

ISSN 2222-419X (Print)
ISSN 2313-8688 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

ЗБІРНИК

наукових праць

**Дніпропетровського
національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Засновано в 2011 році

Випуск 11

Дніпропетровськ
2016

УДК 626.2
ББК 39.2
Д 54

ЗАСНОВНИК ТА ВИДАВЕЦЬ:
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

Затверджено до друку рішенням вченої ради Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна від 06.06.2016 р., протокол № 11

Збірник наукових праць «Транспортні системи та технології перевезень», наказом Міністерства освіти і науки України від 29.12.2014 р. № 1528, внесено до переліку наукових фахових видань України.

Редакційна колегія:

головний редактор – доктор технічних наук *В. І. Бобровський*;
відповідальний секретар – кандидат технічних наук *Р. Г. Коробйова*.

Члени редакційної колегії:

доктори технічних наук *Т. В. Бутько, І. В. Жуковицький, Д. М. Козаченко, Д. В. Ломотько, Є. В. Нагорний, В. Я. Негрей, В. В. Скалозуб*, доктор фізико-математичних наук *В. І. Гаврилюк*.

Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2016. – Вип. 11. – 80 с.

ISSN 2222-419X (Print)

ISSN 2313-8688 (Online)

В статтях висвітлені результати наукових досліджень, виконаних авторами в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна та інших організаціях у сфері формування та забезпечення ефективної роботи складових елементів транспортного комплексу, розвитку його матеріально-технічної бази, удосконалення технологій експлуатаційної, вантажної та комерційної роботи транспорту.

Збірник становить інтерес для співробітників науково-дослідних організацій, наукових та науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів, магістрантів, студентів вищих навчальних закладів, інженерно-технічних працівників установ, організацій та підприємств транспортної галузі.

УДК 626.2

ББК 39.2

В статьях отражены результаты научных исследований, выполненных авторами в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна и других организациях в сфере формирования и обеспечения эффективной работы составных элементов транспортного комплекса, развития его материально-технической базы, усовершенствования технологии эксплуатационной, грузовой и коммерческой работы транспорта.

Сборник представляет интерес для работников научно-исследовательских организаций, научных и научно-педагогических работников, докторантов, аспирантов, магистрантов, студентов высших учебных заведений, инженерно-технических работников организаций и предприятий транспортной отрасли.

UDK 626.2

Results of researches, which are made in the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan and other organizations in the fields of formation and effective operation of the constituent elements of the transport sector, its material and technical base development, freight and commercial operation improvement are presented in the articles.

The collection is intended for the research organizations employees, research and educational personnel, as well as for the doctoral candidates, postgraduates and for the higher school students, engineering employees of organizations and enterprises of transport industry.

© Дніпропетр. нац. ун-т залізн.
трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2016

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| БАБ'ЯК М. О., БАНДРІВСЬКИЙ П. П., ФЕДУНЬ Т. І. (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Львівська філія) УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИБОРУ МАРШРУТІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ ВІД ПУНКТИВ ВИДОБУТКУ ДО МІСЦЬ ПЕРЕРОБКИ..... | 4 |
| БАРДАСЬ О. О. (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) УДОСКОНАЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОНАННЯ ПОЇЗНОЇ РОБОТИ НА СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ..... | 9 |
| ВЕРНИГОРА Р. В., МАЛАШКИН В. В. (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) МЕТОДИКА ТЕХНИКО-ЕКСПЛУАТАЦІОННОЇ ОЦЕНКИ ПРОЕКТНИХ РЕШЕНЬ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ..... | 16 |
| ГРЕВЦОВ С. В. (Львівський коледж транспортної інфраструктури Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОЗДІЛЕННЯ ВІДЧЕПІВ НА НЕМЕХАНІЗОВАНИХ ГАЛЬМОВИХ ПОЗИЦІЯХ..... | 26 |
| ЖУРАВЕЛЬ І. Л., ЖУРАВЕЛЬ В. В. (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ТРИВАЛІСТЬ МАНЕВРОВИХ ПЕРЕСУВАНЬ ПООДИНОКОГО ЛОКОМОТИВА ТА ЧИННИКИ, ЯКІ НА НЕЇ ВПЛИВАЮТЬ | 33 |
| КОЗАЧЕНКО Д. Н., ГЕРА Б. В., СКАЛОЗУБ В. В., ГЕРМАНЮК Ю. Н. (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУЗОПОТОКОВ НА НАПРАВЛЕНИЯХ ТРАНЗИТНЫХ ПЕРЕВОЗОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ В МЕЖДУНАРОДНОМ СООБЩЕНИИ..... | 39 |
| ЛОМОТЬКО Д. В., ДЕРЕВ'ЯНКО О. В., ДВОРЕЦЬКИЙ П. О. (Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків) ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ З КОНТЕЙНЕРАМИ В УМОВАХ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ ВУЗЛІВ ЗА УЧАСТЮ ЗАЛІЗНИЦЬ | 48 |
| ПАПАХОВ А. Ю., ЛОГВИНОВА Н. А. (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ДОСТАВКА ГРУЗОВ ПО СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С УЧЕТОМ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕГОНОВ КАК ЗАДАЧА ВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ | 55 |
| СИДОРЕНКО Г. Г., НИКИФОРОВА О. А., АНТОНЮК О. В. (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОФЕСІЙНОЮ БЕЗПЕКОЮ НА ЗАЛІЗНИЦІ | 61 |
| ХАРЧЕНКО О. І. (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ | 67 |
| ЯНОВСЬКИЙ П. О. (Національний авіаційний університет, м. Київ) ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ..... | 73 |

УДК 656.025.2

М. О. БАБ'ЯК^{1*}, П. П. БАНДРІВСЬКИЙ^{2*}, Т. І. ФЕДУНЬ^{3*}

^{1*} Каф. «Транспортні технології», Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. І. Блажкевич, 12а, 79052, м. Львів, Україна, тел. +38 (097) 907-50-72, ел. пошта babjk@mail.ru, ORCID0000-0001-5125-9133

^{2*} Регіональна філія «Львівська залізниця» ПАТ «Укрзалізниця», станція Львів. пл. Двірцева, 1, 79023, м. Львів, Україна, тел. +38 (099) 525-58-78, ел. пошта Karitoshka12355@gmail.com

^{3*} Регіональна філія «Львівська залізниця» ПАТ «Укрзалізниця», станція Клепарів. вул. Шевченка, 158, 79052, м. Львів, Україна, тел. +38 (097) 968-15-77, ел. пошта tf-29@bk.ru

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИБОРУ МАРШРУТІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ ВІД ПУНКТІВ ВИДОБУТКУ ДО МІСЦЬ ПЕРЕРОБКИ

Ринкові умови господарювання вимагають професійного підходу до управління перевізними процесами в організаційному розвитку для забезпечення здорової конкурентоздатності. У зв'язку з політичною ситуацією, що склалася в нашій державі велика кількість маршрутів слідування вантажопотоків, які традиційно використовувалася, не можуть задовольнити потреби користувачів залізничного транспорту, наприклад, у ситуації, що склалася на видобувних підприємствах Луганської та Донецької областей.

У роботі наведено приклад розв'язку нового виду транспортної задачі в мережевій постановці, що враховує обмеження довжини приймально-відправних колій, маси складу та характеристики локомотива.

Застосування запропонованого нами методу розв'язування транспортної задачі за допомогою MS Excel надбудови «Пошук розв'язку» дає змогу оптимізації плану перевезень однорідних вантажів в транспортних системах, за рахунок чого з'являється можливість більш обґрунтовано аналізувати ефективність роботи ділянки, оскільки саме від показників: рухомого складу, довжини приймально-відправних колій, вагових норм, поїзного локомотива та виду тяги, профілю ділянки залежать результати роботи та витрати на її виконання. Запропонований метод можна застосовувати для розв'язування транспортної задачі з будь-якими однорідними вантажами на залізниці у транспортній мережі такого ж типу.

Ключові слова: транспортна задача, планування перевезень, транспортування вантажів.

Вступ

У зв'язку з політичною ситуацією, що склалася в нашій державі велика кількість маршрутів слідування вантажопотоків, які традиційно використовувалася, не можуть задовольнити потреби користувачів залізничного транспорту.

Прикладом може слугувати ситуація, що склалася на видобувних підприємствах Луганської та Донецької областей. За даними експертів з енергетики та вугільної промисловості, Україна втратила 70 % видобутку вугілля на сході, тому держава скерувала свою увагу на Львівсько-Волинський вугільний басейн. З'явилася потреба у пошуку нових маршрутів для перевезення вантажів від станцій відправлення до станцій призначення.

При цьому даний маршрут повинен забезпечувати найменші економічні витрати на перевезення, оскільки це шлях до зниження собівартості транспортних послуг та підвищення ефективності перевізної-експлуатаційної діяльності залізниць. Пошук оптимальних маршрутів мо-

жна здійснювати за допомогою транспортної задачі.

Транспортна задача – це специфічна задача лінійного програмування, що застосовується для визначення найбільш економічного плану перевезення однорідної продукції від постачальника до споживачів [3].

Задачі про перевезення однорідних вантажів залізничним транспортом з метою оптимізації витрат перевезень розглянуто в статтях проф. Гольденгоріна Б. І. [6], доц. Подвальна Г. В. [7] та багатьох підручниках з дослідження операцій в транспортних системах.

Беручи до уваги специфіку таких станцій Львівської залізниці (рис. 1) як Червоноград, Гірняк, Соснівка, Іваничі на яких проходить формування та відправлення маршрутів з вугіллям [1, 12, 13], що в подальшому приймається як однорідний вантаж та станції одержувачі (Бурштин, Добротвір, Калуш), на відміну від інших транспортних задач враховуються такі експлуатаційні характеристики, як: довжина приймально-відправних колій станцій відправлення і призначення та максимально допустима

маса поїзда на ділянці, яка залежить від тягових характеристик локомотива та профілю на ділянці.

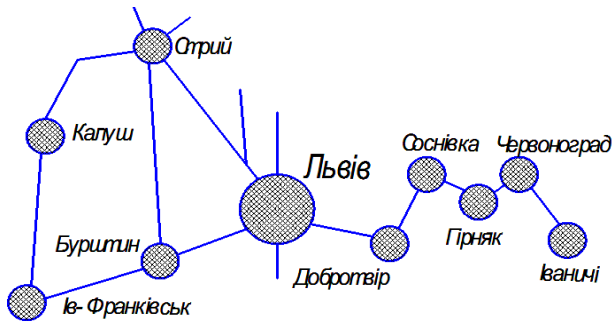


Рис. 1. Ділянка залізниці, яка обслуговує Львівсько-Волинський вугільний басейн

Постановка задачі.

Розглянемо транспортну мережу (рис.1) з'єднаних колією пунктів відправлення $A(\vec{i}=1; n)$, пунктів призначення вантажів $B(\vec{j}=1; m)$ та інших транзитних пунктів $C(\vec{k}=1; r)$. У кожному з пунктів відправлення в наявності знаходиться однорідний вантаж у кількостях X_i , а їх потреби в пунктах призначення становлять Y_j .

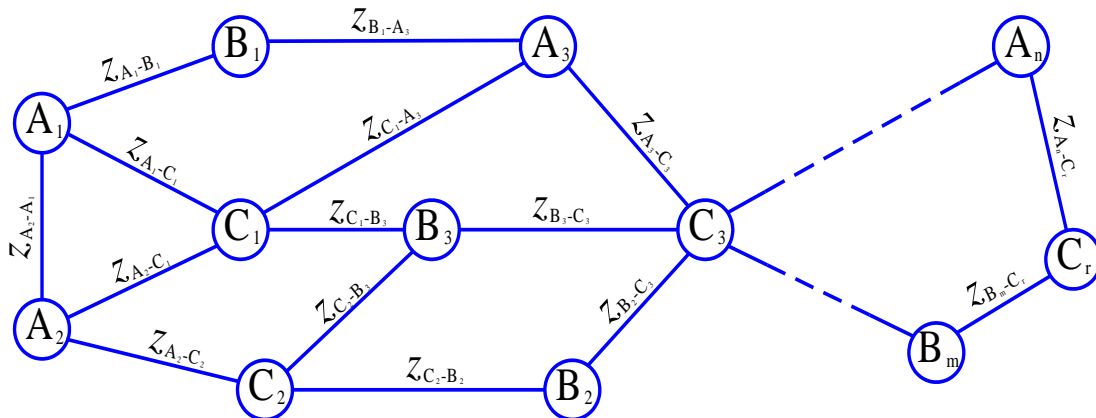


Рис. 2. Транспортна мережа у вигляді графа

Розв'язування задачі

Максимальну масу складу (Q_{\max}) на ділянці приймаємо із нормативних документів дирекції залізничних перевезень. Максимальну кількість вагонів у складі поїзда визначаємо за допомогою формули:

$$k_{\max m} = \frac{Q - P_{\text{лок}}}{q_{\text{ваг}}} \quad (1)$$

де Q – максимально-допустима маса складу на ділянці, т;

Передбачається, що пункти відправлення та пункти призначення можуть виконувати функцію транзитних [1, 12, 13]. Вартості перевезень одного поїзда приймаємо в умовних одиницях на кожну з ділянок.

Для кожної ділянки встановлюється вагова норма (Q_{\max} – обмеження по максимальній масі складу поїзда) що залежить від профілю колії, поїзного локомотива, та інших обмежень і приймається із нормативних документів дирекції залізничних перевезень [8].

Вплив на формування плану перевезень також має характеристика колійного розвитку станції, зокрема довжина приймало-відправних колій ($l_{\text{пв}}$) визначає максимальну довжину складу поїзда, що може розташовуватись на коліях станції прибуття або відправлення [11].

Транспортну мережу зображаємо у вигляді мережевого графа (рис. 2), який складається зі станцій відправлення, прибуття та транзитних пунктів. На ньому зазначаються вартості перевезень на кожній з ділянок.

Необхідно визначити вагопотоки на кожній з ділянок для забезпечення оптимальності перевезень [4, 10].

$P_{\text{лок}}$ – маса локомотива, т;

$q_{\text{ваг}}$ – маса брутто одного вагона, т.

Маса брутто одного вагона визначається за формулою:

$$q_{\text{ваг}} = q_n + q_t \quad (2)$$

де q_n – маса нетто (середнє навантаження одного вагону);

q_t – тара одного вагону.

Обмеження кількості вагонів по довжині приймально-відправних колій приймаємо із технічно-розпорядчий акт станцій.

Максимальну кількість вагонів у складі пої-

зда визначаємо за допомогою формули:

$$k_{\max k} = \frac{l_{\text{пв}} - l_{\text{лок}}}{l_{\text{ваг}}}, \quad (3)$$

де $l_{\text{пв}}$ – найменша довжина приймально-відправної колії на ділянці;

$l_{\text{лок}}$ – довжина локомотива;

$l_{\text{ваг}}$ – довжина одного вагона.

Із двох отриманих значень $k_{\max m}$ та $k_{\max k}$ обираємо менше із них, та заокруглюємо його до меншого цілого числа k_{\max} .

Одним із варіантів розв'язку даної задачі є розв'язок за допомогою надбудови MS Excel – «Пошук розв'язків» [4].

Алгоритм розв'язку задачі в середовищі MS Excel

Перш за все в електронній книзі створюємо таблицю, з базою ділянок, на яких здійснюється перевезення вантажів, в яку вносимо фінансові витрати руху поїзда на ділянках [9].

Наступним кроком буде створення таблиці кількостей вагонів у складі поїздів.

На основі даних таблиць створюємо таблицю фінансових витрат на перевезення вантажу окремим вагоном на кожній з ділянок.

Далі створюємо таблицю вагонопотоків (табл.1) із змінними комірками для подальшого її опрацювання надбудовою «Пошук розв'язку».

Тепер будуємо таблицю загальних витрат на перевезення. У довільну комірку, що не входить у попередні таблиці, вводимо формулу, яка виводить суму усіх значень таблиці загальних витрат на перевезення всіх вагонів на всіх ділянках.

Після побудови усіх таблиць відкриваємо діалогове вікно надбудови «Пошук розв'язку». У ньому вносимо назву цільової комірки, яка є сумою усіх витрат на перевезення та вносимо посилання на змінні комірки, якими є вільні комірки таблиці вагонопотоків.

Таблиця 1

Вагонопотоки

| до | | | B ₁ | | B ₂ | | ... | | B _m | | B ₁ тран | | B ₂ тран | | ... | | B _m тран | | A ₁ тран | | A ₂ тран | | ... | | A _m тран | | C ₁ | | C ₂ | | ... | | C _m | | | |
|---------------------|--|--|--|--|--|----------------|-----------|-----------|--|-----------|--|-----------|--|-----------|-----------|-----------|--|-----------|--|-----------|--|-----------|-----------|-----------|--|-----------|--|-----------|--|-----------|-----------|-----------|--|-----------|-----|-----|
| | | | Y ₁ | Y ₂ | ... | Y _m | відп тран | відп тран | ... | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | відп тран | | |
| Від | | | ∑ x _{B₁} приб місц | | ∑ x _{B₂} приб місц | | ... | | ∑ x _{B_m} приб місц | | ∑ x _{B₁} відп тран | | ∑ x _{B₂} відп тран | | ... | | ∑ x _{B_m} відп тран | | ∑ x _{A₁} приб тран | | ∑ x _{A₂} приб тран | | ... | | ∑ x _{A_m} приб тран | | ∑ x _{C₁} приб тран | | ∑ x _{C₂} приб тран | | ... | | ∑ x _{C_k} приб тран | | | |
| | | | X ₁ | ∑ x _{A₁} відп місц | x | - | ... | | x | - | ... | | x | - | ... | | x | - | ... | | x | - | ... | | x | - | ... | | x | - | ... | | x | - | ... | |
| A ₂ | X ₂ | ∑ x _{A₂} відп місц | - | - | ... | | - | - | ... | | | | | | | | | | | x | - | ... | | x | x | ... | | x | x | ... | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | | |
| A _n | X _n | ∑ x _{A_n} відп місц | | | ... | | | | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A ₁ тран | ∑ x _{A₁} відп тран | | x | - | ... | | x | - | ... | | | | | | | | | | | | | | | | x | - | ... | | | | | | | | | |
| A ₂ тран | ∑ x _{A₂} відп тран | | - | - | ... | | - | - | ... | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | ... | | | | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| A _n тран | ∑ x _{A_n} відп тран | | | | ... | | | | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B ₁ тран | ∑ x _{B₁} відп тран | | | - | ... | | | - | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B ₂ тран | ∑ x _{B₂} відп тран | | - | | ... | | - | | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| B _m тран | ∑ x _{B_m} відп тран | | | | ... | | | | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C ₁ | ∑ x _{C₁} відп тран | | - | - | ... | | - | - | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C ₂ | ∑ x _{C₂} відп тран | | - | x | ... | | - | x | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| C _k | ∑ x _{C_k} відп тран | | | | ... | | | | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Одним із кінцевих етапів є встановлення обмежень у надбудові Пошук розв'язків.

Потрібно ввести такі обмеження:

$$x_{A_i, B_j, C_k} - A_i, B_j, C_k - \text{цілі числа};$$

$$x_{A_i, B_j, C_k} - A_i, B_j, C_k \geq 0;$$

$$X_i = \sum x_{A_i, B_j, C_k}^{\text{відп місц}};$$

$$Y_i = \sum x_{A_i, B_j, C_k}^{\text{приб місц}};$$

$$\sum x_{A_i, B_j, C_k}^{\text{приб тран}} = \sum x_{A_i, B_j, C_k}^{\text{відп тран}},$$

де $\sum x_{A_i, B_j, C_k}^{\text{відп місц}}$ – сума всіх місцевих вагонів які відправляються зі станції;

$\sum x_{A_i, B_j, C_k}^{\text{приб місц}}$ – сума всіх місцевих вагонів які прибули на станцію;

$\sum x_{A_i, B_j, C_k}^{\text{приб тран}}$ – сума всіх транзитних вагонів які прибувають на станцію;

$\sum x_{A_i, B_j, C_k}^{\text{відп тран}}$ – сума всіх транзитних вагонів які відправляються зі станції.

У параметрах налаштовуємо лінійну модель задачі і даємо команду «Виконати».

Після виконання процесу пошуку розв'язків таблиця вагонопотоків автоматично заповниться числами – кількостями вагонів, які слідують на кожній з ділянок. Дані числа є розв'язком поставленої задачі і забезпечують найменші фінансові затрати на перевезення.

Висновок

У ринкових умовах господарювання практично всі підприємства потребують професійного підходу до управління перевізними процесами в організаційному розвитку для забезпечення здорової конкурентоздатності [2, 5, 10].

Після розв'язування транспортної задачі, вибору оптимального варіанта логістики товарів від пунктів виробництва до місць споживання отримуємо розв'язок задачі, який знижує транспортні витрати на 10-30 %.

Застосування методу розв'язування транспортної задачі за допомогою MS Excel надбудови «Пошук розв'язку» дає змогу оптимізації плану перевезень однорідних вантажів в транспортних системах.

На підставі цього з'являється можливість більш обґрунтовано аналізувати ефективність роботи ділянки, оскільки саме від показників: рухомого складу, довжин приймально-відправних колій, вагових норм, поїзного локо-

мотива та виду тяги, профілю ділянки залежать результати роботи та витрати на її виконання.

Запропонований метод можна застосовувати для розв'язування транспортної задачі з будь-якими однорідними вантажами на залізниці у транспортній мережі такого ж типу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Про порядок застосування на Львівській залізниці окремих пунктів та положень Правил технічної експлуатації залізниць України, Інструкції з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України та Інструкції з сигналізації залізниць України: Затв. : Наказ Львівська залізниця 23.06.2014 р. № 300/Н. – Львів, 2014. – 88 с.

2. Транспортно-складська логістика гірничих підприємств : навч. посіб. / В. О. Будішевський, В. О. Гутаревич, Л. Н. Ширін, В. О. Салов, А. Л. Ширін, А. В. Мухін, Ф. Краузе, П. Хорн; Нац. гірн. ун-т, Донец. нац. техн. ун-т, Магдебурз. ун-т ім. О. Ф. Геріке. – Дніпропетровськ : НГУ, 2010. – 430 с.

3. Іксанов, О. М. Транспортна задача, її властивості та методи розв'язування (курс «Дослідження операцій») : навч. посіб. / Іксанов О. М., Шевченко В. І. – Київ: Наукове видавництво «ТВіМС», 2010. – 84 с.

4. Самойленко, М. І. Інформаційні технології в розв'язанні транспортних задач : монографія / Самойленко І. М., Кобець А. О.; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2011. – 256 с. ISBN 978-966-695-204-5

5. Смирнов, І. Г. Транспортна логістика : навч. посіб. / Смирнов І. Г., Косарева Т. В. – Київ: Центр учбової літератури, 2008. – 224 с. ISBN 978-966-364-723-4

6. Атаманюк, А. В. Метод розв'язання задачі оптимальних вантажних перевезень / Атаманюк А. В., Гольденгорін Б. І. // Економічні науки. Серія «Економіка та менеджмент» : збірник наукових праць. Луцький національний технічний університет. – Луцьк, 2012. – Вип. 9 (34). Ч. 2. – 17-23.

7. Подвальна, Г. В. Оптимізація перевезень: проблеми використання «транспортної задачі» / Г. В. Подвальна // Вісн. Нац. ун-ту «Львів. Політехніка». – 2012. – № 735. – С. 176-180.

8. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.

9. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

10. Макаренко, М. В. Стратегічне прогнозування роботи залізничного транспорту / М. В. Макаренко // Залізнич. трансп. України. – 2004. – № 2. – С. 49-51.

11. Козаченко, Д. М. Исследование потребности в вагонном парке для обеспечения перевозок массовых грузов по расписанию / Д. Н. Козаченко // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту, 2013. – Вип. 35. – С. 11-16.

12. Правила технічної експлуатації залізниць

України: затв. : Наказ Міністерства транспорту України від 20.12.96 № 41 і зареєстровані Міністерством юстиції України 25.02.97 за № 50/184 (зі змінами).– Київ: Транспорт України, 2002.–140 с.

13. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України: затв. : Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України 31.08.2005 р. № 507. – Київ : ТОВ «Імпрес», 2005. – 462 с.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Герою Б. В. (Україна)

Надійшла до редколегії 18.05.2016.

Прийнята до друку 19.05.2016.

Н. А. БАБЯК, П. П. БАНДРИВСКИЙ, Т. И ФЕДУНЬ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫБОРА МАРШРУТОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУЗА ОТ ПУНКТОВ ДОБЫЧИ К МЕСТАМ ПЕРЕРАБОТКИ

Рыночные условия хозяйствования требуют профессионального подхода к управлению перевозочным процессом в организационном развитии для обеспечения здоровой конкурентоспособности. В связи с политической ситуацией, сложившейся в нашей стране большое количество маршрутов следования грузопотоков, которые традиционно использовались, не могут удовлетворить потребности пользователей железнодорожного транспорта, например, в ситуации, сложившейся на добывающих предприятиях Луганской и Донецкой областей.

В работе приведен пример решения нового вида транспортной задачи в сетевой постановке, учитывающий ограничения длины приемоотправочных путей, массы состава и характеристики локомотива.

Применение предложенного нами метода решения транспортной задачи с помощью MS Excel надстройки «Поиск решения» позволяет оптимизации плана перевозок однородных грузов в транспортных системах, за счет чего появляется возможность более обоснованно анализировать эффективность работы участка, поскольку именно от показателей: подвижного состава, длины приемоотправочных путей, весовых норм, поездно локомотива и вида тяги, профиля участка зависят результаты работы и затраты на ее выполнение.

Предложенный метод можно применять для решения транспортной задачи с любыми однородными грузами на железной дороге в транспортной сети такого же типа.

Ключевые слова: транспортная задача, планирования перевозок, транспортировка грузов.

M. BABYAK, P. BANDRIVSKYI, T. FEDUN

IMPROVING OF SELECTION METHODS FOR CARGO TRANSPORTATION ROUTES FROM PLACES OF MINING TO PLACES OF PROCESSING

Market economy requires a professional approach to the management of the transportation process in organizational development to ensure a healthy competitiveness. Due to the political situation in our country a large number of cargo route that are traditionally used, can not meet the needs of users of rail transport, for example, the situation in mining enterprises in Luhansk and Donetsk regions.

The work is an example of a new type of solution of the transport problem in the network statement, taking into account length restrictions receiving and departure tracks, weight and characteristics of the locomotive.

Use of our proposed method for solving the transport problem by using MS Excel add-in «Search solution» enables optimization plan for transportation of similar goods in transport systems, through which it is possible to analyze a reasonable performance of the site, because of factors: rolling stock, the length of receiving-departure tracks, weight standards, train and locomotive traction type, profile plots vary the work and the cost of its implementation.

The proposed method can be used to solve transportation problem with any homogeneous cargo railway transport network of the same type.

Keywords: transport task, transport planning, transport of goods.

УДК 656.222.5.6

О. О. БАРДАСЬ^{1*}

1* Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта bardas_oleksandr@ukr.net, ORCID 0000-0001-8772-9328

УДОСКОНАЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОНАННЯ ПОЇЗНОЇ РОБОТИ НА СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ

Мета. Метою даної роботи являється удосконалення нейромережевої моделі вибору колії приймання поїзда на сортувальну станцію за рахунок врахування прогнозу розвитку поїзної ситуації та вибору раціональних параметрів архітектури нейронної мережі. **Методика.** В якості моделі вибору колії приймання поїзда обрано штучну нейронну мережу. Формування вектора вхідних параметрів пропонується виконувати на основі даних АСК ВП УЗ-Є. З метою врахування прогнозу розвитку поїзної ситуації на станції та на підходах до станції пропонується виконати декомпозицію нейронної мережі із виділенням блоку прогнозування руху та блоку безпосереднього вибору колії приймання. **Результати.** Представлена комплексна нейромережева модель дозволяє враховуючи прогноз прибуття поїздів та прогноз розвитку ситуації в парку приймання, визначати раціональні колії для приймання поїздів. При цьому прогноз прибуття поїздів представляється в явному вигляді, а прогноз розвитку ситуації в парку – в неявному вигляді (шляхом врахування моментів та послідовності прибуття поїздів в парк). **Наукова новизна.** Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні нейромережевої моделі вибору колії приймання поїзда на сортувальну станцію, що досягається за рахунок формування комплексної нейронної мережі, яка враховує прогноз прибуття поїздів на станцію та прогноз розвитку поїзної ситуації в парку, а також за рахунок встановлення раціональних параметрів архітектури, кількості нейронів у вихідному шарі нейронної мережі та способу представлення результатів моделі. **Практична значимість.** Практична значимість отриманих результатів полягає в тому, що представлена модель може бути використана при створенні системи підтримки прийняття рішень ДСП парку приймання при виконанні поїзної та маневрової роботи.

Ключові слова: штучна нейронна мережа, черговий по станції, прогноз прибуття поїздів, система підтримки прийняття рішень.

Вступ

Одним із основних оперативних працівників, які забезпечують якість виконання поїзної роботи на залізничній станції, являється черговий по станції – ДСП. Від ефективності його роботи значною мірою залежить виконання оперативних планів роботи, а також якість використання рухомого складу та станційної інфраструктури. Свою діяльність ДСП виконує в умовах, що характеризуються великою кількістю подій, які доводиться аналізувати, високим динамізмом розвитку та певною невизначеністю поточної ситуації, а також значними психологічними навантаженнями. Зважаючи на це, актуальним завданням являється створення систем підтримки прийняття рішень ДСП при виконанні поїзної та маневрової роботи. Підтвердженням такої думки являється інтенсифікація наукових досліджень в цій області, що відмічається останнім часом.

Правила та алгоритми прийняття рішень, якими користуються професійні ДСП в своїй роботі можна віднести до категорії знань, які

важко піддаються формалізації та структуруванню. Тут велике значення має практичний досвід роботи та інтуїція, яку з наукової точки зору можна розглядати як проекцію набутого досвіду на поточну ситуацію, в якій знаходиться ДСП. Специфіка керування поїзною та маневровою роботою вимагає використання адекватних математичних моделей, методів та підходів при розробці систем підтримки прийняття рішень ДСП. До найбільш перспективних можна віднести продукційні моделі представлення знань [1], нечітку логіку [2, 3] та штучні нейронні мережі [4, 5].

Серед основних керуючих впливів, які здійснює ДСП парку приймання на виконання поїзної і маневрової роботи на станції, слід віднести визначення послідовності виконання пересувань по станційним коліям та вибір колій для приймання і пропуску поїздів.

Необхідність вибору послідовності виконання пересувань на станції, як правило, обумовлена різним ступенем пріоритетності поїзних та маневрових операцій. Хоча іноді мають місце і інші проблемні ситуації, до яких насам-

перед можна віднести задачі вибору черговості розформування-формування поїздів [6, 7]. Останні являються досить складною проблемою, яка в рамках даної роботи не розглядається.

В даній роботі розглядається проблема раціонального вибору колії приймання поїзда на сортувальну станцію. При цьому алгоритми прийняття рішень ДСП формалізовано на основі штучної нейронної мережі.

Мета

Метою даної роботи являється удосконалення нейромережевої моделі вибору колії приймання поїзда на сортувальну станцію за рахунок врахування прогнозу розвитку поїзної ситуації та визначення раціональних параметрів архітектури нейронної мережі.

Методика

Під час вибору колії приймання поїзда, ДСП керується міркуваннями забезпечення:

– приймання та пропуску поїздів без затримок, а також паралельності виконання операцій (з урахуванням розвитку ситуації в майбутньому);

– безпеки руху;

– зменшення витрат енергії, що пов'язані із розформуванням составів та переведенням стрілочних переводів.

В роботі [8] представлено нейронну мережу, яка виконує вибір колії приймання з урахуванням поточного стану колій в парку приймання (визначається наявністю поїзда на колії, його категорією та ознаками негабаритності і небезпечності вантажів) та характеристики поїзда, що приймається. Остання включає в себе категорію поїзда, ознаки негабаритності, небезпечності вантажів та довгосоставності поїзда. Слід відмітити, що представлена модель не враховує динамічної природи підсистеми розформування.

Вибір колії приймання поїзда ДСП здійснює в момент його відправлення із сусідньої станції. Враховуючи, що в середньому перегінний час ходу між станціями становить 10-15 хв, рішення доводиться приймати із урахуванням експертного прогнозу розвитку ситуації в парку приймання на глибину до 15 хв.

На коліях приймання із поїздами виконується складний комплекс технологічних операцій із підготовки составів до розпуску та їх розпуску із сортувальної гірки. Для прийняття раціональних рішень щодо приймання поїзда на ста-

нцію, ДСП повинен мати прогноз роботи парку приймання на найближчий час. Слід зазначити, що на поточний момент АСК ВП УЗ-Є не забезпечує оперативне планування таким прогнозом. Тому ДСП, як правило, керується доступними відомостями та власним досвідом, виконує експертне передбачення розвитку ситуації в парку та обирає відповідно до цього колію приймання поїзда.

Для врахування динамічної природи підсистеми розформування, вектор вхідних параметрів нейронної мережі повинен бути доповнений часовими характеристиками поїздів, що знаходяться на станції та очікуються прибуттям на станцію. Таким чином, така нейронна мережа повинна в певному вигляді (явному чи неявному) враховувати два види прогнозу: прогноз звільнення колій в парку приймання та прогноз прибуття поїздів в цей парк. Проблема полягає в тому, що параметри, які описують часові характеристики поїздів, повинні бути наявні (хоча б у перспективі) в АСК ВП УЗ-Є.

При прогнозуванні розвитку ситуації у парку приймання, ДСП орієнтується за фактичними моментами прибуття, моментами початку виконання технологічних операцій із поїздами, місцезнаходженням та станом маневрових локомотивів. При цьому в АСК ВП УЗ-Є доступна лише невелика частина цієї інформації, яка надходить у вигляді інформаційних повідомлень:

201 – повідомлення про прибуття поїзда;

09 – коректувальне повідомлення, повинно вводитися після завершення технічного огляду;

203 – повідомлення про завершення розформування поїзда.

Проте статистичні дані свідчать, що фактично коректувальне повідомлення 09 вводить одночасно із прибуттям поїзда на станцію. Таким чином, за даними АСК ВП УЗ-Є, фактично можливо визначити лише чи знаходиться поїзд в парку приймання. В зв'язку з цим в даній роботі пропонується поточний стан поїзда, що знаходиться на певній колії, описувати лише одним параметром – тривалістю знаходження поїзда на станції, що зафіксована на поточний момент. Такий параметр в неявному вигляді містить інформацію щодо черговості прибуття поїздів та ймовірного поточного етапу підготовки состава поїзда до розпуску.

Крім цього, стан кожної колії повинен бути доповнений наступними характеристиками [8]:

– стан зайнятості чи вільності колії;

– категорія поїзда, що знаходиться на колії;

- ознаки негабаритності вантажів у складі поїзда, що стоїть на колії;
- ознаки небезпечності вантажів у складі поїзда, що стоїть на колії.

Із набору перелічених параметрів формується вектор вхідних параметрів, який описує стан парку приймання в цілому:

$$\bar{X}'' = \{X''_{11}, X''_{12}, \dots, X''_{ij}, \dots, X''_{nm}\}, \quad (1)$$

де X''_{ij} – значення j -го параметру i -ї колії.

В даній роботі пропонується статичні характеристики поїзда, що очікується прибуттям на станцію [8], доповнити динамічною характеристикою – очікуваним моментом прибуття та номером підходу прибуття поїзда. Таким чином, поїзд, що прибуває на станцію, описується наступними параметрами:

- прогнозом прибуття поїзда у стохастичному вигляді;
- номером підходу прибуття поїзда;
- категорією поїзда (у розформування, транзитний, транзитний з частковою переробкою, пасажирський, ін.);
- ознакою довгосоставності поїзда;
- ознаками негабаритності вантажів у складі поїзда;
- ознаками небезпечності вантажів у складі поїзда.

Слід зазначити, що конструкція колійного розвитку парків приймання сортувальних станцій не завжди забезпечує можливість приймання поїздів із кожного окремого підходу на будь-яку колію. В зв'язку з цим, можливі ситуації, в яких вибір певної колії для приймання поїзда із умовного підходу А, не залишає можливих варіантів приймання наступного поїзда із умовного підходу Б навіть за умови наявності вільних колій в парку приймання. Тому прогноз прибуття повинен охоплювати не лише той поїзд, для якого обирається колія приймання, а і деяку множину наступних поїздів, що очікуються прибуттям на станцію. При цьому для кожного поїзда повинен бути відомим весь набір як статичних, так і динамічних параметрів:

$$\bar{X}''' = \{X'''_{11}, X'''_{12}, \dots, X'''_{ij}, \dots, X'''_{hg}\}, \quad (2)$$

де X'''_{ij} – значення j -го параметра для i -го поїзда, що очікується прибуттям на станцію.

В даній роботі з метою визначення очікуваних моментів прибуття поїздів на станцію, пропонується використати нейромережеву модель, представлену в [9] та досліджену в [10]. При цьому пропонується, комплексну нейронну мережу вибору колії приймання представити у вигляді двох послідовних нейронних мереж, так, як показано на рис. 1.

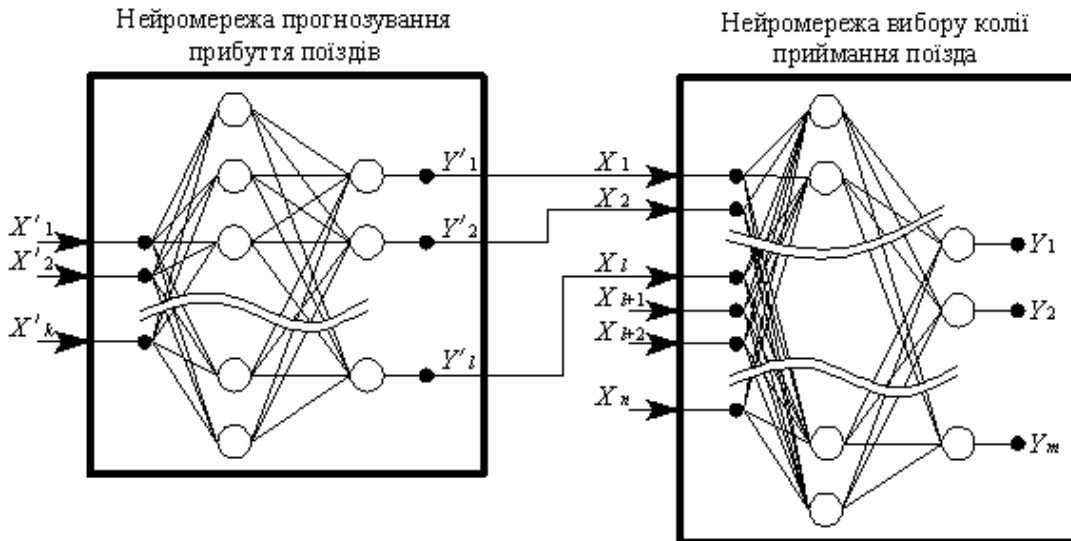


Рис. 1. Архітектура комплексної нейронної мережі вибору колії приймання поїзда

Об'єднання комплексної двохступеневої нейронної мережі в одну являється нераціональним кроком по двом причинам. По-перше, прогноз прибуття поїздів визначається на основі великої кількості факторів $\{X'_1, X'_2, \dots, X'_k\}$ (описані в [9, 10]), які впливають на вибір колії приймання поїзда лише шляхом впливу на па-

раметр «очікуваний момент прибуття». Для того, щоб не створювати зайвих синаптичних зв'язків між нейронами, спочатку слід окремо визначити цей параметр, а потім включити його у вхідний вектор наступної нейронної мережі, яка безпосередньо обирає номер колії приймання поїзда.

По-друге, навчання нейронної мережі прогнозування прибуття поїздів передбачається на основі фактичних даних виконаного руху, а навчання нейронної мережі вибору колії – на основі експертних оцінок найбільш професійних та досвідчених ДСП. Така технологія відповідає перспективній ситуації, в якій АРМ ДСП забезпечується прогнозом прибуття поїздів, отриманим на основі нейромережевої моделі прогнозування руху.

