортных коридоров”, 2003. – С.208-209.

7. Савенко А.С., Музыкина Г.И., Бех П.В. Малозатратная технология местной работы // Труды III междунар. научной конф. “Проблемы экономики транспорта”. – Д.: ДИИТ. – 2003. – С. 173-174.

8. Музикіна Г.І., Бех П.В. Аналіз та перспективи розвитку контейнерних перевезень. // Праці II науково-практ. конф. “Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління”. –К.: КУЕТТ. – 2004. – С. 158-159.

9. Савенко А.С., Музыкина Г.И., Бех П.В. Экономическая эффективность контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте // Праці 4 міжнар. наукової конф. “Проблеми економіки транспорту”. – Д.: ДІТ. – 2005. – С. 129-130.

10. Скалозуб В.В., Музыкина Г.И., Бех П.В. Постановка задачи для проведения анализа эффективности контейнерных перевозок методами векторной оптимизации // Праці 65-й міжнар. науково-практич. конф. “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту”. – Д.: ДІТ. – 2005. – С. 113.

11. Музыкина Г.И., Бех П.В., Максименкова Ю.А. Оптимизация перевозок контейнеров железнодорожным транспортом с помощью программирования // Праці 3 науково-практ. конф. “Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління”. – К.: КУЕТТ. – 2005. – С. 106-107.

12. Музикіна Г.І., Бех П.В. Твердий графік руху вантажних поїздів, як фактор підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту // Праці 66-й міжнар. науково-практич. конф. “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту”. – Д.: ДІТ. – 2006. – С. 173.

13. Пшинько А.Н., Музыкина Г.И., Бех П.В. Совершенствование организации переработки контейнеров на стыках разных видов транспорта // Транспорт. – 2006. - № 28 (404). – С. 67-70.

Анотація

Бех П.В. Удосконалення системи контейнерних перевезень на залізницях України. Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. - Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2006.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню наукової задачі оптимізації розподілу контейнеропотоків на мережі залізниць, що дозволяє підвищити ефективність контейнерних перевезень. Розглядаються питання переходу на найбільш економічні і прогресивні технології формування і пропуску прискорених контейнерних поїздів на станціях, дільницях та напрямках, які відповідають вимогам ринку.

В роботі вперше запропоновано математичну модель для формалізації процесу контейнерних перевезень, що дозволяє враховувати інтереси вантажовідправників при організації контейнеропотоків і за рахунок цього підвищувати конкурентоспроможність залізниць на ринку контейнерних перевезень; удосконалено методику визначення собівартості контейнерних перевезень та розрахунку доцільності призначення контейнерних поїздів. Одержала подальший розвиток методика прогнозування контейнерних потоків, яка дозволяє враховувати нерівномірність надходження контейнерів на вантажні термінали за сезоном, днями тижня та протягом доби.

Розроблені методики, програмне забезпечення для вирішення задач вибору раціональної організації контейнеропотоків та рекомендації з розрахунку собівартості контейнерних перевезень впроваджені у перевізному процесі Придніпровської залізниці та в роботі Українського державного центру транспортного сервісу “Ліски”, що підтверджується актами, наведеними в дисертації. Також результати роботи використовуються в учбовому процесі при вивченні дисципліни “Організація вантажної та комерційної роботи на залізничному транспорті”.

Ключові слова: контейнеропотоки, транспортні коридори, оптимізація, математична модель, пропускна спроможність, станція, графік руху поїздів.

Аннотация

Бех П.В. Усовершенствование системы контейнерных перевозок на железных дорогах Украины. Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. - Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени В. Лазаряна, Днепропетровск, 2006.

Диссертационная работа посвящена решению научной задачи оптимизации распределения контейнеропотоков на сети железных дорог, что позволяет повысить эффективность контейнерных перевозок. Произведен анализ современного состояния теории и практики работы контейнерных пунктов и сортировочных терминалов. Проведен анализ создания се-

ти транспортных коридоров, который показывает, что направление коридоров зависит от расположения международных рынков сбыта и потребления, развития новых экономических зон. Рассматриваются вопросы перехода на более экономичные и прогрессивные технологии формирования и пропуска контейнерных потоков, которые отвечают требованиям рынка. Выделены постоянные коридоры для пропуска контейнерных поездов, предусматривающих создание условий для его движения с максимальной участковой скоростью по направлениям Одесса-Ковель, Ковель-Полтава, Ужгород-Луганск, Ужгород-Хутор-Михайловский.

