

ISSN 2222-419X. Збірник наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». 2011. Випуск 1.1-112

ISSN 2222-419X

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ



З Б І Р Н И К

наукових праць
Дніпропетровського національного університету залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

«ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»

Випуск 1

2011

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

З Б І Р Н И К

наукових праць

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

«ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»

Засновано в 2011 році

Випуск 1

Дніпропетровськ
2011

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 09.03.2011 р., протокол № 8*

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. В. Ломотько, Є. В. Нагорний,*
В. В. Скалозуб, доктор фізико-математичних наук *В. І. Гаврилюк*

Д 54 **Збірник** наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2011. – Вип. 1. – 112 с.
ISSN 2222-419X

У 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.

ISSN 2222-419X

© Дніпропетр. нац. ун-ту залізн.
трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2011

ЗМІСТ

М. І. БЕРЕЗОВИЙ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) РОЗРАХУНОК ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ПРИ УДОСКОНАЛЕННІ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ	5
П. В. БЕХ, О. В. ЛАШКОВ, Н. В. РУДЕНКО (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ДОСВІД ФРН В ОБЛАСТІ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	9
П. В. БЕХ, О. В. ЛАШКОВ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ЗАЛІЗНИЧНИЙ Й ІНШІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ: КОНКУРЕНЦІЯ ЧИ СИНЕРГЕТИКА?	13
В. И. БОБРОВСКИЙ, А. В. КУДРЯШОВ (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна) СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАСФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВОВ НА ГОРКАХ	17
В. И. БОБРОВСКИЙ, А. С. ДОРОШ, А. И. КОЛЕСНИК (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна) АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КОНСТРУКЦИИ ПЛАНА ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОЧНЫХ ГОРЛОВИН	22
В. И. БОБРОВСКИЙ, А. И. КОЛЕСНИК, А. С. ДОРОШ (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна) СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЛАНА ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОЧНЫХ ГОРЛОВИН	27
Р. В. ВЕРНИГОРА, В. В. МАЛАШКІН (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ПІДГОТОВКА ДСП СТАНЦІЙ ДІЛЯНКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСУ	34
І. Л. ЖУРАВЕЛЬ, В. В. ЖУРАВЕЛЬ, М. О. ДУДКА (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) РАЦІОНАЛЬНА ВЗАЄМОДІЯ СОРТУВАЛЬНОЇ ТА ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ У ЗАЛІЗНИЧНОМУ ВУЗЛІ	38
В. В. ЖУРАВЕЛЬ, Г. І. ПЕРЕСТА, І. Л. ЖУРАВЕЛЬ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ВПЛИВ ТОЧНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ ВІДЧЕПІВ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ ПІРКИ	42
Д. М. КОЗАЧЕНКО (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ДОСЛІДЖЕННЯ ОБЛАСТІ ДОПУСТИМИХ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ	46
Р. Г. КОРОБІЙОВА (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБСЯГІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ	50
Г. Я. МОЗОЛЕВИЧ, В. І. ТІТЯПОВ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ТРАНСЛЬОР – НОВА ЗАПОРУКА ПОКРАЩЕННЯ ГРОМАДСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ДНІПРОПЕТРОВСЬКА	54
О. А. НАЗАРОВ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ЗАПОВНЕННЯ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ ВАГОНАМИ З БЕЗПЕЧНОЮ ШВИДКІСТЮ	58

В. М. ОВЧИННИКОВ, С. А. ПОЖИДАЕВ, Н. Г. ШВЕЦ, В. В. СКРЕЖЕНДЕВСКИЙ (Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Республика Беларусь) СОКРАЩЕНИЕ РАСХОДА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА МАНЕВРАХ	62
А. М. ОКороков (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна), О. В. ГОЛОВЧЕНКО (Іллічівський Морський Торгівельний Порт), О. О. БЕРКО (Одеський Морський Торгівельний Порт) ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТА ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ У МІЖНАРОДНОМУ ЗАЛІЗНИЧНО-ПОРОМНОМУ СПОЛУЧЕННІ	71
Г. І. ПЕРЕСТА, Т. В. БОЛВАНОВСЬКА (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) АНАЛІЗ ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ВЕЛИЧИНУ ОБОРОТУ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА ...	75
Г. И. ПЕРЕСТА, Ю. В. ЧИБИСОВ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ	78
І. Я. ПЕРЕСТА, Л. О. ЯРИШКІНА, С. І. МУЗИКІНА, Ю. В. ЗЕЛЕНЬКО, І. Л. ЖУРАВЕЛЬ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОФІЛАКТИЧНИХ ЗАХОДІВ ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ	82
С. А. ПОЖИДАЕВ (Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Республика Беларусь) АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ	89
О. І. ТАРАНЕЦЬ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ НА ГІРКАХ	95
О. И. ХАРЧЕНКО (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна) ВЕКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДОСТАВКИ ГРУЗА ...	99
А. М. ШЕПЕТА, Р. Г. КОРОБІЙОВА (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВЛАСНИХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ В РИНКОВИХ УМОВАХ	102
В. З. ЯНЕВИЧ, С. М. ЦЕРКОВНИЙ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна) ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРИ АНАЛІЗІ РОБОТИ СТАНЦІЙ І ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ ПІДПРИЄМСТВ	106

М. І. БЕРЕЗОВИЙ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

РОЗРАХУНОК ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ПРИ УДОСКОНАЛЕННІ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ

Розглянуто загальні експлуатаційні витрати сортувальних станцій, пов'язані з поїздоутворенням. Виділено статті експлуатаційних витрат, величина яких залежить від спеціалізації сортувальних колій у парках накопичення технічних станцій та виконано їх нормування для розрахунку раціональної спеціалізації цих колій.