Результатом роботи нейронної мережі прогнозування прибуття поїздів являється вектор

$$\bar{Y}' = \{Y'_1, Y'_2, \dots, Y'_i, \dots, Y'_l\}, \quad (3)$$

де Y'_i – ймовірність прибуття поїзда в певний проміжок часу, який відповідає i -му інтервалу, $i = 1..l$.

На основі векторів, що описуються виразами (1-3), формується вектор вхідних параметрів нейронної мережі вибору колії приймання поїзда:

$$\bar{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}. \quad (4)$$

Важливим питанням являється визначення кількості нейронів у вихідному шарі нейронної мережі. Саме цей параметр визначає в який спосіб буде представлена відповідь на завдання, яке ставиться перед нейронною мережею.

Кількість нейронів у вихідному шарі багатозарового перцептронну може визначатися кількістю вихідних параметрів, що визначаються нейронною мережею [8]. Наприклад, якщо нейронна мережа визначає номер колії та номер парку, до якого приймається поїзд, то всього необхідно мати два нейрони у вихідному шарі – по одному для номера колії та номера парку. Проте слід зазначити, що у такого підходу, окрім певних переваг, є декілька недоліків, які ускладнюють можливості його застосування на практиці.

По-перше, параметр «номер колії для приймання поїзда» не являється фізичною величиною, яку можна виміряти, цей параметр являється назвою певного образу поїзної ситуації. При цьому колії, які являються найбільш близькими з експлуатаційної точки зору, можуть мати несуміжні номери. Може, наприклад, скластися ситуація, наведена на рис. 2, де зображено області раціонального вибору окремих колій для приймання поїздів. На вибір колії приймання впливає багато факторів, проте на рисунку для можливості візуального сприйнят-

тя, прийнято, що ці області визначаються лише двома абстрактними параметрами X_1 та X_2 .

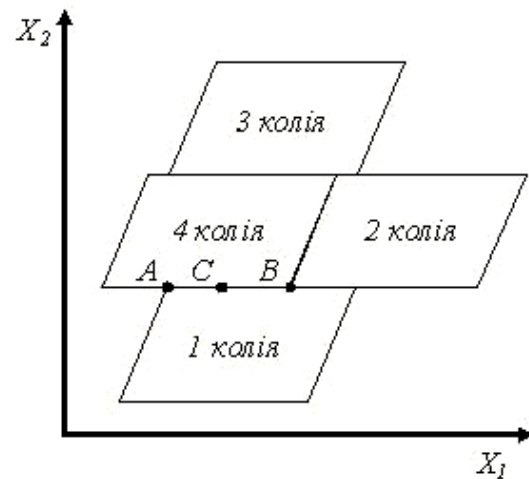


Рис. 2. Приклад некоректної класифікації поїзної ситуації.

Області вибору колії 1 та колії 4 являються суміжними. На межі цих областей (відрізок АВ) знаходяться точки (наприклад точка С), які характерні тим, що в них раціональними варіантами одночасно являються і вибір колії 1 і вибір колії 4. Тобто при переході через цю межу повинен відбуватися стрибок відразу через дві колії (2 та 3). Це свідчить про те, що функція відгуку повинна бути розривною по відрітку АВ. Отримати таку функцію відгуку шляхом підбору синаптичних ваг практично неможливо.

По-друге, в роботі ДСП парку приймання доволі рідко трапляються ситуації, які мають однозначну відповідь щодо вибору номера колії приймання. Можна стверджувати, що дуже часто для приймання поїзда існує не одна, а відразу декілька рівнозначних колій. Тобто в одній і тій же поїзній ситуації можна не порушуючи умов раціонального режиму роботи, обирати один із декількох можливих варіантів приймання поїзда. Особливо це стосується роботи в умовах низького рівня завантаження парку приймання. Тому під час навчання нейронної мережі необхідно мати можливість вказувати їй декілька допустимих колій для приймання поїзда із зазначенням відповідного ступеня доцільності вибору колії (ступеня ДВК). Аналогічним повинен бути і результат роботи нейронної мережі – він повинен бути представленим у вигляді списку колій із визначеними ступенями ДВК. Ступінь ДВК для приймання поїзда не являється тотожним такому параметру як ймовірність. Більш точною аналогією тут можна вважати поняття із теорії нечіткої логіки – сту-

пінь приналежності колії до множини «оптимальна колія для приймання поїзда».

З точки зору теорії розподілених обчислень, задачу вибору колії для приймання поїзда можна віднести до задач класифікації образів або класів. Згідно [11], для задачі класифікації на M класів, в якій об'єднання M класів формує весь простір входних сигналів, для представлення всіх можливих результатів класифікації потрібно M виходів. Тому в даній статті пропонується кількість нейронів вихідного шару визначати кількістю колій приймання та пропуску поїздів. При цьому передбачається, що кожен вихідний нейрон відповідає певній колії парку приймання та генерує сигнал в діапазоні $[0;1]$, який відповідає ступеню доцільності вибору такої колії для приймання чи пропуску поїзда. Таким чином, результатом роботи нейронної мережі вибору колії приймання являється вектор

$$\bar{Y} = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\}, \quad (4)$$

де m – кількість колій в парку приймання.

Навчання нейронної мережі вибору колії приймання пропонується виконувати з використанням ергатичної моделі підсистеми розформування [12]. При цьому в моменти прийняття рішення щодо вибору колії приймання, імітаційна модель повинна зупинитися та надавати можливість особі, що виконує моделювання (ОВМ) прийняти рішення самостійно. Крім того, ОВМ повинна встановити ступені доцільності вибору кожної колії за 4-х ступеневою шкалою:

Оптимальний варіант – 1,0;

Допустимий варіант – 0,67;

Допустимий, але небажаний варіант – 0,33;

Недопустимий варіант – 0.

Числа навпроти назви кожного рівня відповідають ступеню ДВК, який передається на виході нейронної мережі в якості правильної відповіді, ці числа використовуються для визначення сигналу помилки нейронної мережі та подальшої процедури оновлення синаптичних ваг. Процедура навчання нейронної мережі завершується після того як синаптичні ваги всіх зв'язків між нейронами стабілізуються на певному рівні. Очевидно, що для виконання цієї умови необхідно, щоб ОВМ дотримувалася чітких правил у визначенні ступеня доцільності вибору тієї чи іншої колії. З цією метою в даній статті пропонується користуватися наступними правилами.

1. Ступінь ДВК «оптимальний» присвоюється тим коліям, вибір яких забезпечує відсут-

ність затримок у виконанні поїзної та маневрової роботи, а також мінімальні витрати енергії на обробку поїздів у підсистемі розформування.

2. Ступінь ДВК «допустимий» присвоюється тим коліям, вибір яких призводить до незначних затримок у виконанні маневрової роботи та появи деяких незначних додаткових витрат (збільшення витрат енергії, що пов'язане із переведенням стрілочних переводів та проходженням составів кривих малого радіусу під час насуву та розпуску із сортувальної гірки).

3. Ступінь ДВК «допустимий, але небажаний» присвоюється тим коліям, вибір яких призводить до (або істотно підвищує ймовірність) значних затримок у русі поїздів та виконанні маневрової роботи.

4. Ступінь ДВК «недопустимий» присвоюється тим коліям, приймання поїздів на які неможливе за схемою колійного розвитку, або за поїзною ситуацією (наприклад якщо колія зайнята). Колії із таким ступенем ДВК визначаються ергатичною моделлю автоматично.

Використання таких правил дозволить виконувати навчання нейронної мережі на більш якісному рівні.

Результати

Представлена комплексна нейромережева модель дозволяє враховуючи прогноз прибуття поїздів та прогноз розвитку ситуації в парку приймання, визначати раціональні колії для приймання поїздів. При цьому прогноз прибуття поїздів представляється в явному вигляді, а прогноз розвитку ситуації в парку – в неявному вигляді (шляхом врахування моментів та послідовності прибуття поїздів в парк).

Наукова новизна та практична значимість

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні нейромережевої моделі вибору колії приймання поїзда на сортувальну станцію, що досягається за рахунок:

– формування комплексної нейронної мережі, яка враховує прогноз прибуття поїздів на станцію та прогноз розвитку поїзної ситуації в парку;

– встановлення раціональних параметрів архітектури, кількості нейронів у вихідному шарі нейронної мережі та способу представлення результатів моделі.

Практична значимість отриманих результатів полягає в тому, що представлена модель може бути використана при створенні системи підтримки прийняття рішень ДСП парку прий-

мання при виконанні поїзної та маневрової роботи.

Висновки

Виконані дослідження дозволяють встановити наступні висновки.

1. З метою врахування прогнозу прибуття поїздів на станцію, нейромережеву модель вибору колії приймання поїзда слід сформувати на основі двох послідовних блоків – блоку прогнозування руху та блоку безпосереднього вибору колії приймання.

2. З метою зменшення ймовірності виникнення помилок класифікації поїзних ситуацій, кількість нейронів у вихідному шарі нейромережі вибору колії приймання поїзда слід визначити за кількістю колій приймання та пропуску поїздів.

3. Навчання нейромережевої моделі вибору колії приймання поїзда доцільно використовувати за допомогою ергатичної моделі підсистеми розформування сортувальної станції. При цьому в якості правильної відповіді нейромережі слід використовувати ступені доцільності вибору для приймання відповідних колій.

4. Результатом роботи нейромережевої моделі вибору колії приймання поїзда являється список допустимих варіантів колій із відповідними їм значеннями доцільності вибору таких варіантів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Долгий, И. Д. Динамические модели прогнозирования движения поездов в интеллектуальных системах диспетчерского управления / Долгий И. Д., Криволапов С. В. // Вестник Рост. гос. ун-та путей сообщ. – 2012. – № 4. – С. 75-81.

2. Chen, G. Introduction to fuzzy sets, fuzzy logic and fuzzy control systems / Guanrong Chen, Trung Pat Pham, – New York: CRC Press, 2001. – 316 p.

3. Лаврухін, О. В. Розробка моделі підтримки прийняття рішень на залізничному транспорті [Текст] / О. В. Лаврухін // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2006. – Вип. 11. – С. 84-86.

4. Bavarian, B. Introduction to neural networks for intelligent control [Електрон. ресурс] / B. Bavarian // Control Systems Magazine, IEEE. – 1988. – № 6(2). –

P. 3-7. – Режим доступу – <http://ieeecs.org/CSM/library/1988/april1988/w03-07.pdf>. – перевірено 12.03.2016.

5. Лаврухін, О. В. Формування підходів щодо реалізації системи підтримки прийняття рішень оперативного управління поїздопотоками з розподіленим штучним інтелектом / О. В. Лаврухін // Транспортні системи та технології перевезень. – 2014. – Вип. 8. – С. 88-99.

6. Бардась, О. О. Удосконалення критерію вибору черговості розпуску составів з урахуванням завдань попереднього сортування вагонопотоків [Текст] / О. О. Бардась // Транспортні системи та технології перевезень. – 2013. – Вип. 6. – С. 5-9.

7. Бардась, О. О. Дослідження впливу точності прогнозування руху на ефективність керування черговістю розформування поїздів / О. О. Бардась // Транспортні системи та технології перевезень. – 2015. – Вип. 9. – С. 4-9.

8. Лаврухін, А. В. Формирование интеллектуальной модели функционирования железнодорожной станции при выполнении поездной работы / А. В. Лаврухін // Наука та прогрес транспорту. – 2015. – № 1(55). – С. 43-53.

9. Вернигора, Р. В. Структура та принципи функціонування прогнозувальної моделі роботи залізничного напрямку / Р. В. Вернигора, Л. О. Єльнікова // Транспортні системи і технології перевезень. – 2015. – Вип. 9. – С. 16-22.

10. Вернигора, Р. В. Дослідження ефективності використання нейронних мереж при прогнозуванні прибуття поїздів на технічні станції / Р. В. Вернигора, Л. О. Єльнікова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 3/3. – С. 23-27.

11. Haykin, S. Neural networks. A comprehensive foundation / S. Haykin, – Hamilton: McMaster University, 2005. – 823 p.

12. Бобровский, В. И. Количественная оценка технико-технологических параметров железнодорожных станций на основе эргатических моделей / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16 – С. 50-57.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., професор О. І. Михальовим (Україна)

Надійшла до редколегії 08.05.2016.

Прийнята до друку 10.05.2016.

А. А. БАРДАСЬ

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЕЗДНОЙ РАБОТЫ НА СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

Цель. Целью данной работы является усовершенствование нейросетевой модели выбора пути приема поезда на сортировочную станцию за счет учета прогноза развития поездной ситуации и выбора рациональных параметров архитектуры нейронной сети. **Методика.** В качестве модели выбора пути приема поезда выбрана искусственная нейронная сеть. Формирование вектора входных параметров предлагается выполнять на основе данных АСК ВП УЗ-С. С целью учета прогноза развития поездной ситуации на станции и на подходах к станции предлагается выполнить декомпозицию нейронной сети с выделением блока прогнозирования движения и блока непосредственного выбора пути приема. **Результаты.** Представленная комплексная нейросетевая модель позволяет учитывая прогноз прибытия поездов и прогноз развития поездной ситуации в парке приема, определять рациональные пути для приема поездов. При этом прогноз прибытия поездов представляется в явном виде, а прогноз развития ситуации в парке – в неявном виде (путем учета моментов и последовательности прибытия поездов в парк). **Научная новизна.** Научная новизна работы заключается в усовершенствовании нейросетевой модели выбора пути приема поезда на сортировочную станцию, которое достигается за счет формирования комплексной нейронной сети, учитывающей прогноз прибытия поездов на станцию и прогноз развития поездной ситуации в парке, а также за счет определения рациональных параметров архитектуры, количества нейронов в выходном слое нейронной сети и способа представления результатов модели. **Практическая значимость.** Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что представленная модель может быть использована при создании системы поддержки принятия решений ДСП парка приема при выполнении поездной и маневровой работы.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, дежурный по станции, прогноз прибытия поездов, система поддержки принятия решений.

O. O. BARDAS

IMPROVING THE INTELLIGENCE TECHNOLOGIES OF TRAIN TRAFFIC'S MANAGEMENT ON SORTING STATIONS

Purpose. The purpose of this article is to improve the neural network model of selection the receive path of the train to the rail yard by taking into account the forecast of the development of the train situation and a choice of rational parameters of the neural network architecture. **Methodology.** As a model of selection the receive path of the train selected artificial neural network. Formation of the vector of the input parameters is proposed to carry out on the basis of data of automated rail traffic management systems. To account for the forecast of the situation at the train station and on the approaches to the station proposed to decompose the neural network with the release of a block motion prediction and the block directly select the reception path. **Findings.** Representations of complex neural network model allows taking into account the forecast arrival of trains and train forecast of the situation in the arrival park, to determine efficient ways to receive trains. At the same time train arrivals forecast is presented in explicit form, and the forecast of development of the situation in the park – implicitly (by taking into account the moments and the sequence of trains arriving at the park) **Originality.** The scientific novelty of this work lies in improving the neural network model of selection of the receive path of the train at the rail yard, which is achieved due to the formation of a complex neural network that takes into account the forecast of trains arriving at the station and the outlook for the train situation in the park, as well as by the definition of rational parameters of the architecture, the number of neurons in the output layer of the neural network and a method for reporting the results of the model. **Practical value.** The practical significance of the results is that the presented model can be used when creating a decision support system chipboard reception at arrival park for supporting train and shunting work.

Keywords: artificial neural network, railway station's dispatcher, forecast of train's arrival, decision support system.

УДК 656.212

Р. В. ВЕРНИГОРА^{1*}, В. В. МАЛАШКИН^{2*}

^{1*} Каф. «Станции и узлы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 373-15-12, эл. почта romav1@yandex.ua, ORCID 0000-0001-7618-4617

^{2*} Каф. «Станции и узлы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 371-51-03, эл. почта malaxa79@mail.ru, .ORCID 0000-0002-5650-1571

МЕТОДИКА ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

В статье приведена методика оценки и определения эффективных вариантов проектных решений, направленных на совершенствование технических и технологических параметров железнодорожных станций. Указанную задачу предлагается решать как задачу векторной оптимизации.

При совершенствовании технико-технологических параметров железнодорожных станций разрабатываются возможные варианты соответствующих организационно-технических мероприятий. Каждый вариант может быть охарактеризован двумя интегральными показателями: количественным (например, затратами на реализацию варианта) и качественным (например, перерабатывающая способность станции). Задача состоит в определении таких вариантов проектных решений, реализация которых обеспечивала бы наибольшую эффективность (оптимальное значение качественного показателя) при определенном (заданном) значении количественного показателя (объемах расходов).

Качественные и количественные показатели, оценивающие каждый из проектов усовершенствования станции, предлагается определять с использованием разработанной авторами эргатической функциональной модели станции.

Задача векторной оптимизации решается с помощью функции Лагранжа. При этом на основе исходного множества вариантов проектных решений формируется множество эффективных вариантов, каждый из которых обеспечивает улучшение значения качественного показателя (перерабатывающей способности станции) при увеличении значения количественного показателя (расходов на реализацию варианта).

Апробация предложенной методики выполнена при определении эффективного комплекса мер, направленных на совершенствование работы парка прибытия одной из крупных сортировочных станций Украины. С этой целью были разработаны 48 вариантов возможных организационно-технических мероприятий. Для определения показателей эффективности каждого варианта выполнено серию экспериментов с эргатической моделью станции. На основе решения задачи векторной оптимизации было определено множество эффективных проектных решений, обеспечивающих максимальную перерабатывающую способность парка прибытия станции в зависимости от выделенных средств.

Ключевые слова: железнодорожная станция, оценка проектных решений, функциональное моделирование, векторная оптимизация, функция Лагранжа, эффективность использования ресурсов.

Введение

Современный рынок транспортных услуг Украины характеризуется жесткой конкуренцией между перевозчиками. В этих условиях для железнодорожного транспорта особую актуальность приобретает задача снижения себестоимости перевозочного процесса.

Как показывает анализ статистических данных, за период 2005-2014 г. величина оборота грузового вагона выросла в 2 раза (с 4,34 сут. до 8,66 сут.) [1]; этот тренд наблюдается и в 2015-2016 г. Следует также отметить, что в структуре оборота вагона собственно «чистое» время в движении составляет всего около 12 %, а остальное время – это простой на станциях:

под грузовыми операциями (43 %), на технических станциях (43 %) и на промежуточных станциях (2 %) [2]. В этой связи одним из основных направлений обеспечения высокой эффективности эксплуатационной работы железных дорог является минимизация времени нахождения вагонов на станциях. С этой целью, с одной стороны, станции должны обладать достаточным резервом пропускной и перерабатывающей способности для погашения пиковых нагрузок; с другой – необходимо минимизировать собственные расходы станций, сокращая избыточный технический потенциал. Приведение параметров станций к экономически рациональному уровню требует эффективных

подходов к оценке соответствующих проектных решений. Получение подобной оценки невозможно без использования современного математического аппарата.

Анализ литературных источников и постановка задачи исследования

Получение достоверной оценки планируемых организационно-технических мероприятий (ОТМ), направленных на повышение эффективности работы станций является одной из задач системы технико-экономического управления, которая в последние годы внедряется на железнодорожном транспорте Украины.

Для решения задач технико-экономического управления на железнодорожном транспорте разрабатываются и внедряются современные системы поддержки принятия решений (СППР), которые на основе анализа имеющейся информации об объекте управления (станции, диспетчерском участке и т.д.) предлагают рациональный (в большинстве случаев наиболее экономически выгодный) вариант действий по управлению данным объектом [3-7]. Одной из основных проблем, возникающих при разработке такого рода систем, является прогнозирование технико-эксплуатационных показателей функционирования объекта при реализации того или иного управленческого решения. Так, в работах [3, 4] рассматривается методика построения СППР для оптимизации распределения материально-технических и финансовых ресурсов между подразделениями железнодорожной сети. При этом проблема прогнозирования результатов работы отдельных подразделений железной дороги решается с использованием аппарата нечеткой логики.

В [5, 6] рассмотрены СППР, позволяющие прогнозировать работу станций в тех или иных условиях и на основании этого принимать обоснованные решения по управлению их функционированием. В основе каждой из предложенных СППР лежит имитационная модель станции, использующая при моделировании данные о технико-технологических параметрах станции, а также информацию о прогнозируемых условиях работы.

Заслуживает также внимания опыт железных дорог Германии [7]. Здесь разработан моделирующий имитационный комплекс RailSys, который используется для оценки эффективности капиталовложений в развитие инфраструктуры железнодорожных станций и участков. В комплекс RailSys входят имитационные модели различных станций и участков сети. Каждая

модель отражает техническое оснащение и технологию работы определенного объекта. Предусмотрены специальные средства редактирования моделей, которые позволяют внести в них изменения в соответствии с ОТМ, планируемыми при модернизации объекта.

Одной из основных проблем, возникающих при создании функциональных моделей железнодорожных станций (ФМС), является имитация действующих систем управления, основным звеном которых является человек-диспетчер. Очевидно, что без адекватного моделирования указанных систем невозможно получение достоверной количественной оценки показателей функционирования станций. В этой связи при разработке СППР, предназначенных для исследования и оптимизации работы железнодорожных станций, целесообразно использовать эргатические модели, в функционировании которых человек принимает непосредственное участие, выполняя функции диспетчера [8, 9]. Такие модели наиболее точно учитывают факторы, связанные с поведением человека, и позволяют в процессе моделирования имитировать процессы принятия управленческих решений. Одной из задач, которые могут решаться с помощью эргатических имитационных моделей железнодорожных станций, является исследование и технико-экономическая оценка различных ОТМ, направленных на совершенствование технического оснащения и технологии работы станций. Для этих целей после построения и идентификации модели выполняются серия экспериментов при различных вариантах технического оснащения и технологии работы станции. ФМС позволяет по результатам моделирования установить значения технико-эксплуатационных показателей, которые используются для анализа работы станции, а также для технико-экономического сравнения и выбора вариантов совершенствования конструкции и технологии ее работы [10, 11].

Однако при этом возникает задача выбора наиболее эффективных вариантов ОТМ из множества возможных к реализации. В данной статье рассмотрена методика такого выбора, которая основана на принципах теории векторной оптимизации.

Постановка задачи векторной оптимизации параметров станций

С помощью ФМС железнодорожной станции можно получить количественные значения параметров, характеризующих каждый из воз-

можных вариантов ОТМ, направленных на совершенствование конструкции и технологии ее работы. Каждый вариант можно укрупненно охарактеризовать двумя интегральными показателями: количественным (например, затраты на реализацию варианта) и качественным (например, простой вагонов на станции; перерабатывающая способность станции). В большинстве случаев на реализацию комплекса ОТМ выделяется определенный лимит ресурсов (денежных, материальных, трудовых и т.д.). При этом возникает проблема выбора варианта, на который следует направить выделенные средства для получения максимального эффекта. Для решения указанной задачи разработана методика, основанная на принципах векторной оптимизации.

Следует отметить, что методы векторной оптимизации в настоящее время достаточно широко применяются при решении задач, связанных с определением рациональных вариантов организации работы объектов железнодорожного транспорта. Так, в работе [12] методами векторной оптимизации решается задача формирования вариантов рациональной сети линий высокоскоростного движения поездов в Украине. В [13, 14] на основе векторной оптимизации разработаны методики определения дополнительных тарифных ставок за ускорение доставки грузов, позволяющие строить экономически обоснованные отношения между грузоотправителями и железной дорогой. В [15] этими методами предлагается определять рациональные параметры поездопотоков, а в [16] на основе векторной оптимизации рассчитываются рациональные параметры процесса доставки грузов железнодорожным транспортом. В фундаментальной работе [17] методы векторной оптимизации используются для структурного анализа транспортных систем.

При формализации задачи векторной оптимизации станция или ее отдельная подсистема рассматривается как сложная система, состоящая из множества элементов, к которым можно отнести путевое развитие, систему обслуживания, систему управления и др. Комплекс мероприятий γ_i , направленных на повышение эффективности функционирования станции, в общем случае предусматривает проведение работ на каждом таком элементе:

$$\gamma_i = \{\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_j, \dots, \Theta_n\}, \quad (1)$$

где Θ_j – множество возможных мероприятий на j -м элементе станции (реконструкция горловин;

изменение числа путей, количества исполнительных технологических операций и др.);

n – общее количество элементов станции, для которых планируется модернизация.

На реализацию каждого из мероприятий Θ_{ij} комплекса γ_i требуются определенные затраты средств $Z(\Theta_{ij})$. С другой стороны, реализация мероприятия Θ_{ij} позволяет получить определенное значение показателя его эффективности $\Psi(\Theta_{ij})$. Конкретные значения указанных показателей могут быть определены по результатам моделирования работы станции. Таким образом, суммарные затраты средств по соответствующему варианту γ_i определяются как

$$Z(\gamma_i) = \sum Z(\Theta_{ij}), \quad \Theta_{ij} \in \gamma_i. \quad (2)$$

Значение показателя эффективности каждого варианта составит:

$$\Psi(\gamma_i) = \sum \Psi(\Theta_{ij}), \quad \Theta_{ij} \in \gamma_i. \quad (3)$$

Набор возможных вариантов составляет множество $\Gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k\}$. Решением задачи является подмножество $\Gamma^* = \{\gamma_1^*, \gamma_2^*, \dots, \gamma_m^*\}$, для каждого из элементов которого выполняется условие

$$\begin{pmatrix} Z(\gamma^*) \\ \Psi(\gamma^*) \end{pmatrix} \rightarrow \min. \quad (4)$$

Указанная задача в изложенной постановке является задачей векторной оптимизации и может быть решена с помощью метода неопределенных множителей Лагранжа [17, 18]. Результатом решения является подмножество точек, каждая из которых при заданной величине затрат $Z(\gamma^*)$ определяет рациональный комплекс мероприятий γ^* . При этом полученное подмножество точек Γ^* включает лишь так называемые эффективные решения, каждое из которых предусматривает улучшение значения качественного показателя при увеличении затрат.

При постановке задачи определения рационального комплекса мероприятий, направленных на совершенствование конструкции и технологии работы железнодорожной станции, каждый вариант планируемых ОТМ может быть оценен по двум показателям: $Z(\gamma_i)$ – дополнительные годовые приведенные (модифицированные) затраты ΔL_i при реализации данного комплекса мероприятий, тыс. у.е./год; $\Psi(\gamma_i)$ – увеличение перерабатывающей способности станции (ее отдельного парка) ΔN_i , которое может быть достигнуто при реализации ва-

рианта γ_i , вагонов/сутки. При этом задача (4) представляется в виде:

$$\begin{pmatrix} \Delta\Pi(\gamma) \\ -\Delta N(\gamma) \end{pmatrix} \rightarrow \min. \quad (5)$$

Учитывая тот факт, что каждый из элементов $\gamma_i \in \Gamma$ представляет собой множество возможных мероприятий (1), то функции $\Delta\Pi(\gamma)$ и $\Delta N(\gamma)$ являются функциями множеств, а с учетом их определений (2) и (3) они однородны и аддитивны.

Методика решения задачи векторной оптимизации

Сформулируем понятие решения задачи (5). Вариант ОТМ $\gamma^* \in \Gamma$ будем называть эффективным, если любое отклонение от него приводит к ухудшению хотя бы одного из показателей, т.е. к увеличению затрат или уменьшению переработки вагонов. Под решением задачи (5) будем понимать некоторый набор вариантов $\Gamma^* \in \Gamma$, в котором любой вариант является эффективным. Основным свойством множества Γ^* является то, что любые два варианта γ_q^* и γ_r^* данного множества между собой являются несравнимыми по Парето [19], т.е. для них имеет место соотношение

$$\begin{cases} \Delta\Pi(\gamma_q^*) > \Delta\Pi(\gamma_r^*), \\ \Delta N(\gamma_q^*) > \Delta N(\gamma_r^*). \end{cases} \quad (6)$$

Качественный характер решения задачи (5) иллюстрирует рис. 1.

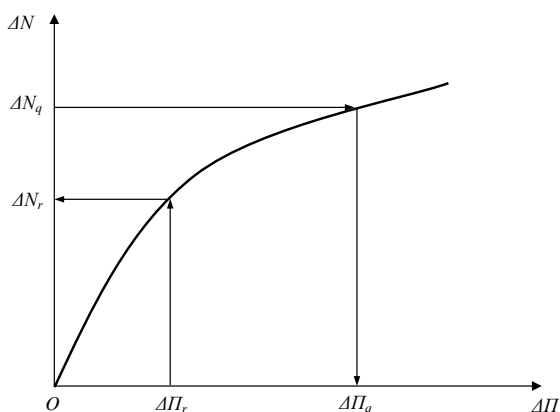


Рис. 1. Геометрическая интерпретация задачи векторной оптимизации

Данная зависимость определяет уровень эффективности затрат, которые выделяются на реализацию комплекса ОТМ. Так, если необходимо увеличить перерабатывающую способность станции на величину ΔN_q , то для реализации комплекса ОТМ γ_q^* потребуется допол-

нительное выделение средств в размере $\Delta\Pi_q$. В случае, если планируемые затраты на модернизацию станции ограничены величиной $\Delta\Pi_r$, то с помощью данной зависимости можно определить рациональный вариант ОТМ γ_r^* , реализация которого позволит максимально увеличить перерабатывающую способность станции на величину ΔN_r при заданном уровне финансирования проекта. Точка O на рис. 1 соответствует существующему уровню технического оснащения и технологии работы, которые обеспечивают перерабатывающую способность N_0 при годовых приведенных затратах Π_0 .

Следует отметить, что вследствие дискретности множеств Γ и Γ^* решение задачи (5) в геометрической интерпретации представляет собой совокупность точек в n -мерном пространстве (1), каждая из которых является точкой перелома огибающей кривой и соответствует определенному варианту ОТМ $\gamma^* \in \Gamma^*$.

Если исходное множество Γ содержит незначительное количество вариантов γ_i , то построение подмножества Γ^* можно выполнить простым перебором вариантов, используя правило отбора (6). Однако при решении реальных задач, связанных с планированием ОТМ на транспортных объектах, такой подход является неэффективным. Для получения аналитического решения задачи векторной оптимизации воспользуемся методикой, изложенной в [17]. При этом решение задачи (5) сводится к решению задачи на условный экстремум:

$$\begin{cases} \Delta\Pi(\gamma) \rightarrow \min, \\ \Delta N(\gamma) \geq N^*, \gamma \in \Gamma, \end{cases} \quad (7)$$

где N^* – заданная величина увеличения перерабатывающей способности станции.

Для решения задачи (7) используется функция Лагранжа [18]:

$$L(\gamma, \mu) = \Delta\Pi(\gamma) - \mu\Delta N(\gamma), \quad (8)$$

где μ – неопределенный множитель Лагранжа.

Решением задачи (7) при фиксированном μ будет множество $\gamma^*(\mu)$, которое обеспечивает минимум функции Лагранжа, т.е.:

$$L(\gamma^*, \mu) \rightarrow \min, \gamma^* \in \Gamma.$$

Неопределенный множитель Лагранжа определяется из неравенства

$$\Delta N[\gamma^*(\mu)] \geq N^*.$$

Для решения исходной задачи векторной оптимизации сформируем множество $\tilde{\Gamma}^*$, которое есть выпуклая комбинация множества Γ^* :

$$\tilde{\Gamma}^* = \{\gamma^*(\mu) : \mu \geq 0, L(\gamma^*(\mu), \mu) = \min_{\gamma \in \Gamma} L(\gamma, \mu)\} \quad (9)$$

На плоскости с координатами L и μ функция Лагранжа, как функция от μ , представляет собой прямую, причем количество таких прямых конечно в силу конечности множества Γ . Если в функцию Лагранжа вместо γ подставить $\gamma^*(\mu)$, то получим кусочно-линейную кривую, огибающую снизу указанные прямые.

Пусть $\mu_1 < \mu_2 < \dots < \mu_m$ представляют собой точки перелома огибающей кривой, тогда $\gamma^*(\mu_1), \gamma^*(\mu_2), \dots, \gamma^*(\mu_m)$ являются элементами множества $\tilde{\Gamma}^*$. Используя соотношения (2) и (3) функцию Лагранжа (8) можно записать как

$$L(\gamma, \mu) = \sum [\Delta\Pi(\Theta_j) - \mu\Delta N(\Theta_j)], \Theta_j \in \gamma \quad (10)$$

Таким образом, при построении множества $\gamma^*(\mu)$ в него следует включать только такие элементы Θ_j , которые бы минимизировали выражение: $\Delta\Pi(\Theta_j) - \mu\Delta N(\Theta_j)$, что в итоге приведет к минимуму функции (10). С этой целью для каждого элемента (мероприятия) Θ_j необходимо определить значение множителя μ_j , который, вследствие линейности функции Лагранжа по μ , может быть получен из выражения $\Delta\Pi(\Theta_j)/\Delta N(\Theta_j)$. Это выражение показывает величину затрат при увеличении перерабатывающей способности на один вагон в сутки. После упорядочивания полученных значений μ_j по возрастанию поочередно формируются множества $\gamma(\mu_j)$. При этом каждое последующее множество $\gamma(\mu_j)$ формируется на базе предыдущего путем добавления одного из элементов Θ_j . Порядок добавления элементов Θ_j определяется в зависимости от соответствующих значений μ_j . Из множеств $\gamma(\mu_j)$ с учетом условия (6) отбираются множества $\gamma^*(\mu_j)$, на базе которых формируется $\tilde{\Gamma}^*$ (9), представляющее собой решение задачи (7).

Однако, как показывают исследования [12, 17], при решении задачи векторной оптимизации с помощью изложенной методики полученное множество $\tilde{\Gamma}^*$ включает не все варианты из множества Γ^* . В этой связи в [17] предложен метод, который позволяет определить недостающие варианты.

Вначале формируется исходное множество γ_0 , в которое включаются все возможные элементы Θ_j . Каждое последующее множество γ формируется на базе предыдущего путем исключения одного из элементов Θ_j . При этом исключается такой элемент Θ_j , для которого множитель Лагранжа (10) будет минимальным:

$$\mu_j = \frac{\Delta\Pi(\gamma) - \Delta\Pi(\Theta_j)}{\Delta N(\gamma) - \Delta N(\Theta_j)} \rightarrow \min \quad (11)$$

Среди полученных таким образом множеств отбираются варианты γ^* , несравнимые по Парето (6), которые включаются в множество $\bar{\Gamma}^*$. Конечным решением задачи векторной оптимизации (5) является множество Γ^* , которое получается в результате объединения множеств $\tilde{\Gamma}^*$ и $\bar{\Gamma}^*$, т.е. $\Gamma^* = \tilde{\Gamma}^* \cup \bar{\Gamma}^*$.

Совершенствование технико-технологических параметров станции

Апробация изложенной выше методики выполнена при определении комплекса рациональных технико-технологических параметров подсистемы расформирования сортировочной станции Н. С этой целью было выполнено комплексное обследование парка приема станции (рис. 2), по результатам которого построена соответствующая функциональная эргатическая модель [8, 9].

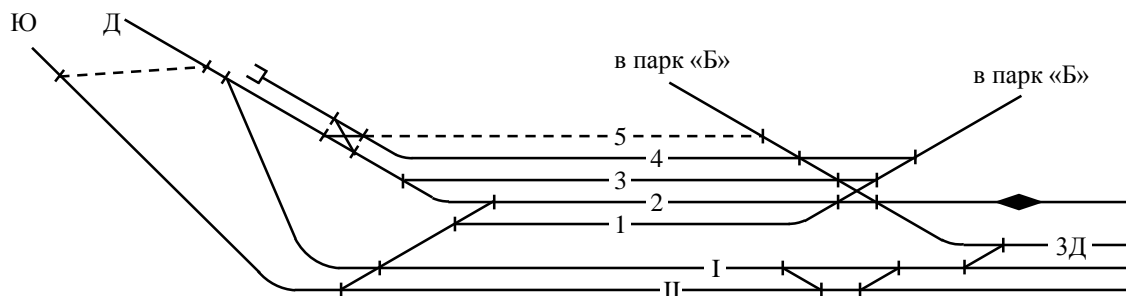


Рис. 2. Схема путевого развития парка приема станции с вариантами реконструкции

Анализ конструкции путевого развития парка приема (ПП) и технологии его работы позволил выявить определенные недостатки. Так, входная горловина предусматривает возможность приема поездов из Ю только на два пути

(№ 1 и 2), что вызывает их задержки при увеличении поездопотока с этого направления. Кроме того, в условиях постепенного увеличения объемов перевозок возникла необходи-

мость восстановления пути № 5, который ранее был закрыт и разобран.

Технический осмотр составов в ПП выполняет одна бригада ПТО, включающая 2 группы осмотрщиков вагонов, а расформирование на горке выполняет один горочный локомотив. Как показал анализ, входной поездопоток станции Н характеризуется существенной неравномерностью, которая при таком оснащении может вызывать значительную загрузку технических средств ПП в период сгущенного прибытия поездов. Это, в свою очередь, приводит к снижению перерабатывающей способности станции в целом. В этой связи была поставлена задача исследования и выбора рациональных технико-технологических параметров ПП сортировочной станции для повышения эффективности его функционирования.

Для решения этой задачи рассмотрен ряд возможных реконструкционных и организационных мероприятий, каждое из которых может быть представлено множеством W_k . Каждое такое множество включает набор возможных параметров одного из элементов ПП, на котором планируется выполнение ОТМ:

- 1) число путей в ПП $W_1 = \{4; 5\}$;
- 2) варианты конструкции входной горловины для приема поездов из Ю $W_2 = \{0; 1\}$; здесь вариант $W_2 = 0$ соответствует существующей горловине, $W_2 = 1$ – предусматривает ее реконструкцию для обеспечения приема поездов из Ю на все пути ПП;
- 3) число горочных локомотивов $W_3 = \{1; 2\}$;
- 4) число бригад ПТО: $W_4 = \{1; 2\}$;
- 5) число групп осмотрщиков вагонов в каждой бригаде ПТО $W_5 = \{2; 3; 4\}$.

Таким образом, было получено 48 множеств γ_i , каждое из которых представляет собой комбинацию указанных выше мероприятий W_k .

Для получения технико-эксплуатационных показателей, которые характеризуют функционирование ПП по каждому из намеченных вариантов, было выполнено моделирование работы парка с использованием разработанной эргатической модели ПП станции. Для каждого варианта при одинаковых начальных условиях была выполнена серия экспериментов, по результатам которых были определены средние значения показателей функционирования ПП, в т.ч.: средний простой составов в парке $T_{п.}$, средний простой поездов на соседних станциях $T_{зп.}$, число расформированных поездов N_p , загрузка исполнителей технологических операций.

Как уже отмечалось, каждый из рассматриваемых вариантов ОТМ γ_i оценивался по двум

интегральным показателям: годовые приведенные затраты на реализацию данного комплекса мероприятий L_i (тыс. у.е./год.) и максимальная перерабатывающая способность парка приема N_i (вагонов/сутки), которая может быть достигнута при реализации варианта γ_i

При определении затрат на реализацию каждого варианта учитывались строительные затраты на сооружение дополнительного путевого развития и приобретение маневровых локомотивов, эксплуатационные расходы, связанные с содержанием технических средств и оплатой труда, а также расходы, пропорциональные размерам движения (связанные с простоем поездов на подходах к станции и с простоем грузовых вагонов на станции)

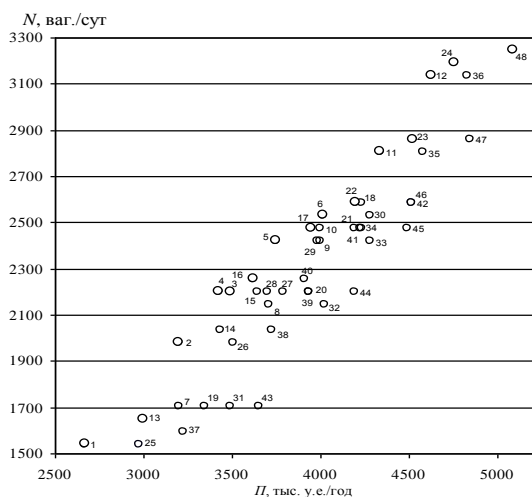
Для определения эксплуатационных расходов необходимо установить простои поездов и вагонов в каждом из вариантов ОТМ. В данном исследовании указанные значения простоев определялись по результатам моделирования работы парка приема с использованием его эргатической функциональной модели.