Маршрутизация перевозок, особенно отправительская, является одним из решающих средств сокращения простоя вагонов с контейнерами на технических станциях и ускорения их оборота.

В работе впервые разработано математическую модель для формализации процесса контейнерных перевозок, как задачи векторной оптимизации, позволяющей учитывать интересы грузоотправителей и за счет этого повысить конкурентоспособность железных дорог на рынке контейнерных перевозок; усовершенствовано математическую модель для описания системы контейнерных перевозок в вопросе оптимизации массы, скорости и дальности перевозки контейнерных поездов, при изменяемых маршрутах следования; получила дальнейшее развитие методика определения себестоимости контейнерных перевозок и расчета целесообразности назначения контейнерных поездов; получила дальнейшее развитие методика прогнозирования контейнерных потоков, позволяющая учитывать неравномерность поступления контейнеров на грузовые терминалы по сезонам, дням недели и в течении суток.

Необходимо организовать перевозки грузов контейнерными поездами, особенно по твердым графикам движения, что позволит увеличить спроса на услуги железнодорожного транспорта. Предложены основные принципы построения транспортно-экспедиционного обслуживания при контейнерной транспортной системе в современных условиях.

Гибкость тарифов является одним из основополагающих постулатов маркетинговой политики украинского железнодорожного транспорта.

При расчетах экономической целесообразности получили минимально необходимую частоту отправления поезда при отсутствии календарного завоза контейнеров не реже двух раз в неделю, вытекающую из сопоставления экономии и дополнительных затрат времени при маршрутной и немаршрутной отправлениях вагонов с контейнерами.

Разработанные методики, программное обеспечение для решения задач выбора рациональной организации контейнеропотоков и рекомендации по расчету себестоимости контейнерных перевозок внедрены в перевозочном процессе Приднепровской железной дороге

и в работе Украинского государственного центра транспортного сервиса “Лиски”, что подтверждается актами, приведенными в диссертации. Также результаты работы используются в учебном процессе при изучении дисциплины “Организация грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте”.

Ключевые слова: контейнеропотоки, транспортные коридоры, оптимизация, математическая модель, пропускная способность, станция, график движения поездов.

Annotation

Bekh P.V. The improvement of the container traffic system at the railways of Ukraine.

The thesis for receiving a scientific degree of Candidate of technical sciences by profession – operation and maintenance of the means of transport. –Dnipropetrovs’k National University of railway transport by Lazaryan.

The thesis is dedicated to the solution of the scientific task of optimization of distribution of the container streams on the network of railway lines that allows increasing the efficiency of container traffic. The questions of transition to the more economic and progressive technologies of forming and admission of container streams that meet the market requirements are examined.

The mathematical model for formalization of the process of container traffic is proposed in this work for the first time. It allows taking into account the interests of shippers and owing to this to increase the competitiveness of railways on the container traffic market. There are improved the methods of determination of prime cost of the container traffic and calculation of expediency for setting of container trains. The methods of prognostication of container streams have received the following development. It allows taking into account irregularity of arrival of containers at the freight terminals according to the season, days of the week and during the day.

The work deals with the methods, software for solution of problems connected with the choice of rational organization of container streams and recommendations for calculation of the container traffic prime cost that are applied in the transit process of Prydniprov’ska railway and in the work of the Ukrainian State Transport Service Centre “Lisky” that is confirmed with the statements adduced in the thesis. The results of the work are also used in the study process by learning the subject “Organization of the freight and commercial work at the railway transport”.

The key words: container streams, transport corridor, optimization, mathematical model, traffic capacity, station, railway traffic schedule.

Бех Петро Вікторович

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ
УКРАЇНИ

Автореферат
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку ” ____ ” _____ 2006 р.
Формат 60х84 1/16. Папір для множильних апаратів. Різограф.
Ум. др. арк 1,0. Обл.-вид. л. 1,0. Тираж 100 прим.
Замовлення № _____. Безкоштовно.

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

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