Рассмотрены общие эксплуатационные расходы сортировочных станций, связанные с поездообразованием. Выделены статьи эксплуатационных расходов, величина которых зависит от специализации сортировочных путей в парках накопления технических станций и выполнено их нормирование для расчета рациональной специализации этих путей.

General maintenance costs connected with train formation are considered and reviewed. There were determined the articles of expenditure, the size of which depends on the track specialization in the accumulating yards. The rate setting of these expenditure rational track specialization was completed as well.

1. Вступ

Впровадження енергозберігаючих технологій на залізничному транспорті є однією з сучасних актуальних задач поряд із модернізацією та оновленням рухомого складу, введенням у дію швидкісних магістралей, тощо. Особливої важливості набувають заходи, що дають економічний ефект без додаткових капіталовкладень. Одним із таких заходів є удосконалення спеціалізації (способу закріплення окремих призначень плану формування поїздів за коліями чи групами колій у парках накопичення составів) сортувальних колій на технічних станціях Укрзалізниці шляхом перерозподілу призначень між коліями. При цьому не передбачається зміна технічного забезпечення сортувальних парків, тому в якості критерію оптимальності слід приймати мінімум експлуатаційних витрат.

2. Огляд наукових робіт з даної проблеми

У наукових роботах, що присвячені даній проблемі пропонуються різні шляхи встановлення спеціалізації сортувальних колій.

Так в роботах [1, 2] та в ряді інших наукових праць при розробці спеціалізації колій в парках накопичення рекомендується враховувати співвідношення потужності призначень і довжин колій, забезпечувати рівномірний розподіл відцепів по пучках сортувального парку шляхом закріплення найпотужніших призначень до різних пучків та пропорційність сумарної потужності призначень окремих пучків і загальної місткості колій пучка, тощо. Спеціалізації сортува-

льних колій за даними принципами була впроваджена на станції Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці, але відсутність чіткої методики вибору раціональної спеціалізації призвело до того, що за останні 20 років спеціалізація змінювалася тільки при введенні та змінах у плані формування поїздів.

Роботи авторів з Ростовського університету шляхів сполучення [3], спрямовані на розробку оптимальної спеціалізації сортувальних колій, ставлять за мету підвищення переробної спроможності сортувальної гірки. Методика вибору спеціалізації колій ґрунтується на максимізації кількості ділень відцепів на головних, розташованих найближче до горба гірки стрілочних переводах. Як наслідок зростає швидкість розпуску і переробна спроможність гірки. З цією метою пропонується при розрахунку спеціалізації для призначень, групи вагонів в яких найбільш часто розташовуються поряд в складах, що розформовуються, виділяти колії в різних пучках сортувального парку.

У ряді робіт, присвячених аналізу напрямків підвищення ефективності сортувального процесу, розглядаються питання впровадження паралельного розпуску составів та розробки відповідної спеціалізації сортувальних колій. Спеціалізація повинна бути спрямована на оптимізацію маршрутів перестановки составів, що потребують повторного сортування, в парк прибуття та зменшення обсягів повторного сортування вагонів. Слід відзначити, що використання паралельного розпуску составів у сучасних умовах не є актуальною задачею через відсутність необхід-

ного технічного оснащення та незначні розміри вагонопотоків у розформування на переважній більшості технічних станцій.

В умовах недостатньої кількості колій в парку накопичення використовується гнучка спеціалізація колій [4]. Цей захід є оперативним і використовується з метою забезпечення процесу розформування поїздів при недостатній кількості колій чи в умовах коливань середньодобових обсягів надходження в розформування вагонів окремих призначень. Прикладом може бути станція Знам'янка Одеської залізниці, де впроваджена на постійній основі саме гнучка спеціалізація колій сортувального парку.

Таким чином, традиційні методи вибору спеціалізації сортувальних колій ґрунтуються на вирішенні питань, що вирішують одну конкретну проблему: покращення умов розпуску составів, зменшення витрат на повторне сортування вагонів, можливість збільшення переробної спроможності гірки, тощо. При такому підході не розглянутими залишаються питання впливу на процес поїздоутворення характеристик призначень плану формування поїздів, сор-

тувальних колій, витрат на закінчення формування та виставку составів.

3. Аналіз структури експлуатаційних витрат на поїздоутворення та факторів впливу на їх величину

Виконані дослідження [5] показали значну різницю між технічними характеристиками сортувальних колій одного парку: корисними довжинами, поздовжніми ухилами в межах корисної довжини та параметрами стрілочних горловин. Крім цього було виявлено, що окремі призначення плану формування поїздів також мають широкий діапазон коливання значень технічних характеристик: потужності призначення $N_{\text{доб}}$, ваг./добу; середніх значень довжини відчепа $M[n]$, ваг. та ваги вагону $M[q_v]$, т.

Наведене вище потребує врахування при визначенні експлуатаційних витрат на поїздоутворення, пов'язаних зі зміною спеціалізації сортувальних колій.