Для определения значения величины перерабатывающей способности N_i , которая может быть достигнута при реализации каждого из рассматриваемых вариантов ОТМ γ_i , эксперименты с моделью выполнялись при различной интенсивности λ входящего поездопотока. При этом максимально возможное значение перерабатывающей способности N_i определялось по эксперименту с пороговым значением λ^* , при котором был достигнут критический уровень насыщения системы обслуживания парка приема [20]. Пороговое значение интенсивности λ^* фиксировалось, когда при его дальнейшем увеличении суточное число обслуженных поездов в парке не изменялось.

В результате моделирования работы парка приема станции Н при различных вариантах технического оснащения и организации технологического процесса было получено исходное множество вариантов $\Gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_{48}\}$, которое приведено в табл. 1. Существующий набор технико-технологических параметров парка приема в табл. 5.1 характеризует вариант № 1: $\gamma_1 = \{4, 0, 1, 1, 2\}$. При этом при величине приведенных годовых эксплуатационных расходов $L_1 = 2\,671,2$ тыс.у.е./год обеспечивается перерабатывающая способность $N_1 = 1\,540$ вагонов/сутки. Геометрической интерпретацией множества Γ является поле точек, которое представлено на рис. 3.

Результаты моделирования работы парка приема станции

| № п/п | Множество γ_i | | | | | Показатели | | № п/п | Множество γ_i | | | | | Показатели | |
|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| | W_1 | W_2 | W_3 | W_4 | W_5 | Π_i | N_i | | W_1 | W_2 | W_3 | W_4 | W_5 | Π_i | N_i |
| 1 | 4 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 671,2 | 1 540 | 25 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 973,7 | 1 540 |
| 2 | 4 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 204,0 | 1 980 | 26 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 510,1 | 1 980 |
| 3 | 4 | 0 | 1 | 1 | 4 | 3 490,0 | 2 200 | 27 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 790,3 | 2 200 |
| 4 | 4 | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 425,8 | 2 200 | 28 | 4 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 703,5 | 2 200 |
| 5 | 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 749,0 | 2 420 | 29 | 4 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 979,0 | 2 420 |
| 6 | 4 | 0 | 1 | 2 | 4 | 4 016,4 | 2 530 | 30 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 281,6 | 2 530 |
| 7 | 4 | 0 | 2 | 1 | 2 | 3 199,0 | 1 705 | 31 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 494,9 | 1 705 |
| 8 | 4 | 0 | 2 | 1 | 3 | 3 705,7 | 2 145 | 32 | 4 | 1 | 2 | 1 | 3 | 4 023,0 | 2 145 |
| 9 | 4 | 0 | 2 | 1 | 4 | 4 002,9 | 2 420 | 33 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 | 4 281,9 | 2 420 |
| 10 | 4 | 0 | 2 | 2 | 2 | 4 000,2 | 2 475 | 34 | 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 231,6 | 2 475 |
| 11 | 4 | 0 | 2 | 2 | 3 | 4 337,2 | 2 805 | 35 | 4 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 582,1 | 2 805 |
| 12 | 4 | 0 | 2 | 2 | 4 | 4 625,5 | 3 135 | 36 | 4 | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 832,0 | 3 135 |
| 13 | 5 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 996,1 | 1 650 | 37 | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 222,6 | 1 595 |
| 14 | 5 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 434,4 | 2 035 | 38 | 5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 727,5 | 2 035 |
| 15 | 5 | 0 | 1 | 1 | 4 | 3 643,5 | 2 200 | 39 | 5 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 932,9 | 2 200 |
| 16 | 5 | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 623,3 | 2 255 | 40 | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 908,0 | 2 255 |
| 17 | 5 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 950,7 | 2 475 | 41 | 5 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 225,5 | 2 475 |
| 18 | 5 | 0 | 1 | 2 | 4 | 4 230,7 | 2 585 | 42 | 5 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 513,8 | 2 585 |
| 19 | 5 | 0 | 2 | 1 | 2 | 3 346,6 | 1 705 | 43 | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 654,2 | 1 705 |
| 20 | 5 | 0 | 2 | 1 | 3 | 3 934,3 | 2 200 | 44 | 5 | 1 | 2 | 1 | 3 | 4 191,6 | 2 200 |
| 21 | 5 | 0 | 2 | 1 | 4 | 4 188,6 | 2 475 | 45 | 5 | 1 | 2 | 1 | 4 | 4 492,6 | 2 475 |
| 22 | 5 | 0 | 2 | 2 | 2 | 4 203,6 | 2 585 | 46 | 5 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 513,3 | 2 585 |
| 23 | 5 | 0 | 2 | 2 | 3 | 4 523,0 | 2 860 | 47 | 5 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 841,9 | 2 860 |
| 24 | 5 | 0 | 2 | 2 | 4 | 4 756,6 | 3 190 | 48 | 5 | 1 | 2 | 2 | 4 | 5 090,6 | 3 245 |

Рис. 3. Геометрическая интерпретация множества Γ в виде поля точек

Для определения рациональных вариантов ОТМ, обеспечивающих максимальную эффективность работы ПП станции в зависимости от объемов финансирования проекта, поставленная задача совершенствования технико-технологических параметров ПП была решена как задача векторной оптимизации (5) с помо-

щью изложенной методики. Конечной целью решения указанной задачи является выделение из исходного множества Γ , полученного по результатам моделирования работы ПП, подмножества Γ^* , которое включает только эффективные варианты ОТМ.

При решении задачи (5) рассмотренные множества W_k возможных мероприятий были представлены в виде множеств Θ_j (1):

1) Θ_1 – комплекс мероприятий, предусматривающих открытие 5-го пути;

2) Θ_2 – комплекс ОТМ, предусматривающий реконструкцию входной горловины, для обеспечения возможности приема поездов из Ю на все пути парка;

3) Θ_3 – приобретение дополнительного маневрового локомотива;

4) Θ_4 – мероприятия, связанные с увеличением числа бригад ПТО $S_{бр}$ и числа групп осмотровиков вагонов в бригаде $K_{гр}$. При этом были выделены следующие мероприятия: $\Theta_{41} - K_{гр}=3$ при $S_{бр}=1$; $\Theta_{42} - K_{гр}=4$ при $S_{бр}=1$; $\Theta_{43} - K_{гр}=2$ при $S_{бр}=2$; $\Theta_{44} - K_{гр}=3$ при $S_{бр}=2$; $\Theta_{45} - K_{гр}=4$ при $S_{бр}=2$.

Множество эффективных вариантов Γ^*

| №п/п | № варианта | Вариант ОТМ γ^* | $\Delta\Pi(\gamma^*)$, тыс. у.е. | $\Delta N(\gamma^*)$, ваг. |
|------|------------|---|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2 | Θ_{41} | 439,0 | 446,9 |
| 2 | 4 | Θ_{43} | 591,4 | 810,4 |
| 3 | 6 | Θ_{45} | 748,7 | 910,2 |
| 4 | 16 | $\Theta_{1, \Theta_{43}}$ | 801,2 | 920,4 |
| 5 | 5 | Θ_{44} | 853,5 | 1 005,5 |
| 6 | 17 | $\Theta_{1, \Theta_{44}}$ | 958,5 | 1 020,2 |
| 7 | 11 | $\Theta_{3, \Theta_{44}}$ | 1 284,1 | 1 225,4 |
| 8 | 9 | $\Theta_{1, \Theta_{3, \Theta_{43}}}$ | 1 336,6 | 1 235,6 |
| 9 | 12 | $\Theta_{3, \Theta_{45}}$ | 1 388,9 | 1 320,7 |
| 10 | 23 | $\Theta_{1, \Theta_{3, \Theta_{44}}}$ | 1 493,9 | 1 335,4 |
| 11 | 24 | $\Theta_{1, \Theta_{3, \Theta_{45}}}$ | 1 598,7 | 1 430,7 |
| 12 | 48 | $\Theta_{1, \Theta_{2, \Theta_{3, \Theta_{45}}}}$ | 1 879,6 | 1 485,7 |

Таким образом, было получено 8 возможных комплексов ОТМ Θ_j , направленных на совершенствование технического оснащения и технологии работы ПП. Следует отметить, что мероприятия Θ_{41} , Θ_{42} , Θ_{43} , Θ_{44} и Θ_{45} являются несовместными и, соответственно, не могут быть включены в один и тот же комплекс γ_i . Реализация каждого мероприятия Θ_j позволяет увеличить на некоторую величину $\Delta N(\Theta_j)$, но в то же время приводит к увеличению годовых приведенных расходов на величину $\Delta\Pi(\Theta_j)$. Для установления значений $\Delta N(\Theta_j)$ и $\Delta\Pi(\Theta_j)$ был выполнен анализ результатов моделирования работы ПП при реализации различных вариантов ОТМ, на основании чего получены значения указанных оценок для каждого из рассмотренных мероприятий Θ_j . Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения оценок $\Delta\Pi(\Theta_j)$, $\Delta N(\Theta_j)$ и множителей Лагранжа μ_j для планируемых мероприятий

| Мероприятие Θ_j | $\Delta\Pi(\Theta_j)$, тыс. у.е./год | $\Delta N(\Theta_j)$, ваг./сут. | μ_j |
|------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------|
| Θ_1 | 209,8 | 110,0 | 1,907 |
| Θ_2 | 280,9 | 55,0 | 5,107 |
| Θ_3 | 535,4 | 315,2 | 1,699 |
| Θ_{41} | 439,0 | 446,9 | 0,982 |
| Θ_{42} | 618,0 | 680,6 | 0,908 |
| Θ_{43} | 591,4 | 810,4 | 0,730 |
| Θ_{44} | 748,7 | 910,2 | 0,823 |
| Θ_{45} | 853,5 | 1 005,5 | 0,849 |

После упорядочивания полученных значений множителей Лагранжа μ_j по возрастанию были получены множества $\gamma(\mu)$ путем последовательного включения в них Θ_j . Из совокупности полученных множеств $\gamma(\mu)$ с учетом условия (6) были отобраны эффективные множества (варианты ОТМ) $\gamma^*(\mu)$, несравнимые по Парето. На базе этих вариантов построено в соответствии с изложенной методикой получены множества $\tilde{\Gamma}^*$ и $\bar{\Gamma}^*$. В результате объединения этих множеств получено множество Γ^* , которое является решением поставленной оптимизационной задачи. Элементы множества Γ^* представлены в табл. 3.

Таким образом, с помощью методов векторной оптимизации в исходном множестве Γ (см. табл. 1) было выделено подмножество Γ^* (см. табл. 3), которое включает лишь эффективные варианты γ^* . На основании данных об элементах множества Γ^* была построена кусочно-линейная кривая, точками перелома которой являются эффективные варианты ОТМ (рис. 4).

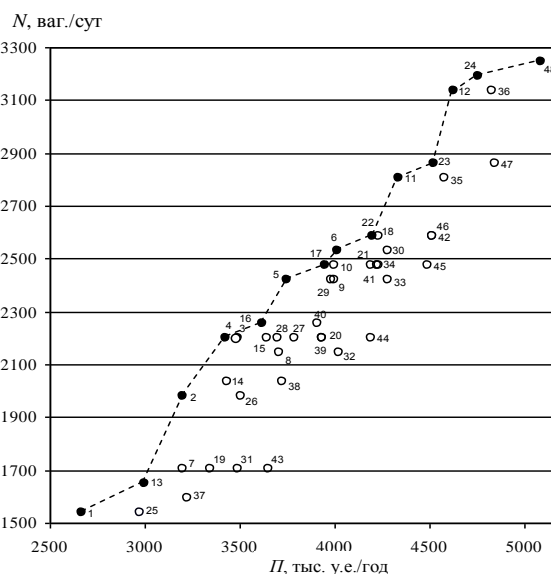


Рис. 4. Геометрическая интерпретация решения задачи совершенствования параметров парка приема станции

Выводы

Полученное решение позволяет осуществлять выбор рационального комплекса мероприятий, обеспечивающих максимальную эффективность работы парка приема, в зависимости от объемов финансирования проекта. Так, при допустимых годовых приведенных расходах Π_i 4 млн у.е. эффективным является вариант № 6, который предполагает увеличение количества бригад ПТО в парке до двух и наличие в каждой бригаде четырех групп осмотровиков вагонов; при этом сохраняется существующее техническое оснащение ПП (конструкция путевого развития парка и 1 маневровый локомотив). Реализация данного варианта обеспечивает перерабатывающую способность парка 2 530 вагонов/сутки. Для сравнения вариант № 32 при

таких же расходах позволяет переработать только 2 145 вагонов. Анализ полученного решения показал, что применение разработанной методики позволяет повысить эффективность планируемых на станции мероприятий в среднем на 15 %.

Подобные решения могут быть получены для всех технических станций участка железной дороги, что позволит руководству дороги определить наиболее эффективный вариант распределения ресурсов при модернизации станций участка, обеспечивающий требуемую пропускную способность станций и всего участка при минимуме затрат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Довідник основних показників роботи залізниць України (2004-2014 роки). – Київ: Укрзалізниця, 2015. – 59 с.
2. Бутько, Т. В. Удосконалення управління процесом просування поїздо-потоків на основі стабілізації обігу вантажного вагону / Т. В. Бутько, О. В. Лаврухін, Ю. В. Доценко // Зб. наук. праць. ДонІЗТ. – Донецьк: ДонІЗТ, 2010. – Вип. 22. – С. 18-26.
3. Ломотько, Д. В. Формування нечіткої бази знань та системи підтримки прийняття рішення у підрозділах залізниць / Д.В. Ломотько // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006. – № 2. – С. 52-58.
4. Ломотько, Д. В. Використання апарату нечіткої логіки для оптимізації розподілу обмеженого ресурсу на залізничному полігоні / Д. В. Ломотько // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006. – № 4. – С. 10-14.
5. Кутах, А. П. Система имитационного моделирования оценки эффективности новых технологий и организации перевозок на железнодорожном транспорте / А. П. Кутах, Т. И. Фурсова // Кибернетика и системный анализ, 2003. – № 6 – с.156-166.
6. Гончарук, С. М. Автоматизированная система технико-экономического выбора варианта технологического процесса работы станции / С. М. Гончарук и др. // Повышение эффективности работы ж.д. тр-та Сибири и Дальнего Востока : сб. трудов науч.-практ. конф. – Хабаровск: ДВГУПС – 1999. – С. 60-61.
7. Warninghoff, C. Nutzung von Simulationen zur Unterstutzung der betrieblichen Infrastrukturplanung [Текст] / C. Warninghoff, C. Ferchland // ETR: Eisenbahntechn, 2004. – № 7-8. – P. 490-498.
8. Бобровский, В. И. Эргатические модели железнодорожных станций / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Транспортні системи і технології : зб. наук. праць КУЕТТ: – Київ: КУЕТТ, 2004. – С. 80-86.
9. Bobrovskiy, V. I. Functional simulation of railway stations on the basis of finite-state automata / V. I. Bobrovskiy, D. N. Kozachenko, R. V. Vernigora // Transport problems = Problemy transportu. – 2014. – Vol. 9, is. 3. – P. 57-65.
10. Бобровский, В. И. Количественная оценка технико-технологических параметров железнодорожных станций на основе эргатических моделей / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора, В.В. Малашкин // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2007. – № 16. – С.50-57.
11. Бобровский, В. И. Техничко-економическое управление железнодорожными станциями на основе эргатических моделей. / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2004. – № 6. – С. 17-21.
12. Босов, А. А. Формирование вариантов рациональной сети линий высокоскоростного движения поездов в Украине : монография / А. А. Босов, Г. Н. Кирпа. – Дніпропетровськ: ДНУЖТ, 2004 – 144 с.
13. Левицький, І. Ю. Удосконалення технології прискореної доставки вантажів на залізницях України в умовах ринку транспортних послуг : автореф. дис ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Левицький Ілля Юхимович. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2004. – 20 с.
14. Бех, П. В. Удосконалення системи контейнерних перевезень на залізницях України : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.22.20 / Бех Петро Вікторович. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2006. – 20 с.
15. Мозолевич, Г. Я. Підвищення ефективності процесу перевезень за рахунок визначення раціональних параметрів поїздопотоків : автореф. дис... канд. техн. наук :05.22.01 / Мозолевич Григорій Якович. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2011. – 24 с.
16. Харченко, О. И. Векторная оптимизация в задаче моделирования технологии доставки груза / О. И. Харченко// Транспортні системи і технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 1. – С. 99-101.
17. Босов, А. А. Підвищення ефективності роботи транспортної системи на основі структурного аналізу : монографія / А. А. Босов, Н. А. Мухіна, Б. П. Піх. – Д., 2005. – 200 с.
18. Ногин, В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход / В. Д. Ногин. – Москва: Физматлит, 2002. – 144 с.
19. Макаров, И. Т. Теория выбора и принятия решений / И.Т. Макаров – Москва: Наука, 1982. – 327 с.
20. Тишкин, Е. М. Закономерности насыщения устройств сортировочных станций вагонами / Е. М. Тишкин, В. С. Климанов // Вестник ВНИИЖТа, 1980. – № 2. – С.6-9.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Бобровским В.И. (Украина)

Поступила в редколлегию 01.06.2016.
Принята к печати 02.06.2016.

МЕТОДИКА ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ

У статті наведено методику оцінки та визначення ефективних варіантів проектних рішень, спрямованих на удосконалення технічних та технологічних параметрів залізничних станцій. Вказану задачу пропонується вирішувати як задачу векторної оптимізації.

При удосконаленні техніко-технологічних параметрів залізничних станцій розробляються можливі варіанти відповідних організаційно-технічних заходів. Кожний варіант може бути охарактеризований двома інтегральними показниками: кількісним (наприклад, витратами на реалізацію варіанту) та якісним (наприклад, переробна спроможність станції). Задача полягає у визначенні таких варіантів проектних рішень, реалізація яких забезпечувала б найбільшу ефективність (оптимальне значення якісного показника) при певному (заданому) значенні кількісного показника (обсягах витрат).

Якісні та кількісні показники, що оцінюють кожний з проектів удосконалення станції, пропонується визначати з використанням розробленої авторами ергатичної функціональної моделі станції.

Задача векторної оптимізації вирішується з використанням функції Лагранжа. При цьому на основі вихідної множини варіантів проектних рішень формується множина ефективних варіантів, кожне з яких забезпечує покращення значення якісного показника (переробної спроможності станції) при збільшенні значення кількісного показника (витрат на реалізацію варіанта).

Апробація запропонованої методики виконана при визначенні ефективного комплексу заходів, спрямованих на удосконалення парку прибуття однієї з великих сортувальних станцій України. З цією метою було розроблено 48 варіантів можливих організаційно-технічних заходів. Для визначення показників ефективності кожного варіанту виконано серію експериментів з ергатичною моделлю станції. На основі вирішення задачі векторної оптимізації було визначено множину ефективних проектних рішень, що забезпечують максимальну переробну спроможність парку прибуття станції в залежності від виділених коштів.

Ключові слова: залізнична станція, оцінка проектних рішень, функціональне моделювання, векторна оптимізація, функція Лагранжа, ефективність використання ресурсів.

R. VERNIGORA, V. MALASHKIN

METHOD FOR TECHNICAL AND OPERATIONAL ASSESSMENT OF DESIGN SOLUTIONS TO IMPROVE PARAMETERS OF RAILWAY STATIONS

The article describes the method of estimation and definition of effective variants of design solutions aimed at improving the technical and technological parameters of railway stations. Said task is proposed to solve both the problem of vector optimization.

The improvement of technical and technological parameters of railway stations are being developed options for appropriate organizational and technical measures. Each option can be characterized by two integral indicators: quantitative (eg, cost of implementation options) and qualitative (eg, processing station's capacity). The challenge is to identify such variants of design solutions, the implementation of which would provide the greatest efficiency (the optimum value of qualitative indicator) at a certain (given) the value of quantitative indicator (cost).

Qualitative and quantitative indicators that evaluate each project station improvements, it is proposed to determine, using the ergatic functional model of railway station.

Vector optimization problem is solved by the Lagrange function. At the same time, based on the initial set of options for the design decisions formed many effective options, each of which provides improved quality index values (processing capacity of the station) at increasing the value of quantitative indicator (the cost of implementation options).

Testing of the proposed method is made in the determination of an effective set of measures aimed at improving the work of the arrival park one of the largest marshalling stations in Ukraine. To this end, 48 options of possible organizational and technical measures have been developed. To determine the performance of each variant performed a series of experiments with ergatic model of station. On the basis of solving the problem of vector optimization was defined set of effective design solutions to ensure maximum handling capacity of the arrival park depending on the allocated funds.

Keywords: train station, assessment of design solutions, functional modeling, vector optimization, Lagrange function, resource efficiency.

УДК 656.225.073

С. В. ГРЕВЦОВ^{1*}

^{1*} Львівський коледж транспортної інфраструктури Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Снопковская, 47, 79011, м. Львів, Україна, тел. +38 (032) 276 14 90, ел. пошта Grevtsov@ukr.net, ORCID 0000-0003-2925-4293

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОЗДІЛЕННЯ ВІДЧЕПІВ НА НЕМЕХАНІЗОВАНИХ ГАЛЬМОВИХ ПОЗИЦІЯХ

Мета. Метою дослідження є аналіз умов роботи регулювальників швидкості скочування відчепів та встановлення конфігурації області допустимих режимів гальмування відчепів на сортувальних гірках з башмачними гальмовими позиціями. **Методика.** При виконанні дослідження використовувались методи обстеження залізничних станцій та методи теорії гіркових процесів. **Результати.** Башмачні гальмові позиції на сортувальних коліях є додатковими елементами немеханізованих сортувальних гірок, де необхідно виконувати перевірку умов розділення відчепів. Через значну тривалість регулювання швидкості відчепу у порівнянні з заняттям стрілок та уповільнювачів обмеження по розділенню на башмачних гальмових позиціях є більш жорсткими у порівнянні з обмеженнями на спускній частині гірки. У зв'язку з цим при визначенні потрібного штату регулювальників необхідно виконувати перевірку переробної спроможності гірок. **Наукова новизна.** В результаті виконаних досліджень вперше встановлені залежності для визначення тривалості регулювання швидкості скочування відчепів на башмачній гальмовій позиції. Встановлено, що робота башмачних гальмових позицій може накладати додаткові обмеження на умови регулювання відчепів уповільнювачами спускної частини гірки. За рахунок вказаних обмежень уточнена конфігурація області допустимих швидкостей виходу відчепів з уповільнювачів спускної частини гірок з немеханізованими парковими гальмовими позиціями. **Практична значимість.** Результати дослідження дозволяють удосконалити методи визначення переробної спроможності сортувальних гірок та нормування штату регулювальників швидкості вагонів.

Ключові слова: сортувальна гірка; немеханізована гальмова позиція; регулювальник швидкості вагонів; сортувальний процес; розформування составів.

Вступ

Для сучасних умов роботи залізничного транспорту України характерним є критичний знос технічних засобів виробництва та обмеження витрат на їх ремонти. Іншою негативною тенденцією є скорочення персоналу з метою зменшення витрат на оплату праці. У зв'язку з цим досить гостро стоїть проблема визначення умов безпечного протікання процесу перевезень. При цьому проблеми функціонування залізничного транспорту в цілому є повністю характерними і для сортувальних гірок. Найбільш загрозливою є ситуація зі скороченням регулювальників швидкості вагонів, що безпосередньо забезпечують безпеку процесу розформування-формування составів. У зв'язку з цим проблема нормування тривалості операцій гальмування відчепів у сортувальних парках є актуальною для залізничного транспорту України.

Для забезпечення гальмування відчепів сортувальні колії обладнуються башмачними гальмовими позиціями. Такі позиції застосовуються як основні гальмові засоби на немехані-

зованих та додаткові на механізованих сортувальних гірках. Згідно з [1] немеханізовані гальмові позиції одного пучка розташовуються в створі і обладнуються башмакоскидачами, які розташовуються на відстані не менше ніж 25 м від граничного стовпчика останнього стрілочного перевалу або на відстані 25 м від кінця захрестовинної кривої. Гальмування відчепів башмаками пов'язано з цілим рядом небезпечних факторів таких як робота людей у зоні підвищеної небезпеки [2], пошкодження вагонів та вантажів через перевищення встановленої швидкості співударяння, пошкодження вагонів через рух «юзом» із заклиненими башмаками колесами [3]. Рекомендації щодо організації роботи немеханізованих сортувальних гірок наведено в [4]. Рекомендовані нормативи чисельності регулювальників швидкості вагонів представлені у табл. 1.

Однак на теперішній час склалися умови, коли потужність сортувальних гірок не відповідає обсягам вагонопотоків, що на них переробляється. У зв'язку з цим темп-розформування-формування поїздів може бути знижений, а відповідно потенційно можуть бути і зменшені

норми, представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Нормативи чисельності регулювальників швидкості вагонів на коліях сортувальних парків

| Кількість сортувальних колій | Чисельність регулювальників |
|------------------------------|-----------------------------|
| до 6 | 1-2 |
| 6-10 | 2-3 |
| 10-16 | 4-5 |
| 16-21 | 5-6 |
| 21-27 | 6-7 |

На Укрзалізниці чисельність регулювальників визначається згідно з нормами [5]. При цьому визначення кількості колій, які обслуговується регулювальником здійснюється з умови, що регулювальник повинен встигати переходити між коліями при розрахунковій швидкості розпуску і зводиться до виразу

$$K_{\text{гал.поз}} = \frac{l_{\text{від}}}{v_p(t_r + t_{\text{пр}})},$$

де $l_{\text{від}}$ – довжина розрахункового відчепу;

v_p – швидкість розпуску;

$t_r, t_{\text{пр}}$ – тривалість гальмування відчепу та проходу між коліями.

Недоліком вказаного підходу є те, що перше, величина інтервалу між відчепами не є єдиним визначальним чинником, що впливає на величину інтервалу надходження відчепів у обслуговування регулювальниками так, як значний вплив здійснює розподіл відчепів по коліям парка та робота гальмових позицій; по-друге, при виникненні ускладнень в роботі регулювальника черговий по гірці регулює швидкість розпуску v_p ; по-третє в методиці немає пояснень щодо джерел отримання норм часу на гальмування одного вагона.

Вивчення проблеми функціонування немеханізованих сортувальних показує, що основна частина наукових робіт, в яких досліджувалось питання їх функціонування, пов'язана з оцінкою ефективності механізації гальмових позицій [6]. Значна кількість наукових праць присвячена дослідженню умов забезпечення безпеки розформування составів на автоматизованих сортувальних гірках [7, 8, 9, 10]. В якості критеріїв оцінки безпечності умов сортувального процесу при цьому розглядаються величина розділового інтервалу на стрілках та уповільнювачах, швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях, стійкість вагонів при їх гальмуванні. Допустимі режими гальмування відчепів в [7, 11] запропоновано зображувати у

видляді області допустимих режимів в системі координат, осі якої відповідають швидкості виходу відчепів з гальмових позицій спускної частини гірки, або величина, погашаємої на них енергетичної висоти.

Особливостями роботи немеханізованих сортувальних гірок є те, що у їх підгірочних парках працюють регулювальники швидкості вагонів, які повинні встигати виконувати гальмування відчепів на різних коліях. Відсутність залежностей для визначення тривалості заняття регулювальників гальмуванням відчепів не дозволяє використовувати сучасні методи імітаційного моделювання для дослідження процесів на гірках з немеханізованими гальмовими позиціями на сортувальних коліях.

Мета

Метою дослідження є аналіз умов роботи регулювальників швидкості скочування відчепів та встановлення конфігурації області допустимих швидкостей виходу відчепів з уповільнювачів спускної частини гірок з немеханізованими парковими гальмовими позиціями.

Методика

Вивчення процесів гальмування відчепів здійснювалось на станціях Клепарів та Львів. При виконанні дослідження вивчалась вторинна та первинна інформація [12]. В якості джерела вторинної інформації використані дані фотографії робочого часу регулювальників швидкості вагонів. Для отримання первинної інформації виконано спостереження за процесом регулювання швидкості відчепів.

Аналіз форм фотографій робочого часу показав, що в них зафіксовані операції, які виконували регулювальники, їх параметри, момент початку операції та тривалість її виконання. Зокрема для операції регулювання швидкості відчепів зафіксовано кількість вагонів у відчепі m_b , кількість укладених башмаків n_b та тривалість операції регулювання швидкості t_{pr} у хвилинах.

Зокрема, фотографія робочого часу регулювальника на станції Клепарів була складена 05.10.12 в період з 8 до 20 години. Температура повітря при цьому складала 14-19°C, швидкість вітру 2-3 м/с, опадів не було. В процесі спостереження було виконано регулювання швидкості 75 відчепів. Середня кількість вагонів у відчепі складає 5,5. Середня кількість башмаків, що укладається під відчеп – 3,2. В цілому погодні умови та світлий час доби були сприятливими

для роботи регулювальника швидкості вагонів.

Поля точок, що демонструють зв'язки між величинами t_{pg} і m_b та t_{pg} і n_b представлено на рис. 1. а та б відповідно.

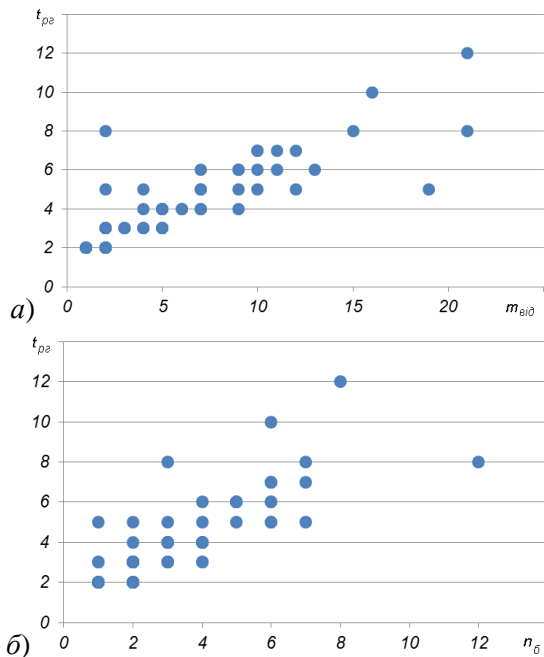


Рис. 1. Поля точок, що характеризують зв'язок тривалості регулювання швидкості відчепа з параметрами: а) кількість вагонів у відчепі; б) кількість гальмових башмаків

Також аналіз фотографій робочого часу показує, що у формі фотографії робочого часу фактично зафіксовано лише початок гальмування відчепа, а тривалість гальмування визначалась як різниця між моментами часу початку даної та наступної операції. При цьому, до тривалості операції враховано як безпосередньо тривалість регулювання швидкості відчепа, так і очікування відчепів в періоди, коли вони скочуються на інші групи колій парку.

В цілому аналіз полів точок, представлених на рис. 1, показує, що має місце значний розкид тривалості гальмування.

З метою дослідження причин цього виконано пряме спостереження за роботою регулювальників. В переважній кількості випадків регулювальник розташовується на колії завчасно до проїзду відчепом граничного стовпчика.

В процесі руху відчепа в зоні башмачної гальмової позиції здійснюється контроль його швидкості і, як правило, регулювальник супроводжує вагони до моменту перетину ними башмакоскидача. В результаті опитування регулювальників встановлено, що в умовах відсутності точної інформації про ходові характеристики відчепів та про гальмову дію башмаків, застосування пізнього гальмування відчепів до-

зволяє більш якісно реалізувати вимоги прицільного регулювання їх швидкості. Більше того, регулювальник не має можливості перейти на іншу колію, якщо маршрут його руху перетинає відчеп, що скочується. Відчепа, що входять у зону регулювання зі швидкістю, яка забезпечує виконання вимог ПТЕ при підході до вагонів на сортувальних коліях, регулювальники пропускають і переходять до наступного. Випадки гальмування відчепів за межею башмакоскидача не спостерігались. Під час спостереження було зафіксовано два випадки, коли регулювальник не встигав зайняти позицію на сортувальній колії і вимушений був бігти до відчепа, три випадки переходу регулювальників на незакріплені за ними суміжні колії для надання допомоги, сім випадків зупинки відчепів у зоні башмачної гальмової позиції та перекриття ними проходів між коліями для регулювальників.

В процесі роботи регулювальника швидкості руху вагонів на нього діє цілий ряд небезпечних та шкідливих дестабілізуючих факторів. До цих факторів відносяться:

- рухомий склад, транспортні засоби, пристрої та механізми;
- підвищений рівень шуму;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена вологість і рухливість повітря;
- підвищена напруженість електричного поля;
- підвищений рівень статичної електрики;
- недостатня освітленість робочої зони в темний час доби;
- фізичні перевантаження.

Збільшення кількості колій, які обслуговує регулювальник, викликає необхідність більш інтенсивного пересування в небезпечній зоні і, як наслідок, зростання частоти появи таких небезпечних ситуацій як його падіння на колію, наїзд рухомого складу, невірна оцінка ходових властивостей відчепа, залишення відчепу без гальмування. Аналіз вимог «Інструкцій з охорони праці для регулювальника швидкості руху вагонів» по станціям Львів та Клепарів, посібника [4], а також «Інструкцій з охорони праці для регулювальника швидкості руху вагонів» ВАТ «Російські залізниці» [13] показує, що вони не містять вимог, щодо безпечної відстані проходу перед відчепами, що рухаються.

Будемо надалі називати зоною регулювання швидкості відчепа ділянку довжиною 25 м від

башмакоскидача в сторону гірки. Довжина цієї зони відповідає мінімальній відстані до граничного стовпчика, захрестовинної кривої чи уповільнювача паркової гальмової позиції. В нормальних умовах за час руху відчепа по цій зоні регулювальнику повинно бути достатньо часу для оцінки ходових властивостей відчепа та зниження його швидкості до прийнятої величини. Зоною гальмування будемо називати ділянку довжиною 20 м від башмакоскидача в сторону вершини гірки. Укладання під вагони башмаків здійснюється у зоні гальмування. При цьому довжина юзу не призводить до утворення повзунів на колесах. Ділянку в межах зони регулювання, де відчеп може скочуватись з гальмуванням механізованою гальмовою позицією (спускної частини гірки або парковою) будемо називати зоною регульованого скочування.

При нормуванні штатної чисельності регулювальників швидкості вагонів та при визначенні переробної спроможності сортувальних гірок прийнято наступе:

– регулювальник повинен розташовуватись на колії гальмування завчасно до входу відчепа у зону регулювання;

– одночасне гальмування відчепа механізованою парковою гальмовою позицією та башмаками не виконується;

– закінченням регулювання швидкості відчепа є момент перетину його останньою віссю башмакоскидача;

– розподіл регулювальників по коліям здійснюється старшим регулювальником завчасно до початку розпуску і не змінюється під час його виконання.

В цих умовах тривалість. Регулювання швидкості відчепа залежить від середньої швидкості його руху в зоні регулювання, а також відстані проходу між коліями.

Розрахункові схеми для визначення тривалості заняття регулювальника гальмуванням відчепа представлена на рис. 2 а та б.

У випадку, коли на відчеп, який входить в зону гальмування, не діє механізована гальмова позиція ($l_{зр} \geq l_{г} + l_{р}$), тривалість його гальмування може бути визначена за формулою

$$t_{рг} = \tau_{вхг} - \tau_{вх} + \frac{l_{пр}}{v_{пр}} + \frac{2(l_{г} + l_{бв})}{v_{вхг} + v_{вихг}},$$

де $\tau_{вхг}$, $\tau_{вх}$ – відповідно, моменти входу відчепа в зону гальмування та регулювання швидкості;

$l_{пр}$, $v_{пр}$ – відповідно відстань та середня швидкість проходу регулювальника між коліями (для першого відчепа состава $l_{пр} = 0$);

$v_{вхг}$, $v_{вихг}$ – відповідно, швидкість відчепа в момент входу його першої осі в зону гальмування та в момент перетину його останньою віссю башмакоскидача.

Коли на відчеп, який входить в зону гальмування, продовжує діяти механізована гальмова позиція ($l_{зр} < l_{г} + l_{р}$), тривалість його гальмування може бути визначена за формулою

$$t_{рг} = \tau_{виху} - \tau_{вх} + \frac{l_{пр}}{v_{пр}} + \frac{2(l_{зр} + l_{бв} - l_{р})}{v_{виху} + v_{вихг}},$$

де $\tau_{виху}$ – момент виходу відчепа з уповільнювача;

$v_{виху}$ – швидкість відчепа в момент виходу його останньої осі з уповільнювача.

У випадку, коли швидкість входу відчепа у зону регулювання є такою, що забезпечує допустиму швидкість його підходу до вагонів на сортувальній колії регулювальник витрачає час лише на оцінку швидкості відчепа:

$$t_{рг} = \frac{l_{пр}}{v_{пр}} + t_{ош},$$

$t_{ош}$ – витрати часу на оцінку швидкості відчепа.

В якості прикладу на рис. 3 представлені залежності тривалості регулювання швидкості скочування відчепів для немеханізованої сортувальної гірки від довжини відчепа для різних швидкостей його входу в зону регулювання за умови, що відчеп складається з вагонів масою бруто 85 т, а швидкість виходу відчепа з башмачної гальмової позиції повинна складати 1 м/с.

Для оцінки впливу роботи регулювальників швидкості вагонів на режими гальмування відчепів гальмовими позиціями спускної частини гірки можуть використовуватись діаграми допустимих режимів гальмування.

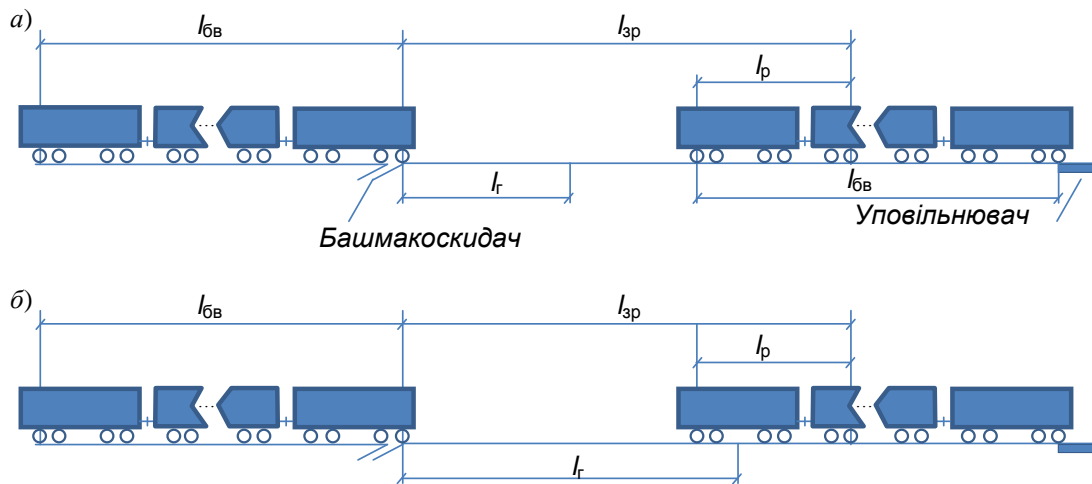


Рис. 2. Розрахункові схеми для визначення тривалості заняття регулювальника гальмуванням відчепа:
 а) $l_{зр} \geq l_r + l_p$; б) $l_{зр} < l_r + l_p$.

