

УДК 656.025.6

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.163.2016.79222>

**ВИЗНАЧЕННЯ МАРШРУТІВ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАГОНОПОТОКІВ НА ОСНОВІ
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ**

Канд. техн. наук О. А. Малахова, слухач ІППК Н. В. Харченко

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРШРУТОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВАГОНОПОТОКОВ НА ОСНОВЕ
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Канд. техн. наук О. А. Малахова, слушатель ИППК Н. В. Харченко

**IDENTIFICATION TRAVEL ROUTES ON THE BASIS TRAFFIC VOLUMES GREATER
EFFICIENCIES OPERATIONAL CONTROL**

Cand. of Tech. Sc. O. A. Malakhova, IPPK listener N. V. Kharchenko

В умовах конкуренції і вступу України до європейської спільноти особливого значення набуває завдання удосконалення оперативного управління експлуатаційною роботою з використанням динамічних баз даних як інформаційної та технологічної основи управління вагонопотоками на залізниці. Організація вагонопотоків у поїзди повинна забезпечувати не тільки задоволення потреб вантажовідправників, але й високі фінансові результати.

Ключові слова: перевезення, транспорт, вагонопотік, оперативне управління, транспортна задача.

В условиях конкуренции и вступления Украины в европейское сообщество особое значение приобретает задача совершенствования оперативного управления эксплуатационной работой с использованием динамических баз данных в качестве информационной и технологической основы управления вагонопотоками на дороге. Организация вагонопотоков в поезда должна обеспечивать не только удовлетворение потребностей грузоотправителей, но и высокие финансовые результаты.

Ключевые слова: перевозка, транспорт, вагонопоток, оперативное управление, транспортная задача.

In terms of competition and the entry of Ukraine into the European community is particularly important task of improving the operational management of operational work with dynamic database as an information and technological bases of management of traffic volumes on the road. Organization of traffic volumes in train should provide not only the satisfaction of the needs of shippers, but also strong financial results.

All of them ultimately aimed at making rational decisions on the use of the rolling stock, in order to reduce transport costs in the final price of the product, which should stimulate the production of goods.

On the other hand, and he railways became an active participant of the market of transport services. Effective technology works with a fleet of freight cars making it more attractive to customers and helps to attract freight traffic.

The paper offers a strategic decision on the choice of transport routes on which cars with base stations delivered to various destinations.

Keywords: *transport, transportation, traffic volumes, operational management, the problem of transport.*

Вступ. Від ефективності функціонування транспорту багато в чому залежить процес ціноутворення і конкурентоспроможність товарів вітчизняних виробників на ринку. Як відомо, транспортні витрати у вартості продукції за окремими видами товарів доходять до 50%.

Основним резервом поліпшення ефективності функціонування залізниць є вдосконалення технології роботи, і, в першу чергу, з вагонним парком [1].

До основних процесів управління на залізничному транспорті відносяться операції з вантажними вагонами, пов'язані з навантаженням, сортуванням і формуванням, переміщенням, розвантаженням і регулюванням їх у порожньому стані.

Для ефективного управління в галузі створена та вдосконалюється автоматизована система АСК ВП УЗ – Є, яка перш за все спрямована на прийняття раціональних рішень щодо використання вагонних парків, щоб знизити транспортну складову в кінцевій ціні продукції, що має стимулювати виробництво вітчизняних товарів.

З іншого боку, і сам залізничний транспорт став активним учасником ринку транспортних послуг. Ефективна технологія роботи з парком вантажних вагонів робить його більш привабливим для клієнтури і сприяє залученню вантажопотоків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із завдань оперативного планування на рівні тактичного управління є завдання забезпечення станцій навантаження вагонами своєчасно і в потрібному обсязі. При здійсненні переміщень вагонів між станціями