Загальна структура експлуатаційних витрат, пов'язаних з розформуванням-формуванням поїздів на сортувальних станціях наведена на рис. 1.



Рис. 1. Загальна структура експлуатаційних витрат, пов'язаних з розформуванням-формуванням поїздів

Дослідження виконані у [6] показали, що спеціалізація сортувальних колій не впливає на величину інтервалів між відчепами на розділових елементах, тобто на умови розпуску составів. Це пояснюється можливістю перерозподілу розділових інтервалів між відчепами завдяки інтервальному регулюванню швидкості їх скочування на 1-й та 2-й гальмівних позиціях. Спеціалізація сортувальних колій не впливає на енерговитрати на переведення стрілочних переводів по маршруту скочування відцепів та

незначною мірою впливає на величину енергетичних витрат на гальмування вагонів. Отримане значення розсіву обсягів споживання повітря на гальмування при різних варіантах спеціалізації в межах 4,7 % дає підставу знехтувати цими витратами.

Імітаційні експерименти по заповненню сортувальних колій вагонами [7] та їх підготовці до розформування наступного составу показали, що зміна спеціалізації сортувальних колій суттєво (до 37 %) впливає на тривалість їх під-

готовки до розформування шляхом заповнення „вікон” між вагонами з боку сортувальної гірки чи хвоста сортувального парку. Ідентифікацію отриманої моделі виконано з використанням симетричної трьохфакторної поліноміальної моделі типу $M_1 \times M_2 \times M_3$ шляхом проведення повного факторного експерименту. В якості факторів вибрано ухил сортувальної колії i_s , ‰, середні значення довжини відчепа $M[n]$, ваг. та ваги вагону $M[q_s]$, т. Функція відгуку – питома тривалість маневрових операцій по ліквідації «вікон» $t_{\text{ман}0}$, в розрахунку на один розформований вагон.

Після нормування значень коефіцієнтів отримана наступна модель для визначення тривалості маневрових операцій $t_{\text{ман}0}$ по підготовці s -ї колії до розформування чергового складу в розрахунку на 1 вагон:

$$\tilde{t}_{\text{ман}0,s} = 0,338 + 0,048i_j - 0,115M[n_s] - 0,075i_j M[n_s] + 0,025(M[n_s])^2. \quad (1)$$

Середньодобові витрати локомотиво-годин на підготовку сортувальних колій накопичення певного призначення до розформування чергового складу в грошовому еквіваленті розраховуються за формулою

$$c_{\text{пр},s} = 0,017e_{\text{л-г}} N_{\text{добі}} \tilde{t}_{\text{ман}0,s}, \quad (2)$$

де $e_{\text{л-г}}$ – розрахункова ставка на 1 локомотиво-годину маневрової роботи.

Дослідження впливу параметрів сортувальних колій, що виділені для накопичення призначень плану формування, на обсяги повторного сортування вагонів $M_{\text{дс}}$ [8] виконувались на основі імітаційного моделювання процесу поїздутворення у сортувальному парку. Результати експериментів показали суттєвий вплив потужності вагонопотоків на обсяги повторного сортування вагонів $n_{\text{віді}}$. В подальшому значення $n_{\text{віді}}$ встановлювалися шляхом проведення факторного експерименту з імітаційною моделлю. В якості факторів було обрано: довжину колії накопичення $l_{\text{ск}}$ в умовних вагонах та її співвідношення з довжиною складів, що накопичуються і формуються на цій колії; середньодобову потужність призначення за планом формування $N_{\text{доб}}$, ваг./добу; середню кількість вагонів даного призначення $M[n_{\text{при}}]$, ваг. в складі поїздів, що розформовуються; завантаження маневрових локомотивів формування складів $\varphi_{\text{лок}}$ в хвості сортувального парку.

Після нормування значень коефіцієнтів отримана наступна модель для визначення кількості вагонів, що поступають у відсів:

$$\tilde{n}_{\text{від},s} = 66,7 - 1,5l_{\text{ск}} + 0,073N_i + 0,867M[n_{\text{при}}] + 22\varphi_{\text{лок}}. \quad (3)$$

Середньодобові витрати локомотиво-годин на повторне сортування вагонів i -го призначення плану формування сортувальної станції з відсівної колії в грошовому еквіваленті розраховуються за формулою

$$c_{\text{пс},s} = \frac{(E_{\text{пс}}e_{\text{дп}} + 0,017T_{\text{пс}}e'_{\text{л-г}})\tilde{n}_{\text{від},s}}{0,25m_c}, \quad (4)$$

де $E_{\text{пс}}$ – витрати палива локомотивом ЧМЕЗ, необхідні для циклу маневрів повторного сортування;

$e_{\text{дп}}$ – вартість одного кг дизельного пального, грн.;

$e'_{\text{л-г}}$ – розрахункова ставка на 1 локомотиво-годину маневрової роботи без урахування витрат палива, грн.;

$T_{\text{пс}}$ – тривалість циклу повторного сортування, год.

Тривалість процесу закінчення формування поїздів $T_{\text{зф},s}$, год., залежить від кількості колій, виділених для накопичення вагонів певного призначення, та, при кількості таких колій понад одну, від їх взаємного положення в сортувальному парку.