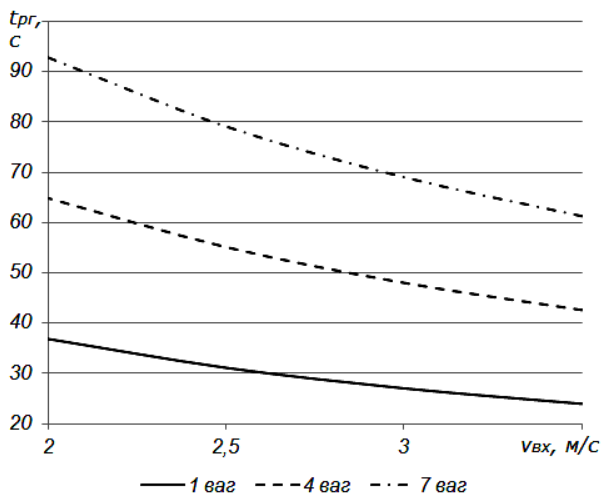


Рис. 3. Залежності тривалості регулювання швидкості відчепа від швидкості його входу в зону регулювання

В якості прикладу розглянута розрахункова група з середнього, важкого та середнього бігуна на трьохпозиційній сортувальній гірці на 32 колії з механізованими гальмовими позиціями на спускній частині. Швидкість розпуску встановлена 0,8 м/с. Режими першого та третього відчепів були фіксовані, а другого змінювались в процесі розрахункового експерименту. При цьому, перший відчеп скочувався у швидкому режимі, останній – у повільному [7]. Розділення відчепів у першій та другій парах здійснювалось відповідно на третій та п'ятій стрілках по маршруту скочування.

На рис. 4 представлена область допустимих швидкостей виходу середнього відчепа із гальмових позицій спускної частини гірки.

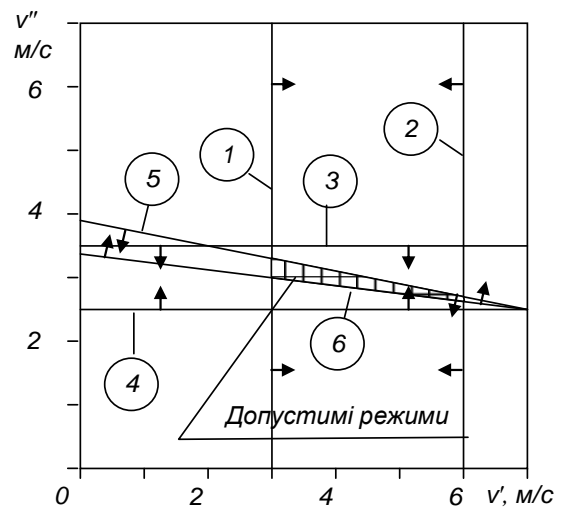


Рис. 4. Область допустимих швидкостей виходу середнього відчепа із гальмових позицій спускної частини гірки

В процесі вибору цих швидкостей існує ряд обмежень:

- 1 – по потужності першої гальмової позиції;
- 2 – по допустимій швидкості входу відчепа на уповільнювач другої гальмової позиції;
- 3 – по допустимій швидкості входу відчепа на башмак;
- 4 – по умові звільнення відчепом башмачної гальмової позиції;
- 5 – по умові розділення першого та другого відчепів на башмачній гальмовій позиції;
- 6 – по умові розділення другого та третього відчепів на башмачній гальмовій позиції.

Аналіз наведених областей показує, що на сортувальних гірках з немеханізованими гальмовими позиціями регулювальники швидкості вагонів можуть бути елементами, що обмежують їх переробну спроможність.

Результати

Башмачні гальмові позиції на сортувальних коліях є додатковими елементами немеханізованих сортувальних гірок, де необхідно виконувати перевірку умов розділення відчепів. Через значну тривалість регулювання швидкості відчепу у порівнянні з заняттям стрілок та уповільнювачів обмеження по розділенню на башмачних гальмових позиціях є більш жорсткими у порівнянні з обмеженнями на спускній частині гірки. У зв'язку з цим при визначенні потрібного штату регулювальників необхідно виконувати перевірку переробної спроможності гірок. Перевірка може здійснюватися як із застосуванням методів імітаційного моделювання, так і на основі натурних спостережень, сумішених з аналітичними розрахунками. При застосуванні останнього методу обов'язковим є встановлення підвищених вимог до дотримання безпеки сортувального процесу. Резерви часу, які при цьому утворюються необхідні для паркування небезпечних ситуацій, що не зустрічались під час спостереження, але можуть мати місце у роботі гірки.

Наукова новизна та практична значимість

В результаті виконаних досліджень вперше встановлені залежності тривалості регулювання швидкості скочування відчепу на башмачній гальмовій позиції. Встановлено, що робота башмачних гальмових позицій може накладати додаткові обмеження на умови регулювання відчепів уповільнювачами спускної частини гірки. За рахунок вказаних обмежень уточнена конфігурація області допустимих швидкостей виходу відчепів з уповільнювачів спускної частини гірок з немеханізованими парковими гальмовими позиціями.

Практична значимість результатів дослідження полягає у тому, що вони дозволяють удосконалити методи визначення переробної спроможності сортувальних гірок та нормування штату регулювальників швидкості вагонів.

Висновки

Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки.

1. Тривалість заняття регулювальника гальмуванням відчепу на сортувальній колії залежить від довжини відчепу, швидкості його входу в зону регулювання та заданої швидкості виходу з неї і не залежить від числа гальмових башмаків, що укладаються під вагони. Розроблені формули для розрахунку тривалості даної

операції.

2. Башмачні гальмові позиції на сортувальних коліях є додатковими елементами для немеханізованих гірок на яких необхідно виконувати перевірку умов розділення відчепів.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування. ГБН В.2.3-37472062-1:2012 : затв. : Наказ Міністерство інфраструктури України 17.01.2013 р. № 25. – Київ: Міністерство інфраструктури України, 2012. – 112 с.

2. Кулқыбаев, Г.А. Актуальные методологические подходы к комплексной оценке психофизиологического профессионального отбора работников железнодорожного транспорта / Г. А. Кулқыбаев, А. А. Исмаилова, К. Ш. Шайсултанов // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2006. – № 1(3). – С. 115-122.

3. Пожидаев, С. А. Повышение эффективности сортировочной работы при расформировании составов грузовых поездов на немеханизированных сортировочных горках / С. А. Пожидаев, Ю. Д. Росликова // Транспортні системи та технології перевезень. – 2013. – № 6. – С. 76-81.

4. Король, В. А. Пособие работникам сортировочных горок / В. А. Король, Л. Б. Тишков, Л. М. Хохлова, В. П. Шейкин. – Москва: Транспорт. – 1988. – 221 с.

5. Нормативи чисельності регулювальників швидкості руху вагонів залізничних станцій: затв. : Заступником генерального директора Укрзалізниці М. В. Макаренко 30.04.1996. – Київ : Друкарня Південно-Західної залізниці, 1996. – 16 с.

6. Азявчиков, Н. А. Энергоэффективные решения в проектах развития инфраструктуры железнодорожных станций и узлов / Н. А. Азявчиков, С. А. Пожидаев // Транспортні системи та технології перевезень. – 2014. – № 8. – С. 5-12.

7. Бобровский, В. И. Анализ эффективности режимов торможения отцепов на сортировочных горках / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Н. В. Рогов // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2006. – Вип. 11. – С. 103-111.

8. Lanchin, W. Speed Control and Braking System Automation of Wagon Parking System / W. Lanchin, M. M. Santos, A. B. Lugli // Proceedings of 11th IEEE/IAS International Conference «Industry Applications (INDUSCON)». – 2014. – P. 1-6. DOI: 10.1109/INDUSCON.2014.7059395.

9. Козаченко, Д. Н. Устойчивость вагонов при торможении замедлителями / Д. Н. Козаченко, С. О. Пожидаев, К. И. Железнов // Транспортні системи та технології перевезень. – 2015. – № 10. – С.57-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.15802/tsst2015/57068>.

10. Шабельников, А. Н. Управление тормозными средствами сортировочных горок: повышение качества и эффективности / А. Н. Шабельников, И. А., Ольгейзер, С. А., Рогов // Вестник Ростовского го-

сударственного университета путей сообщения. – 2015. – № 2. – С. 74-79.

11. Bobrovskiy, V. Probabilistic Approach for the Determination of Cuts Permissible Braking Modes on the Gravity Humps / V. Bobrovskiy, D. Kozachenko, A. Dorosh, E. Demchenko, T. Bolvanovska, A. Kolesnik // Transport problems = Problemy transportu/ – 2016. – Vol. 11, is. 1. – P.147-155. – DOI: 10.20858/tp.2016.11.1.14.

12. Козаченко, Д. М. Організація передпроектного обстеження залізничних станцій та вузлів / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, О. В. Горбова // Транспортні системи та технології перевезень. – 2014. – № 8. – С. 44-48.

С. В. ГРЕВЦОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАЗДЕЛЕНИЕ ОТЦЕПОВ НА МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ТОРМОЗНЫХ ПОЗИЦИЯХ

Цель. Целью исследования является анализ условий работы регулировщиков скорости скатывания отцепов и определение конфигурации области допустимых режимов торможения отцепов на сортировочных горках с башмачные тормозными позициями. **Методика.** При выполнении исследования использовались методы обследования железнодорожных станций и методы теории горочных процессов. **Результаты.** Башмачные тормозные позиции на сортировочных путях являются дополнительными элементами немеханизированных сортировочных горок, где необходимо выполнять проверку условий разделения отцепов. Из-за значительной продолжительности регулирования скорости отцепа по сравнению с занятием стрелок и замедлителей ограничения по разделению на башмачные тормозных позициях более жесткие по сравнению с ограничениями на спускной части горки. В связи с этим при определении штата регулировщиков необходимо выполнять проверку перерабатывающей способности горок. **Научная новизна.** В результате выполненных исследований впервые установлены зависимости для определения продолжительности регулирования скорости скатывания отцепа на башмачной тормозной позиции. Установлено, что работа башмачных тормозных позиций накладывает дополнительные ограничения на условия регулирования отцепов замедлителями спускной части горки. За счет указанных ограничений уточнена конфигурация области допустимых скоростей выхода отцепов из замедлителей спускной части горок с немеханизированными парковыми тормозными позициями. **Практическая значимость.** Результаты исследования позволяют усовершенствовать методы определения перерабатывающей способности сортировочных горок и нормирования штата регулировщиков скорости вагонов.

Ключевые слова: сортировочная горка; механизированная тормозная позиция; регулировщик скорости вагонов; сортировочный процесс; расформирования составов.

S. V. GREVTSOV

INVESTIGATION OF CUTS SEPARATION ON NON-MECHANIZED BRAKING POSITIONS

Purpose. The aim of the study is to analyze the working conditions of skatemans and determination of cuts permissible braking modes on sorting humps with non-mechanized braking positions. **Methodology.** In carrying out the research used survey methods railway stations and methods of the theory of hump processes. **Findings.** Brake positions with railskates on sorting ways are additional elements of non-mechanized gravity humps, where it is necessary to perform testing conditions cars separation. Due to the long duration of cars speed regulation in this elements compared with the occupation of the switches and retarders limit separation on the non-mechanized brake positions more rigid compared to the restrictions on the rolling zone of humps. In this regard, the determination of the staff of the skatemans should test hump capacity. **Originality.** As a result of the research fitted the formulas for determining the duration of the rolling speed regulation on the brake position with the railskates. It was found that the work of this brake position imposes additional restrictions on the working of car retarders on the rolling zone of sorting humps. Due to these limitations the configuration of permissible speed of cuts coming out from retardant positions on sorting humps with non-mechanized braking positions was verified. **Practical value.** The results of the research allows to improve methods for estimation the hump capacity of marshaling yards and methods of calculation of skateman staff.

Keywords: sorting hump; non-mechanized braking positions; skateman; marshaling process; train breaking-up.

13. Инструкция по охране труда для регулировщика скорости движения вагонов железнодорожной станции открытого акционерного общества «Российские железные дороги»: утв. : Распоряжением ОАО РЖД от 24 декабря 2007 г. № ВМ-14472 в редакции Распоряжения ОАО «РЖД» от 09.12.2014 № 2921р.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Огарем О.М. (Україна)

Надійшла до редколегії 14.05.2016

Прийнята до друку 12.05.2016.

УДК 656.212

І. Л. ЖУРАВЕЛЬ^{1*}, В. В. ЖУРАВЕЛЬ^{2*}

^{1*} Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373-15-70, ел. пошта zhuravel72@mail.ru, ORCID 0000-0002-4405-6386

^{2*} Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта zhuravel72@mail.ru, ORCID 0000-0001-7338-4584

ТРИВАЛІСТЬ МАНЕВРОВИХ ПЕРЕСУВАНЬ ПОДИНОКОГО ЛОКОМОТИВА ТА ЧИННИКИ, ЯКІ НА НЕЇ ВПЛИВАЮТЬ

Мета. В ринкових умовах важливою задачею для залізничного транспорту України є підвищення продуктивності праці та зменшення експлуатаційних витрат. Одним з розв'язань цього питання є вірне нормування тривалості виконання маневрових операцій. Розрахунки за чинною методикою нормування маневрової роботи дають неадекватні результати на коротких відстанях. Усунення даного недоліку є актуальною задачею. **Методика.** Для отримання залежності значень тривалості руху поодинокого локомотива від відстані маневрового пересування використано вдосконалений аналітичний метод нормування та регресійне моделювання. **Результати.** Встановлено, що за коротких відстаней не можна досягти швидкості, яка встановлена нормативними документами. Визначено тривалість маневрових пересувань, яка відповідає фактичній швидкості руху поодинокого локомотива, та отримано регресійні моделі для нормування такої тривалості. **Наукова новизна.** Досліджено вплив довжини маневрового пересування та максимально можливої швидкості руху поодинокого локомотива на тривалість його пересування. **Практична значимість.** Результати досліджень дозволяють адекватно нормувати тривалість маневрових пересувань поодинокого локомотива за коротких відстаней.

Ключові слова: маневрова робота; нормування тривалості; відстань пересування; швидкість руху поодинокого локомотива.

Вступ

Незважаючи на непросту ситуацію, що склалася на теперішній час в нашій країні, залізниці продовжують виконувати свої основні функції щодо задоволення потреб клієнтури відповідно до Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року [1].

Важливою складовою частиною перевізного процесу на залізничному транспорті є маневрова робота, вірне нормування тривалості виконання якої суттєво впливає на продуктивність праці та собівартість перевезень.

При цьому, найчастіше постають дві задачі, що, як правило, виключають одна одну – раціональна тривалість виконання маневрового піврейсу та мінімальні витрати палива, особливо за наявності резервів тривалості.

Постановка проблеми

Основними чинниками, які впливають на тривалість маневрового піврейсу, є відстань пересування під час виконання піврейсу $l_{пр}$ та швидкість руху під час виконання маневрів v , максимально допустимі значення якої регламентується Правилами технічної експлуатації

залізниць України [2]. Невірне врахування швидкості руху за певних значень довжини піврейсу призводить до похибок нормування тривалості маневрових піврейсів.

Аналіз досліджень і публікацій

В залежності від сполучення різних елементів і характеру зміни швидкості руху розрізняють шість основних типів маневрових піврейсів, які відрізняються витратами часу та коштів на їх виконання [3]. Проте під час нормування тривалості зазвичай використовують піврейси двох типів (рис. 1), які забезпечують мінімальну тривалість пересувань: 1) розгін-уповільнення (РУ), за якого маневровий состав встигає досягти заданої швидкості розгону v_p та одразу ж уповільнюється до зупинки (при цьому маневровий состав найчастіше не встигає досягти максимально допустимої швидкості v_{max} , яка дозволена [2]); 2) розгін-рух з постійною швидкістю-уповільнення (РПУ), за якого маневровий состав досягає встановленої (в більшості випадків v_{max}) швидкості, після чого рухається з такою швидкістю, а потім уповільнюється до зупинки.

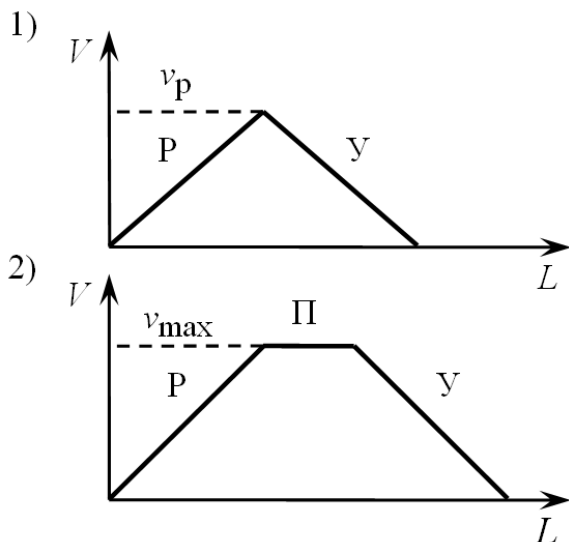


Рис. 1. Основні типи маневрових півреїсів: 1) розгін-уповільнення (PY); 2) розгін-рух з постійною швидкістю-уповільнення (РПУ)

Основними методами нормування тривалості маневрових півреїсів є метод розрахункових параметрів, метод тягових розрахунків і метод аналітичних розрахунків

Метод розрахункових параметрів, запропонований професором Фроловим О. М. на підставі проведених у 1899-1901 р. досліджень [4], передбачає визначення тривалості маневрового півреїсу за формулою

$$t_{\text{пр}} = a + b m_c, \quad (1)$$

де m_c – кількість вагонів у маневровому составі;

a, b – нормативи часу, які залежать від довжини $l_{\text{пр}}$, хв.

Значення a і b повинні розраховуватись на підставі хронометражних спостережень за роботою станції, але через значні витрати часу на їх проведення зазвичай у розрахунках використовуються їх середньомережеві значення [5].

Метод тягових розрахунків [6], який ґрунтується на чисельному розв'язанні рівняння руху, є досить точним і дозволяє врахувати особливості маневрового локомотива, конкретного маневрового состава та маршруту його прямування, але через складність підготовки необхідних вихідних даних він не знайшов широкого застосування при інженерних розрахунках.

Згідно з діючою на сьогодні методикою нормування маневрової роботи [7, 8], тривалість маневрового півреїсу визначається аналітичним методом за виразом

$$t_{\text{пр}} = \frac{(\alpha_{\text{py}} + \beta_{\text{py}} m_c) v_{\text{max}}}{2} + \frac{3,6 l_{\text{пр}}}{v_{\text{max}}}, \quad (2)$$

де α_{py} – коефіцієнт, який враховує час, необхідний для зміни швидкості руху локомотива на 1 км/год під час розгону та під час гальмування; складає 2,44 с/км/год;

β_{py} – коефіцієнт, який враховує додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона в маневровому составі на 1 км/год під час розгону та під час гальмування; складає 0,1 с/км/год.

Як відмічено в [9], розрахунки тривалості маневрових пересувань на коротких відстанях за даним методом дають неадекватні результати. Це пов'язано із тим, що він призначений для розрахунку тривалості напівреїсів типу РПУ, а фактично на малих відстанях використовуються маневрові напівреїси типу PY.

Підвищити точність нормування тривалості маневрових півреїсів за малих значень $l_{\text{пр}}$ дозволяє вдосконалений аналітичний метод [9, 10], який було використано для підвищення ефективності функціонування промислової станції [11].

Постановка завдання

Метою даної статті є дослідження впливу довжини маневрового півреїсу та максимально можливої швидкості руху поодинокого локомотива на тривалість його пересування.

Результати досліджень

Згідно з [2] максимальна швидкість руху поодинокого локомотива вільними коліями становить 60 км/год, але в залежності від стану колії й інших місцевих умов на станціях можуть встановлюватися певні обмеження швидкості.

Для встановлення впливу обмежень швидкості руху $v_{\text{об}}$, її значення варіювалися у межах 5...60 км/год із кроком 5 км/год. Значення $l_{\text{пр}}$ варіювалася у межах 50...1 300 м із кроком 50 м.

У результаті досліджень встановлено (див. рис. 2), що значення $v_{\text{max}} = 60$ км/год досягається лише за $l_{\text{пр}} = 1220$ м.

Визначено, що за $l_{\text{пр}} = 50$ м можна досягти $v = 12,15$ км/год, тобто за такої довжини $l_{\text{пр}}$ можна здійснити маневровий півреїс типу РПУ лише при $v_{\text{об}} = 5...10$ км/год і розрахувати його тривалість за діючою на сьогодні методикою.

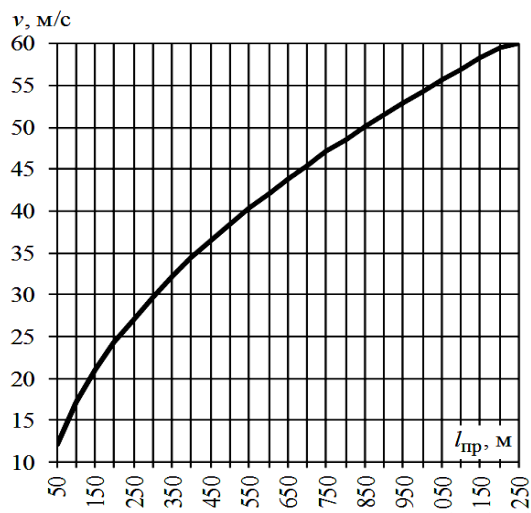


Рис. 2. Графік залежності швидкості руху поодинокого локомотива під час виконання маневрів від довжини маневрового піврейсу

Довжину маневрових піврейсів, за якої досягається значення $v_{об} = 15...60$ км/год, наведено в табл. 1 і 2.

За $l_{пр}$, яка не перевищує вказаних у табл. 1 і 2 значень, здійснюються піврейси типу РУ, і

лише за більших значень $l_{пр}$ – піврейси типу РПУ, тривалість яких можна визначити за діючою методикою.

Таблиця 1

Довжина маневрових піврейсів, за якої досягається обмеження швидкості 15...35 км/год

| Показник | $v_{об}$, км/год | | | | |
|--------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| $l_{пр}$, м | 80 | 140 | 215 | 305 | 420 |

Таблиця 2

Довжина маневрових піврейсів, за якої досягається обмеження швидкості 40...60 км/год

| Показник | $v_{об}$, км/год | | | | |
|--------------|-------------------|-----|-----|------|------|
| | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| $l_{пр}$, м | 545 | 690 | 895 | 1025 | 1220 |

За вдосконаленим аналітичним методом (ВАМ) нормування визначено тривалість маневрового піврейсу за відносно малих значень $l_{пр}$ і $v_{об} = 15...60$ км/год, яку наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Тривалість маневрового піврейсу за вдосконаленим аналітичним методом нормування

| $l_{пр}$, м | $v_{об}$, км/год | | | | | | | | | | |
|--------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | |
| 50 | 0,49 | | | | | | | | | | |
| 100 | 0,71 | 0,70 | | | | | | | | | |
| 150 | 0,86 | | | | | | | | | | |
| 200 | 1,01 | | 0,99 | | | | | | | | |
| 250 | 1,11 | | | 1,10 | | | | | | | |
| 300 | 1,21 | | | | 1,21 | | | | | | |
| 350 | 1,31 | | | | | 1,31 | | | | | |
| 400 | 1,41 | | | | 1,40 | | | | | | |
| 450 | 1,48 | | | | | 1,48 | | | | | |
| 500 | 1,57 | | | | 1,56 | | | | | | |
| 550 | 1,64 | | | | | 1,64 | | | | | |
| 600 | 1,71 | | | | | | 1,71 | | | | |
| 650 | 1,78 | | | | | | | 1,78 | | | |
| 700 | 1,85 | | | | | | | 1,85 | | | |
| 750 | 1,91 | | | | | | | | 1,91 | | |
| 800 | 1,98 | | | | | | | | | 1,98 | |
| 850 | 2,04 | | | | | | | | | 2,04 | |
| 900 | 2,10 | | | | | | | | | | |
| 950 | 2,15 | | | | | | | | | | |
| 1000 | 2,21 | | | | | | | | | | |
| 1050 | 2,27 | | | | | | | | | | 2,26 |
| 1100 | 2,32 | | | | | | | | | | |
| 1150 | 2,37 | | | | | | | | | | |
| 1200 | 2,42 | | | | | | | | | | |
| 1250 | 2,47 | | | | | | | | | | |

Примітка. Останнє значення в кожній графі відповідає піврейсу типу РПУ та може бути визначено за діючою методикою.

Неврахування типу піврейсу та максимальної можливої швидкості v'_{\max} , якої може досягти поодинокий локомотив під час пересувань, призводить до похибки розрахунків тривалості маневрового піврейсу за діючою методикою (ДМ), яка зростає зі зменшенням $l_{\text{пр}}$ і, відповідно, v'_{\max} (див. рис. 3).

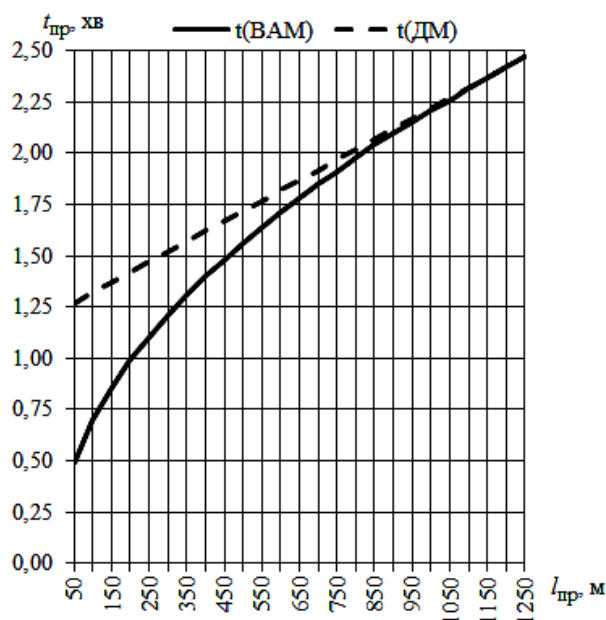


Рис. 3. Графік залежності тривалості маневрового піврейсу від його довжини за $v_{\text{об}} = 60$ км/год

Наприклад (див. табл. 4), у разі $v_{\text{об}} = 60$ км/год і $l_{\text{пр}} = 1100 \dots 1200$ м ($v'_{\max} = 56,97 \dots 59,51$ км/год) різниця у результатах розрахунків за ДМ і ВАМ відсутня, за $l_{\text{пр}} = 450$ м ($v'_{\max} = 36,44$ км/год) – 11,4 с, за $l_{\text{пр}} = 150$ м ($v'_{\max} = 21,04$ км/год) – 30,6 с, за $l_{\text{пр}} = 50$ м ($v'_{\max} = 12,15$ км/год) – 46,8 с.

Зменшення значень $v_{\text{об}}$ призводить до зменшення різниці у результатах розрахунків за ДМ і ВАМ. В цілому, у разі $l_{\text{пр}} = 50$ м така різниця становить: за $v_{\text{об}} = 60$ км/год – 2,6 рази, за $v_{\text{об}} = 55$ км/год – 2,4 рази, за $v_{\text{об}} = 50$ км/год – 2,2 рази, за $v_{\text{об}} = 45$ км/год – 2,0 рази, за $v_{\text{об}} = 40$ км/год – 80 %, за $v_{\text{об}} = 35$ км/год – 60 %, за $v_{\text{об}} = 30$ км/год – 50 %, за $v_{\text{об}} = 25$ км/год – 30 %, за $v_{\text{об}} = 20$ км/год – 14 %, за $v_{\text{об}} = 15$ км/год – 4 %.

Тривалість маневрових піврейсів, яку розраховано за ВАМ і ДМ

| $l_{\text{пр}}, \text{ м}$ | $v_{\text{об}}, \text{ км/год}$ | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|------|-----------------------------|-----------------------------|------|--------------------|
| | 60 | | | 40 | | |
| | Метод розрахунку | | Перевіщення, разів | Метод розрахунку | | Перевіщення, разів |
| | ВАМ | ДМ | | ВАМ | ДМ | |
| $t_{\text{пр}}, \text{ хв}$ | $t_{\text{пр}}, \text{ хв}$ | | $t_{\text{пр}}, \text{ хв}$ | $t_{\text{пр}}, \text{ хв}$ | | |
| 50 | 0,49 | 1,27 | 2,59 | 0,49 | 0,89 | 1,82 |
| 100 | 0,70 | 1,32 | 1,89 | 0,70 | 0,96 | 1,37 |
| 150 | 0,86 | 1,37 | 1,59 | 0,86 | 1,04 | 1,21 |
| 200 | 0,99 | 1,42 | 1,43 | 0,99 | 1,11 | 1,12 |
| 250 | 1,10 | 1,47 | 1,34 | 1,10 | 1,19 | 1,08 |
| 300 | 1,21 | 1,52 | 1,26 | 1,21 | 1,26 | 1,04 |
| 350 | 1,31 | 1,57 | 1,20 | 1,31 | 1,34 | 1,02 |
| 400 | 1,40 | 1,62 | 1,16 | 1,40 | 1,41 | 1,01 |
| 450 | 1,48 | 1,67 | 1,13 | 1,48 | 1,49 | 1,01 |
| 500 | 1,56 | 1,72 | 1,10 | 1,56 | 1,56 | 1,00 |
| 550 | 1,64 | 1,77 | 1,08 | | | |
| 600 | 1,71 | 1,82 | 1,06 | | | |
| 650 | 1,78 | 1,87 | 1,05 | | | |
| 700 | 1,85 | 1,92 | 1,04 | | | |
| 750 | 1,91 | 1,97 | 1,03 | | | |
| 800 | 1,98 | 2,02 | 1,02 | | | |
| 850 | 2,04 | 2,07 | 1,01 | | | |
| 900 | 2,10 | 2,12 | 1,01 | | | |
| 950 | 2,15 | 2,17 | 1,01 | | | |
| 1000 | 2,21 | 2,22 | 1,00 | | | |
| 1050 | 2,26 | 2,27 | 1,00 | | | |
| 1100 | 2,32 | 2,32 | 1,00 | | | |
| 1150 | 2,37 | 2,37 | 1,00 | | | |
| 1200 | 2,42 | 2,42 | 1,00 | | | |

Для випадків (див. табл. 5), у яких значення $v_{\text{об}}$ не збігаються із наведеними у табл. 3, і є відмінність у значеннях $t_{\text{пр}}$, тривалість маневрового піврейсу можна визначити за регресійною моделлю виду

$$t_{\text{пр}} = b_0 + b_1 \sqrt{l_{\text{пр}}} \quad (3)$$

Таблиця 5

Параметри регресійних моделей

| $v_{\text{об}}, \text{ км/год}$ | $l_{\text{пр}}, \text{ м}$ | b_0 | b_1 |
|---------------------------------|----------------------------|--------|-------|
| 50...60 | 800...1050 | -0,006 | 0,070 |
| 40...<50 | 500...800 | -0,058 | 0,072 |
| 30...<40 | 350...500 | -0,069 | 0,074 |
| 25...<30 | 200...300 | -0,034 | 0,072 |

Приклад кривої регресії для $v_{\text{об}} = 50 \dots 60$ км/год і $l_{\text{пр}} = 800 \dots 1050$ м наведено на рис. 4.

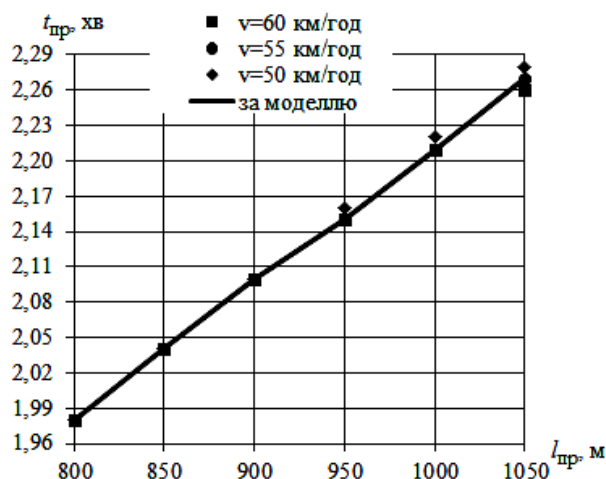


Рис. 4. Крива регресії, яка описує зв'язок між довжиною маневрового піврейсу і його тривалістю

Для перевірки адекватності регресійної моделі використано F -критерій Фішера [12]. Регресійна модель адекватно описує результати експериментів, якщо виконується умова

$$F > F_{(\alpha; m_1; m_2)}^T, \quad (4)$$

де F – розрахункове значення F -критерію;

$F_{(\alpha; m_1; m_2)}^T$ – табличне значення F -критерію у разі визначених: рівня значимості $\alpha = 5\%$, ступеня свободи емпіричної дисперсії m_1 і ступеня свободи залишкової дисперсії m_2 .

Додатково адекватність регресійної моделі перевірено за відносним відхиленням [13] дійсних значень $t_{прj}$ від прогнозних $\hat{t}_{прj}$ (%)

$$v = \frac{\Delta \bar{t}_{прj}}{\bar{T}_{пр}} 100, \quad (5)$$

де $\Delta \bar{t}_{прj}$ – середнє відхилення фактичних значень тривалості маневрового піврейсу від значень такої тривалості, які розраховано за регресійною моделлю;

$\bar{T}_{пр}$ – середнє значення тривалості маневрового піврейсу, яке розраховано за регресійною моделлю.

Прийнято, що регресійна модель адекватно описує результати експериментів, якщо виконується умова

$$v \leq 5\%. \quad (6)$$

Результати перевірки адекватності регресійної моделі наведено в табл. 6.

Перевірка адекватності регресійної моделі

| $v_{об}, км/год$ | F | $F_{(\alpha; m_1; m_2)}^T$ | $v, \%$ |
|------------------|--------|----------------------------|---------|
| 50...60 | 414,36 | 2,32 | 0,1 |
| 40...<50 | 145,82 | 2,15 | 0,4 |
| 30...<40 | 36,04 | 2,94 | 1,0 |
| 25...<30 | 60,91 | 6,26 | 0,8 |

Дані, що наведено у табл. 6, дозволяють зробити висновок, що умови (4) і (6) виконуються і регресійні моделі є адекватними.

Висновки

Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. За довжини маневрового піврейсу, яка є меншою за 1 220 м, не можна досягти максимальної швидкості руху поодинокого локомотива вільними коліями (60 км/год), яка встановлена чинними нормативними документами, що призводить до похибок під час нормування тривалості маневрових піврейсів.

2. За вдосконаленим аналітичним методом нормування визначено тривалість маневрового піврейсу за його довжини 50...1 200 м і обмеження швидкості 15...60 км/год.

3. Похибка розрахунків тривалості маневрового піврейсу за діючою методикою зростає зі зменшенням його довжини і, відповідно, максимально можливої швидкості, якої може досягти поодинокий локомотив під час пересувань.

4. Для випадків, у яких обмеження швидкості не збігаються із розглянутими під час досліджень, і є відмінність у значеннях тривалості маневрових піврейсів, отримано регресійну модель для визначення такої тривалості.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року: Розпорядження Каб. Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174-р [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.

2. Правила технічної експлуатації залізниць України. – Київ: Транспорт України, 2005. – 256 с.

3. Кочнев Ф. П. Управление эксплуатационной работой железных дорог: учеб. пособие для вузов / Ф. П. Кочнев, И. Б. Сотников. – Москва: Транспорт, 1990. – 424 с.

4. Организация движения на железнодорожном транспорте / [Кочнев Ф. П., Максимович Б. М., Померанцев В. В. и др.]; под общ. ред. Ф. П. Кочнева. – Москва: Трансжелдориздат, 1958. – 336 с.

5. Руководство по техническому нормированию маневровой работы. – Москва: Транспорт, 1978. – 56 с.

6. Rassölkin, A. Calculation of the Traction Effort of Switching Locomotive / A. Rassölkin, H. Hõimoja //

11th International Symposium «Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering» (Tallinn University of Technology). - Tallinn, 2012. – P. 61-65.

7. Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте : утв. ЦЗ МПС РФ 19.03.1998 г. / Мин. путей сообщения РФ. – Москва, 1998. – 84 с.

8. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті : затв. : наказ Укрзалізниці 25.03.2003 р. № 72-ЦЗ. – Київ, 2003. – 82 с.

9. Козаченко, Д. М. Нормування тривалості виконання маневрових пересувань з врахуванням обмеження швидкості руху на окремих елементах прямування составів / Д. М. Козаченко, І. Л. Журавель, І. Ю. Левицький // Залізничний транспорт України. – 2014. – № 6 (109). – С. 30–36.

10. Журавель, І. Л. Підвищення ефективності роботи вантажних станцій за рахунок удосконалення їх колійного розвитку: автореф. дис. ... канд.

техн. наук: 05.22.20 / Журавель Ірина Леонідівна. – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2015. – 24 с.

11. Журавель, В. В. Підвищення ефективності функціонування промислової станції шляхом вдосконалення її конструкції / В. В. Журавель, І. Л. Журавель // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 2/3 (74). – С. 61–67.

12. Львовский, Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул: учеб. пособие / Е. Н. Львовский. – М.: Высш. школа, 1982. – 224 с.

13. Негрей, Н. П. Прогнозирование размеров работы сортировочных станций с помощью статистических методов / Под ред. Н. В. Правдина // Проблемы проектирования станций и узлов: Межвузовский сборник научных статей. – Гомель: БелИИЖТ, 1984. – С. 10–21.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Огарем О. М. (Україна).

Надійшла до редколегії 15.05.2016.

Прийнята до друку 17.05.2016.

И. Л. ЖУРАВЕЛЬ, В. В. ЖУРАВЕЛЬ

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ МАНЕВРОВЫХ ПЕРЕДВИЖЕНИЙ ОДИНОЧНОГО ЛОКОМОТИВА И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НЕЕ

Цель. В рыночных условиях важной задачей для железнодорожного транспорта Украины является повышение производительности труда и уменьшение эксплуатационных расходов. Одним из решений этого вопроса является правильное нормирование продолжительности выполнения маневровых операций. Расчеты по действующей методике нормирования маневровой работы дают неадекватные результаты на коротких расстояниях. Исключение данного недостатка является актуальной задачей. **Методика.** Для получения зависимости значений продолжительности передвижения одиночного локомотива от длины маневрового передвижения использован усовершенствованный аналитический метод нормирования и регрессионное моделирование. **Результаты.** Установлено, что при коротких расстояниях невозможно достичь скорости, установленной нормативными документами. Установлена продолжительность маневровых передвижений, отвечающая фактической скорости движения одиночного локомотива, и получены регрессионные модели для нормирования такой продолжительности. **Научная новизна.** Исследовано влияние длины маневрового передвижения и максимально возможной скорости движения одиночного локомотива на продолжительность его передвижения. **Практическая значимость.** Результаты исследований позволяют адекватно нормировать продолжительность маневровых передвижений одиночного локомотива при коротких расстояниях.

Ключевые слова: маневровая работа; нормирование продолжительности; расстояние передвижения; скорость движения одиночного локомотива

I. L. ZHURAVEL, V. V. ZHURAVEL

THE DURATION OF A SINGLE LOCOMOTIVE SHUNTING MOVEMENTS AND THE FACTORS THAT AFFECT IT

Purpose. The market conditions for the important task of Railway Transport of Ukraine is to increase productivity and decrease operating costs. One solution to this issue is the proper regulation of the length of shunting operations. Calculations based on the current valuation method shunting give inadequate results over short distances. Excluding this disadvantage is an urgent task. **Methodology.** For according to the values of the duration of a single movement of the length of the locomotive shunting movement used an improved analytical method for the valuation and regression modeling. **Findings.** It was found that at short distances it is impossible to reach the speed set by regulations. Installed length of shunting movements, corresponding to the actual speed of a single movement of the locomotive, and the obtained regression models for the valuation of such duration. **Originality.** The effect of the length of the shunting movement and the maximum possible speed of a single movement of the locomotive on the duration of its movement. **Practical value.** The results allow to adequately normalized duration shunting locomotive single movement at short distances.