залізничного полігону постає задача пошуку раціональних маршрутів, якими б було можливо здійснити ці переміщення при мінімальних витратах матеріальних та часових ресурсів і в умовах обмеженої кількості локомотивів. У роботі [2] відмічається, що підвищити конкурентоспроможність залізниць Іспанії можливо за рахунок пошуку нових маршрутів переміщення вантажів, особливо шляхом пропуску експортних вантажів. Доведено [3], що для забезпечення безпеки, екологічності, енергоефективності, конкурентоспроможності та високого рівня якості обслуговування клієнтів залізничного транспорту залізничний транспортний сектор повинен поширювати можливості передових технологій (Advanced Technologies – АТ). Використання зручних сучасних інформаційних систем [4] дозволить планувати переміщення рухомого складу в реальному часі, поширити доступ до баз даних та забезпечити безпеку і колективне управління базами даних. Взаємодію залізниць з під'їзними коліями та визначення топології мереж розглянуто у [5]. Основним критерієм ефективності прийнято максимальну техніко-економічну ефективність та забезпечення відповідного ризику, пов'язаного з експлуатацією залізниць. У статті [6] показано, що управління на залізничному транспорті має три основних рівні: стратегічний, тактичний та оперативний. В даній роботі наведені основні шляхи вирішення проблеми переміщення різних вантажів (Multicommodity Network Design) на оперативному рівні.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є удосконалення роботи залізниці на базі раціонального розподілу порожніх вагонів під завантаження в місцях масового навантаження вагонів при інтеграції даної задачі в комплексну систему автоматизованих робочих місць оперативного та інженерно – технічного персоналу диспетчерського апарату дорожнього рівня. Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення таких основних задач:

- формалізація задачі визначення раціонального розподілу порожніх вагонів під завантаження в місцях масового навантаження вагонів;

- розробка нових функціональних задач, пов'язаних з реалізацією технології місцевої роботи та інтеграцією їх в комплексну систему автоматизованих робочих місць оперативного та інженерно-технічного персоналу даних технологічних комплексів.

Виклад основного матеріалу. Транспортна задача (або завдання прикріплення постачальників до споживачів), у науковій літературі часто звана транспортною задачею Хітчкока – Купманса, з'явилася одним з перших прикладів оптимізації на лінійних мережах і стала типовою для промислових фірм, що мають кілька підприємств, складів, ринків збуту і оптових баз.

Теоретичні дослідження порядку розподілу вагонопотоків на полігонах були проведені докторами технічних наук В.М. Акулінічевим, Є.В. Архангельським, К.А. Бернардом, Т.В. Бутко, М.І. Даньком, В.А. Буяновим, П.С. Грунтовым, М.Д. Іловайським, В.І. Некрашевичем, А.Т. Осьмініною, Є.А. Сотниковим та ін.

Формалізація даної задачі проводиться, як правило, при вирішенні планових завдань [7]. У даній роботі стратегічні рішення зводяться до вибору транспортних маршрутів, за якими ваони основних станцій доставляються в різні пункти призначення. У звичайній

інтерпретації цієї моделі прийнято вважати, що на мережі залізниць є m станцій відправлення, на яких знаходяться ваони, готові до відправлення в n пунктів призначення. Передбачається, що i -та станція може відвантажити не більше S_i вагонів (наявні ресурси станції відправлення), а j -тій станції призначення потрібно не менше D_j виробів.

Витрати на перевезення вантажної одиниці з пункту відправлення i в пункт призначення j дорівнюють C_{ij} . Завдання полягає в тому, щоб мінімізувати транспортні витрати при перевезенні вагонів, тобто знайти найбільш раціональний маршрут. Транспортними витратами можуть виступати тариф, відстань, час та ін.

Економіко-математичну модель вирішення даної задачі можна сформулювати наступним чином.

Відомий ряд станцій ($m(1,...,m)$), що відправляють ваони у кількості $A(A_1,...,A_m)$ і $n(1,...,n)$, станцій, яким необхідні ваони в кількості $B_j(B_1,...,B_n)$. Отже, відомі запаси і попит кожної із станцій. Відомі також витрати на переміщення одиниці продукції з кожної i -ї станції відправлення в кожну j -ту станцію призначення (C_{ij}). Потрібно знайти оптимальний варіант закріплення станцій призначення за станціями відправлення, який забезпечував би мінімум витрат на перевезення. Цільова функція буде мати [8]

$$F(\min) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Обмеженнями є такі:

1) продукт з кожного пункту відправлення повинен бути повністю вивезений в пункти призначення

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = a_i; \quad (2) \quad x_{ij} \geq 0; \quad (4)$$

2) попит кожної станції призначення повинен бути повністю задоволений

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = b_j; \quad (3)$$

3) обсяги перевезень повинні набувати позитивного значення

4) сумарний обсяг виробництва даного продукту повинен дорівнювати сумарній потребі, тобто модель повинна бути закритою, це є умовою її можливості розв'язання

$$\sum_{i=1}^m A_i = \sum_{j=1}^n B_j. \quad (5)$$

Процес вирішення транспортної задачі оформлюється у вигляді таблиці-матриці (табл. 1).

Таблиця 1

Вихідні дані

	Врб	Дрн	Д	Жм	Кл	Мр	Мк	О-С	О	Плт	Хр	Шпт	Я	Vнаявн
Врб	х	282	558	572	883	699	1160	964	250	341	947	610	545	159
Дрн	282	х	788	290	601	925	878	682	480	339	670	328	775	137
Дрн	557	788	х	1055	1366	234	1643	948	308	399	666	1093	80	177
Жм	572	290	1055	х	364	1141	641	392	770	629	660	260	1001	84
Кл	883	601	1366	364	х	1452	277	760	1081	940	228	273	1312	113
Мр	699	925	234	1141	1452	х	1729	1034	449	530	740	1179	154	201
Мк	1160	878	1643	641	277	1729	х	1055	470	551	761	1200	175	144
О-С	964	682	948	392	760	1034	1055	х	755	614	276	652	894	235
О	250	480	308	770	1081	449	470	755	х	141	633	808	295	155
Плт	341	339	399	629	940	530	551	614	141	х	499	667	376	249
Хр	947	670	666	660	228	740	761	276	633	499	х	826	586	128
Шпт	610	328	1093	260	273	1179	1200	652	808	667	826	х	1039	175
Я	545	775	80	1001	1312	154	175	894	295	376	586	1039	х	223
Vпотр	147	168	212	179	89	103	127	225	164	232	117	198	291	

Необхідно знайти оптимальний план перевезень по маршруту Врб - Я, виключаючи норму зворотного руху. Критерій оптимальності – мінімальний обсяг перевезень, ваг.км.

Після застосування пошуку рішення у надбудові Microsoft Excel отримуємо результати рішення (табл. 2). Виділимо маршрути перевезень з отриманих результатів рішення. Для наочності зводимо у табл. 3.

Таблиця 2

Результати вирішення плану перевезення

	Врб	Дрн	Д	Жм	Кл	Мр	Мк	О-С	О	Плт	Хр	Шпт	Я	Вивез.	Залишок
Врб	х	82	0	0	0	0	0	0	0	77	0	0	0	159	0
Дрн	62											75		137	
Д						18							159	177	-1,4E-10
Жм								74				10		84	

Кл											113		13	2,84E-14
Мр			201										201	-6,5E-11
Мк					84							60	144	-5,7E-14
О-С				118							117		235	5,68E-14
О										155			155	-2,8E-14
Плт	85								164				249	
Хр								128					128	4,26E-14

Таблиця 3

Результати рішення по маршрутах перевезень

Маршрути перевезень	Добова кореспонденція вагонопотоків, ваг	Маршрути перевезень	Добова кореспонденція вагонопотоків, ваг
1	2	3	4
Врб - Дрн	82	О-Жм	118
Врб-Плт Півд.	77	О-Хр	117
Дрн-Врб	62	О-Плт.	155
Дрн-Шпт	75		
Д-Мр	18	Хр-О	128
Д-Я	159		
Жм-О	74	Шпт-Дрн	86
Жм-Шпт	10	Шпт-Жм	61
		Шпт-Кл	5
		Шпт-О	23
Кл-Шпт	113	Я-Д	11
		Я-Мр	85
		Я-Мк	127
Мк-Кл	84	Мр-Д	201
Мк-Я	60		