Середньодобові витрати локомотиво-годин на закінчення формування поїздів окремого призначення з урахуванням вагонної складової у грошовому еквіваленті розраховуються за формулою

$$c_{\text{зф},i} = \frac{0,017T_{\text{зф},s} N_{\text{добі}} e_{\text{л-г}}}{m_c} + 0,017T_{\text{зф},s} N_{\text{добі}} e_{\text{в-г}}, \quad (5)$$

де $e_{\text{в-г}}$ – розрахункова ставка на 1 вагоно-годину;

m_c – кількість вагонів в складі поїзда.

Дослідження, наведені у [5] показують, що характеристики колій сортувальних парків реальних станцій з боку хвостової горловини для однієї станції можуть змінюватись у широких межах (довжини піврейсів заїзду $l_{\text{зх}}$, кількість стрілочних переводів по маршруту $k_{\text{стрх}}$, сума кутів повороту в стрілочних переводах та кривих $\sum \alpha_{\text{скх}}$). Це потребує врахування наведеного вище при розрахунку витрат на маневрові операції з виставки складів свого формування.

Середньодобові витрати на виставку складів свого формування в парк відправлення в частині, що відрізняються для різних сортувальних колій, з урахуванням вагонної складової у грошовому еквіваленті визначаються за формулою

$$c_{\text{вист},s} = 0,017 N_i e_{\text{в-г}} (t_{3,s} + t_{\text{в},s}) + \frac{(E_{\text{в},s} e_{\text{дп}} + 0,017 (t_{3,s} + t_{\text{в},s}) e'_{\text{л-г}} + C_{\text{кд},s}) N_i}{m_c}, \quad (6)$$

де t_3 та $t_{\text{в}}$ – відповідно тривалість заїзду маневрового локомотива на сортувальну колію під состав та виставки составу свого формування в парк відправлення, хв.;

$E_{\text{в},s}$ – витрати палива локомотивом ЧМЕЗ, необхідні для заїзду локомотива під состав і виставки состава з s -ї колії сортувального парку, кг;

$C_{\text{кд},s}$ – витрати, викликані збільшенням зносу рейок хвостової горловини і рухомого складу на 1 сформований состав на добу, грн., і можуть бути розраховані за формулою

$$C_{\text{кд},s} = \alpha_{\text{кд}} \sum \alpha_{x,s} - b_{\text{кд}} \sum K_{x,s}, \quad (7)$$

де $\sum \alpha_{x,s}$ та $\sum K_{x,s}$ – відповідно сума кутів повороту всіх кривих, град, що мають радіус повороту менше 1000 м та сумарна довжина відповідних кругових кривих, км по маршруту на s -ту колію в хвостовій горловині;

$\alpha_{\text{кд}}$ та $b_{\text{кд}}$ – норми додаткових витрат в кривих малих радіусів, віднесені відповідно на 1 градус кута повороту кривої та на 1 км кривої відповідного радіусу, грн.

Витрати, викликані збільшенням зносу рейок гірочної горловини і рухомого складу на 1 сформований поїзд на добу, грн., визначаються аналогічно наведеному вище для хвостової горловини за формулою

$$c_{\text{гк},s} = \frac{C_{\text{кд},s} N_i}{m_c}, \quad (8)$$

де $C_{\text{кд},s}$ – витрати, викликані збільшенням зносу рейок і рухомого складу на 1 сформований состав на добу, грн., при слідуванні вагонів на s -ту колію в процесі розпуску і можуть бути розраховані за формулою (8) з урахуванням значень $\sum \alpha_{x,s}$ та $\sum K_{x,s}$ – відповідно суми кутів повороту всіх кривих, град, що мають радіус повороту менше 1000 м та сумарної довжини відповідних кругових кривих, км по маршруту на s -ту колію в гірочній горловині;

4. Висновок

Таким чином, сумарні середньодобові витрати, грн., на формування поїздів певного призначення плану формування сортувальної станції визначаються за формулою

$$c_s = c_{\text{пр},s} + c_{\text{пс},s} + c_{\text{зф},s} + c_{\text{вист},s} + c_{\text{гк},s}. \quad (9)$$

Вихідними даними для побудови матриць величини експлуатаційних витрат закріплення призначень плану формування поїздів за коліями сортувального парку є: дані геодезичної зйомки сортувального парку; дані про корисні довжини колій та конструкції горловин парку; статистичні дані структури окремих вагонопотоків у розформування та план формування поїздів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Третьяк, Б. А. Совершенствование работы сортировочной станции [Текст] / Б. А. Третьяк, Н. М. Иванов // сб. тр. ДИИТа. Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: – Д., 1971. – Вып. 125/7. – С. 3-15.
2. Иванов, Н. М. Скользящая специализация сортировочных путей [Текст] / Н. М. Иванов, О. А. Олейник // Труды ДИИТ. – Д., 1968. – Вып. 90/6. – С. 20-41.
3. Пальчик, Л. В. Специализация путей подгоровочного парка путем максимальной интенсивности работы головной стрелки [Текст] / Л. В. Пальчик, Л. И. Бабкова, Г. А. Шляхина, А. А. Явна // Тр. РИИЖТа. – 1975. – Вып. 114. – С. 31-39.
4. Ратин, М. И. Преимущества скользящей специализации путей сортировочного парка [Текст] / М. И. Раткин // Вестн. ВНИИЖТ. – М., 1977. – №1. – С. 41-44.
5. Березовий, М. І. Аналіз технічного забезпечення сортувальних станцій України [Текст] / М. І. Березовий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Вип 6/3 (42). – С. 60-66.
6. Козаченко, Д. М. Аналіз впливу спеціалізації сортувальних колій на показники процесу розформування составів [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, О. І. Таранець // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2006. – №6/2(24). – С. 7-10.
7. Козаченко, Д. М. Дослідження впливу спеціалізації сортувальних колій на тривалість операцій по їх підготовці до розпуску [Текст] / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, М. І. Березовий // Вісник Дніпр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2008. – Вип. 24. – С. 34-37.
8. Козаченко, Д. М. Оптимізація розподілу сортувальних колій між призначеннями плану формування [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Р. Г. Коробйова // Вісник Дніпр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2008. – Вип. 22. – С. 52-55.