Keywords: shunting operations; the duration of the valuation; movement distance; the speed of movement of a single locomotive

УДК 656.223.2

Д. Н. КОЗАЧЕНКО^{1*}, Б. В. ГЕРА^{2*}, В. В. СКАЛОЗУБ^{3*}, Ю. Н. ГЕРМАНЮК^{4*}

^{1*} Научно-исследовательская часть, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 373 15 04, эл. почта kozachenko@upr.dit.edu.ua, ORCID 0000-0003-2611-1350

^{2*} Каф. «Транспортные технологии», Львовская филия Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. И. Блажкевич 12а, г. Львов, Украина, тел. +30 (032) 267-99-74, эл. почта gera-zen@ukr.net

^{3*} Каф. «Компьютерные информационные технологии», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 373-15-35, эл. почта skalozub_vl_v@mail.ru, ORCID 0000-0002-1941-4751

^{4*} Каф. «Транспортные технологии», Львовская филия Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. И. Блажкевич 12а, г. Львов, Украина, тел. +30 (032) 267-99-74, эл. почта hermanjuk@yandex.ua, ORCID 0000-0002-4905-8313

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУЗОПОТОКОВ НА НАПРАВЛЕНИЯХ ТРАНЗИТНЫХ ПЕРЕВОЗОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ В МЕЖДУНАРОДНОМ СООБЩЕНИИ

Цель. Целью исследования является построение математической модели распределения грузопотоков на железнодорожных сетях в условиях, когда имеет место конкуренция между отдельными элементами сети за грузопотоки. **Методика.** Решение задачи выполнено с использованием методов теории графов и теории игр. **Результаты.** В качестве модели железнодорожной сети использован ориентированный параметрический граф, вершинам которого в соответствие поставлены пункты погрузки и выгрузки, а также транзитные пункты; дугам в соответствие поставлены железнодорожные участки между вершинами. На графе задаются объемы погрузки, выгрузочные способности, стоимости грузов в начальных и конечных пунктах, стоимости перевозки и пропускные способности дуг. В процессе организации перевозок грузов принимают участие активные субъекты двух типов: грузоотправители и грузоперевозчики. Выбор маршрута перевозки отдельным грузоотправителем осуществляется из условия получения максимальной прибыли на основании решения задачи поиска кратчайших расстояний. Выбор стоимостей перевозки отдельными перевозчиками осуществляется с учетом конкурирующих предложений других перевозчиков путем решения задачи бескоалиционных матричных игр. **Научная новизна.** Научная новизна работы состоит в усовершенствовании методов оценки распределения грузопотоков по железнодорожной сети на основании использования методов теории игр. **Практическая значимость.** Результаты работы могут использоваться для создания системы поддержки решений для оценки тарифов, технических и технологических решений, принимаемых в сфере международных транзитных перевозок железнодорожным транспортом.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт; международные перевозки; теория игр; транспортные потоки, конкуренция.

Введение

Одним из основных перевозчиков грузов в международном сообщении на территории Восточной Европы является железнодорожный транспорт. Железные дороги позволяют выполнять перевозки значительных объемов грузов с мест их добычи или производства в места их потребления или перевалки на другие виды транспорта. Страны с развитой железнодорожной сетью рассматривают транзитные железнодорожные перевозки как одно из основных направлений экспорта транспортных услуг.

Характерным отличием перевозок грузов в международном сообщении от перевозок во

внутригосударственном сообщении является наличие конкуренции между отдельными элементами транспортной системы за грузопотоки. Достаточно показательным примером таких перевозок является доставка сырьевых грузов железнодорожным транспортом из Российской Федерации в порты Черного и Балтийского моря. На этих направлениях возможны перевозки с участием транзитных железных дорог Украины, Литвы, Латвии, Эстонии, Белоруссии, каждая из которых заинтересована в привлечении транзитных грузопотоков. В этой связи исследования, выполняемые с целью повышения конкурентоспособности и эффективности транзитных перевозок, являются актуальными для

железнодорожного транспорта.

Тематике международных железнодорожных перевозок посвящено значительное число научных работ. Большое внимание при этом уделяется формированию транспортных коридоров и снижению себестоимости доставки грузов по ним. В частности в [14] представлен проект OPTIRAIL, направленный на повышение доступности железнодорожного транспорта, улучшения взаимодействия при пересечении границ, повышения эффективности международных перевозок. Задачи согласованного развития элементов транспортных коридоров рассмотрены в [1, 15]. В работах [3, 4, 10] международные перевозки грузов рассмотрены с позиции грузоотправителей, которые выполняют поиск маршрутов перевозок таким образом, чтобы минимизировать свои логистические расходы. Железные дороги, обслуживающие международные перевозки, находятся в состоянии конкуренции как с автомобильными и морскими транспортными путями, так и между собой [3, 16]. Конкурентоспособность их услуг зависит от множества факторов, таких как стоимость и сроки доставки грузов на маршруте, пропускная способность, безопасность перевозок и др. Наличие альтернативных маршрутов перевозок приводит к тому, что менеджеры железнодорожной инфраструктуры должны устанавливать стоимость своих услуг с учетом стоимости услуг других участников процесса перевозок. Решение задач подобного класса выполняется методами теории игр. Примеры задач моделирования процессов в транспортных системах с помощью методов теории игр приведены в статьях [7, 9, 11, 18]. Значительное число научных работ посвящено проблеме ценовой конкуренции и планирования развития конкурирующих портов. В частности такие задачи рассмотрены в [8, 12, 13, 17]. Анализ представленных работ показывает, что методы теории игр позволяют учитывать особенности функционирования транспортных систем в условиях конкурентной борьбы. Необходимо также отметить, что функционирование железнодорожной сети при организации международных перевозок имеет особенности, поскольку на конкурентоспособность отдельных участников перевозочного процесса существенно влияет их географическое положение и топология сети. Поэтому рассматриваемая проблема требует дальнейшего исследования.

Цель

Целью исследования является построение математической модели распределения грузопотоков в железнодорожных транспортных сетях в условиях конкуренции между отдельными их элементами за грузопотоки.

Методика

В качестве модели железнодорожной сети используется параметрический ориентированный граф $G(V, E)$. Вершинам графа V соответствуют пункты погрузки V_s и выгрузки V_d грузов, а также транзитные пункты V_t , на которых происходит изменение условий продвижения грузопотоков. Вершинам $v_{sj} \in V_s$ в соответствие поставлены запасы грузов $a_j > 0$ в пунктах погрузки ($j = \overline{1; J}$). Вершинам $v_{dk} \in V_d$ в соответствие поставлены максимальные объемы грузов, которые могут быть выгружены в пунктах выгрузки $b_k > 0$ ($k = \overline{1; K}$). Кроме того, вершинам v_{sj} и v_{dk} в соответствие поставлены стоимости грузов в пунктах погрузки P_{sj} и выгрузки P_{dk} ($j = \overline{1; J}$, $k = \overline{1; K}$).

Стоимости перевозок по транспортной сети, представленной оргграфом $G(V, E)$, заданы на каждой дуге $e_{gq} \in E$ и обозначаются через c_{gq} (здесь g и q – соответственно, начальная и конечные вершины дуги). Кроме того дугам графа в соответствие может быть поставлена пропускная способность d_{gq} . Направление дуг определяет направление перевозок между вершинами.

Стоимости перевозок на отдельных (управляемых) дугах устанавливаются перевозчиками и могут быть выбраны ими из дискретного множества C_{gq} – допустимых стоимостей, т.е. $c_{gq} \in C_{gq}$ ($e_{gq} \in E$), стоимости перевозок на прочих (неуправляемых) дугах фиксированы. При этом минимальная стоимость перевозки определяется себестоимостью услуги и минимальной ее рентабельностью, а максимальная стоимость перевозки определяется в соответствии с Договором о Международном железнодорожном транзитном тарифе [2].

Пример оргграфа, описывающего транспортную систему, представлен на рис. 1.

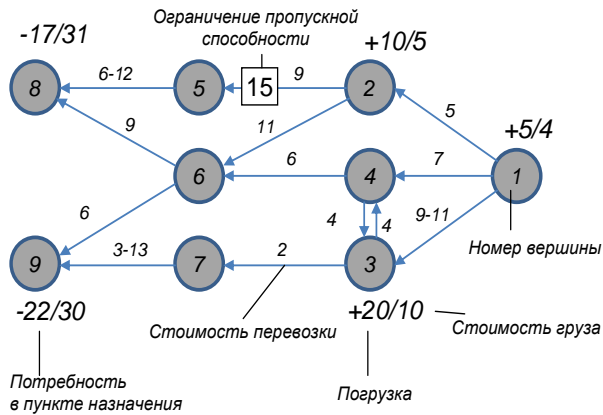


Рис. 1. Орграф транспортной сети с указанием числовых параметров для перевозок

В процессе организации перевозок грузов принимают участие активные субъекты двух типов: грузоотправители и грузоперевозчики.

Каждый грузоотправитель выбирает маршруты на транспортной сети из своего пункта погрузки в пункты выгрузки исходя из величины прибыли, которая для единицы груза определяется разницей между стоимостью груза в пункте назначения с одной стороны и стоимостью груза в пункте отправления и расходов на доставку – с другой. При этом маршрутом перевозок называется цепь дуг, соединяющая некоторую вершину v_{sj} отправления и вершину назначения v_{dk} . Между вершинами v_{sj} и v_{dk} может быть несколько маршрутов перевозок E_{jkm} , отличающихся перечнем дуг, входящих в их состав. Маршруты перевозки характеризуются стоимостью перевозки, которая определяется как общая стоимость перевозки всех дуг, входящих в маршрут

$$C_{jkm} = \sum_{e_{gq} \in E_{jkm}} c_{gq}.$$

В результате доставки грузов в пункты назначения грузоотправители получают прибыль, которая при перевозке единицы груза составляет

$$P_{jkm} = P_{dk} - P_{sj} - C_{jkm}. \quad (1)$$

Грузоотправитель отправляет грузы в пункты назначения в порядке уменьшения величины прибыли. Если прибыль принимает отрицательное значение, то груз в данный пункт отправления не перевозится.

В процессе распределения провозной способности перевозчиков и выгрузочной способности грузополучателей между грузоотправителями возможно возникновение дефицита.

Перевозчик устанавливает стоимость пере-

возок на участках в пределах от минимального до максимального значения, стремясь получить максимально возможную прибыль исходя из принятой им стоимости, а также возможных стоимостей перевозок у других перевозчиков. Принято, что преимущество использования дефицитных ресурсов имеют грузоотправители, получающие большую прибыль. При равной величине прибыли для разных грузоотправителей дефицитный ресурс распределяется между ними поровну.

Необходимо установить ценовую стратегию перевозчиков.

В начальном графе стоимости поставлены в соответствие как вершинам, так и дугам. Для упрощения дальнейших расчетов необходимо выполнить преобразование графа таким образом, чтобы стоимости были поставлены в соответствие только его дугам. С этой целью среди всех вершин v_s нужно выбрать вершину с минимальной стоимостью груза в пункте отправления P_{smin} . Для всех остальных вершин отправления добавить дуги со стоимостью перевозки $P_{sj} - P_{smin}$. Для вершин v_d необходимо определить вершину с максимальной стоимостью груза P_{dmax} . Для всех остальных вершин назначения добавить дуги со стоимостью перевозки $P_{dmax} - P_{dk}$.

Прибыли перевозчиков на преобразованном графе определяются как

$$P_{jkm} = P_{dmax} - P_{smin} - C_{jkm},$$

что эквивалентно выражению (1).

Транзитные вершины, которым инцидентны только два ребра, исключаются из сети. Стоимости перевозок объединяемых ребер суммируются. Необходимо отметить, что такой шаг соответствует согласованным действиям перевозчиков на некотором участке маршрута и несколько искажает решение, однако на данном этапе исследования данным фактом пренебрегаем. Преобразованный граф представлен на рис. 2.

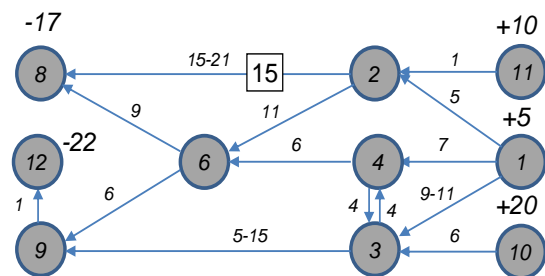


Рис. 2. Орграф транспортной сети после преобразования

Обозначим через x_{gq}^j количество груза, направляемого на участок сети представленный дугой e_{gq} из вершины j . Величины потоков на ребрах могут иметь только неотрицательные значения $x_{gq}^j \geq 0$.

Распределение грузопотоков на сети имеет ряд ограничений.

Количество груза, вывозимого из вершины j по всем инцидентным ей дугам e_{jq} , не должно превышать величину запаса грузов в данной вершине

$$a_j - \sum x_{gq}^j \geq 0, \quad j = \overline{1; J}$$

где $\sum x_{gq}^j$ – общий объем грузов, вывозимых из вершины j .

Количество груза, выгружаемого в вершине назначения, не должно превышать ее выгрузочной способности

$$b_k - \sum_{j=1}^J \sum x_{gk}^j + \sum_{j=1}^J \sum x_{kq}^j \geq 0, \quad \sum x_{gk}^j \geq \sum x_{kq}^j, \\ j = \overline{1; J}, \quad k = \overline{1; K}$$

где $\sum x_{gk}^j, \sum x_{kq}^j$ – соответственно, общий объем грузов отправленных из вершины j , ввозимых и вывозимых из вершины k .

Количество груза поступающего в промежуточную вершину t из вершины отправления j по всем инцидентным дугам e_{jt} должно быть равно количеству вывозимого из нее груза. Вершины отправления для грузопотоков из других вершин рассматриваются как транзитные

$$\sum x_{jt}^j - \sum x_{tq}^j = 0, \quad j = \overline{1; J}.$$

Количество груза, перевозимого по ребрам с ограниченной пропускной способности, не должно превышать величины этой пропускной способности

$$\sum_{j=1}^J \sum x_{gq}^j \leq d_{gq}.$$

Грузоотправители выбирают маршруты перевозок исходя из задачи получения максимальной прибыли, которая определяется выражением

$$\sum P_j = \sum_{m=1}^M \left(P_{d \max} - P_{s \min} - C_{jkm} \right) x_{jkm} \rightarrow \max$$

где $\sum C_{jkm}, x_{jkm}$ – соответственно, общая стои-

мость и объем перевозки груза между вершинами v_{sj} и v_{dk} по маршруту m .

Поскольку в пунктах выгрузки заданы конечные величины потребностей грузов b_k , то грузоотправители не могут определять маршруты своих перевозок независимо один от другого. Кроме того ограниченность пропускной способности не позволяет использовать выгодные для перевозки участки одновременно всем желающим. При этом может возникнуть конфликт интересов. Принято, что преимущество имеет пропуск той единицы груза, перевозка которой обеспечивает большую прибыль. В случае, если для некоторых пунктов назначения или дуг имеется несколько грузоотправителей с одинаковой величиной прибыли, выгрузочные и провозные способности распределяются между грузоотправителями в равных частях. Поиск оптимального маршрута перевозки для каждого грузоотправителя осуществляется с помощью метода поиска кратчайших путей на графе [5], модифицированного с целью учета ограничений выгрузочной способности вершин и пропускной способности дуг.

Перевозчики конкурируют между собой за перевозки с целью получить наибольшую возможную прибыль. Некоторые из них имеют возможность предложить разные стоимости перевозок. Пусть в сети имеется n таких перевозчиков. Изменим их сетевые обозначения тождественные дугам с двумя индексами, которые соответствуют номерам вершин начала и конца дуги, на порядковые обозначения h_i ($i = \overline{1; n}$). Таким образом, каждому перевозчику h_i в соответствии ставятся стоимости перевозок из множества $C_i \equiv \{c_1, c_2, \dots, c_{u_i}\}$. После выбора грузоотправителями маршрутов перевозки оценивается прибыль перевозчиков. В частности перевозчик h_i , обслуживающий участок представленный дугой e_{gq} , рассчитывает на прибыль

$$\Lambda_i^* = c_{gq}^* x_{gq}^*, \quad h_i \sim e_{gq}. \quad (5)$$

Всевозможные ценовые ситуации, которые возникают в сети, образуют множество $C = C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$, где C декартово произведение множеств C_i , состоящих из u_i стратегий перевозчиков. Грузоотправители оценивают каждую ценовую ситуацию из множества C и выбирают маршруты перевозок. Поэтому каждая ценовая ситуация дает определенный выигрыш перевозчику – прибыль. Следовательно

выигрыш i -го игрока зависит от c , а определить его будем по формуле (5), т.е. $\Lambda_i(c) = \Lambda_i^*$.

Множество возможных выигрышей каждого игрока (перевозчика) в зависимости от ценовой ситуации $c = (c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_n) \in C$ можно описать матрицей размерности n . Примеры указанных матриц для игроков 2 (дуга 5-8) и 3 (дуга 7-7), соответствующие рис. 1, при условии, что игрок 1 (дуга 1-3) установил стоимость перевозок равной 9 представлен в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Матрица выигрышей игрока 2

| | | Игрок 2 | | | | | | | |
|---------|----|---------|----|----|----|-----|------|----|--|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Игрок 3 | 3 | 78 | 91 | 92 | 90 | 100 | 55 | 0 | |
| | 4 | 78 | 91 | 92 | 90 | 100 | 55 | 0 | |
| | 5 | 78 | 91 | 92 | 90 | 100 | 55 | 0 | |
| | 6 | 78 | 91 | 92 | 90 | 100 | 55 | 0 | |
| | 7 | 78 | 91 | 92 | 90 | 90 | 49,5 | 0 | |
| | 8 | 78 | 91 | 92 | 72 | 80 | 44 | 0 | |
| | 9 | 78 | 91 | 92 | 72 | 80 | 44 | 0 | |
| | 10 | 78 | 91 | 92 | 45 | 0 | 0 | 0 | |
| | 11 | 75 | 70 | 80 | 45 | 0 | 0 | 0 | |
| | 12 | 75 | 70 | 80 | 45 | 0 | 0 | 0 | |
| | 13 | 75 | 70 | 80 | 45 | 0 | 0 | 0 | |

Таблица 2

Матрица выигрышей игрока 3

| | | Игрок 2 | | | | | | | |
|---------|----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Игрок 3 | 3 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | |
| | 4 | 88 | 88 | 88 | 88 | 88 | 88 | 88 | |
| | 5 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | |
| | 6 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | |
| | 7 | 154 | 154 | 154 | 147 | 147 | 147 | 147 | |
| | 8 | 168 | 168 | 168 | 160 | 160 | 160 | 160 | |
| | 9 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | |
| | 10 | 200 | 200 | 200 | 170 | 120 | 120 | 120 | |
| | 11 | 214,5 | 187 | 187 | 132 | 77 | 77 | 77 | |
| | 12 | 234 | 204 | 204 | 144 | 84 | 84 | 84 | |
| | 13 | 253,5 | 221 | 221 | 156 | 91 | 91 | 91 | |

Рассмотрим случай, когда конфликт интересов n перевозчиков не предусматривает совместные действия отдельных групп. Такой конфликт может моделироваться бескоалиционной игрой при следующих условиях: участники не могут заключать взаимно обязывающие соглашения, их взаимодействия неантагонистические, каждый игрок предпринимает свои действия независимо от остальных, стороны конфликта знают для себя и остальных полезность каждой сложившейся ситуации при выборе действий. Заметим, что рассмотренный конфликт перевозчиков можно представить как

распределение между участниками некоторого постоянного количества, причем сумма выигрышей всех игроков вида (5) в различных ситуациях неодинакова. Таким образом, для моделирования конфликта должна быть построена бескоалиционная игра с ненулевой суммой. Анализ таких игровых моделей отличается от анализа антагонистических игр.

Представим один из подходов к решению бескоалиционных игр, основанный на принципе равновесия [6, 7]. Сохраняя введенные обозначения, представим бескоалиционную игру в виде системы

$$G(c) = \{I, \{C_i\}_{i \in I}, \{h_i\}_{i \in I}\} \quad (6)$$

в которой $I = 1, 2, \dots, n$; $C = C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$, $C_i \equiv \{c_1, c_2, \dots, c_{i_i}\}$, $h_i(c)$ – вещественные функции. Для формирования оптимального решения игры (6) вводят понятия приемлемой ситуации и ситуации равновесия. Пусть набор возможных стратегий игроков, игровая ситуация, $c = (c_1, c_2, \dots, c_{i-1}, c_i, c_{i+1}, \dots, c_n) \in C$ в (6), а c_i^j произвольная стратегия игрока « i ». Далее $c // c_i^j = (c_1, c_2, \dots, c_{i-1}, c_i^j, c_{i+1}, \dots, c_n)$. Ситуацию $c \in C$ называют приемлемой для игрока « i », если для любой стратегии c_i^j выполнено

$$h_i(c // c_i^j) \leq h_i(c). \quad (7)$$

То есть выигрыш в приемлемой ситуации не меньше, чем при других ситуациях, полученных из нее путем замены стратегии c_i на любую c_i^j . Если неравенства (7) выполняются для всех $i = 1, \dots, n$; тогда $c \in C$ является равновесием для игры (6). Решения (6) в форме ситуаций равновесия в чистых стратегиях $c \in C$ редки.

Для нахождения ситуаций равновесия вводятся смешанные стратегии, устанавливающие вероятности применения игроком « i » своих чистых стратегий « j »: $\sigma_i(c_j)$. Вероятность $\sigma(c)$ называют ситуацией игры (6) в смешанных стратегиях – $G^*(\sigma(c))$:

$$\sigma(c) = \sigma(c_1, c_2, \dots, c_n) = \prod_i \sigma_i(c_i). \quad (8)$$

При этом выигрыш игрока « i » в $G^*(\sigma(c))$ понимается как средний выигрыш в зависимости от вероятностных распределений (8). Ситуацией равновесия смешанного расширения

$G^*(\sigma(c))$ игры (6) называют ситуацией $\sigma^*(c)$, если для любого игрока $i = 1, \dots, n$; и любой ее смешанной стратегии $\sigma_i(c_j)$ выполняется

$$h_i(\sigma^* // \sigma_i) \leq h_i(\sigma^*). \quad (9)$$

На вопросы существования и нахождения решения бескоалиционных игр отвечают следующие утверждения [6].

1. В каждой бескоалиционной игре существует хотя бы одна точка равновесия в смешанных или чистых стратегиях.

2. Для того чтобы ситуация σ^0 была ситуацией равновесия игры (в смешанных стратегиях) необходимо и достаточно чтобы для любого « i » и чистой стратегии c_i выполнялось неравенство

$$h_i(\sigma^0 // \sigma_i) \leq h_i(\sigma^0). \quad (10)$$

Согласно (10) при замене в ситуации равновесия σ^0 смешанной стратегии на чистую средний выигрыш игрока не увеличится. Наоборот, если для некоторой ситуации σ^0 средний выигрыш каждого игрока будет не меньше, чем средний выигрыш для ситуации σ^0 , у которого сделана замена смешанной стратегии каждого игрока, входящего в σ^0 на его любую чистую стратегию, то σ^0 является ситуацией равновесия.

Исследование рассматриваемого примера показывает, что оптимальная стратегия игрока 2 не зависит от действий игроков 1 и 3 и для получения максимального выигрыша он всегда должен устанавливать стоимость перевозок равную 8. В этих условиях задача может быть сведена к игре двух игроков и решена классическими методами [6]. Итоговое распределение потоков на сети приведено на рис. 3.

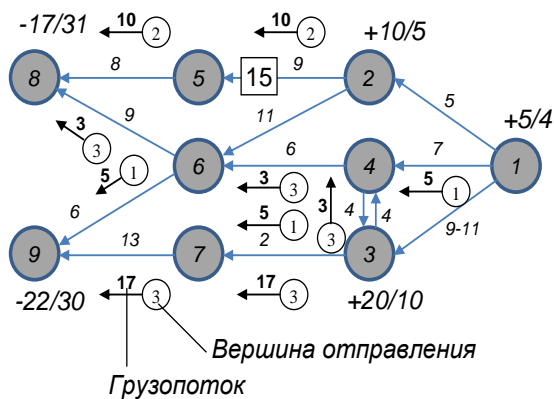


Рис. 3. Распределение потоков на сети

В настоящее время отсутствуют общие математические методы решения бескоалиционных игр с числом игроков (здесь перевозчиков) больше двух, имеющих более двух стратегий [6]. Вместе с тем разрабатываются специализированные модели и алгоритмы, позволяющие численно реализовать такого рода игровые задачи [7]. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

В играх вида (6) может быть несколько ситуаций равновесия. Именно указанные конструктивные свойства ситуаций равновесия были использованы для разработки переборных вычислительных алгоритмов решения дискретных бескоалиционных игр n лиц [7] общего вида.

Приведем обобщенную схему процедуры вычисления ситуаций равновесия в играх (6). Обозначим искомый вектор вероятностей смешанных стратегий игроков через

$$\bar{x}_\sigma = (\sigma_1^1, \dots, \sigma_{n1}^1, \dots, \sigma_1^n, \dots, \sigma_{mn}^n), \quad (11)$$

где n_j - число чистых стратегий у игрока « j ».

1. Имея вектор (11) с учетом (8) вычисляют математическое ожидание выигрышей каждого из игроков « i »

$$M[h_i(\bar{x}_\sigma)], \quad \forall (i \in n)$$

2. Вычисляются параметры условия ситуации равновесия игры (6) для (11) согласно

$$\Delta_{ij}^k = M[h_i(\bar{x}_\sigma)] - M[h_{ij}^k]. \quad (12)$$

$$\Delta_i = \min_j \min_{k \in n_j} \{\Delta_{ij}^k\}. \quad (13)$$

где $M[h_{ij}^k]$ - математическое ожидание выигрыша игрока « i » в случае применения игроком « j » своей чистой стратегии номер « k », а величина (13) является худшей оценкой выигрыша.

3. Если имеет место отношение

$$\exists (i \in n) \Delta_i < 0, \quad (14)$$

тогда вектор (11) не является ситуацией равновесия. В случае невыполнения (14) вектор (11) представляет ситуацию равновесия игры (6).

4. При выполнении (14) формируется некоторый показатель отклонения (11) от ситуации равновесия, по значениям которого решается оптимизационная задача вида

$$\min \{0, V(\Delta_i)\} \Rightarrow \max, \quad \forall (\Delta_i < 0), \quad (15)$$

где тем или другим способом формируются векторы (11).

В работе [7] для реализации (15) использован алгоритм случайного поиска. При заданной точности нахождения решения (11) возможен алгоритм перебора по сетке.

Результаты

Разработанная модель может использоваться как для исследования ценовой игры перевозчиков, так и для оценки различных мероприятий по развитию погрузочных и выгрузочных способностей пунктов отправления и назначения и провозных способностей элементов транспортной сети.

В качестве примера на рис. 4 представлены зависимости доходов перевозчиков от объемов погрузки в вершине 3.

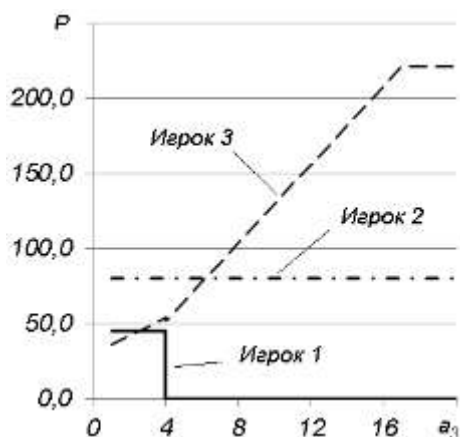


Рис.4. Зависимость прибылей перевозчиков от запасов в пункте 3

Анализ полученных зависимостей показывает, что при объеме погрузки в вершине 3 менее 5 единиц игрок 3 заинтересован в выборе такой стратегии, которая обеспечивает привлечение грузопотока из вершины 1 на дугу 7-9. В этом случае дуга 1-3 перевозчика 1 используется для пропуска грузопотоков. При увеличении объемов погрузки в вершине 3 до 5 и более единиц перевозчик 3 устанавливает стоимость своих услуг исходя из целей получения максимальной прибыли при обслуживании вершины 3. В результате маршруты с использованием дуги 1-3 (перевозчик 1) становятся неконкурентоспособными.

Научная новизна и практическая ценность

Научная новизна работы состоит в усовершенствовании методов оценки распределения грузопотоков по железнодорожной сети на ос-

новании использования методов теории игр.

Результаты работы могут использоваться для создания системы поддержки решений для оценки тарифов, технических и технологических решений, принимаемых в сфере международных транзитных перевозок железнодорожным транспортом.

Выводы

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Условия выполнения транзитных железнодорожных перевозок в международном сообщении имеют существенные отличия от перевозок во внутреннем сообщении в связи с наличием конкуренции за грузопотоки между отдельными элементами железнодорожной сети.

2. Задача распределения грузопотоков на железнодорожной транспортной сети в условиях, когда имеет место конкуренция между отдельными их элементами за грузопотоки, может быть сведена к модели бескоалиционных игр с ненулевой суммой. В работе представлены методы формализации соответствующей задачи, приведены процедуры и примеры ее решения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альошинський, Є. С. Дослідження можливих варіантів доставки міжнародних вантажопотоків при змішаних перевезеннях у межах транспортної системи України /Є. С. Альошинський, С. О. Світлична, А. М. Багно // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2014. – Вип. 144. – С. 45–49.
2. Договор о Международном железнодорожном транзитном тарифе: офіц. текст: [прийнятий зі змінами та доповненнями : станом на 1 січ. 2011 р.]. – Режим доступу: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/998_229.
3. Козаченко Д. М. Математична модель для дослідження перевезення вантажів у міжнародному сполученні / Д. М. Козаченко, Ю. М. Германюк // Транспортні системи та технології перевезень. – 2013. – Вип. 5. – С. 28-32..
4. Козаченко, Д. М. Удосконалення методів оцінки роботи залізничного транспорту у сфері міжнародних транзитних перевезень / Д. М. Козаченко, А. І. Верлан, Ю.М. Германюк // Залізничний транспорт України. – 2013. – Вип. 2(99). – С. 40–42.
5. Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес – Москва: Мир, 1978. – 432 с.

6. Крушевский, А. В. Теория игр / А. В. Крушевский. – Киев: Высшая школа, 1977. – 216 с.

7. Скалозуб, В. В. Исследование конкурирующих транспортных потоков на основе бескоалиционных игровых процедур равновесия / В. В. Скалозуб, М. В. Скалозуб, В. В. Кузнецов // Проблемы та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези 76 міжнар. наук. - практ. конф. – Дніпропетровськ: 2016. – С. 99–100.

8. Anderson, C. M. Game theoretic analysis of competition among container port hubs: the case of Busan and Shanghai / C. M. Anderson, Y. A. Park, Y. T. Chang, C. H. Yang, T. W. Lee, M. A. Luo // Maritime Policy & Management. – 2008. – Vol. 35, Issue № 1. – pp. 5–26.

9. Fisk, S.C. Game Theory and Transportation Systems Modelling / S.C. Fisk // Transportation Research Part B: Methodological – 1984. – Vol. 18, Issues 4-5. – pp. 301–313. doi:10.1016/0191-2615(84)90013-4.

10. Grabara, J. The role of information systems in transport logistics / J. Grabara, M. Kolcun, S. Kot // International Journal of Education and Research. – 2014. – Vol. 2. – №. 2. – pp. 101-108.

11. Hollander, Y. The applicability of non-cooperative game theory in transport analysis / Y. Hollander, J. N. Prashker // Transportation. – 2006. – Vol. 33, – Issue 5. – pp. 481–496. doi: 10.1007/s11116-006-0009-1.

12. Ishii, M. A game theoretical analysis of port competition / M. Ishii, P. T-W Paul Tae-Woo Lee, K. Tezuka, Y-T Chang // A Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. – 2013. – Vol. 49, – Issue 1. – pp. 92–106. doi:10.1016/j.tre.2012.07.007.

13. Kaselmi, E. N. A game theoretical approach to competition between multi-user terminals: the impact of dedicated terminals / E. N. Kaselmi, T. Notteboom,

B. De Borger // Maritime Policy & Management. – 2011. – Vol. 38, Issue 4. – pp. 395–414. DOI: 10.1080/03088839.2011.588260.

14. Menéndez, M. Development of a Smart Framework Based on Knowledge to Support Infrastructure Maintenance Decisions in Railway Corridors Transportation Research Procedia / M. Menéndez, C. Martínez, Gr. Sanz, J. Manuel Benitez // Transport Research Arena. – 2016. – vol. 14. – pp. 1987–1995. doi:10.1016/j.trpro.2016.05.166.

15. Baklanov, P. Projects of Development of Transcontinental Transport-Economic Belts in Northern Eurasia / P. Baklanov, M. Romanov, Vl. Karakin, Al. Lankin // Journal of Resources and Ecology. – 2015. – Vol. 6, Issue 2. – pp. 110-113. doi: 10.5814/j.issn.1674-764x.2015.02.008.

16. Śladkowski, A. Influence of a potential railway line connecting the Caspian Sea with the Black Sea on the development of Eurasian trade / A. Śladkowski, M. Cieśla – 2015. – Vol. 62, Issue 4. – pp. 264-271. doi 10.17818/NM/2015/4.4.

17. Kim, T-G. An Analysis of Price Competition between Two Ports using Game Model / T-G. Kim, G. Park // Journal of Korea Port Economic Association. – 2009. - Vol. 25(3). – pp. 251-268.

18. Tang, Z. Optimal decisions of sharing rate and ticket price of different transportation modes in inter-city transportation corridor / Z. Tang, J. Qin1, H. Liu, X. Du, J. Sun // Journal of Industrial Engineering and Management. –2015. – vol. 8, № 5. – pp. 1731-1745. doi: <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1669>.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Алешинским Е. С. (Украина)

Поступила в редколлегию 18.05.2016.

Принята к печати 19.05.2016.

Д. М. КОЗАЧЕНКО, Б. В. ГЕРА, В. В. СКАЛОЗУБ, Ю. М. ГЕРМАНЮК

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ВАНТАЖОПОТОКІВ НА НАПРЯМКАХ ТРАНЗИТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Мета. Метою дослідження є побудова математичної моделі розподілу вантажопотоків на залізничних мережах в умовах, коли має місце конкуренція між окремими елементами мережі за вантажопотоки. **Методика.** Вирішення задачі виконано з використанням методів теорії графів і теорії ігор. **Результати.** В якості моделі залізничної мережі використаний орієнтований параметричний граф, вершинам якого у відповідність поставлені пункти навантаження і вивантаження, а також транзитні пункти; дугам у відповідність поставлені залізничні ділянки між вершинами. На графі задаються обсяги навантаження, вивантаження, вантажувальні здатності, вартості вантажів в початкових і кінцевих пунктах, вартості перевезення та пропускні спроможності дуг. У процесі організації перевезень вантажів беруть участь активні суб'єкти двох типів: вантажовідправники і вантажоперевізники. Вибір маршруту перевезення окремим вантажовідправником здійснюється з умови отримання максимального прибутку на підставі рішення задачі пошуку найкоротших відстаней. Вибір вартостей перевезення окремими перевізниками здійснюється з урахуванням конкуруючих пропозицій інших перевізників шляхом вирішення задачі безкоаліційних матричних ігор. **Наукова новизна.** Наукова новизна роботи полягає в тому, що в ній, за рахунок врахування інтересів окремих учасників перевізного процесу, вдосконалені методи розподілу вантажопотоків по залізничній мережі на підставі використання методів теорії ігор.

Практична значимість. Результати роботи можуть використовуватися для створення системи підтримки рішень для оцінки тарифів, технічних і технологічних рішень, що приймаються в сфері міжнародних транзитних перевезень залізничним транспортом.

Ключові слова: залізничний транспорт; міжнародні перевезення; теорія ігор; транспортні потоки, конкуренція

D. M. KOZACHENKO , B. V. GERA , V. V. SKALOZUB , YU. M. HERMANYUK

SIMULATION OF DISTRIBUTION OF CARGO FLOWS FOR DIRECTIONS OF TRANSIT TRANSPORTATION BY RAILWAY IN INTERNATIONAL TRAFFIC

Purpose. The goal of the research is to construct a mathematical model of the distribution of cargo flows on railway transport in an environment in the conditions of carriers' competition. **Methods.** Solving the task was made by using the methods of graph theory and game theory. **Results.** Mathematical model cargo in international traffic is parametric directed graph. Vertices of the graph are points of loading and unloading and transit points; arcs of the graph is the railway area between vertices. Volume loading, unloading capacity, cost of goods in the initial and end-points, transportation cost and throughput of arcs set in the graph. During the transport of goods involved shippers and cargo carriers. The choice of route transportation by specific shipper carried out subject to the maximum profit on the basis of solution finding the shortest distances. The choice of fare transportation by specific carriers was made considering competing offers by other carriers by using non-cooperative solving matrix games. **Scientific novelty.** Scientific novelty lies in the fact that it, by taking into account the interests of individual members of the transportation process improved methods of distribution of cargo on railway network that is based on the use of methods of game theory. **The practical significance.** The results can be used to create a decision support system for assessing tariffs, technical and technological decisions made in international transit rail transportations.

Keywords: railway transport; international transport; game theory; traffic flows, competition.

УДК 656.226

Д. В. ЛОМОТЬКО^{1*}, О. В. ДЕРЕВ'ЯНКО^{2*}, П. О. ДВОРЕЦЬКИЙ^{3*}

^{1*} Каф. «Транспортні системи та логістика», Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха, 7, 61050, м. Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 19 55, ел. пошта den@kart.edu.ua, ORCID – 0000-0002-7624-2925

^{2*} ННППК, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха, 7, 61050, м. Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 19 55, ел. пошта derevyanko_elen1@mail.ru

^{3*} Каф. «Транспортні системи та логістика», Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха, 7, 61050, м. Харків, Україна, тел. +38 (057) 730 19 55, ел. пошта pdvoreckii@bk.ru

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ З КОНТЕЙНЕРАМИ В УМОВАХ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ ВУЗЛІВ ЗА УЧАСТЮ ЗАЛІЗНИЦЬ

Виконано статистичний аналіз кількісних та якісних показників роботи з контейнерами у транспортному перевантажувальному вузлу. Запропоновано підвищити ефективність роботи перевантажувального залізничного вузла за рахунок впровадження єдиної інформаційно-керуючої системи роботи із контейнерами. В умовах перевантажувального вузла М встановлено термін окупності інформаційної системи на рівні 4 роки. З урахуванням економічних розрахунків показано можливість впровадити логістичні технології взаємодії видів транспорту при перевезенні вантажів у контейнерах.

Ключові слова: залізниця, контейнер, вантаж, логістична технологія, інформаційно-керуюча система.

Вступ

Діяльність залізничних вузлів зі значними обсягами перевантаження технологічно пов'язано з роботою залізничного транспорту, однак інформаційна взаємодія в цьому процесі, як правило, знаходиться на невисокому рівні. Технологічний процес тісно зв'язаний із плануванням спільної діяльності усіх видів транспорту та вантажовласників, що при обробці великого вантажопотоку стає істотно необхідним. З іншого боку, планування перевезень пов'язано з розробкою оптимальної тарифної політики: в умовах наявності попередньої інформації про кількість прибуваючих вантажів стає можливим створювати оптимальні ставки на перевезення і переробку того чи іншого вантажопотоку. Усе це зв'язано з організацією безперервного перевізного процесу, технологічно та інформаційне забезпечення якого повинно базуватись на логістичних принципах.

Постановка проблеми

Враховуючи становище, що склалось в галузі, можливо сказати, що більшість вантажів у контейнерах передаються з морського або автомобільного на залізничний транспорт, частка «прямого» варіанта перевантаження досягає 50%. Регулювання цього вантажопотоку є важливим ринковим інструментом підвищення конкурентоспроможності залізничної галузі.

Технологію у даному випадку пов'язано з організацією безперервного перевізного процесу, технологічно та інформаційне забезпечення якого повинно базуватись на логістичних принципах. Це можливо зробити на основі зменшення невизначеності на транспортному ринку в районі тяжіння перевантажувальних вузлів та портів за рахунок прогнозування найбільш важливих показників обсягів перевезень у межах відповідних інформаційно-керуючих систем.

Аналіз публікацій

Відповідно до [1] технологія роботи залізничного транспорту України повинна повністю забезпечити інтереси вантажовласників, у тому числі – за рахунок покращення наскрізного транспортного обслуговування із використанням контейнерів при безумовному виконанні термінів доставки та підвищення збереження вантажів.

Передумовами формування і діяльності транспортних вузлів (припортових, залізнично-водних, перевантажувальних) в умовах невизначеності є прогнозування рівня виробництва продукції в промисловості, сільському господарстві, будівництві та потреба в її переміщенні з міст виробництва до споживачів. Транспортні вузли, припортові станції і порти, як складні системи, мають певні властивості, і, насамперед, це цілісність, централізованість, синергічність, адаптивність, велика кількість зворотних,

а також зовнішніх зв'язків [2]. Ці фактори мають істотний вплив на характер і процес формалізації технологічних процесів обробки вантажів, що транспортують у контейнерах [7]. Розвиток сучасних підходів у математиці та використання її методів в інших галузях знань складають одну з основних характерних рис сучасності.