Мінімальний обсяг перевезень

$$\begin{aligned}
 F_{\min} = & 82 \cdot 282 + 77 \cdot 341 + 62 \cdot 558 + 75 \cdot 328 + 18 \cdot 234 + 159 \cdot 80 + 74 \cdot 392 + 10 \cdot 260 + \\
 & + 113 \cdot 273 + 201 \cdot 234 + 84 \cdot 277 + 60 \cdot 175 + 118 \cdot 392 + 117 \cdot 276 + 155 \cdot 141 + 85 \cdot 341 + \\
 & + 164 \cdot 141 + 128 \cdot 276 + 86 \cdot 328 + 61 \cdot 260 + 5 \cdot 273 + 23 \cdot 652 + 11 \cdot 80 + \\
 & + 85 \cdot 154 + 127 \cdot 175 = 536120 \text{ (ваг.км)}
 \end{aligned}$$

Аналіз проводиться на основі даних «Звіту зі стійкості» та «Звіту за результатами» [9]. Аналіз допомагає проводити управлінське рішення, спрямоване на подальшу стратегію діяльності станцій. Нормована вартість показує, до якого значення потрібно зменшити витрати на перевезення, щоб

невигідні маршрути стали вигідними. Наприклад, витрати на перевезення за маршрутом Врб-О слід зменшити на 22 ваг.км.

Тіньові ціни запасів постачальників є негативними числами, вони показують, як зменшуються загальні витрати при збільшенні дефіцитних запасів станцій

відправлення. Тіньові ціни потреб станцій призначення вказують, як збільшуються загальні витрати при збільшенні потреб [10].

Висновок з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Основними завданнями, що стоять перед залізничниками, є

удосконалення методів управління та раціоналізація перевізного процесу, що спрямовані на скорочення експлуатаційних витрат та покращення експлуатаційних показників. У зв'язку із цим потрібно запроваджувати нові методи управління перевезеннями, заснованими на використанні сучасних інформаційних систем.

Список використаних джерел

1. Современные аспекты моделирования маршрутов перевозки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mosresurs.ru/library/articles/137.xhtml/>.
2. González, E.M. Analysis and Viability of Railway Exportation to Europe from the South of Spain [Text] / Elvira Maeso González, Guadalupe González Sánchez, Juan Miguel Morente Romero // Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 160, 19 December 2014, P. 264-273.
3. Jarašūnienė, A. Advanced Technologies Used by Lithuanian Railways [Text] / Aldona Jarašūnienė // Procedia Engineering, Volume 134, 2016, P. 263-267.
4. Geng, G. Scheduling railway freight cars [Text] / Gangyong Geng, Ling X Li // Knowledge-Based Systems, Volume 14, Issues 5–6, August 2001, P. 289-297.
5. Ferrari, P. The dynamics of modal split for freight transport [Text] / Paolo Ferrari // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Volume 70, October 2014, P. 163-176.
6. Yaghini, M. Multicommodity Network Design Problem in Rail Freight Transportation Planning [Text] / Masoud Yaghini, Rahim Akhavan // Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 43, 2012, P. 728-739.
7. Малахова, О. А. Удосконалення перевезення вагонопотоків шляхом раціоналізації маршрутів [Текст] / О.А. Малахова, О.В. Шевченко // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. - № 5/2 (13). – С. 33-36.
8. Математическая постановка транспортной задачи линейного программирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://works.tarefer.ru/100/100027/index.html#_Toc55894331.
9. Microsoft поддержка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://support.microsoft.com/kb/843304#6>.
10. Цыганкова, С. А. Экономико-математические методы и модели [Электронный ресурс] / С.А. Цыганкова, О.Н. Литвинова. – Режим доступа: <http://softacademy.inpu.edu.ua/Programs/EMM/index.html>.

Рецензент д-р техн. наук, професор Є. С. Альошинський

Малахова Олена Анатоліївна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: 066-341-84-81.
E-mail: alena.mal31@gmail.com.

Харченко Наталія Василівна, слухач ІППК Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: 066-319-76-27.

Malakhova Olena, cand. of tech. sc, assistant professor of management operational work of the Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: 050-027-24-07. E-mail: alena.mal31@gmail.com.
Kharchenko Natalia, the listener IPPK Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: 066-319 -76-27.

Стаття прийнята 11.07.2016 р.