Надійшла до редколегії 01.03.2011

Прийнята до друку 01.03.2011

П. В. БЕХ, О. В. ЛАШКОВ, Н. В. РУДЕНКО (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ДОСВІД ФРН В ОБЛАСТІ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Аналіз реалізованих структурних реформ залізничного транспорту у ведучих країнах Європейського Союзу дозволяє об'єктивно оцінити різні підходи до структурної реформи залізничного транспорту в Україні.

Анализ реализованных структурных реформ железнодорожного транспорта в ведущих странах Европейского Союза позволяет объективно оценить разные подходы до структурной реформы железнодорожного транспорта Украины.

The analysis of the realized structural reforms of railway transport in the leading countries of European Union allows objectively to estimate different approaches to the structural reform of railway transport of Ukraine.

Аналіз реалізованих структурних реформ залізничного транспорту у ведучих країнах Європейського союзу – Великобританії, Німеччині, Франції і Швеції - дозволяє об'єктивно оцінити різні підходи до структурної реформи залізничного транспорту в Україні. Як порівнювальні параметри для аналізу узяті початкові умови реформ, основні структурні рішення і їхні результати за 7-8 річний період.

На початок реформи залізничного транспорту в європейських країнах були наступні умови:

- початкова точка відліку - 1991 рік: прийняття директиви Європейського Союзу «Про розвиток підприємств залізничного транспорту ЄС», що визначила необхідність проведення реформи і її умови;

- наявність до початку реформи досвіду функціонування державних залізничних компаній як суб'єктів господарювання;

- серйозні фінансові проблеми: велика заборгованість, збитковість пасажирських перевезень, утрата значної частки ринку через зростаючу конкуренцію з боку інших видів транспорту;

- відсутність проблеми перехресного субсидування, тому що збиткові пасажирські перевезення як суспільно значимі послуги субсидювалися державою;

- високий рівень інтегрування галузі, технічного прогресу і якості обслуговування користувачів;

- готовність держави до надання необхідної підтримки: погашення заборгованості, продовження субсидування збиткових видів перевезень, вкладення інвестицій в інфраструктуру й у ряді випадків, як, наприклад, у Німеччині, до рішення соціальних проблем працівників галузі;

- вимога міжнародних організацій (насамперед ЄС) прискорити початок і проведення ліберальних реформ;

- фактична відсутність значення фактора національної безпеки для даної галузі.

У липні 1991 р. Європейська Рада прийняла директиву №440, що визначає основні напрямки політики ЄС в області залізничного транспорту і містить в собі перелік вимог до залізниць країн - членів ЄС.

Директива 91/440 стала важливим додатковим стимулом реформи і у той же час істотно вплинула на її зміст. Відповідно до цієї директиви від країн - членів ЄС потрібно:

- додати їх національним залізничним системам повну господарську самостійність;

- оздоровити їхнє фінансове становище і списати або реструктурувати їхню довгострокову заборгованість;

- відокремити інфраструктуру від експлуатаційної діяльності, принаймні, у фінансовій сфері (повний організаційний поділ допускається, але не є обов'язковим) і не допускати перерозподілу субсидій;

- гарантувати на справедливих комерційних умовах вільний доступ третіх сторін до колії та інших елементів залізничної інфраструктури;

- установити, що виконання соціально значимих функцій може бути покладене на залізницю тільки за умови наявності відповідних фінансових компенсацій.

Починаючи з 50-х років на залізницях Німеччини з'явилися наростаючі труднощі, що знайшло своє відображення в падінні їхньої частки на ринку транспортних послуг і стрімкому збільшенні дефіциту. Ослаблення позицій

залізничного транспорту стало результатом цілої сукупності факторів, а саме:

- лавиноподібного росту кількості власних автомашин;
- розвитку і якісного удосконалювання автотодорожньої мережі;
- зміни характеру запропонованих до перевезення вантажів, що характеризується зниженням питомої ваги тих видів вантажів, транспортування яких залізничним транспортом найбільш зручне;
- розробки нових концепцій і методів логістики, для втілення яких автомобільний транспорт виявився найбільш придатним.