Останнім часом для транспорту України актуальним стає питання проблема ресурсозбереження. Велику цінність має запропонований комплекс критеріїв [3] оптимізації технології вантажних перевезень на різних рівнях, а також концепція реалізації технології ресурсозбереження в роботі транспортних вузлів на основі теорії нечітких множин. Розвиток контейнерних перевезень дозволяє економити на транспортних витратах [8] та реалізувати високоефективну технологію роботи при застосуванні інтелектуальних інформаційних систем [11, 12].

Контейнерні перевезення є одним з найбільш безпечних та зручних способів доставки вантажів різної номенклатури. Розвиток контейнерних перевезень дозволяє економити як на прямих, так і на супутніх транспортних витратах [6], реалізувати високоефективну технологію роботи при застосуванні інтелектуальних інформаційних систем [5] та на автоматизованих контейнерних терміналах.

Для адекватної реакції системи взаємодії вантажна станція – порт на зміни різноманітних чинників необхідно врахування такої властивості системи, як адаптивність [4, 6]. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про те, що слабкість систем адаптації в структурах транспортної галузі або недостатній їх розвиток є однією з головних, а в деяких випадках - головною причиною зниження якості транспортного обслуговування на залізницях України. За кордоном зріст контейнеризації при перевезенні вантажів створює багато проблем й для портів [13], тому систематизацію досвіду роботи контейнерних терміналів в портах слід врахувати у вітчизняних умовах. Тому управління технологічним процесом у транспортних вузлах повинно забезпечити процес адаптації внутрішніх технологічних особливостей переробки вантажів у контейнерах на станціях в першу чергу за рахунок впровадження інформаційно-керуючих систем.

Підвищенні ефективності роботи з контейнерами в умовах перевантажувальних вузлів за участю залізниць

Розвитку перспективної технології концентрації контейнеропотоків в регулярних контейнерних поїздах між великими терміналами дасть можливість підвищення маршрутної швидкості від 300 км за добу до 500 і більше км за добу. При цьому слід врахувати, що в [9] вказано основні нормативні умови виконання таких перевезень з урахуванням технологічних обмежень, що передбачено графіком руху поїздів [10].

Контейнеризація має ряд таких переваг:

- мінімальні транспортні витрати;
- практично необмежений доступ вантажу в будь-яку точку світу;
- транспортування вантажу будь-якого типу, консистенції, тоннажу, габаритів;
- широкий вибір тари для транспортування, в разі необхідності - можливість встановити додаткового обладнання на борту;
- можливість скоротити перевалочні процедури на всьому шляху проходження вантажу.

Перевезення вантажу в контейнерах дозволяють задіяти морської, річковий, автомобільний, залізничний і повітряний транспорт, що дає можливість максимально оптимізувати варіант доставки виходячи від потреб [14].

Розглянемо у якості полігону дослідження – перевантажувальний залізничний вузол М. З урахуванням характеру роботи на залізничному перевантажувальному вузлі визначено основні показники його функціонування – навантаження та розвантаження контейнерних вантажів, що в динаміці наведено на рис. 1.

Аналіз динаміки показує, що для залізничного перевантажувального вузла М характерним є перевага розвантаження над навантаженням. Розвантаження з тенденцією до зростання має досить високу внутрішньорічну нерівномірність з максимумом лютому – березні, з мінімумом – у червні - липні. Виявлено стійку тенденцію незначного збільшення обсягів розвантаження. Навантаження має невелику внутрішньорічну нерівномірність і тенденцію до зменшення. За допомогою методу найменших квадратів здійснено лінійну апроксимацію даних.

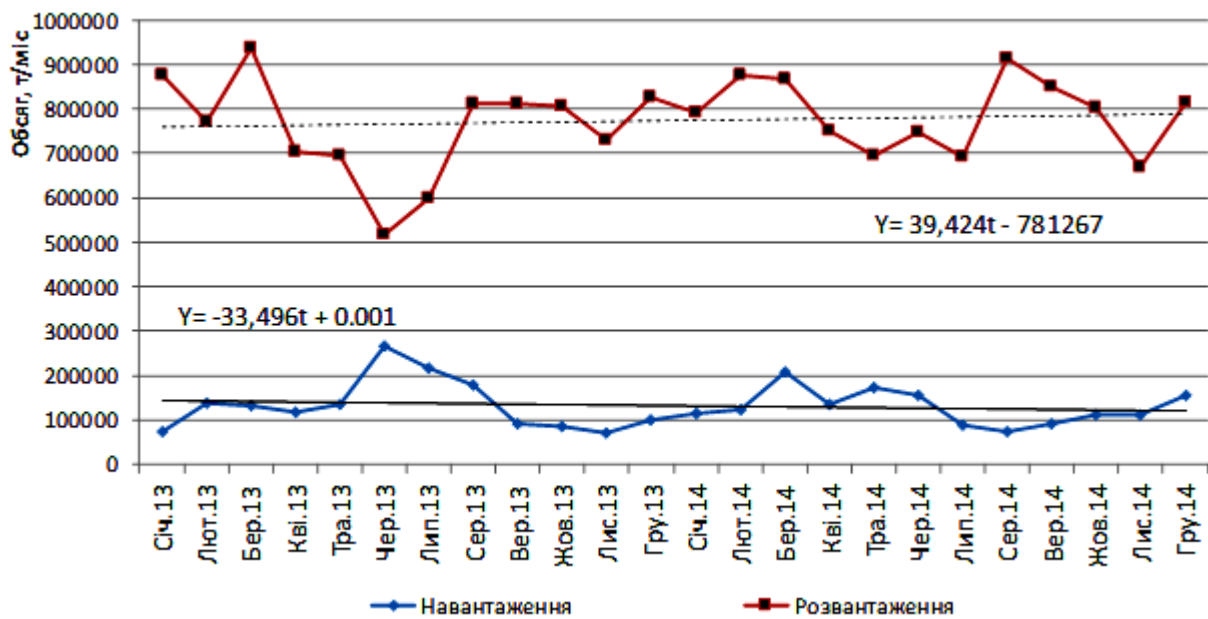


Рис. 1. Динаміка зміни навантаження та розвантаження контейнерних вантажів, т/міс.

За допомогою критерію згоди Пірсона χ^2 встановлено функцію щільності розподілу випадкових величин, що характеризують деякі показники роботи перевантажувального вузла. Обсяг відповідних вибірок склав 48 спостережень.

Аналіз цих показників показав, що середньодобова кількість вагонів x із контейнерами, що переробляються у вузлу, має математичне очікування 174,6 конт./добу, дисперсією 2778,7

при середньоквадратичному відхиленні 52,7, причому випадкова величина підкоряється трьохпараметричному закону Ерланга 3-го порядку, функція щільності якого

$$f(x) = \frac{(x-93,93)^2}{60625,92} e^{-(93,93-x)/31,18}$$

Гістограма та функція щільності розподілу середньодобової кількості вагонів із контейнерами наведено на рис. 2.

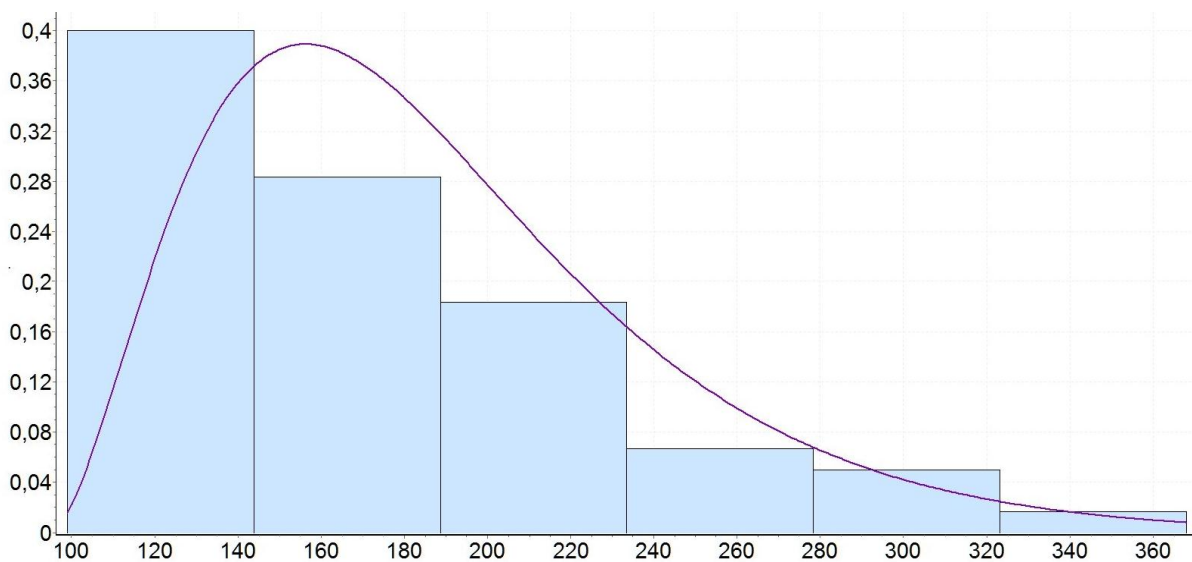


Рис. 2. Гістограма та функція щільності розподілу середньодобової кількості вагонів із контейнерами

Показник простою великовагового контейнера під 1-й вантажною операцією t , має математичне очікування 74,3 год, дисперсією 430,5 при середньоквадратичному відхиленні 20,749, причому випадкова величина підкоряється но-

рмальному закону розподілу, функція щільності якого $f(t) = 0,019 e^{-\frac{(t-74,33)}{861,125}}$. Гістограма та функція щільності розподілу простою великовагового контейнера під 1-й вантажною операцією

наведено на рис. 3. Виявлено наявність тенденції до збільшення простою t у наслідок нерів-

номірності підводу вагонів та контейнерів, а також із коливанням обсягів роботи.

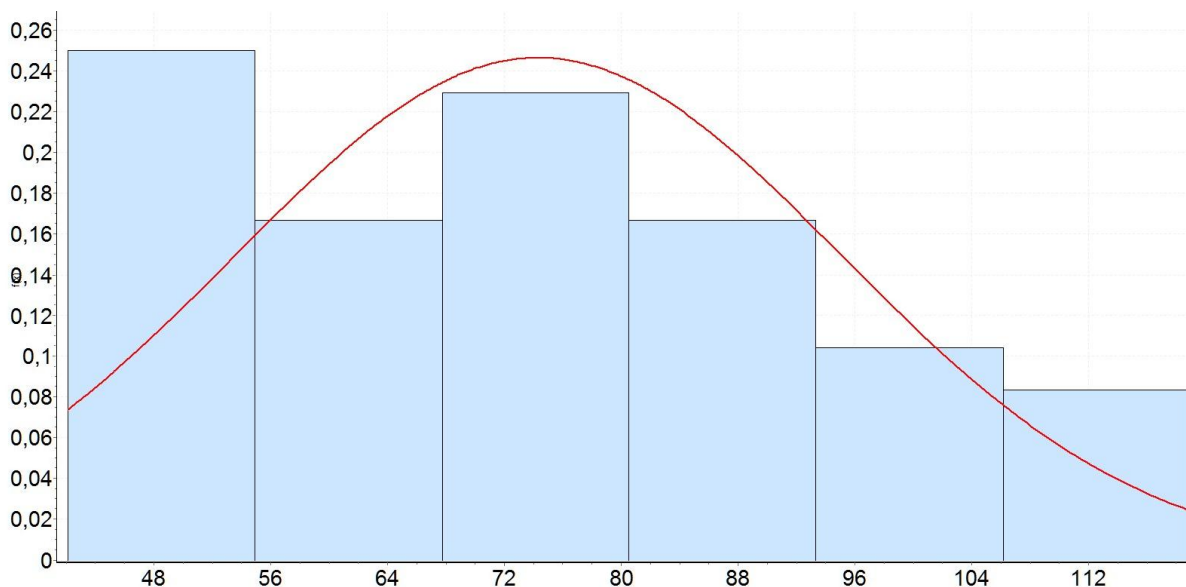


Рис. 3. Гістограма та функція щільності розподілу простою великовагового контейнера під 1-й вантажною операцією

Норма вивантаження щодоби встановлюється змінно-добовим планом, що складається на підставі затвердженого місячного плану завантаження, виходячи з наявності вантажу у вузлу та на підходах до нього. Взаємовідносини між станціями вузла М регулюються на підставі Єдиного технологічного процесу (ЄТП). Максимальна добова переробка вантажів згідно ЄТП становить 760 вагонів, у тому числі вугілля 196 вагонів, металу 360 вагонів, вогнетривів 161 вагон, вантажів по прямому варіанту 36 вагонів, інших вантажів 7 вагонів.

В даний час планування роботи залізничного вузлу М забезпечує виконання плану обробки вантажів на рівні 30-40 %. Основна причина такої роботи – несвоєчасний підхід поїздів і несвоєчасна подача вагонів та контейнерів на перевантажувальні фронти. Основним напрямком вирішення задачі покращення якості взаємодії є створення необхідного рівня інформаційного забезпечення, що буде автоматизувати планування щоденної та щомісячної роботи. Тому вважається за необхідним створення вузловий інформаційно-керуючої системи роботи з контейнерами (ІКСК) на транспортному комплексі, яка б забезпечувала своєчасною інформацією всіх учасників перевізного процесу при роботі транспортного вузлу.

Якість наданих послуг залежить насамперед від технологічних прийомів і засобів передачі інформації, використовуваних у управлінні процесом перевезень. У даний час стає очевидним, що окремими розрізненими заходами про-

блему підвищення якості інформаційної взаємодії не вирішити. Необхідна ІКСК, що передбачає безпомилковість передачі та обробки даних у межах єдиного інформаційного середовища. Основні задачі інформаційних технологій роботи з контейнерами у вузлу пов'язані з підвищення рівня якості експлуатаційної роботи шляхом автоматизації процесів управління та ув'язки до єдиного інформаційного середовища залізниці та інших видів транспорту, що відповідає логістичним принципам.

Функціонально комплексна система електронного обміну даними складається із наступних набору відповідних АРМ оперативних працівників. Основні функції ІКСК, необхідні для досягнення мети:

- погоджене підведення вагонів та контейнерів до перевантажувального вузлу та після обробки у вузлі;
- ведення скороченого графіка виконаного руху з вагонами та контейнерами;
- ведення поїзного положення;
- взаємодія із диспетчером залізниці (ДГП) та із системою АСК ВП УЗ;
- інформаційна підсистема взаємодії з митними і прикордонними органами, органами карантинного та фітосанітарного контролю з можливістю застосування протоколів на базі EDIFACT (ISO 9735).

Важливим моментом при визначенні величини економії від експлуатації ІКСК являється межа ефективності впливу технологічних факторів у процесі автоматизації.

Критерієм ефективності ІКСК перевантажувального вузла є здатність системи найбільш повніше використовувати технологічні можливості залізниці при роботі із контейнерами та визначається економією відповідних витрат. Останні залежать від середньодобової кількості вагонів із контейнерами, для вузла М, що розглядається, ця функція $f(x)$ наведена на рис. 2.

Витрати на збирання, обробку та передавання інформації ручним способом

$$E_c = E_p + E_{pk} + E_{пом}, \quad (1)$$

де E_p – витрати на збирання, обробку і передачу інформації ручним способом;

E_{pk} – поточні витрати при обробці інформації ручним способом з обмеженим використанням комп'ютера;

$E_{пом}$ – поточні витрати на обробку інформації ручним способом із залученням оперативних співробітників.

$$E_p = 12 \cdot N_{пер} \cdot E_3 + a_1 \cdot 365, \quad (2)$$

де $N_{пер}$ – кількість причетних робітників станції;

E_3 – середня заробітна плата одного робітника;

a_1 – вартість передачі інформації ручним способом.

$$N_{пер} = (M_1 + M_2 + M_3), \quad (3)$$

де M_1 – кількість прийомосдавальників;

M_2 – кількість товарних касирів;

M_3 – кількість операторів.

$$E_{pk} = a_2 \cdot 365, \quad (4)$$

де a_2 – вартість передачі інформації з обмеженим використанням комп'ютера.

$$E_{пом} = 12 \cdot N_{пом} \cdot E_3 + a_3 \cdot 365, \quad (5)$$

де $N_{пом}$ – кількість причетних робітників порту;

a_3 – вартість передачі інформації ручним способом із залученням оперативних співробітників.

Величина поточних витрат при автоматизованому способі обробки інформації с використанням ІКСК

$$E_a = E_{зб} + E_{зк} + E_{ав} + E_{пд}, \quad (6)$$

де $E_{зб}$ – витрати по ручному збиранню первинних даних;

$E_{зк}$ – витрати на приготування, контроль та передачу вихідних даних з лінійно-господарських пунктів в пункт концентрації інформації про контейнери, грн;

$E_{ав}$ – витрати на обробку інформації в межах ІКСК, грн;

$E_{пд}$ – витрати по автоматизованому передаванню даних користувачам системи, грн.

В цілому зміни по поточні витратам складуть

$$E_{п.в} = E_c - E_a. \quad (7)$$

Сумарний річний ефект від застосування ІКСК, передавання та обробки інформації складе

$$E_p = E_{п.в} + \Delta E_{е.в} - \kappa \cdot e_n, \quad (8)$$

де κ – капітальні вкладення на впровадження ІКСК, які складаються з вартості ЕОМ, додаткових каналів та кінцевих пристроїв у керуванні та на місцях;

$\Delta E_{е.в}$ – оцінка покращення експлуатаційних витрати у вузлі. Вона залежить від ймовірнісної оцінки простою великовагового контейнера під 1-й вантажною операцією $f(t)$, для вузла М складає 437 100 грн/рік;

e_n – нормативний коефіцієнт капітальних вкладень, 0,15.

Термін окупності ІКСК визначено за формулою

$$t_0 = \frac{\kappa}{\Delta E_{е.в} + E_c - E_p}. \quad (9)$$

Для умов перевантажувального транспортного вузла М отримані результати, які зведено у табл. 1.

Таблиця 1

Визначення ефективності впровадження ІКСК у перевантажувальному транспортному вузлу М

| Вид витрат, грн. | Традиційний спосіб | Застосування ІКСК | $\pm \Delta$ |
|---|----------------------|------------------------------|----------------------|
| Капітальні вкладення | – | $\kappa = 2\,418\,365$ | -2 418 365 |
| Витрати на збирання первинних даних | $E_p = 417\,780$ | $E_{зб} + E_{зк} = 944\,640$ | -526 860 |
| Витрати на обробку інформації | $E_{pk} = 450\,630$ | $E_{ав} = 160\,903$ | 289 727 |
| Витрати на передавання інформації | $E_{пом} = 483\,480$ | $E_{пд} = 80\,451$ | 403 029 |
| Загальні експлуатаційні витрати | $E_c = 1\,351\,890$ | $E_a = 1\,185\,994$ | $E_{п.в} = 165\,896$ |
| Загальні річні витрати | 1 351 890 | $E_p = 1\,211\,010$ | |
| Перероблено вантажів у контейнерах, TEU за рік | 63 875 | 63 875 | |
| Собівартість інформаційного обслуговування, грн/TEU | 21,16 | 18,96 | -2,20 |

Таким чином, термін окупності ІКСК у перевантажувальному транспортному вузлу М за формулою (9) складе

$$t_0 = \frac{2418365}{437100 + 1351890 - 1185994} = 4,01 \text{ рік} \approx 4 \text{ роки.}$$

Висновки

Таким чином, проаналізувавши усе вищевикладене, можна зробити деякі висновки про те, які дії необхідно робити для підтримки і розвитку контейнерних та інтермодальних перевезень: розробка транспортно-технологічних систем (контейнерні, контрейлерні системи, системи перевезень з горизонтальним способом вантажних робіт); будівництво термінально-складської інфраструктури; розширення та модернізація об'єктів транспортної інфраструктури; удосконалення транспортно-митних технологій; створення мережі логістичних центрів і засобів інформаційного супроводу перевезення вантажів. На підставі розглянутого можливо розробити комплекс програм, який передбачає автоматичний режим роботи у межах єдиного інформаційного середовища при роботі із контейнерами. З урахуванням проведених економічних розрахунків можливо виконувати перерозподіл вагонів та контейнерів за умови врахування факторів, які впливають на нерівномірність перевезення вантажу, привести у відповідність з обсягами роботи контингент причетних працівників та впровадити логістичні технології взаємодії видів транспорту у перевантажувальному вузлу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кірта, Г.М. Організація контрейлерних перевезень в Україні : монографія / Г.М. Кірта. – Дніпропетровськ: Арт-прес, 1998. – 277 с.
2. Бутько, Т. В. Структурний підхід к анализу припортового железнодорожного узла / Т. В. Бутько, Д. В. Ломотько, Т. В. Головка // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2008». Транспорт. – Одесса: Черноморье, 2008. – Том 1. – С. 19-21.
3. Данько, М. І. Методологічний аспект формування критеріїв ефективного управління залізничною транспортною системою / М. І. Данько, Т. В. Бутько, Д. В. Ломотько, В. В. Козак // Зб. наук. пр. – Харків : УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 113. – С. 5-9.
4. Бутько, Т. В. Перспективи організації інформаційної взаємодії учасників перевезення в умовах

залізнично-водних транспортно-логістичних вузлів / Т. В. Бутько, Д. В. Ломотько // Залізничний транспорт України. – 2007. – № 6. – С. 62-65.

5. Ломотько, Д. В. Formation of fuzzy support system for decision-making on merchantability of rolling stock in its allocation / Д. В. Ломотько, А. О. Ковальов, О. В. Ковальова // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Т. 6. – №. 3 (78). – С. 11-17, <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.54496>.

6. Bart W. Wiegmans, Peter Nijkamp, Piet Rietveld, Container Terminals In Europe: Their Position in Marketing Channel Flows, IATSS Research, Volume 25, Issue 2, 2001, Pages 52-65, ISSN 0386-1112, [http://dx.doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60070-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60070-4).

7. Козаченко, Д. М. Транспортне забезпечення експорту українських товарів до Європейського Союзу / Д. М. Козаченко, А. М. Окорочков, С. В. Гревцов // Вісник Академії митної служби України. Серія: Технічні науки. – 2014. – №. 2. – С. 141–148.

8. Congli Hao, Yixiang Yue, Optimization on Combination of Transport Routes and Modes on Dynamic Programming for a Container Multimodal Transport System, Procedia Engineering, Volume 137, 2016, Pages 382-390, ISSN 1877-7058, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.272>.

9. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України : затв. : Наказ Міністерства транспорту України 21.11.2000 № 644. – Київ, 2004. – Ч. 1. – 432 с.

10. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи сортувальної станції. ЦД-0081: затв.: наказ Укрзалізниці 22.12.09 № 715-Ц. – Київ: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2010. – 230 с.

11. Бутько, Т. В. Основні напрямки адаптації перевізного процесу на залізничному транспорті в умовах функціонування конкурентних транспортних компаній / Т. В. Бутько, О. Е. Шандер // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 131. – С. 26-30.

12. Бутько, Т. В. Наукові підходи щодо удосконалення технології вантажних перевезень з урахуванням конкурентного середовища / Т. В. Бутько, О. Е. Шандер // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. – 2013. – Вип. 33. – С. 57-60.

13. Hassan Rashidi, Edward P.K. Tsang, Novel constraints satisfaction models for optimization problems in container terminals, Applied Mathematical Modelling, Volume 37, Issue 6, 15 March 2013, Pages 3601-3634, ISSN 0307-904X, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2012.07.042>.

14. Матюшин, Л. Н. Контейнерные и контрейлерные перевозки грузов : справочник / Под общей ред. Л. Н. Матюшина. – Москва : Интеграция, 2009. – 222 с.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Козаченко Д. М. (Україна)

Надійшла до редколегії 28.05.2016.

Прийнята до друку 29.05.2016.

Д. В. ЛОМОТЬКО, Е. В. ДЕРЕВЯНКО, П. О. ДВОРЕЦКИЙ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ С КОНТЕЙНЕРАМИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ УЗЛОВ С УЧАСТИЕМ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Выполнен статистический анализ количественных и качественных показателей работы с контейнерами в транспортном перегрузочном узле. Предложено повысить эффективность работы перегрузочного железнодорожного узла за счет внедрения единой информационно-управляющей системы работы с контейнерами. В условиях перегрузочного узла М установлен срок окупаемости информационной системы на уровне 4 года. С учетом экономических расчетов показана возможность внедрить логистические технологии взаимодействия видов транспорта при перевозке грузов в контейнерах.

Ключевые слова: железная дорога, контейнер, груз, логистическая технология, информационно-управляющая система.

D. V. LOMOT'KO, O. V. DEREVYANKO, P. O. DVORETSKY

IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONTAINERS IN TERMS HANDLING UNITS INVOLVING RAILWAYS

A statistical analysis of quantitative and qualitative performance of the transport containers in transshipment node. An increase efficiency of handling railway junction through the introduction of a unified information management system to work with containers. In terms of handling node set M information system payback period of 4 years. Given the economic calculations possibility to implement logistics technology interaction modes of transport for the carriage of goods in containers.

Keywords: railway, container, cargo, logistics technology, information management system.

УДК 656.212

А. Ю. ПАПАХОВ^{1*}, Н. А. ЛОГВИНОВА^{2*}

^{1*} Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепропетровск, Украина, тел + 38-067-524-43-22, эл. почта rarahov0362@mail.ru, ORCID 0000-0003-2357-8158

^{2*} Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепропетровск, Украина, тел + 38-067-524-43-22, эл. почта nata4ka@mail.ru, ORCID 0000-0002-0730-247X

ДОСТАВКА ГРУЗОВ ПО СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С УЧЕТОМ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕГОНОВ КАК ЗАДАЧА ВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Целью данной работы является разработка математической модели организации вагонопотоков в грузовые поезда на основании векторной оптимизации с учетом пассажирских перевозок и ограничениях по пропускной способности перегонов. **Основной задачей исследования** является распределение грузовых и пассажирских поездопотоков на сети железных дорог с учетом ограничения пропускной способности перегонов. **Объектом исследования** выступает сеть железнодорожного полигона с вершинами на технических станциях. **Предметом исследования** есть распределение пассажирских и грузовых поездопотоков по железнодорожной сети. **Методом исследования** является теория функций множества и векторная оптимизация. **Научная новизна** заключается в предложении нового метода решения задач ранцевого типа, который может быть использован при расчете плана формирования одnogруппных сквозных поездов и позволяет отказаться от булевых переменных и решать обычную задачу оптимизации по множителям Лагранжа.

Ключевые слова: поездопотоки, теория функций множества, векторная оптимизация.

Постановка проблемы

Основное назначение транспортной системы – доставка грузов и пассажиров.

Одним из основных документов, регламентирующих работу железной дороги является порядок направления вагонопотоков по сети или план формирования грузовых поездов (ПФП).

Методика расчета ПФП постоянно изменялась и совершенствовалась начиная с 60-х годов прошлого века, когда на железнодорожном транспорте началось широкое применения вычислительной техники.

В 1970-е годы в ГВЦ МПС появляются разработки в рамках системы АСОВ (автоматизированная система организации вагонопотоков) и прежде всего программа расчета плана формирования одnogруппных поездов по методике [1], основанная на методе улучшения плана.

В 1990-х гг. в ГВЦ МПС создаются программные комплексы: оперативная корректировка и контроль за нарушениями плана формирования поездов; отправительская маршрутизация; программный комплекс для инженера-разработчика плана формирования поездов (дорожный и сетевой уровни) «Ведение сетевой книги ПФП»; комплекс программ формирования электронного макета книг плана формиро-

вания (дорожный и сетевые уровни) и др.

Все рассмотренные методы, кроме метода абсолютного расчета, не содержат доказательства нахождения математического оптимума. В последующем в 1980-е годы специалистами ВНИИЖТа было установлено, что план формирования одnogруппных поездов относится к классу задач, называемых в дискретной математике NP-полными или NP-трудными задачами. Для задач этого класса не найдены эффективные алгоритмы отыскания оптимального решения (кроме полного перебора всех вариантов).

Поэтому и существующие, и вновь разрабатываемые методы расчета плана формирования одnogруппных поездов являются приближенными.

Развитие вычислительной техники, развитие теории постановки и решения задач математического программирования (включая линейное, нелинейное, целочисленное, динамическое программирование) привели к появлению группы новых методов расчета. Сюда относятся предложения [2] (рассмотрение плана формирования как задачи целочисленного программирования с булевыми переменными).

Отсюда следует, что с развитием вычислительной техники появляется возможность про-

изводить расчеты плана формирования грузовых поездов с использованием новых типов ЭВМ, а также необходимостью создания новой методики его расчета.

Анализ последних исследований

Наиболее совершенный из существующих методов расчета плана формирования одногруппных поездов на ЭВМ, получивший реальное практическое применение в 1970-80-е годы – метод улучшения плана [1]. Этот метод, хотя и предусматривал расчет вариантов объединения струй в поездные назначения на жестко заданных маршрутах следования потоков по сети (кружностях), по существу впервые дал практическое решение задачи для всей сети железных дорог СССР. Программа расчета находилась в промышленной эксплуатации.

Однако в методике не учитывались: ограничения по перерабатывающей способности станций; нелинейное изменение затрат по станциям с ростом объемов перерабатываемого вагонопотока; двукратная переработка вагонов углового потока на двусторонних сортировочных станциях; необходимость выделения двух или трех путей для накопления составов поездов мощных назначений, особенно на станциях без парков отправления, имеющих сортировочно-отправочные пути.

В последнее десятилетие в связи с изменением экономических условий функционирования железных дорог много внимания уделяется выбору критерия оценки оптимальности плана формирования поездов.

Основным критерием в расчетах по оценке оптимальности вариантов плана формирования одногруппных поездов приняты расходы, связанные с накоплением составов по назначениям и переработкой вагонов на станциях, выраженные в приведенных вагоно-часах.

К последним работам в данной области относятся исследования ПГУПС – предложения [3] по оценке вариантов плана формирования поездов по нескольким натуральным критериям.

Распространенный критерий оптимизации плана формирования поездов – минимум затрат на накопление вагонов и их переработку – отражает лишь небольшую часть фактических затрат, связанных с перевозочным процессом. Критерий оптимизации плана должен быть тесно связан, прежде всего, с работой локомотивов, использованием путевого развития станций и участков.

Современные принципы транспортного об-

служивания диктуют повышенные требования практически ко всем элементам технологии организации вагонопотоков в поезда – информационному обеспечению, нормативной базе и методикам расчетов, функциям управления и контроля, но прежде всего – к критериям оценки плана формирования поездов.

Целью данной работы является разработка математической модели организации вагонопотоков в грузовые поезда на основании векторной оптимизации с учетом пассажирских перевозок и ограничениях по пропускной способности перегонов.

Основной задачей исследования является распределение грузовых и пассажирских поездопотоков на сети железных дорог с учетом ограничения пропускной способности перегонов..

Изложение основного материала

Известна и хорошо изучена транспортная задача по доставке грузов от поставщиков A_1, A_2, \dots, A_m к потребителям B_1, B_2, \dots, B_n .

Математическая постановка данной задачи имеет вид:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} &= a_i, \quad i = \overline{1, m}; \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} &= b_j, \quad j = \overline{1, n}; \end{aligned} \quad (1)$$

где x_{ij} – количество груза, которое доставляется от A_i к B_j ,

a_i – количество груза имеющегося в A_i ; $i = \overline{1, m}$,

b_j – количество груза потребного B_j , $j = \overline{1, n}$.

В классической постановке [4] оценка рациональности доставки выполняется с помощью соотношения

$$F_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max (\min) \quad (2)$$

В векторной постановке задача доставки грузов принимает вид

$$\begin{pmatrix} -F_1 \\ F_2 \end{pmatrix} \rightarrow \min \quad (3)$$

при условиях (3.1).

В силу того, что F_1 и F_2 выпуклые функции, то можно воспользоваться леммой Карлина [5].

Последнее означает, что существует $t \geq 0$ такое, что минимум

$$F = F_1 + tF_2 \quad (4)$$

достигается на решении задачи векторной оптимизации (3) при условиях (1).

Очевидно, что решение задачи (4) будет зависеть от t , т.е. $x(t)$ будет эффективным и при различных t несравнимых между собой.

Отметим некоторые свойства решения задачи (4).

Утверждение 1. Функционал F как функция t с ростом t также возрастает.

Доказательство. Пусть y удовлетворяет ограничениям (1), тогда имеет место

$$\begin{aligned} F_1(y) + t_1 F_2(y) &\geq F_1(x(t_1)) + t_1 F_2(x(t_1)) \\ F_1(y) + t_2 F_2(y) &\geq F_1(x(t_2)) + t_2 F_2(x(t_2)) \end{aligned}$$

откуда

$$(t_1 - t_2) F_2(y) \geq F(t_1) - F(t_2)$$

или

$$-(t_1 - t_2) F_2(y) \leq F(t_2) - F(t_1)$$

и так как $t_1 < t_2$, а $F_2(y) \geq 0$, получаем

$$0 \leq F(t_2) - F(t_1)$$

или

$$F(t_1) \leq F(t_2),$$

что и доказывает утверждение.

Введем вектор $x = (x_1, x_2, \dots, x_{n-m})$, где $x_1 = x_{11}$; $x_2 = x_{12} \dots x_{n-m} = x_{n-m}$, аналогично вводим вектор c и вектор u и будем рассматривать задачу

$$\begin{pmatrix} -\langle c, x \rangle \\ \langle u, x \rangle \end{pmatrix} \rightarrow \min, \quad (5)$$

при условии $Ax \leq B, x \geq 0$.

В этих обозначениях имеем

$$\begin{aligned} F_1(x) &= \langle c, x \rangle; \\ F_2(x) &= \langle u, x \rangle. \end{aligned}$$

Утверждение 2. Если $x(t)$ решение задачи

$-F_1(x) + tF_2(x) \rightarrow \min$, то $F_1(x(t))$ и $F_2(x(t))$ кусочно постоянные функции $t \geq 0$ и с ростом t они убывают.

Доказательство. Очевидно, что рассматриваемая задача сводится к задаче линейного программирования

$$-F_1(x) + tF_2(x) = \langle -c + tu, x \rangle - \min.$$

при условии $Ax \leq B, x \geq 0$.

Справедливость утверждения можно пояснить на рис. 1.

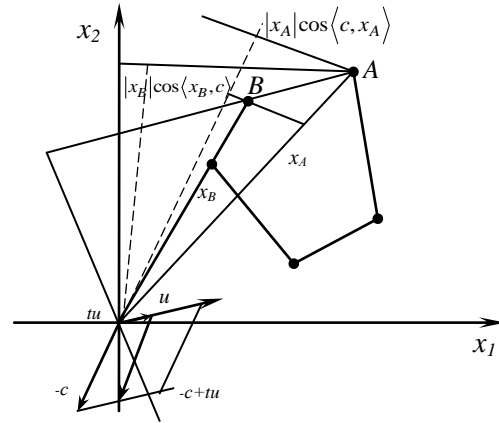


Рис. 1. Геометрическая интерпретация утверждения 2

Ясно, что $F_1(x) = \langle c, x_A \rangle$ при $0 \leq t < t_1$, а так как $\langle c, x_A \rangle = |c| \cdot |x_A| \cos \langle c, x_A \rangle$, то как следует из рис.1 $\langle c, x_B \rangle = |c| \cdot |x_B| \cos \langle c, x_A \rangle < \langle c, x_A \rangle$ аналогично убеждаемся в том, что $F_2(x) = \langle u, x \rangle$ при $0 \leq t < t_1$, удовлетворяет неравенству $\langle u, x_A \rangle > \langle u, x_B \rangle$.

Заметим, что t_1 такое минимальное значение t , когда решением задачи является точка B .

Моделью сети железных дорог является граф $G(V, E)$, где V – перечень вершин графа (станции), E – перечень ребер графа (перегоны между станциями).

Так как пассажирские поезда и грузовые поезда перемещаются по одной и той же сети железных дорог, то распределение грузовых поездов существенно зависит от того, как распределены пассажирские поезда.

В качестве исходной информации будем использовать поездопотоки от пункта A_i до A_j в виде матрицы P , элементами которой являются P_{ij} – поездопоток от A_i до A_j .

Аналогично рассмотрим матрицу Q , элементы которой Q_{ij} – поездопоток грузовых поездов от A_i до A_j .

Пусть W_{ij} – перечень простых путей из A_i в A_j [6].

Если X_{ijw} – число пассажирских поездов из A_i в A_j по пути w , Y_{ijw} – число грузовых поездов из A_i в A_j по пути w , то с необходимостью должны выполняться условия

$$\begin{aligned} \sum_{w \in W_{ij}} X_{ijw} &= P_{ij}; \\ \sum_{w \in W_{ij}} Y_{ijw} &= Q_{ij}; \end{aligned} \quad (5)$$

при $i = \overline{1, n-1}; i+1 \leq j \leq n$, т.е. рассматривается движение поездов туда.

Каждый перегон имеет определенную пропускную способность, поэтому к ограничениям (5) необходимо присовокупить ограничения связанные с ограниченностью пропускной способности по перегонам.

Обозначим через $N(e)$ пропускную способность ребра $e \in E$ тогда,

$$\begin{aligned} \sum_{i, j \in V} \sum_{w \in W_{ij}} I_w(e) ((1 + \alpha) X_{ijw} + Y_{ijw}) &\leq N(e), \\ e &\in E, \end{aligned} \quad (6)$$

где $I_w(e)$ – индикатор ребра e т.е.

$$I_w(e) = \begin{cases} 1, & \text{если } e \in w; \\ 0, & \text{если } e \notin w. \end{cases}$$

α – доля грузовых поездов, которые снимаются одним пассажирским поездом, следующим по пути w .

Другими словами ограничения (6) в аналитической форме не записывались, так как строились только кратчайшие пути всех простых путей от A_i до A_j .

Каждое ребро $e \in E$ характеризуется пятью числами:

- $d(e)$ – длина ребра e ;
- $tp(e)$ – время движения пассажирского поезда по ребру e ;
- $tQ(e)$ – время движения грузового поезда по ребру e ;
- $m_p(e)$ – механическая работа при движении

пассажирского поезда по ребру e ;

- $m_Q(e)$ – механическая работа при движении грузового поезда по ребру e .

Показатели рациональности вычисляются по формулам:

– поездо-км

$$P_1 = \sum_{ij \in V} \sum_{w \in W_{ij}} d(w) (X_{ijw} + Y_{ijw});$$

– время движения

$$P_2 = \sum_{ij \in V} \sum_{w \in W_{ij}} (t_p(w) X_{ijw} + t_Q(w) Y_{ijw});$$

– механическая работа

$$P_3 = \sum_{ij \in V} \sum_{w \in W_{ij}} (m_p(w) X_{ijw} + m_Q(w) Y_{ijw});$$

где $d(w) = \sum_{e \in w} d(e)$;

$$t_p(w) = \sum_{e \in w} t_p(e);$$

$$t_Q(w) = \sum_{e \in w} t_Q(e);$$

$$m_p(w) = \sum_{e \in w} m_p(e);$$

$$m_Q(w) = \sum_{e \in w} m_Q(e).$$

Некоторые задачи:

Задача 1. $P_1 \rightarrow \min$, $P_2 \leq \bar{P}_2$; $P_3 \leq \bar{P}_3$;

Задача 2. $P_2 \rightarrow \min$, $P_1 \leq \bar{P}_1$; $P_3 \leq \bar{P}_3$;

Задача 3. $P_3 \rightarrow \min$, $P_1 \leq \bar{P}_1$; $P_2 \leq \bar{P}_2$;

где \bar{P}_i – максимально допустимые значения i -го показателя.