Поряд з перерахованими факторами загальноекономічного характеру визначений вплив зробили також наступні специфічні фактори, що відносяться саме до залізничного транспорту:

- втручання держави в процес прийняття рішень по керуванню залізничним транспортом; обмеження, що накладаються Законом про державні підприємства і Законом про бюджет (так, наприклад, всі інвестиції на суму понад 5 млн. марок повинні були затверджуватися в кожному окремому випадку федеральним міністерством транспорту за узгодженням з федеральним міністерством фінансів);
- недостатня ефективність і гнучкість керування;
- порівняно тверді тарифи і ціни, що затверджувалися державою, підміняли ринкові ціни, регульовані попиту та пропозицією;
- відсутність можливостей для фінансового стимулювання працівників, оскільки залізничні працівники були державними службовцями тому керівні принципи, що стосуються винагороди працівників, або присудження премій, повинні були затверджуватися трьома різними міністерствами;

- німецькі провінції (землі) використовували своїх представників у Наглядацькій Раді для відстоювання місцевих інтересів. Закон про залізниці в Німеччині давав їм право одержувати інформацію про рішення, що стосується керування залізницями, і впливати на прийняття таких рішень.

У результаті сукупної дії всіх перерахованих вище факторів частка Федеральних залізниць ФРН у пасажирських перевезеннях на території країни (за винятком східних земель) скоротилася з 16 % у 1960 р. до 6 % у 1990 р., і у вантажних за ті ж роки - з 37 % до 20 %.

Нарешті, після об'єднання Німеччини в 1990 р, залізниці ФРН зіткнулися з нелегкою проблемою адаптації в єдину транспортну

мережу країни залізниць колишньої НДР, що в умовах руйнування централізованої економіки виявилися на грані краху. Для того щоб привести цю систему у відповідність зі стандартами західнонімецьких залізниць, необхідно було зробити інвестиції, що по оцінках набагато перевищували, 100 млрд. марок.

У 1993 р. борги залізниць в обох частинах Німеччини досягли в сукупності 70 млрд. марок, що приблизно вдвічі перевищувало розмір їхнього річного доходу. Щорічно збитки від основної діяльності складали порядку 3-5 млрд. марок, при цьому щорічна фінансова підтримка з боку уряду зросла з 3,5 млрд. марок у 1970 р. до приблизно 13 млрд. марок у середині 80-х років.

У 1989 р. уряд створив Комісію з залізничному транспорту, для того, щоб остання рекомендувала методи, які б поставили всю систему на міцну фінансову основу (після об'єднання необхідно було враховувати і залізниці колишньої східнонімецької держави). За прогнозами Комісії, у 2000 р. втрати всієї системи залізничного транспорту в об'єднаній Німеччині повинні були скласти 41 млрд. марок. Це було б рівнозначне фінансовому краху всієї системи залізничного транспорту Німеччини.

У політичних і фінансових колах країни, у засобах масової інформації усе голосніше звучали вимоги реорганізувати залізниці і провести їхню повну або часткову приватизацію для того, щоб зменшити тиск на державний бюджет і підвищити ефективність роботи цього виду транспорту.

Одночасно на порядок денний встала і необхідність врахування вимог загальноєвропейської політики, що формується, в області залізничного транспорту.

Найбільш важливі моменти концепції реформи системи залізничного транспорту в Німеччині можна, на думку німецьких фахівців, звести до наступного:

- звільнення «нових» залізниць від їхнього боргового тягаря і так званих «успадкованих боргів», за які нові комерційні структури не могли нести відповідальність;

- створення організаційної структури, що дозволяла б об'єднаній системі залізничного транспорту ефективно переборювати існуючі недоліки системи і забезпечувати незалежне і відповідальне керівництво системою залізничного транспорту в майбутньому;

- вибір правової форми акціонерної компанії як найбільш ефективної з управлінської точки зору;

- у стратегічному і організаційному плані нова система залізничного транспорту повинна бути орієнтована на ті сфери підприємницької діяльності, що обіцяють залізничній компанії найкращі перспективи;

- чіткий поділ державних і комерційних функцій, а саме: відповідальність держави повинна обмежуватися державним сектором і функції, які виконуються в загальних інтересах, повинні здійснюватися на договірній основі, тобто послуги, надані залізничною компанією, повинні купуватися в неї;

- інвестиції в нову інфраструктуру, її заміну або розширення будуть вважатися обов'язком держави, як це має місце у випадку автомобільного, морського і повітряного транспорту, однак відповідальність за обслуговування інфраструктури буде нести сама залізнична компанія, а не якийсь державний орган по залізничному транспортові;

- держава візьме на себе відповідальність за інвестиції, необхідні для того, щоб привести в належний стан систему залізничного транспорту колишньої НДР, і пасажирські залізничні перевезення будуть побудовані по регіональному принципові, тобто відповідальність за них переходить до федеральних земель, що будуть отримувати необхідні послуги у залізничній компанії, використовуючи для цього фінансові засоби, надані федеральними органами влади.

На то, щоб ліквідувати всі перешкоди в законодавчій області, треба було майже два роки (вважаючи з моменту представлення комісією своєї доповіді).

Під впливом відзначених вище факторів парламент ФРН прийняв у грудні 1993 р. законопроект про залізничну реформу. Законопроект являє собою пакет з п'яти нових окремих законів, а також великого числа доповнень і виправлень, що відносилися до більш ніж 130 раніше прийнятих законодавчих актів. Прийняття законопроекту спричинило за собою необхідність змін і в Конституції ФРН, оскільки стаття 87 останньої установлювала відповідальність держави за функціонуванням залізничного транспорту.

Відповідно до обраної концепції реформи, її було вирішено проводити в кілька етапів. На першому етапі, що почався в січні 1994 р., залізниця ФРН і НДР були злиті воедино і перетворені в Акціонерне товариство "Німецькі залізниці" (АТ НЗ), весь пакет акцій якого залишився у власності держави. Поряд з АТ НЗ були засновані два нових державних відомства – Федеральне залізничне управління (ФЗУ) і Адміністрація

по управлінню нерухомим майном залізниць, яке не використовується ними в їхній повсякденній діяльності.

За пропозицією керівництва АТ НЗ і ведучих німецьких залізничних експертів концепція оздоровлення залізничного транспорту Німеччини була викладена в «Програмі дій акціонерного товариства «Німецькі залізниці» (AGPI). Ця програма являє собою план радикальної переорієнтації АТ НЗ у компанію, орієнтовану на ринок, на клієнта і на одержання прибутку.

У програму включено 180 різних проектів по всіх дев'ятьох галузевих і центральних підрозділах АТ НЗ.

Стратегічні задачі, поставлені перед АТ НЗ, сформульовані в концепції в такий спосіб:

1. Заходи, які орієнтовані на ринок:

- поліпшення якості і розширення асортименту послуг залізничного транспорту;

- розробка простій і зрозумілої для користувача системи цін і поліпшення збуту;

- оптимізація внутрішньої структури компанії і партнерів по кооперації, а також організація оперативних і стратегічних союзів.

2. Заходи щодо підвищення провізної спроможності залізничного транспорту за рахунок спрощення експлуатаційного процесу і застосування сучасної техніки, результатом чого повинне бути відчутне зниження витрат.

3. Удосконалення інструментів управління і керування, зокрема, шляхом застосування сучасної високопродуктивної обчислювальної техніки й інформаційних систем, що працюють в оперативному режимі.

4. Створення секторів по видах діяльності.

Одночасно зі створенням АТ НЗ усередині нової структури було створено кілька секторів по видах діяльності (бізнес-секторів). Такими секторами стали пасажирські перевезення дальнього сполучення, місцеві і приміські перевезення, перевезення вантажів, інфраструктура (колія і колійне господарство), а також служба тяги і депо. Кожен сектор має власний бюджет і зобов'язаний домагатися рентабельності.

Розробка концепції структурної реформи державних залізниць Німеччини почалася в 1989 році. Відповідні законодавчі норми, включаючи зміни в Конституції, набрали сили в 1994 році. У результаті цих перетворень була створена єдина вертикально інтегрована компанія - Deutsche Bahn AG - як холдингова компанія. Основною її задачею є керування концерном і виконання ролі єдиного акціонера в п'ятих акціонерних товариствах, у яких були

виділені окремі напрямки діяльності залізничного господарства [Geschäftsbericht, 1994]:

- мережа залізниць;
- вантажоперевезення;
- дальнє пасажирське сполучення;
- приміське сполучення;
- пасажирські вокзали;
- перевезення дрібних відправок;
- будівництво залізниць;
- заводи;
- депо.

К 2004 року були створені умови для котирування і продажу акцій окремих компаній і/або самої холдингової компанії на фондових біржах. При цьому Конституція встановлює, що більшість акцій компанії, що володіє інфраструктурою, повинне залишатися у власності держави.

В даний час відбувається виділення компанії, що володіє інфраструктурою, зі складу холдингу. Незважаючи на протидію керівництва холдингу, Міністерство транспорту Німеччини і компетентна незалежна консультативна комісія наполягають на тому, щоб монополія холдингової компанії на інфраструктуру повинна бути припинена. При цьому інфраструктура не підлягає приватизації і повинна залишатися у власності держави. Необхідність відокремити інфраструктуру від вантажо- і пасажироперевезень вважається незаперечною.

Порівняльна оцінка «німецької моделі» реформ

Наростання дефіцитів державних залізничних систем і падіння їхньої частки в загальних обсягах перевезень було не стільки специфічно німецької, скільки загальноєвропейської і навіть, у якомусь ступені, загальносвітовою тенденцією. Починаючи з другої половини 80-х років цілий ряд таких систем зштовхнувся з нагальною потребою проведення організаційних реформ, спрямованих на подолання даної тенденції, і до цього часу вже накопичений досвід, що дозволяє зіставити моделі реформ, випробувані в різних країнах.

У цьому зв'язку необхідно відзначити, що «німецька модель» одержала в міжнародній залізничній пресі одну з найбільш високих оцінок. Насамперед, вона розглядається як відносно вільна від елементів політизації й ідеологічного догматизму, властивих, на думку багатьох, «британській моделі» (у випадку з Великобританією, як вважають деякі фахівці, політичне керівництво заздалегідь визначило орієнтири реформи, виходячи з ідеологічних критеріїв, і

вже потім під ці критерії «підганялися» зміст і хід реформи). Приватизація, як підкреслюють німецькі фахівці, розглядалася у ФРН суцього як один із засобів підвищення ефективності, але не як самоціль.

Крім того, розроблювачі плану реформ і керівники галузі, а також уряд ФРН у цілому постаралися заручитися в питанні про реформування залізничного транспорту можливо більш широкою національною підтримкою.