Задача 4. $\begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \end{pmatrix} \rightarrow \min$, $P_3 \leq \bar{P}_3$;

Задача 5. $\begin{pmatrix} P_1 \\ P_3 \end{pmatrix} \rightarrow \min$, $P_2 \leq \bar{P}_2$;

Задача 6. $\begin{pmatrix} P_2 \\ P_3 \end{pmatrix} \rightarrow \min$, $P_1 \leq \bar{P}_1$;

Задача 7. $\begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{pmatrix} \rightarrow \min$.

Все сформулированные задачи решаются при ограничениях (5).

Задачи 1-3 – это обычные задачи линейного программирования, а задачи 4-7 являются задачами векторной оптимизации в линейной постановке.

В качестве примера рассмотрим задачу 4.

В пространстве функционалов [7] (P_1, P_2) вводим единичный вектор u с координатами:

$$u_1 = \cos \varphi;$$

$$u_2 = \sin \varphi;$$

и рассматриваем задачу

$$L = t \rightarrow \min$$

при условиях

$$P_1 = u_1 t;$$

$$P_2 = u_2 t;$$

$$P_3 \leq \bar{P}_3$$

и плюс ограничения (1).

Перебирая угол φ с шагом $\Delta\varphi$ в пределах от 0 до $\pi/2$ получаем решения $X_{ijw}(\varphi)$, $Y_{ijw}(\varphi)$ и значения $P_1(\varphi)$, $P_2(\varphi)$, $P_3(\varphi)$, т.е. получаем Парето решение в параметрической форме.

При решении данной задачи существенным моментом является построение всех простых путей из A_i в A_j на заданном графе сети дорог.

В программной реализации данный процесс оформляем как процедура $P_r_way(Z_1, Z_2, G)$ где Z_1 – начальная, Z_2 – конечная вершины графа G .

Данная процедура определяет список всех простых путей в виде списка ребер для каждого пути из Z_1 в Z_2 .

В качестве примера решена задача на графе G с 5 вершинами и 7 ребрами. Поток пассажирских поездов задается в виде матрицы

$$P_p = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 23 & 21 \\ 10 & 0 & 8 & 0 & 17 \\ 20 & 8 & 0 & 5 & 40 \\ 7 & 16 & 5 & 0 & 11 \\ 0 & 17 & 40 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Поток грузовых поездов

$$Q = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 0 & 22 & 20 \\ 10 & 0 & 8 & 0 & 13 \\ 20 & 8 & 0 & 5 & 40 \\ 7 & 16 & 5 & 0 & 11 \\ 3 & 15 & 40 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Пропускные способности перегонов (ребер)

представляют собой

$$N_{\max-туда} := \begin{bmatrix} 120 & 220 & 220 \\ 150 & 121 & 220 & 220 \end{bmatrix}$$

В результате решения получаем:

$$XP := \{X_{1,4,1} = 23; \quad y_{2,5,1} = 13, \quad x_{2,3,3} = 8, \\ x_{3,4,1} = 5, \quad x_{4,5,2} = 11, \quad y_{1,2,1} = 10, \\ x_{1,5,1} = 21, \quad y_{1,4,1} = 22, \quad y_{3,4,1} = 5, \\ x_{2,5,1} = 17, \quad y_{1,5,4} = 8.08, \quad x_{3,5,1} = 36.63, \\ y_{3,5,1} = 40, \quad y_{2,3,3} = 8, \quad y_{1,5,1} = 11.92, \\ y_{4,5,2} = 11, \quad x_{3,5,4} = 3.37\}.$$

Непосредственной проверкой легко убедиться что ограничения (5) выполнимы.

Заметим, что решения не всегда в целых числах, так например, для грузовых поездов имеем

$$y_{1,5,4} = 8.08, \quad y_{1,5,1} = 1.92,$$

т.е. поток в $P_{15} = 20$ разбивается на два по пути 4 и по пути 1 из всех путей из 1 в 5.

Значения показателей $P_1 = 932.125$, $P_2 = 1200$.

Основной недостаток изложенного метода состоит в том, что задаются потоки поездов, которые должны формироваться в соответствии с планом формирования поездов.

Из приведенного выше следует, что решение задачи программой в среде Maple позволяет найти оптимальное решение [8].

Вывод

1. Классическая задача доставки грузов, рассмотрена как задача векторной оптимизации.

2. Рассмотрены два подхода решения задачи: на основании леммы Карлина и достаточного условия оптимальности по Парето.

3. Предложена методика рациональной доставки грузов с учетом пропускных способностей перегонов и движения пассажирских поездов.

Из приведенного выше следует, что предложен новый метод решения задач ранцевого типа может быть использован при расчете плана формирования однопутных сквозных поездов и позволяет отказаться от булевых переменных и решать обычную задачу оптимизации по множителям Лагранжа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дувалян, С. В. Разработка алгоритмов и программ расчета сетевого плана формирования поездов : отчет по научно-исследовательской работе. – Москва: ВНИИЦ, – 1978. – 120 с.
2. Папахов, О. Ю. Элементы вдосконалення методики розрахунків плану формування поїздів/ О.Ю. Папахов, О.М. Логвінов //Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені В. Лазаряна. – 2006. – № 12. – С. 91-93.
3. Осминин, А. Т. Рациональная организация вагонопотоков на основе методов многокритериальной оптимизации : дис. ... докт. техн. наук : 05.22.08 / Осминин Александр Трофимович. – Самара, 2000. – 261 с.
4. Босов А. А. Функции множества и их применение / А. А. Босов – Днепропетровск, Изд. дом «Андрей», 2007. – 182 с.
5. Киселева, Е. М. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств. Теория, алгоритм, приложения / Е. М. Киселева, Н. З. Шар. – Киев : Наукова Думка, 2005. – 564 с.
6. Ильин, В. А. Аналитическая геометрия / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 240 с.
7. Васильев, Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач / Ф. П. Васильев. – Москва: Наука, 1980. – 518 с.
8. Прохоров, Г. В. Пакет символьных вычислений Maple / Г. В. Прохоров, М. А. Леденев, В. В. Колбеев. – Москва : Компания «Пежит», 1997. – 200 с.

Поступила в редколлегию 10.05.2016.

Принята к печати 12.05.2016.

О. Ю. ПАПАХОВ, Н. О. ЛОГВИНОВА

ДОСТАВКА ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЦЕЮ З УРАХУВАННЯМ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ПЕРЕГОНІВ ЯК ЗАДАЧА ВЕКТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Метою даної роботи є розробка математичної моделі організації вагонопотоків в вантажні поїзда на підставі векторної оптимізації з урахуванням пасажирських перевезень і обмеження щодо пропускної спроможності перегонів. Основною **задачею** дослідження є розподіл вантажних та пасажирських поїздопотоків на мережі залізниць з урахуванням обмеження пропускної спроможності перегонів. **Об'єктом** дослідження виступає мережа залізничного полігону з вершинами на технічних станціях. **Предметом** дослідження є розподіл пасажирських та вантажних поїздопотоків по залізничній мережі. **Методом** дослідження є теорія функцій безлічі і векторна оптимізація. **Наукова новизна** полягає в пропозиції нового методу вирішення задачі ранцевого типу, який може бути використаний при розрахунку плану формування одноступінних наскрізних поїздів і дозволяє відмовитися від булевих змінних і вирішувати звичайну задачу оптимізації по множниках Лагранжа.

Ключові слова: поїздопотоки, теорія функцій безлічі, векторна оптимізація.

O. PAPAHOV, N. LOGVINOVA

DELIVERY OF GOODS TO THE RAILWAY NETWORK WITH REGARD TO CAPACITY AS DISTILLERIES VECTOR OPTIMIZATION PROBLEMS

The aim of this work is to develop a mathematical model of the organization of the wagonpotokov in freight trains based vector optimization-based passenger transportation services and restrictions on capacity spans. The main objective of the study is the distribution of freight and passenger poezdopotokov on the railway network, taking into account capacity constraints spans. The object of research is the railway network polygon with vertices at the service station. The subject of study is the distribution of passenger and freight poezdopotokov on the rail network. The method of research is the theory of multiple functions and vector optimization-tion. Scientific novelty is to provide a new method for solving problems such as backpack, which can be used in the calculation of the plan of forming single-group of through trains and eliminates the Boolean variables and solve for ordinary cottage-optimization Lagrange multipliers.

Keywords: poezdopotoki, the theory of multiple functions, vector optimization.

УДК: 331.45 (477)

Г. Г. СИДОРЕНКО^{1*}, О. А. НИКИФОРОВА^{2*}, О. В. АНТОНЮК^{3*}

^{1*} Каф. «Безпека життєдіяльності», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373 15 81, ел. пошта annuschka_@mail.ru, ORCID0000-0003-1690-324X

^{2*} Каф. «Безпека життєдіяльності», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373 15 81, ел. пошта nikiforova76@mail.ru, ORCID0000-0001-7033-6149

^{3*} Каф. «Безпека життєдіяльності», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373 15 81, ел. пошта ua-prioritet@mail.ru

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОФЕСІЙНОЮ БЕЗПЕКОЮ НА ЗАЛІЗНИЦІ

В статті дана комплексна оцінка впливу людського чинника на стан безпеки на залізничному транспорті. Проаналізовано юридичні критерії відповідальності за порушення вимог безпеки. Була розглянута технічна складова причин травматизму з вини людини. Для розуміння можливостей запобігання людського чинника в транспортній галузі необхідно розглядати його шляхом системного аналізу механізмів, що забезпечують успішні компроміси під час роботи на межі характеристик системи, а не на випадках збоїв. Тобто, необхідно орієнтуватися на експлуатацію залізничного транспорту в нормальних умовах, а не лише під час надзвичайних подій та інцидентів. Перераховані в статті причини можливої неуспішності програм зі зниження впливу людини можна нейтралізувати шляхом використання оптимальних принципів ефективного управління.

Ключові слова: людський чинник, охорона праці, законодавство України, ризик.

Проблеми людського чинника можна розглядати як складні та актуальні, так як вони пов'язані з людиною, а поведінка людини не піддається математичному моделюванню. Проте ці питання повинні вивчатися комплексно, що допоможе успішно вирішувати не лише технічний аспект проблеми безпечної експлуатації рухомого складу.

Термін «Людський чинник на залізничному транспорті» в сфері безпеки життєдіяльності, може бути визначений як набір властивих людям діянь (дій або бездіяльності); фізіологічних і психологічних можливостей і обмежень, в певних умовах та за певних обставин, які, у разі неприйняття їх до уваги, можуть стати причиною, або безпосередньою умовою неправомірних дій, з відповідними різновидами кваліфікації відповідальності.

Людський чинник (ЛЧ) – це один із термінів критичних чинників, які прямо впливають на забезпечення надійності системи безпеки життєдіяльності, основу якого складають взаємодія компонентів:

- суб'єктів транспортних правовідносин,
- транспортних комунікацій в умовах збереження руху транспорту;
- робочого середовища;
- причини і механізми порушення їх взаємодії;

– методи профілактики.[1]

З юридичної точки зору, людина переважно є причиною навмисних транспортних подій та злочинів. Оскільки, під транспортними злочинами, прийнято розуміти передбачені кримінальним законом суспільно небезпечні діяння, що посягають на безпеку руху та експлуатації всіх видів механічного транспорту, а також магістрального трубопровідного транспорту, їх законодавче закріплення віднайшло своє відображення в розділі XI КК України [1], де ці злочини розташовані в певній послідовності.

Основне значення має не галузь господарства, в якій відбувається діяння, яке за своїми наслідками посягає на безпеку життєдіяльності та/або проводяться певні роботи та відбувається діяння, що має ознаки злочинного, а сам характер такого діяння (таких робіт та правил, які порушуються). Ці правила стосуються не загальних правил охорони праці, які поширюються на усі галузі народного господарства та види виробничої діяльності, а лише тих правил, що стосуються окремих видів робіт в розрізі безпеки життєдіяльності при здійсненні робіт та експлуатації транспортних засобів і комунікацій в умовах збереження руху транспорту.

Це, зокрема: навантажувально-розвантажувальні роботи; ремонт та реконструкція транспортних комунікацій в умовах збе-

реження руху транспорту; електромонтажні роботи, що проводяться без знеструмлення обладнання; підземні, гірничі роботи; висотні монтажні та інші будівельні, ремонтні, відновлювальні та експлуатаційні роботи; роботи, які проводяться з обладнанням, що експлуатується під тиском, в умовах високих температур чи холоду; роботи з отруйними і сильнодіючими отруйними речовинами тощо.

Відповідно до п. 112 Переліку робіт з підвищеною небезпекою [4], до робіт з підвищеною небезпекою віднесено: «роботи, що безпосередньо виконуються при обслуговуванні залізничного транспорту, електротранспорту, рухомого складу».

З об'єктивного боку – це злочини (в більшій частці) – з матеріальним складом, менша частина – з формальним.

У злочинах з матеріальним складом об'єктивна сторона містить у собі діяння, наслідки і причинний зв'язок між ними.

Огляд ст. 276 КК України [1], яка передбачає настання кримінальної відповідальності за порушення правил безпеки руху або експлуатації залізничного, водного чи повітряного транспорту, примушує більш детально та критично звернутися до аналізу причин та умов вказаного кримінального правопорушення, на вчинення якого прямо впливають такі чинники як «людський фактор».

Так, відповідно до диспозиції частини 1 вказаної статті: «Порушення працівником залізничного, водного або повітряного транспорту правил безпеки руху або експлуатації транспорту, а також недоброякісний ремонт транспортних засобів, колій, засобів сигналізації та зв'язку, якщо це створило небезпеку для життя людей або настання інших тяжких наслідків...»

Зазначена кримінальна відповідальність за порушення правил безпеки руху або експлуатації різних видів транспорту диференційована залежно від виду транспорту, а також суб'єкта злочину настає тоді, коли порушення пов'язане із функціонуванням одного із видів транспорту, названих в диспозиції цієї статті, – залізничного, водного чи повітряного. Кожний із видів транспорту включає в себе певну інфраструктуру – транспортні засоби, шляхи сполучення та місця базування, засоби управління рухом. Залежно від характеру порушення вони виступають як предмети злочину чи знаряддя його вчинення [3].

Під «безпекою руху або експлуатації» розуміють відсутність небезпеки, такий стан, за якого не заповідається і не може бути заповіда

шкода життю і здоров'ю людей, власності, іншим соціальним цінностям внаслідок руху або експлуатації джерел підвищеної небезпеки транспортних засобів відповідних видів, а також функціонування матеріальної інфраструктури об'єктів транспорту. У той же час, практичний показник – «людський чинник», включає в себе:

1) діяння у двох формах:

а) порушення правил безпеки руху або експлуатації транспорту;

б) недоброякісний ремонт транспортних засобів, колій, засобів сигналізації та зв'язку;

2) наслідки, залежно від яких диференційована відповідальність в різних частинах ст. 276 КК України [1];

3) причинний зв'язок між діянням і наслідками, що ним заповідаються [4].

Стосовно порушення правил безпеки руху або експлуатації транспорту: можна зробити певний висновок, що воно полягає у вчиненні дій, заборонених такими правилами, чи навпаки, у невиконанні дій, які належить вчинити відповідно до нормативно закріплених вимог. Стосовно залізничного транспорту – це, зокрема, перевищення швидкості; проїзд на заборонний сигнал; початок руху без дозволу; неподання встановлених сигналів; допуск до поїздки осіб, які не мають належної підготовки, не пройшли медичного огляду чи достатньо не відпочили між поїздками.

Вплив такого критерію, як «людський чинник» на складову об'єктивної сторони вказаного злочину, що мали вираження, наприклад, у таких діях як недоброякісний ремонт транспортних засобів, колій, засобів сигналізації та зв'язку, – полягає у порушенні технології робіт, використанні в ході ремонту неналежних інструментів, пристосувань, запасних частин і витратних матеріалів, відсутності випробувань після ремонту чи проведенні його не за повною програмою тощо.

У той же час, вирішуючи питання щодо впливу «людського чинника» під час надання доказового та мотиваційного обґрунтування статусу «недоброякісний ремонт» як однієї із кваліфікуючих ознак, слід врахувати певний перелік критичних складових, які обумовлюють в залізничній галузі настання зазначених порушень, і відповідальності, як наслідку таких порушень [11].

Відтак, негативною тенденцією, що впливає на доказовість є ще нова в Україні, (але вже певний час, така, яка безпосередньо і щоденно застосовується) – тендерна закупівля.

На сьогоднішній день основним способом проведення державних закупівель є тендери. Тендери проводяться для закупівель всіх необхідних товарів, послуг чи робіт, які повинні повністю задовольнити потреби суспільства.

Як правило, тендери проводяться відкрито. Виняток становлять ті торги, в ході яких набуваються складні товари, або товари, придбання яких становить державну таємницю. (Закону України «Про здійснення державних закупівель» [3]).

Намір держави, вивести із тіні процедуру закупівель, який був спрямований на побудову прямої і прозорої процедури, на боротьбу із корупційними проявами, з привласненням та виведенням із кримінального тіньового обігу державних грошових коштів від закупівель, – віднайшов свій негативний недолік – здійснення тендерних закупівель за виставленими тендерними умовами явно неякісного, але за ціною складовою – явно найдешевшого предмету тендерної закупки, що не може не впливати на якість спеціалізованих предметів закупівель, до яких прямо відносяться.

Намагання, перевести вказану ситуацію в електронний вид торгів, що також було предметом законотворчого розгляду Верховної Ради України, стало причиною втрати законної сили Закону України «Про здійснення державних закупівель» 1197-18 який втратив чинність на підставі прийняття Закону України «Про публічні закупівлі» зі змінами, внесеними згідно із Законами № 1078-VIII від 12.04.2016, № 1356-VIII від 12.05.2016, та з відповідним застосуванням Закону України «Про електронні документи та електронний документообіг» №851-15 від 30.09.2015 [2, 3].

Повертаючись до вимог, викладених у диспозиції ст. 276 КК України [1] прямо не сказано, що недоброякісний ремонт транспортних засобів, колій, засобів сигналізації та зв'язку також пов'язаний з порушенням відповідних правил. Однак факт недоброякісності ремонту практично можна підтвердити за умови, коли констатовано недотримання нормативних вимог, які встановлено для виконання таких робіт. Це можуть бути вимоги як загального характеру, так і спеціальні, які стосуються окремих видів транспортних засобів, певних ремонтних операцій.

Отже, специфічність деяких вимог тендерних закупівель, електронні засоби інколи потребують такої складової як розуміння недоречності переваги економічної доцільності над ви-

могам безпеки, технології виробництва, експлуатації, використанням залізничних колій і рухомого складу, використання енергоресурсів на тягу поїздів і розробку енергозберігаючих технологій. Один з 14 принципів Едвардса Деминга, американського вченого та консультанта з менеджменту, свідчить: «Відмовтеся від закупок за саму низьку ціну. Це перший крок до розвитку вашого підприємства» [12]. Додати тут немає чого. Не можуть послуги та товар гарної якості коштувати дуже дешево. Таким чином, держава намагається знову зробити крок до налагодження взаємовідносин між замовниками та постачальниками послуг та мати базис гарантування безпеки. Однак, така ініціатива не буде мати успіху без редукації застарілих підходів до забезпечення безпеки безпосередньо на робочих місцях та в галузі в цілому.

Важливим моментом вивчення наслідків дії ЛЧ є і технологічна складова. Помилки при обслуговуванні транспортної системи головним чином викликаються латентними аспектами завдання, що виконується і/або ситуаційними чинниками в конкретному контексті і відбуваються внаслідок невірного тлумачення компромісів між виробничими завданнями і цілями безпеки. Компроміс між виробництвом і безпекою являє собою складний і крихкий баланс. Проте іноді людина неправильно розуміє завдання і не досягає компромісного балансу, що призводить до збоїв у забезпеченні безпеки перевезень. Однак кількість успішних компромісів значно перевищує число збоїв [13]. Тому для розуміння можливостей ЛЧ в транспортній галузі необхідно розглядати шляхом системного аналізу механізмів, що забезпечують успішні компроміси при роботі на межі характеристик системи, а не на випадках збоїв. Тобто, для необхідно орієнтуватися на експлуатацію залізничного транспорту в нормальних умовах, а не лише під час надзвичайних подій та інцидентів.

Якщо керівництво розглядає дотримання вимог безпеки, що регламентуються державою, як єдиний критерій, система стає круговою, без незалежних умов формування ефективного регулювання цього аспекту [8]. Дотримання нормативних положень – лише тільки перший крок в формуванні ефективної політики в області безпеки.

Досвід показує, що працівникам транспортної галузі недостатньо просто дотримуватися нормативних положень для підвищення рівня безпеки. Можливо, другий крок організації безпеки полягає у встановленні своїх власних

внутрішніх стандартів безпеки. Наприклад, на доповіді проекту ADAMS (Сполучені Штати Америки, Конгрес з питань безпеки, 2014 р.) пропонувалося прийняти такі критерії:

– дотримання технічних стандартів і передової практики;

– ефективність управлінських процесів, тобто ефективна система контролю якості, що заснована на таких елементах, як організація, стандарти, процедури, документація, контролювання ресурсів, навчання і атестація, а також системи зворотного зв'язку;

– вимір показників безпеки перевезень, наприклад: частота інцидентів і подій, кількість виконаних рекомендацій та оцінок їх виконання;

– кількість перевірок, виконаних рекомендацій та оцінок їх виконання;

– кількість отриманих звітів про відхилення в якості відпрацьованих дій і оцінок.

Природно, держава поряд зі своїми органами регулювання у сфері залізничних перевезень також несе відповідальність за розроблення нормативних положень, відповідних стандартів. Аналіз великих аварій в технічних системах ясно продемонстрував, що виникнення передумов до катастрофи може бути пов'язане з виявленням організаційних недоліків. Типовим є висновок про те, що ряд небажаних подій, кожна з яких може сприяти виникненню аварії, визначається «інкубаційним періодом», що часто вимірюється роками. Крім того, під час заходів щодо запобігання пригод визнається, що значні проблеми в області безпеки не пов'язані виключно з людським або з технічним компонентом. Швидше за все, вони виникають в результаті поки що мало зрозумілих взаємодій між людьми і технічними засобами. Середовище, в якому відбуваються ці взаємодії, значно збільшує їх складність.

Досвід, наявний в Європі і Сполучених Штатах Америки, показує, що ініціативи в області людського чинника не завжди приводили до повного успіху. У доповіді проекту ADAMS Європейського співтовариства наводяться такі найпоширеніші причини цього:

– *Маргіналізація*. Програми в області людського чинника можуть бути ізольовані в рамках окремого підрозділу або конкретного «виконавця», думки яких не враховуються під час прийняття рішень. Ймовірна відсутність ефективності веде до ослаблення і, в кінцевому підсумку, припинення програми [9].

– *Однонаправленість*. Багато програм в області людського чинника мають однобічну

спрямованість, наприклад на навчання персоналу. Повертаючись в колишню виробничу середу після навчання, співробітники переживають розчарування в зв'язку з тим, що середовище не змінилося, а старі методи роботи збереглися.

– *Основна увага приділяється діагностиці, а не змінам*. Експерти в області людського чинника у своєму розпорядженні мають добре налагоджений інструментарій для діагностики того, що сталося. Найчастіше недостатньо уваги приділяється зміні ситуації для недопущення повторів.

– *Відсутність чітких цілей*. Нерідко цілі програм в області людського чинника важко визначити, наприклад: чого можна досягти шляхом підвищення інформованості? Що таке запобігання помилок? У таких програмах відсутній чіткий зв'язок між фокусом інтервенції (зазвичай установки або поведінку людини) і результатами, яких чекає організація.

– *Відсутність зобов'язань на основі оціночного критерію*. Дуже рідко дії в області людського чинника супроводжуються системною оцінкою їх ефективності. Розробка ефективної програми в цій області вимагає значних інвестицій. Цілком доречно оцінювати, наскільки ефективні дані інвестиції.

Перераховані вище причини можливої неспішності програм можна нейтралізувати шляхом використання оптимальних принципів ефективного управління людьми. Тому ці принципи слід закласти в усі аспекти виробничої та управлінської систем організації з технічного обслуговування залізничних перевезень, якщо поставлена мета зменшити кількість помилок людини. Одним з документів, який регулюють саме цей бік питання є BS OHSAS 18001:2007 «Системи менеджменту професійної безпеки і здоров'я. Вимоги», який увійшов до ДСТУ OHSAS 18001:2010 Системи управління гігієною та безпекою праці [5, 6]. Зробити подвійну систему СУОП можливо на основі вітчизняної законодавчої бази у галузі охорони праці, додав до неї такі компоненти, як оцінка та управління ризиками та робота з інцидентами. Якщо ми прагнемо, щоб система працювала, треба чітко виконувати вимоги законодавства та BS OHSAS 18001:2007, який включає весь комплекс питань: оцінку ризиків і відповідність законодавчим вимогам, навчання персоналу, управління невідповідностями, порядок управління документацією, організацію і проведення

внутрішніх аудитів, розробку корегуючих і запобігаючих дій. Фактично виконання вимог стандарту BS OHSAS 18001:2007 базується на виконанні законодавчих норм в сфері охорони праці, включаючи НПАОП. Єдине, чого немає в українському законодавстві про охорону праці, це вимоги до вивчення ризиків, їх ідентифікації, оцінки та управління ними. Вітчизняна нормативно-правова база оперує терміном «нещасний випадок», і головні зусилля направлені на події, що вже відбулися і є незворотними [10]. А BS OHSAS 18001:2007 заснований на роботі з ризиками, і в нього введено таке поняття, як «інцидент», що означає подію, в результаті якого виникає або могло виникнути погіршення здоров'я чи травма. Зміст BS OHSAS 18001:2007 – в його роботі на випередження, проактивній позиції всього персоналу, який повинен сповіщати про всі інциденти на робочих місцях. Це необхідні складові посилення безпеки в транспортній галузі.

Таким чином, законодавче регулювання на базі нормативів НПАОП, BS OHSAS 18001:2007, ISO 31010:2009, ISO/ICE 31000:2009 [5, 6, 7] дасть змогу не лише змінити підходи до вивчення питань безпеки на транспорті, а й дасть поштовх для всебічного вивчення структури та управління ризиками. І тільки на таких умовах можливе приведення українських стандартів безпеки до європейського рівня.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кримінальний Кодекс України : Затв.: Верховна Рада України 05.04.2001 № 2341-III (із змінами і доповненнями) [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2341-14>.
2. Закон України «Про публічні закупівлі» № 1356-VIII із змінами, внесеними від 12.04.2016. //Відомості Верховної Ради (ВВР),-2016, № 9.- С.89.
3. Закон України "Про електронні документи та електронний документообіг" №851-15, від 30.09.2015, // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 36.-С.275.
4. Перелік робіт з підвищеною небезпекою : затв. : Наказ Держнагляддохоронпраці України 26.01.2005 № 15 : зареєстр. Міністерстві юстиції України 15 лютого 2005 р. за № 232/10512 [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/>

z0232-05.

5. OHSAS 18001:2007 Occupational health and safety management systems – Requirements [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://iso.kiev.ua/drugoe/sert-iso-18001.html>

6. ДСТУ OHSAS 18001:2010 Системи управління гігієною та безпекою праці [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : http://www.dnaop.com/html/34112/docA3_OHSAS_18001_2010

7. ISO 31010:2009 Risk management -- Risk assessment techniques. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://www.iso.org/iso/ru/catalogue_detail?csnumber=51073

8. Drury, C. G. «Errors in Aviation Maintenance: Taxonomy and Control». Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting, 1991. – P.42-46.

9. Thackray, R. I. «Human Factors Evaluation of the Work Environment of Operators Engaged in the Inspection and Repair of Aging Aircraft» (Report No. DOT/FAA/AM-02/3). Washington, D. C. Federal Aviation Administration.

10. Никифорова, О. А. Проблеми трансформації національного законодавства в сфері охорони праці до стандартів ЄС / О. А. Никифорова, Г. Г. Сидоренко // Транспортні системи та технології перевезень. – 2015. – № 10. – С. 93-97. doi: <http://dx.doi.org/10.15802/tstt2015/57074>

11. Campbell, R. J. «Measurement of Workforce Productivity». Proceedings of the Fifth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection - The Work Environment in Aviation Maintenance. January 2005. Washington, D.C.

12. Campion, M. A. «Job Design and Productivity». Proceedings of the Fifth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection — The Work Environment in Aviation Maintenance. January 1992. Washington, D. C.

13. DeHart, R. L. «Physical Stressors in the Workplace». Proceedings of the Fifth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection — The Work Environment in Aviation Maintenance. January 2009. Washington, D. C.

Стаття рекомендована до публікації к.т.н., доц. Капленко Г. Г. (Україна)

Надійшла до редколегії 28.05.2016.

Прийнята до друку 29.05.2016.

А. Г. СИДОРЕНКО, Е. А. НИКИФОРОВА, Е. В. АНТОНЮК

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

В статье дана комплексная оценка влияния человеческого фактора на безопасность железнодорожного транспорта. Проанализированы юридические критерии ответственности за нарушение требований безопасности. Была рассмотрена техническая составляющая причин травматизма по вине человека. Для понимания возможностей предотвращения влияния человеческого фактора в транспортной отрасли необходимо рассматривать его путем системного анализа механизмов, обеспечивающих успешные компромиссы при работе на грани характеристик системы, а не на случаях сбоев. То есть, необходимо ориентироваться на эксплуатацию железнодорожного транспорта в нормальных условиях, а не только во время чрезвычайных происшествий и инцидентов. Перечисленные в статье причины возможной неэффективности программ по снижению влияния человека можно нейтрализовать путем использования оптимальных принципов эффективного управления.

Ключевые слова: человеческий фактор, охрана труда, законодательство Украины

A. SIDORENKO, E. NIKIFOROV, E. ANTONIUK

MANAGEMENT SYSTEM OF THE OCCUPATIONAL SAFETY ON THE RAILWAYS

In this article a comprehensive assessment of the human factors impact at the safety on the railways. It was analyzing the legal criteria for responsibility for violation of safety requirements. It was considered part of the technical reasons for the injury caused by man. To understand the possibilities of preventing human factor in the transport sector should be seen by its system analysis mechanisms to ensure successful compromise while working on the edge characteristics of the system, not the case of failures. That is, it is necessary to focus on the operation of railway transport in normal circumstances, not only during emergencies and incidents. Listed in article reasons for the possible failure of programs to reduce human impact can be counteracted by using the best principles of good chief.

Keywords: human factor, labor protection, Ukrainian legislation, risk.

УДК 656.2 – 027.1(477)

О. И. ХАРЧЕНКО^{1*}

^{1*} Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 373 15 70, эл. почта olesiakh100@gmail.com , ORCID 0000-0003-2068-0640

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Цель. Целью данной статьи является оценка параметров, характеризующих устойчивое развитие железных дорог. **Методика.** На основании структуры железных дорог с позиций материально-технической базы для обслуживания грузопотока, характеристик спроса на транспортное обслуживание, а также с учетом характеристик существующей транспортной сети проводится обоснование численных значений ряда технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей, которые характеризуют рациональный с позиций устойчивого развития вариант функционирования железных дорог. **Результаты.** Оценка параметров, характеризующих устойчивое развитие железных дорог, позволила создать имитационную модель функционирования железных дорог. **Научная новизна.** Имитационная модель функционирования железных дорог содержит функции оптимизации распределения грузовой работы по станциям, расчета оптимального количества обслуживающих механизмов, а также оптимального распределения денежных средств по направлениям устойчивого развития, а также позволяет учесть недетерминированность параметров спроса на транспортные услуги. **Практична значимость.** Программная реализация имитационной модели для железной дороги может является базой для проведения экспериментальных исследований в области повышения эффективности функционирования железных дорог за счет обеспечения его устойчивого развития.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт; повышение эффективности; функционирование железнодорожного транспорта; устойчивое развитие; сложные системы; железные дороги.

Введение

Транспорт – одна из основных отраслей экономики Украины призвана удовлетворять потребности населения и всех видов общественного производства в перевозках. Особое место в транспортной отрасли Украины занимает железнодорожный транспорт, так как данный вид транспорта обладает такими технико-экономическими особенностями, которые позволяют ему сохранять приоритетные позиции в качестве основного магистрального вида транспорта не только в настоящее время, но и в отдаленной перспективе. К основным особенностям железнодорожного транспорта относятся его мощнейший потенциал, универсальность, регулярность и относительная дешевизна. К преимуществам данного вида транспорта можно также отнести расширенную сеть железных дорог, сравнительно низкая себестоимость, надежность, безопасность, экологичность. Кроме этого мировыми экспертами в области транспорта железнодорожный транспорт признан транспортом будущего [1], в связи с этим перед государством стоит важная задача по модернизации и развитию железнодорожного транспорта.

Новой парадигмой мирового развития является устойчивое развитие. Концепция устойчивого развития состоит в достижении удовлетворения жизненных нужд нынешнего поколения людей без того, чтобы будущие поколения были лишены такой возможности через истощение природных ресурсов и деградации окружающей среды [2]. Основой устойчивого развития является триединая концепция, т.е. экологическая, экономическая и социальная составляющие должны рассматриваться в комплексе. Тогда, устойчивым развитием железнодорожной отрасли, как системы, предусматривается согласованное функционирование экономической, экологической и социальной подсистем.

Согласно статье 4 Закона Украины «Про железнодорожный транспорт»: «Кабинет Министров Украины определяет условия и порядок организации деятельности железнодорожного транспорта общего пользования, способствует его приоритетному развитию, предоставляет поддержку в удовлетворении потребности железных дорог в подвижном составе, материально-технических и топливно-энергетических ресурсах» [3]. Но, фактически данная статья не выполняется и украинские

железные дороги должны выживать за собственный счет [4]. Поэтому вопрос устойчивого развития железнодорожной отрасли, на сегодняшний день, является актуальным.

Цель

Целью данной статьи является оценка параметров, характеризующих устойчивое развитие железных дорог, которая является пред условием для создания имитационной модели функционирования железных дорог с позиции устойчивого развития и ее программной реализации.

Методика

Устойчивое развитие железных дорог предлагается оценивать на основании предложенного в работе [5] критерия эффективности.

$$F_{ц} = \frac{E_{ц}}{C_{ур}} = \delta_{рес} \cdot \varepsilon_{рес} + \delta_{эк} \cdot \varepsilon_{эк} + \delta_{соц} \cdot \varepsilon_{соц} + \delta_{к} \cdot \varepsilon_{к} \rightarrow \max : (1)$$

где $\delta_{рес}$, $\delta_{эк}$, $\delta_{соц}$, $\delta_{к}$ – доля денежных средств в общем объеме по направлениям развития ресурсосберегающих технологий, снижения вредного воздействия на окружающую среду, обеспечения социальной составляющей функционирования железных дорог и повышения качества обслуживания клиентуры соответственно.

$\varepsilon_{рес}$, $\varepsilon_{эк}$, $\varepsilon_{соц}$, $\varepsilon_{к}$ – функции эластичности капиталовложений по направлениям развития ресурсосберегающих технологий, снижения вредного воздействия на окружающую среду, обеспечения социальной составляющей функционирования железных дорог и повышения качества обслуживания клиентуры соответственно.

Однако для определения численного значения показателя эффективности необходимо предварительное обоснование численных значений ряда технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей, его определяющих. Кроме того, данные показатели должны характеризовать рациональный с позиций устойчивого развития вариант функционирования железных дорог.

Под вариантом структуры железных дорог с позиций материально-технической базы для обслуживания грузопотока понимается совокупность маневровых локомотивов и погрузочно-разгрузочных машин на станциях железных дорог, а также пути сообщений. Рациональный вариант функционирования для железных дорог определяется на основании известных характеристик спроса на транспортное обслужи-

вание, с учетом характеристик существующей транспортной сети.

Предлагается следующая последовательность решения задачи оценки параметров, характеризующих устойчивое развитие железных дорог:

- оптимальное распределение грузовой работы на участках и станциях железных дорог (решение сетевой задачи на макроуровне – уровне макросистемы железных дорог);

- определение оптимального количества обслуживающих механизмов на грузовых станциях в составе железной дороги (решение оптимизационных задач на микроуровне – уровне отдельных станций как элементов макросистемы железной дороги);

- решение задачи оптимального распределения денежных средств, выделяемых на обеспечение устойчивого развития железной дороги, с использованием в качестве исходных данных результатов оптимизации распределения грузовой работы на участках и станциях железной дороги.

Поскольку параметры спроса на услуги железных дорог по продвижению материалопотока являются величинами недетерминированными, то для проведения экспериментальных исследований в области повышения эффективности функционирования железных дорог предлагается использовать имитационную модель, содержащую оптимизационные функции (функции оптимизации распределения грузовой работы по станциям, расчета оптимального количества обслуживающих механизмов, а также оптимального распределения денежных средств по направлениям устойчивого развития).

Разработка граф-модели железной дороги для решения сетевой задачи на макроуровне

Основой модели функционирования железной дороги как макрологистической системы является граф-модель. Решение сетевой задачи на макроуровне подразумевает распределение вагонопотока для заданной матрицы корреспонденций, характеризующей спрос, с учетом пропускной способности перегонов. При этом предварительно осуществляется моделирование матрицы корреспонденций в соответствии с известными параметрами случайной величины интенсивности потоков поездов. Для моделирования матрицы корреспонденций генерируются значения случайных величин интенсивностей. Для определения кратчайшего пути между исходящей и входящей вершинами потока используется алгоритм Дейкстры для по-

иска кратчайшего пути в ориентированном графе [6]. Определение загрузки перегонов транспортной сети для смоделированного варианта матрицы корреспонденций осуществляется путем последовательного перебора всех участков пути для каждого из смоделированных потоков с добавлением сгенерированного значения интенсивности потока к текущей нагрузке звена. Графически нагрузка участков транспортной сети отображается более широкими линиями соответствующих звеньев для более загруженных участков.

На рис.1 представлено рабочее окно, содержащее отображение результатов моделирования процесса функционирования Приднепровской железной дороги.

Разработка функций для определения оптимального количества обслуживающих механизмов подразделения железнодорожного транспорта

Определение оптимального количества производственных ресурсов станций в составе железной дороги, осуществляется в результате поиска экстремумов функции (2) относительно количества маневровых локомотивов (N_l) и ко-

личества погрузочно-разгрузочных машин (N_g) как аргументов данной функции.

$$E_{рес} = 24 \cdot N_l \cdot c_{прост}^{лок} + 90 \cdot \frac{(c_{прост}^{лок} - c_{прост}^{пер}) \cdot N_l^{0,664} \cdot \xi_q^{0,884}}{\xi_r^{0,885}} + 2172 \cdot \frac{c_{прост}^{гр} \cdot \xi_q^{2,527}}{N_l^{0,429} \cdot \xi_r^{1,979}} +$$

$$+ 176 \cdot \frac{c_{прост}^{пор} \cdot \xi_q^{0,978}}{N_l^{0,054} \cdot \xi_r^{0,865}} + 104 \cdot \frac{(c_{пер}^{пор} + c_{пер}^{гр}) \cdot \xi_q^{1,054}}{\xi_r^{0,961}} + 24 \cdot c_{прост}^{мех} \cdot N_g +$$

$$+ 48704 \cdot \frac{c_{прост}^{гр} \cdot N_l^{0,305} \cdot \mu_r^{1,129} \cdot \xi_q^{2,982}}{N_g^{2,368} \cdot \xi_r^{2,698}} + 123 \cdot (c_{прост}^{гр} + c_{пер}^{мех} - c_{прост}^{мех}) \cdot \mu_r,$$

где ξ_q – коэффициент, отображающий соотношение количественных характеристик спроса и обслуживающей системы;

ξ_r – коэффициент, отображающий соотношение временной характеристики интенсивности спроса и временной характеристики производительности обслуживающей системы;

$c_{прост}^{лок}$ и $c_{пер}^{лок}$ – средневзвешенные удельные затраты на работу маневровых локомотивов при ожидании прибытия вагонов и перемещение подач вагонов соответственно, грн/ч;

$c_{прост}^{гр}$ и $c_{пер}^{гр}$ – удельные затраты на простой и перемещение соответственно вагона в загруженном состоянии, грн/ч;

$c_{прост}^{пор}$ и $c_{пер}^{пор}$ – удельные затраты на простой и перемещение соответственно порожнего вагона, грн/ч.

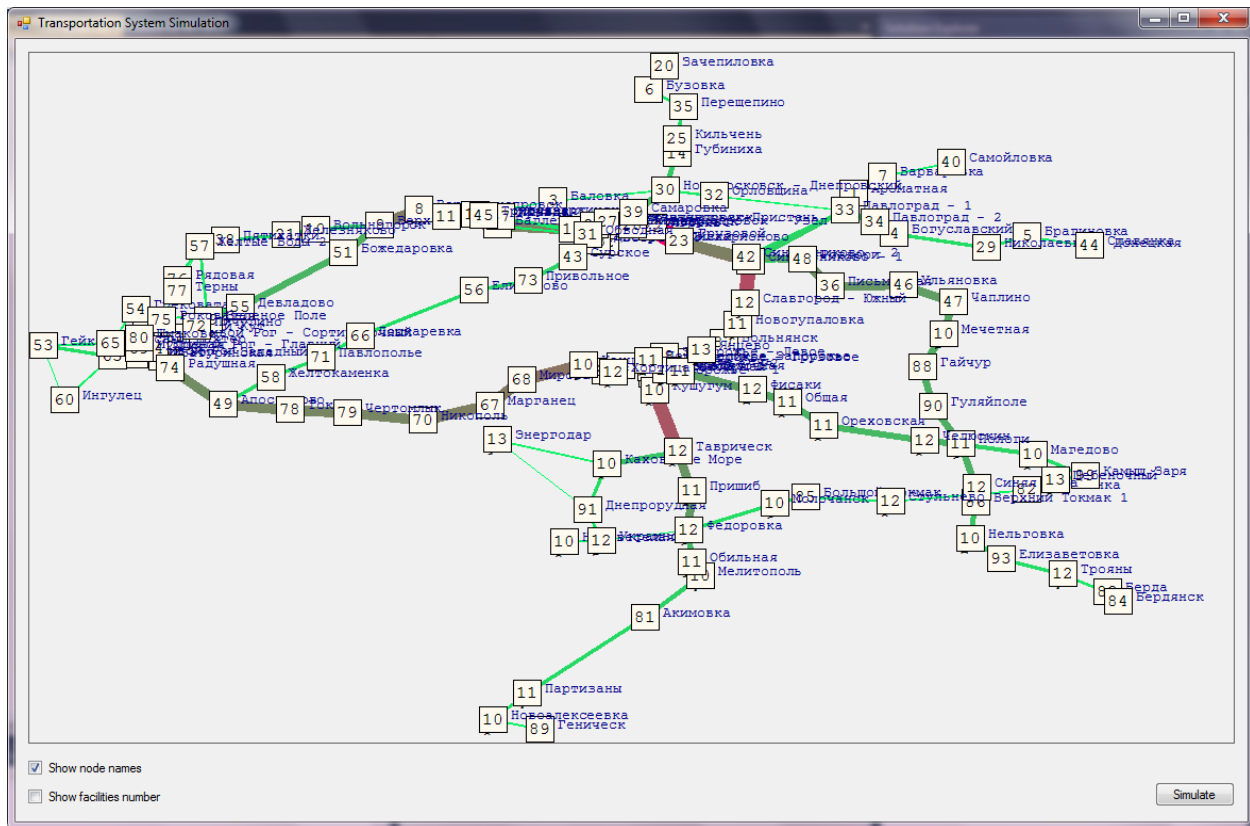


Рис.1. Программная модель Приднепровской железной дороги

Графический анализ вида функции (2) относительно количества маневровых локомотивов и количества погрузо-разгрузочных машин (рис. 2) позволяет утверждать, что экстремальные значения функции являются минимумами, т.е. решение уравнений (3) позволит оценить соответствующие оптимальные значения производственных ресурсов.

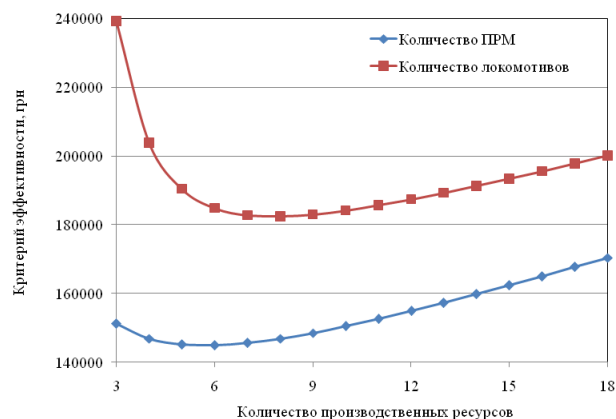


Рис. 2. Зависимость критерия эффективности от количества производственных ресурсов станции

$$\begin{cases} \frac{\partial E_{\text{рес}}}{\partial N_l} = 0, \\ \frac{\partial E_{\text{рес}}}{\partial N_g} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Разработка функции оптимизации распределения денежных средств по направлениям устойчивого развития

Оптимальное распределение денежных средств, выделяемых на обеспечение устойчивого развития железных дорог, определяется как значение вектора $\mathbf{x} = \left| \delta_{\text{рес}} \quad \delta_{\text{эк}} \quad \delta_{\text{соц}} \quad \delta_{\text{к}} \right|$, соответствующее оптимальному значению целевой функции (1).

Предварительным этапом решения данной оптимизационной задачи является оценка численных значений вектора $\mathbf{c} = \left| \varepsilon_{\text{рес}} \quad \varepsilon_{\text{эк}} \quad \varepsilon_{\text{соц}} \quad \varepsilon_{\text{к}} \right|$ коэффициентов целевой функции — значений функций эластичности капиталовложений. Определение численных значений проводится в соответствии с методикой, описанной на основании зависимостей, приведенных в работе [5]. В качестве переменных, задействованных при определении значений $\varepsilon_{\text{рес}}$, $\varepsilon_{\text{эк}}$, $\varepsilon_{\text{соц}}$ и $\varepsilon_{\text{к}}$, выступают значения суммарного времени работы обслуживающих устройств на станциях — маневровых локомотивов и погрузо-разгрузочных машин, а также значение суммарного времени обслуживания вагонов.

Таким образом, словарь для решения задачи определения оптимального соотношения капиталовложений по направлениям устойчивого развития симплекс-методом имеет следующий вид:

$$\begin{cases} x_1 = 0,7 + x_6 - x_8 - x_9 - x_{10}, \\ x_2 = 0,1 + x_8, \\ x_3 = 0,1 + x_9, \\ x_4 = 0,1 + x_{10}, \\ x_5 = 0 - x_6, \\ x_7 = 0,6 + x_6 - x_8 - x_9 - x_{10}, \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} z &= \varepsilon_{\text{рес}} \cdot x_1 + \varepsilon_{\text{эк}} \cdot x_2 + \varepsilon_{\text{к}} \cdot x_4 = \\ &= \varepsilon_{\text{рес}} \cdot (0,7 + x_6 - x_{10} - x_8 - x_9) + \\ &+ \varepsilon_{\text{эк}} \cdot (0,1 + x_8) + 0,1 + x_9 + \varepsilon_{\text{к}} \cdot (0,1 + x_{10}) = \\ &= (0,7 \cdot \varepsilon_{\text{рес}} + 0,1 \cdot \varepsilon_{\text{эк}} + 0,1 + 0,1 \cdot \varepsilon_{\text{к}}) + \\ &+ \varepsilon_{\text{рес}} \cdot x_6 + (\varepsilon_{\text{эк}} - \varepsilon_{\text{рес}}) \cdot x_8 + (1 - \varepsilon_{\text{рес}}) \cdot x_9 + (\varepsilon_{\text{к}} - \varepsilon_{\text{рес}}) \cdot x_{10}. \end{aligned}$$

Результат

Оценка параметров, характеризующих устойчивое развитие железных дорог, позволила создать имитационную модель функционирования железных дорог.

Научная новизна и практическая значимость

Имитационная модель функционирования железных дорог содержит функции оптимизации распределения грузовой работы по станциям, расчета оптимального количества обслуживающих механизмов, а также оптимального распределения денежных средств по направлениям устойчивого развития, а также позволяет учесть недетерминированность параметров спроса на транспортные услуги.

На сегодняшний день перспективные направления развития подразделений железнодорожного транспорта, представленные руководством Укрзализныци на основании потребностей в коренном технологическом переоснащении материально-технической базы железных дорог в [7] и направления управления инновационной деятельностью подразделений железнодорожного транспорта в [8], в общих чертах согласуются между собой и содержат схожие позиции, а также в целом отвечают основным принципам концепции устойчивого развития. Программная реализация имитационной модели для Приднепровской железной дороги может являться базой для проведения экспериментальных исследований в области повышения эффективности функционирования

железних дорог за счет обеспечения его устойчивого развития.

Вывод

Предложенная методика оценки параметров характеризует повышение эффективности функционирования железных дорог с позиции устойчивого развития, т.е. три составляющие концепции устойчивого развития (экономическая, экологическая и социальная) рассматриваются сбалансировано.

Проведенные исследования могут способствовать формированию новой модели хозяйствования, соответствующей целям и принципам устойчивого развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sustainable Development Strategy. Our vision and strategy: A railway fit for the future 2013 – 2024. Електронний ресурс – Режим доступу : http://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiWweffu_zLAhUoIJoKHUI7BhQQFggpMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.networkrail.co.uk%2Fbrowse%2520documents%2Fstrategicbusinessplan%2Fcp5%2Fsupporting%2520documents%2Ftransforming%2520network%2520rail%2Fsustainable%2520development%2520strategy.pdf&usq=AFQjCNGHC4NHwm4pVpSxmNRxwRdKspLhOA&sig2=4AY4i7dniZW7FDo8or4Pvg&bvm=bv.118817766,d.bGs

2. Програма дій «Порядок денний на 21-ше століття» / пер. з англ.: ВГО «Україна. Порядок денний

О. І. ХАРЧЕНКО

ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ, ЯКІ ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЦЬ

Мета. Метою даної статті є оцінка параметрів, які характеризують сталий розвиток залізниць. **Методика.** На підставі структури залізниць з позиції матеріально-технічної бази для обслуговування вантажопотока, характеристик попиту на транспортне обслуговування, а також з урахуванням характеристик існуючої транспортної мережі проводиться обґрунтування чисельних значень ряду техніко-експлуатаційних та техніко-економічних показників, які характеризують раціональний з позиції сталого розвитку варіант функціонування залізниць. **Результати.** Оцінка параметрів, які характеризують сталий розвиток залізниць, дозволила розробити імітаційну модель функціонування залізниць. **Наукова новизна.** Імітаційна модель функціонування залізниць містить функції оптимізації розподілу вантажної роботи по станціям, розрахунку оптимальної кількості обслуговуючих механізмів, а також оптимального розподілу грошових коштів за напрямками сталого розвитку, а також дозволяє врахувати недетермінованість параметрів попиту на транспортні послуги. **Практична значимість.** Програмна реалізація імітаційної моделі може бути базою для проведення експериментальних досліджень в області підвищення ефективності функціонування залізниць за рахунок забезпечення його сталого розвитку.

Ключові слова: залізничний транспорт; підвищення ефективності; функціонування залізничного транспорту; сталий розвиток; складні системи; залізниці

на 21-ше століття». – Київ : Інтелсфера, 2000. – 360 с.

3. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України : затв. : Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України 31.08.2005 р. № 507. – Київ : ТОВ «Імпрес», 2005. – 462 с.

4. Швець, П. А. Проблеми та пріоритети розвитку залізничного транспорту України / П. А. Швець // Проблеми економіки і управління на залізничному транспорті: матер. IX междунар. науч.-практ. конф. – Київ : ЭКУЖТ, 2014. – С. 90-92.

5. Харченко, О. І. Визначення оптимального розподілу капіталовкладень для забезпечення сталого розвитку залізниць / О. І. Харченко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2015. – № 2 (56). – С. 52-59. Doi : <http://dx.doi.org/10.15802/stp2015/42163>

6. Домнин, Л. М. Элементы теории графов / Л. М. Домнин. – Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2007. – 144 с.

7. Офіційний сайт Укрзалізниці [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.uz.gov.ua/press_center/latest_news/archive/main_2011/242866/ – Загл. с екрана.

8. Стасишен, М. Проблеми управління інноваційним розвитком залізничного транспорту України [Електронний ресурс] / М. Стасишен, О. Ярмоліцька. – Режим доступу: <http://gisap.eu/gu/node/243>. – Загл. с екрана.

Стаття рекомендована к публікації д.т.н., проф. Босовим А. А. (Україна)

Поступила в редколлегию 27.04.2016.

Принята к печати 29.04.2016.

ESTIMATING PARAMETERS CHARACTERIZING SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RAILWAYS

Purpose. The purpose of this paper is to estimate the parameters that characterize the sustainable development of the railways. **Methodology.** On the basis of railway structures from the standpoint of material and technical base for service traffic, the characteristics of demand for transport services, as well as taking into account the characteristics of the existing transport network we justify the numerical values of a number of technical and operational and technical-economic indicators that characterize the rational from the standpoint of sustainable development functioning version of the functioning of the railways. **Findings.** Estimation of the parameters that characterize the sustainable development of railways, allowed to create a simulation model of the functioning of the railways. **Originality.** The simulation model of the functioning of railways contains functions to optimize the distribution of freight operations on stations calculate the optimum number of service mechanisms, and optimal allocation of funds in areas of sustainable development, and also allows you to take into account the parameters of indeterminacy in demand for transport services. **Practical value.** Software implementation of a simulation model for the railway is a base for experimental research in the field to enhance the functioning of railways by ensuring its sustainable development.

Keywords: railway transport; increase of efficiency; functioning of railway transport; sustainable development; difficult systems.

УДК 656.224.072

П. О. ЯНОВСЬКИЙ^{1*}

^{1*} Каф. «Організація авіаційних перевезень», Національний авіаційний університет, пр. Комарова, 1, 03058, м. Київ, тел. (044)-406-77-44, (067)-403-15-76, ел. пошта niklu@ukr.net, ORCID 0000-0003-4430-5386

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

Важливість пасажирського транспорту в економічно розвиненому суспільстві є ключовою темою статті. Пасажирські перевезення виконуються різними видами транспорту, при цьому місце, роль і географія використання кожного з них залежать від багатьох факторів. Максимальна якість і задоволення потреб населення в перевезеннях в основному забезпечується раціональним та економічним застосуванням технології. Пасажири з врахуванням якості транспортних послуг обирають вид транспорту, що врешті й формує транспортні витрати.

Конкуренція призводить до покращення якості обслуговування транспортом пасажирів і підвищення ефективності всіх компонентів системи. Умови виконання перевезень є складними та характеризуються постійними змінами в розмірах, підвищенням вимог до реалізації та проведенням політики енергозбереженості, ефективністю використання основних засобів транспорту та відсутністю амортизації. За наявності об'єктивних і суб'єктивних труднощів, які пов'язані з соціально-економічною значущістю, потрібність в пасажирському транспорті в суспільстві постійно зростає.

В статті розкрито способи підвищення ефективності пасажирських перевезень в Україні шляхом подальшого вдосконалення комплексного державного регулювання та нормативно-правової бази перевезення пасажирів, реструктуризації управління пасажирського комплексу на основі принципів ринкової економіки та орієнтації системи на потреби пасажирів. Крім цього, важливо забезпечити максимальну координацію та інтеграцію всіх елементів перевізного процесу на кожному виді транспорту, а також взаємодію всіх видів транспорту, та забезпечити впровадження комплексних автоматизованих систем управління пасажирськими перевезеннями. Забезпечення високої якості послуг населенню разом з ефективним використанням рухомого складу дозволить раціоналізувати організацію пасажирських перевезень, а досягти раціонального рівня обслуговування пасажирів є можливим на основі принципу компромісного рішення шляхом співставлення витрат, доходів і визначення прибутку.

Ключові слова: пасажирські перевезення, транспортний комплекс, технічні засоби, ефективність, якість послуг, взаємодія, компромісне рішення.

Постановка проблеми

Транспорт представляє собою важливу ключову складову економіки держави, без якісного функціонування якої неможливий подальший економічний розвиток нашого суспільства. Пасажирський транспортний комплекс – одна із значущих частин транспортної системи, яка має велику соціально-економічну вагу у силу її важливої ролі в життєзабезпеченні світової спільноти. Перевезення населення нашої держави здійснюється основними видами транспорту, місце, роль і географія дії кожного з них залежить від багатьох чинників. Разом вони виконують завдання з максимального і якісного, що має супроводжуватися раціональним і економічним використанням технічних засобів.

Пасажири, враховуючи особливості транспортного забезпечення конкретного регіону і якість їх обслуговування кожним видом транспорту, а також наявні недоліки і досягнення в їхній роботі, обирають певний вид транспорту,

тим самим економічно зміцнюють його. В ринкових умовах особливо загострюється конкуренція між різними видами транспорту, що спонукає спеціалістів до постійного пошуку нових форм і сучасних методів організації пасажирських перевезень для поліпшення умов перевезень (зручності, комфорту), зменшення вартості проїзду, часу на доставку пасажирів до місць призначення, постійного вдосконалення транспортних засобів і безумовного гарантування безпеки пасажирів і їхнього багажу під час перевезень.

Вступ

Ефективне функціонування економіки, ринків товарів і послуг у суспільстві, а також динамічний розвиток регіонів, міжнародних економічних, культурних зв'язків і розширення торгівлі з іншими державами забезпечується розвинутою, розгалуженою, надійною та стабільною *транспортною системою*, що слугує міц-

ною базою соціально-економічного розвитку держави. Мобільність економіки будь-якої держави, її спроможність адаптуватися до мінливих умов *ринку* можлива за наявності розвинутої виробничої *інфраструктури* з усіма її складовими (однією зі складових є транспортна система), яка виступає чинником, що сприяє раціональній організації життєзабезпечення економічного простору, реалізації регіонального поділу праці з передбаченням змін географічного розміщення не тільки різноманітних товарів, а й людей, тобто перевезень великої маси вантажів і пасажирів.

Аналіз досліджень і публікацій

Проблемам розвитку, дослідженням сучасних особливостей, структури та принципам функціонування пасажирського комплексу присвячені наукові праці таких учень як Кочнев Ф. П., Правдін М. В., Негрей В. Я., Пазойський Ю. О., Гудков В. А., Міротін Л. Б., Юдін В. А., Антошвілі М. Є., Вакуленко С. П., Аксьонов І. М., Іловайський М. Д., Кулаєв Ю. Ф., Сич Є. М., Гудкова В. П., Макаренко М. В., Мірошніченко О. Ф., Христофор О. В., Єфремов І. С., Нікітіна А. Н., Габа В. В., Марінцева Х. В. та інші [1-17].

Аналіз результатів виконаних досліджень показав, що на сьогодні недостатньо розкрита змістовна частина шляхів підвищення ефективності функціонування пасажирського комплексу України.

Метою дослідження є спроба удосконалити змістову частину, систематизувати та чіткіше окреслити шляхи підвищення ефективності функціонування пасажирського комплексу України.

Викладення основного матеріалу

Пасажирський транспорт для суспільства має велике соціально-економічне значення, оскільки він впливає на життєзабезпечення держави. Пасажирські перевезення виконує залізничний, автомобільний, повітряний та водний (морський та річковий) транспорт. Сфера використання, а також оптимальний радіус дії кожного виду залежить від багатьох чинників. Вибираючи вид транспорту, пасажирів порізно оцінюють переваги і недоліки кожного з них, насамперед оцінюють безпеку, надійність, регулярність, вартість проїзду, умови пересування (зручність, комфорт), швидкість і витрати часу на проїзд до місця призначення.

Конкуренція на ринку транспортних послуг вимагає постійного удосконалення транспортних засобів і технологій та організації пасажирських перевезень.

Динамічність транспортного ринку в поєднанні з конкуренцією значно ускладнює діяльність усіх складників транспортної системи, спрямовану на повне і своєчасне задоволення потреб населення в перевезеннях. Конкуренція спонукає до підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів, ефективності і якості роботи транспортної системи. Завдання якісного обслуговування пасажирів в умовах ринку дуже складне. Його розв'язання потребує пошуку оптимальних рішень не тільки транспортними організаціями, а й іншими галузями економіки, які забезпечують транспорт матеріальними ресурсами і технікою.

Умови виконання транспортом завдань з якісного перевезення пасажирів на тепер дуже складні. Вони характеризуються такими ознаками:

- постійними змінами обсягів пасажирських перевезень і посиленням вимог до їх здійснення;
- намаганням в досягненні суттєвих зрушень у відродженні економіки держави;
- необхідністю реалізації вимог енергозбережної політики, через постійне зростання вартості енергоносіїв і велику залежність нашої держави від зовнішніх чинників;
- необхідністю дотримання умов охорони навколишнього середовища;
- необхідністю підвищення ефективності використання основних виробничих фондів;
- якісним підвищенням рівня перевізної роботи.

Теперішні тенденції на ринку пасажирських перевезень, прогнозне зростання потреб у пасажирських перевезеннях, підвищення їх якості вимагають широкого використання досягнень науково-технічного прогресу, вітчизняного і закордонного досвіду у сфері створення нової транспортної техніки і розробки та впровадження сучасної технології перевезень. Крім того, у процесі вдосконалення пасажирських перевезень виникають специфічні для пасажирських сполучень труднощі:

- **об'єктивні**: значні труднощі у довгочасному плануванні і прогнозуванні структури, розмірів та напрямів перевезень пасажирів через невизначеність попиту;
- **суб'єктивні**: збереження ставлення до па-

сажирських перевезень як до другорядних (порівняно з вантажними), що призводить до меншого виділення ресурсів, ніж для вантажних перевезень.

Інколи труднощі в перевезенні вантажів усуваються за рахунок пасажирських перевезень (зменшення швидкостей руху пасажирських поїздів, пріоритетний пропуск вантажних поїздів та ін.).

Соціально-економічне значення системи пасажирських перевезень для суспільства полягає у тому, що:

- пасажирськими сполученнями охоплюється все населення держави;

- пасажирські перевезення сприяють розвитку і зміцненню економічних, соціальних та культурних зв'язків між регіонами і державами;

- зв'язуються в одне ціле різні регіони держави;

- забезпечується природна міграція населення;

- чиниться вплив на розвиток міжнародних зв'язків;

- формується престижність тих чи інших районів розселення, вибору місць роботи, навчання і відпочинку;

- рівень продуктивності праці, чіткість організації виробничого процесу перебуває в прямій залежності від якості пасажирських перевезень;

- більш раціонально використовуються трудові ресурси, збільшуються радіуси територій, з яких трудові ресурси залучаються до виробництва, більш повно використовуються основні виробничі та житлові фонди завдяки введенню швидкісних та високошвидкісних сполучень у пасажирських перевезеннях;

- забезпечується систематичне задоволення соціально і економічно виважених заявок на перевезення в будь-який період року, в будь-якому напрямі при задоволенні необхідного рівня комфорту;

- своєчасність доставки пасажирів у пункти призначення забезпечується наявністю гарантованих термінів доставки пасажирів, що зумовлено дотриманням розкладів руху поїздів (автобусів, суден, літаків), тим самим пасажирам надається можливість використання вільного часу на свій розсуд;

- дотримання перевізниками вимог підвищення якості обслуговування пасажирів, що оцінюються відповідними критеріями, які регламентують рівень якості обслуговування па-

сажирів і наданого їм комфорту, сприяє підтриманню доброго гумору і фізіологічного стану пасажирів.

Наведені складники соціально-економічного значення системи пасажирських перевезень ставлять специфічні вимоги до техніки і технології перевезень. Систематизація та об'єднання в одне ціле цих вимог визначають умови створення чіткої і ефективної системи пасажирських сполучень у масштабі держави, яка включає різні види транспорту, що взаємодіють між собою. *Отже, формування і функціонування системи пасажирських сполучень має здійснюватися в рамках єдиної транспортної системи з урахуванням взаємодії та узгодженості вантажних і пасажирських перевезень на загальних принципах єдиної системи.*

Такими принципами є забезпечення комплексного розвитку і використання всіх видів транспорту, а також їх взаємодії в технічному, технологічному, соціально-економічному, організаційному і правовому аспектах. Для розв'язання проблеми розвитку системи пасажирських перевезень в державі важливо визначити раціональні шляхи виконання поставлених перед нею завдань, чітко окреслити цілі, які необхідно досягати.

Ринкові умови потребують постійного пошуку сучасних методів оперативного управління пасажирськими перевезеннями для того, щоб зберегти сталі положення і функціонування транспортних підприємств на ринку транспортних послуг, забезпечити зниження експлуатаційних витрат і збільшення прибутків. Перспектива стабілізації економічних процесів в нашій державі призведе до постійного збільшення пасажирських перевезень, що потребує перебудови у стислі терміни роботи всього пасажирського комплексу держави через розв'язання великої кількості різноманітних завдань з удосконалення технічного і технологічного складників процесу перевезень пасажирів. *Головне завдання влади полягає у створенні сучасного, ефективного за ринкових умов пасажирського транспорту, прибутковість якого буде зростати не лише завдяки збільшенню обсягів перевезень, а раціональному використанню основних фондів і скороченню матеріальних та фінансових витрат на перевезення.*

Ефективність функціонування пасажирського комплексу в перспективі залежить від точності визначення стратегії і тактичних шляхів реалізації реструктуризації та розвитку господар-

ства, а також *забезпечення раціональної організації роботи всіх підрозділів пасажирського транспорту*. Розв'язуючи завдання підвищення ефективності роботи пасажирського господарства держави, слід спиратися на: державну політику з розбудови сучасної європейської держави; рішення та практичні дії державних і галузевих органів щодо політичної й економічної інтеграції України до європейської та світової спільнот держав і їх транспортних систем; збереження і розвиток наявних рівноправних економічних і культурних зв'язків з державами СНД; структурну перебудову галузі з урахуванням реальної динаміки і географії пасажиропотоків і практичного вітчизняного та світового досвіду.

Транспортний комплекс — важливий складник економіки держави, який забезпечує життєдіяльність суспільства. Нормальне, злагоджене функціонування всього комплексу залежить від роботи великої кількості структурних підрозділів, зокрема з обслуговування пасажирів. Розв'язання завдання підвищення ефективності роботи транспортної галузі в цілому суттєво залежить не тільки від якісного здійснення перевезень, а й від зниження собівартості пасажирських перевезень. Тому проблема забезпечення економічного управління пасажирськими перевезеннями сьогодні потребує розробки цілісної системи заходів для усунення недоліків у сфері організації соціально значущих пасажирських перевезень. У зв'язку з цим якісне розв'язання названої проблеми прямо залежить від упровадження в практику сучасної техніки і новітніх технологій. Пріоритетним напрямом в діяльності транспортної галузі є також забезпечення ефективного використання основних фондів і особливо транспортних засобів (вагонів, локомотивів, автобусів, літаків, суден) та їх оновлення.

Отже, важливий аспект в обґрунтуванні шляхів підвищення ефективності роботи пасажирського транспорту полягає у визначенні того, яким чином найбільш ефективно використовувати наявні ресурси кожного підприємства. В рамках нинішньої конкуренції у разі не розв'язання цього завдання транспортне підприємство втратить на ринку свою конкурентоспроможність, що призведе до його ліквідації. Для оцінки ефективності роботи, використання основних та обігових фондів, видів діяльності кожного транспортного підприємства використовують спеціальну систему показників. У су-

часних умовах ефективність функціонування будь-якого підприємства часто оцінюється з використанням показника *рентабельності*, а також визначається *фінансовий результат* діяльності підприємства (збиткове або прибуткове).

Жорстка конкуренція на ринку транспортних послуг спонукає транспортні підприємства до проведення систематичних і докладних аналізів своєї діяльності, на підставі яких буде обґрунтовано даватися економічна оцінка роботи підприємства в цілому, кожного його підрозділу і виду діяльності. Така докладність надасть можливість своєчасно виявляти недоліки в роботі на кожному етапі процесу перевезень пасажирів, оцінювати їх наслідки, запобігати їхній появі та швидко реалізовувати ефективні заходи щодо їх усунення (якщо вони виникли). Крім того, на підставі результатів таких аналізів підприємство має відпрацьовувати тактику і стратегію поведінки на транспортному ринку.

Гнучка економічна політика підприємства у поєднанні зі своєчасною реалізацією ефективних заходів щодо впровадження нової техніки і прогресивної технології забезпечать рентабельність роботи підприємства, що підвищить ефективність функціонування пасажирського комплексу України і призведе до ліквідації збитковості деяких видів пасажирських перевезень, зокрема залізничних. Серед причин збитковості залізничних пасажирських перевезень виділяють такі:

- недостатня відповідність обсягів руху пасажирських поїздів реальному попиту на деяких напрямках;
- невисока населеність окремих пасажирських поїздів;
- недоліки тарифної та державної політики у сфері пасажирських перевезень.

Задля подолання цих негативних явищ необхідно *запровадити в практику управління залізничними пасажирськими перевезеннями системи* проведення економічних аналізів і визначення рентабельності конкретних пасажирських поїздів, особливо в далекому сполученні. Це дасть змогу *зіставляти доходи та витрати кожного поїзда*, виявляти шляхи зменшення збитковості пасажирських перевезень за рахунок більш ефективного використання пасажирського вагонного парку (збільшення кількості рейсів відповідно до реального пасажиропотоку; упровадження взаємозамінності поїздів на різних маршрутах за рахунок використання уніфікованих схем; введення нових рентабель-

них поїздів; зменшення кількості нерентабельних поїздів та ін.).

Результати таких аналізів і розрахунків слугуватимуть базою для визначення доходів та калькуляції витрат не тільки конкретних пасажирських поїздів, а й пасажирських залізничних перевезень загалом. Такі методичні підходи до визначення ефективності пасажирських перевезень на залізничному транспорті можуть бути корисними при розв'язанні аналогічного завдання для інших видів транспорту.

Висновок

Підвищення ефективності функціонування пасажирського комплексу України можливе за рахунок:

- подальшого удосконалення комплексу державного регулювання системи перевезень пасажирів (організація транспортного ринку, ліцензування діяльності, контроль транспортних тарифів, податкове регулювання, розробка і контроль виконання екологічних стандартів, норм безпеки й охорони праці);

- проведення реструктуризації системи управління пасажирським комплексом на підставі принципів ринкової економіки й орієнтації цієї системи на потреби пасажирів;

- удосконалення правової бази пасажирського комплексу держави через ухвалення на рівні Верховної Ради України необхідних законів, а також щорічне визначення індексації пасажирських тарифів і розмірів компенсацій транспортних витрат в державному бюджеті та ін.;

- вилучення з експлуатації морально застарілих і фізично зношених транспортних засобів (рухомого складу) і заміна їх новими;

- забезпечення максимальної координації та інтеграції всіх елементів перевізного процесу кожного виду транспорту, а також взаємодії всіх видів транспорту;

- впровадження комплексних автоматизованих систем управління пасажирськими перевезеннями;

- раціоналізації організації пасажирських перевезень заради забезпечення високого рівня і якості обслуговування населення у поєднанні з ефективним використанням рухомого складу;

- раціоналізації графіків руху транспортних засобів;

- забезпечення на основі принципу компромісного рішення раціонального рівня обслуго-

вування пасажирів, який визначається зіставленням витрат, доходів і визначенням прибутку;

- впровадження економічно обґрунтованих тарифів, які, з одного боку, не мають бути збитковими, а з іншого — забезпечувати доступність громадського транспорту для всіх верств населення і не погіршувати добробут людей;

- формування і впровадження доцільної системи сервісного обслуговування пасажирів, яка передбачала би розширення і підвищення якості послуг, розвиток рекламної діяльності тощо;

- розробки і впровадження у роботу рухомого складу системи економічної діяльності транспортних підприємств задля визначення техніко-економічних показників в інтересах кожного підрозділу, транспортного засобу, зіставлення витрат і доходів від здійснення пасажирських перевезень;

- зменшення «хронічної» збитковості пасажирських перевезень на залізничному транспорті і ліквідації практики покриття збитків від них за рахунок прибутку від вантажних перевезень через вжиття рішучих заходів, а саме: підвищення маршрутної швидкості пасажирських поїздів; подальше впровадження руху денних поїздів; оптимізацію композиції поїзду з більшим урахуванням реальних пасажиропотоків та їх структури; підвищення комфортності пасажирських поїздів; ліквідацію збиткових маршрутів; скорочення терміну перебування рухомого складу в пунктах обороту; збільшення населеності пасажирських поїздів; оптимізацію підв'язки пасажирських поїздів за окремими маршрутами та ін.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кочнев, Ф. П. Пассажи́рские перевозки на железнодорожном транспорте / Ф. П. Кочнев. – Москва : Транспорт, 1980. – 496 с.

2. Кочнев, Ф. П. Оптимальные параметры пригородных пассажирских перевозок / Ф. П. Кочнев. – Москва : Транспорт, 1975. – 304 с.

3. Пазойский, Ю. О. Оптимизация параметров системы освоения пригородных пассажиропотоков в условиях мегаполиса : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08 / Юрий Ошарович Пазойский. – Москва : МИИТ, 2000. – 47 с.

4. Иловайский, Н. Д. Сервис на транспорте (железнодорожном) : учеб. для вузов / Н. Д. Иловайский. – Москва : Маршрут, 2003. – 590 с.

5. Аксенов, И. М. Основы маркетинга в сфере пассажирских перевозок / И. М. Аксенов. – Киев :

КМУГА, 1999. – 185 с.

6. Аксьонов, І. М. Організація пасажирських приміських перевезень : навч. посіб. / І. М. Аксьонов, П. О. Яновський. – Київ : КУЕТТ, 2002. – 67 с.

7. Аксьонов, І. М. Створення економічного механізму управління пасажирським комплексом залізничного транспорту України : автореф. дис. ... д-ра екон. наук / Іван Михайлович Аксьонов. – Київ : Ранковий світ, 2008. – 34 с.

8. Сич, С. М. Пасажирський комплекс залізничного транспорту: розвиток і ефективність / С. М. Сич, В. П. Гудкова. – Київ : Аспект-Поліграф, 2004. – 248 с.

9. Мирошниченко, О. Ф. Комплексная система маркетинговых исследований рынка пассажирских перевозок дальнего следования / О. Ф. Мирошниченко, В. А. Милевская, С. С. Пастухов // Экономика железных дорог. – 2008. – № 3. – С. 41-58.

10. Габа, В. В. Визначення розмірів руху приміських поїздів на ділянці методом цілочисельного програмування / В. В. Габа, Т. М. Грушевська // Залізничний транспорт України. – 2013. – № 3/4. – С. 30-33.

11. Доля, В. К. Пасажирські перевезення / В. К. Доля. – Харків : Вид-во «Фор», 2011. – 507 с.

12. Христофор, О. В. Можливості і перспективи впровадження швидкісних двосистемних міжрегіональних поїздів з розподіленою тягою / О. В. Христофор. – Київ : А. ЯНОВСКИЙ

тофор, Т. С. Мельник // Залізничний транспорт України. – 2011. – № 3. – С. 53-57.

13. Макаренко, М. В. Проблеми і вектори розвитку перевезень пасажирів і вантажів залізничним транспортом України / М. В. Макаренко, І. М. Гойхман // Залізничний транспорт України. – 2011. – № 4. – С. 60-62.

14. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок : учеб. пособие для вузов / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – Москва : Высш. школа. – 1980. – 535 с.

15. Никитина, А. Н. Доступность пассажирского транспорта для населения с точки зрения формирования тарифа / А. Н. Никитина. – Москва : Изд-во «Молодой ученый», 2012. – № 8. – С. 134-136.

16. Цибулка, Я. Качество пассажирских перевозок в городах / Я. Цибулка ; пер. с чешск. И. В. Шварца. – Москва : Транспорт, 1987. – 239 с.

17. Горбачов, П. Ф. Дослідження часу очікування пасажирів на зупиночних пунктах міського пасажирського транспорту / П. Ф. Горбачов, В. М. Чижик // Автомобильный транспорт. – 2012. – Вип. 30. – С. 134-138.

Статья рекомендована к публикации к.т.н., доц. Коробовой Р. Г. (Украина)

Надійшла до редколегії 08.05.2016.

Прийнята до друку 10.05.2016.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПАСАЖИРСКОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНЫ

Важность пассажирского транспорта в экономически развитом обществе является ключевой темой статьи. Пассажирские перевозки выполняются разными видами транспорта, при этом место, роль и география использования каждого из них зависит от многих факторов. Максимальное качество и удовлетворение потребностей населения при перевозках в основном обеспечивается рациональным и экономичным использованием технологий. Пассажиры с учетом качества транспортных услуг выбирают вид транспорта, что, в конечном счете, и формирует транспортные расходы.

Конкуренция приводит к улучшению качества обслуживания транспортом пассажиров и повышению эффективности всех компонентов системы. Условия выполнения перевозок сложны и характеризуются постоянными изменениями в размерах, повышением требований к реализации и проведением политики энергоэффективности, эффективностью использования основных средств транспорта и отсутствием амортизации. При наличии объективных и субъективных трудностей, связанных с социально-экономической значимостью, потребность в пассажирском транспорте в обществе постоянно растет.

В статье раскрыты способы повышения эффективности пассажирских перевозок в Украине путем дальнейшего совершенствования комплексного государственного регулирования и нормативно-правовой базы перевозки пассажиров, реструктуризации управления пассажирского комплекса на основе принципов рыночной экономики и ориентации системы на потребности пассажиров. Кроме того, важно обеспечить максимальную координацию и интеграцию всех элементов перевозочного процесса на каждом виде транспорта, а также взаимодействие всех видов транспорта, и обеспечить внедрение комплексных автоматизированных систем управления пассажирскими перевозками. Обеспечение высокого качества услуг населению в сочетании с эффективным использованием подвижного состава позволит рационализировать организацию пассажирских перевозок, а достичь рационального уровня обслуживания пассажиров можно на основе принципа компромиссного решения путем сопоставления затрат, доходов и определения прибыли.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, транспортный комплекс, технические средства, эффективность, качество услуг, взаимодействие, компромиссное решение.

WAYS OF IMPROVING EFFICIENCY OF PASSENGER COMPLEX OF UKRAINE

The importance of passenger transport in the economically developed society is the key topic of the article. Passenger transportation included the variety of modes of transport, place, role and geographical position and each of them depends on many factors. Maximum quality and meeting the demand of people in traffic mostly accompanied by rational and economic use of technology. Passengers considering the quality of transport services, choosing a mode of transport what finally forms transportation cost.

Competition leads to better quality transport service for passengers and efficiency of all systems components. Conditions of transportation performance of cause to many complex problems, characterized by constant changes in traffic volumes, increased requirements for their implementation and in conducting energy conservation policy, compliance efficiency of fixed assets of transport and lack of depreciation assets. When objective and subjective difficulties of socio-economic importance are present, the demand of passenger transport to society is constantly increasing.

The article disclose the ways of improving the efficiency of passenger transport by counting the Ukraine possible further improvement of complex government regulation and legal framework of the transportation system of passengers restructuring passenger transport management based on market economy principles and orientation of the system to the needs of the passenger. In addition, it is important to ensure maximum coordination of those integration of all elements of the transportation process each mode of transport, cooperation of all, to ensure the introduction of integrated transport systems authorized for passenger traffic. Providing high quality services to the population, combined with effective use of rolling stock can achieve rationalization organization of passenger transport schedules movement of vehicles on the basis of a compromise on service passengers, who recognized the comparison of costs, revenues and profit definition.

Keywords: passenger transport, transport complex, technical means, efficiency, quality of service, cooperation, compromise solution.

Наукове видання

З Б І Р Н И К

наукових праць

**Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

«ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»

Випуск 11

(українською, російською та англійською мовами)

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
КВ № 17328-6098Р від 14.10.2010 р. видане Міністерством юстиції України*

Відповідальний за випуск *Р. Г. Коробйова*
Комп'ютерне верстання *Р. Г. Коробйова*

Статті в збірнику друкуються в авторській редакції

Формат 60x84¹/₈. Ум.друк.арк. _____. Тираж 150 пр. Зам. № _____

Віддруковано у видавництві Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.
вул. Лазаряна, 2, кім. 1201, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003.

Адреса редакції та видавця:

вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна
Тел.: +38 (0562) 33-19-13, e-mail: rgkorobyova@rambler.ru
<http://tsst.diit.edu.ua>