Ще одна особливість німецької моделі реформи полягає в тім, що процес залізничної приватизації в Німеччині привів до фактичного переходу повноважень по організації залізничних перевезень у руки регіональної і місцевої влади, що підсилило їхні можливості планувати і здійснювати комплексний розвиток сфери транспорту у своїх регіонах: У законодавстві обумовлюється лише, що такий розвиток повинний проходити в контексті «Чесної і вільної конкуренції» між різними видами транспорту.

Нарешті в умовах німецької моделі процес планування соціально необхідних перевезень у більшому ступені відкритий для конкуренції, тому що перевізні послуги можуть надаватися будь-якою кількістю перевізників і на основі будь-якої кількості ліцензій.

Можна стверджувати, що «німецька модель» є однією з найбільш пророблених спроб знайти компроміс між загальними принципами ринкової ефективності (потребуєчими, крім іншого, максимальної гнучкості і максимального наближення менеджера і взагалі будь-якого працівника до результатів своєї праці) і специфічними умовами залізничного транспорту, успішність роботи якого багато в чому зв'язана саме з його здатністю функціонувати як єдине ціле або, принаймні, як система взаємопідтримуваних елементів. У цій якості досвід ФРН заслуговує на пильну увагу і подальше вивчення.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Efron B. Bootstrap methods: Another look at the jackknife. – Ann. Statist, 1979, v.7, pp. 1-26.
2. Klein M. A Primal Method for Minimal Cost Flows – Man. Sci., 14(3), 1967, pp. 205 – 220 c.
3. Sinnecker E. DB Cargo auf dem Weg in einen Verkehrsmarkt des Wandels. (Германские железные дороги и условия их функционирования на транспортных рынках ГПНТБ России), Eisenbahningenieur 48, 10 1997. – с. 8 – 10.
4. Syslo M. M., Kovalik J. S. Discrete optimization algorithms. – New Jersey: Prentice - hall, 1983. – 541p.

Надійшла до редакції 25.02.2011

Прийнята до друку 01.03.2011

П. В. БЕХ, О. В. ЛАШКОВ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ЗАЛІЗНИЧНИЙ Й ІНШІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ: КОНКУРЕНЦІЯ ЧИ СИНЕРГЕТИКА?

Попит на ринку транспортних послуг визначається специфікою транспортного виробництва. Гнучкість тарифів повинна бути одним з основних постулатів маркетингової політики українського залізничного транспорту.

Спрос на рынке транспортных услуг определяется спецификой транспортного производства. Гибкость тарифов должна быть одним из основных постулатов маркетинговой политики железнодорожного транспорта Украины.

Demand at the market of transport services is determined by the specific of transport production. Flexibility of tariffs must be one of basic postulates of marketing policy of railway transport of Ukraine.

В умовах ринкових взаємовідносин, що складаються на залізничному транспорті, особливу актуальність здобувають питання вивчення попиту на транспортні послуги. Як відзначає більшість вітчизняних вчених і практиків, безпосередньо пов'язаних з роботою залізничного транспорту, у діючих дотепер і затверджених нових нормативних документах, що регламентують відносини між залізницями, власниками інфраструктур залізничного транспорту загального та незагального користування, а також відправниками й одержувачами вантажу й іншими фізичними та юридичними особами при користуванні послугами залізничного транспорту, поки не знайшли належного відображення ринкові категорії [1, 2].

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

Підвищення тарифів на залізничні перевезення не можна назвати повним вирішенням проблеми. Гнучкість тарифів повинна бути одним з основних постулатів маркетингової політики українського залізничного транспорту. Потреби відправників вантажу (вантажодержувачів) можуть бути різними: від термінованої доставки контейнера (не дивлячись на ціну перевезення), до вимоги найменшої можливої плати (незалежно від часу прибуття). У кожному випадку, визначати собівартість перевезення для призначення тарифу буде недостатньо. У клієнтів з'явиться можливість вибору варіанта перевезення — відповідно збільшиться попит на транспортну продукцію залізниць.

На сьогоднішній день тарифна політика українських залізниць діє наступним чином

(для прикладу візьмемо контейнерні вантажі): плата за перевезення вантажів контейнерними відправками визначається за кожний контейнер залежно від типу контейнера (універсальний, спеціалізований чи спеціальний), його маси брутто (середньотоннажний чи великотоннажний), довжини (10 і більше англійських футів), стану (завантажений або порожній), належності контейнера та вагона (залізниць, власний чи орендований) за тарифними схемами з 9 до 12.

З наведених тарифів на перевезення визначається плата за перевезення яка складається з тарифу помноженого на коефіцієнт індексації. Для відправника до отриманої вартості перевезення додається ПДВ у вигляді 20% від вартості перевезення.

Для великотоннажних контейнерів коефіцієнт індексації дорівнює 0,6, а для середньотоннажних контейнерів коефіцієнт індексації дорівнює 0,8.

При визначенні варіанта відправки контейнера слід враховувати і потрібну швидкість доставки. Час який потрібен на доставку вантажу можна розрахувати з швидкості просування вантажних поїздів. Усереднене значення швидкості просування для звичайних поїздів це 200 км/добу, для поїздів великої швидкості це 250 км/добу, для маршрутних відправок та контейнерних поїздів це 320 км/добу. При цьому при розрахунку часу доставки додається 1 доба на технологічні операції на станції відправлення та прибуття. Але при визначенні варіанта треба врахувати що тариф на відправку великою швидкістю розраховується як тариф на звичайну відправку збільшений у 2 рази. Так де ж гнучкість?

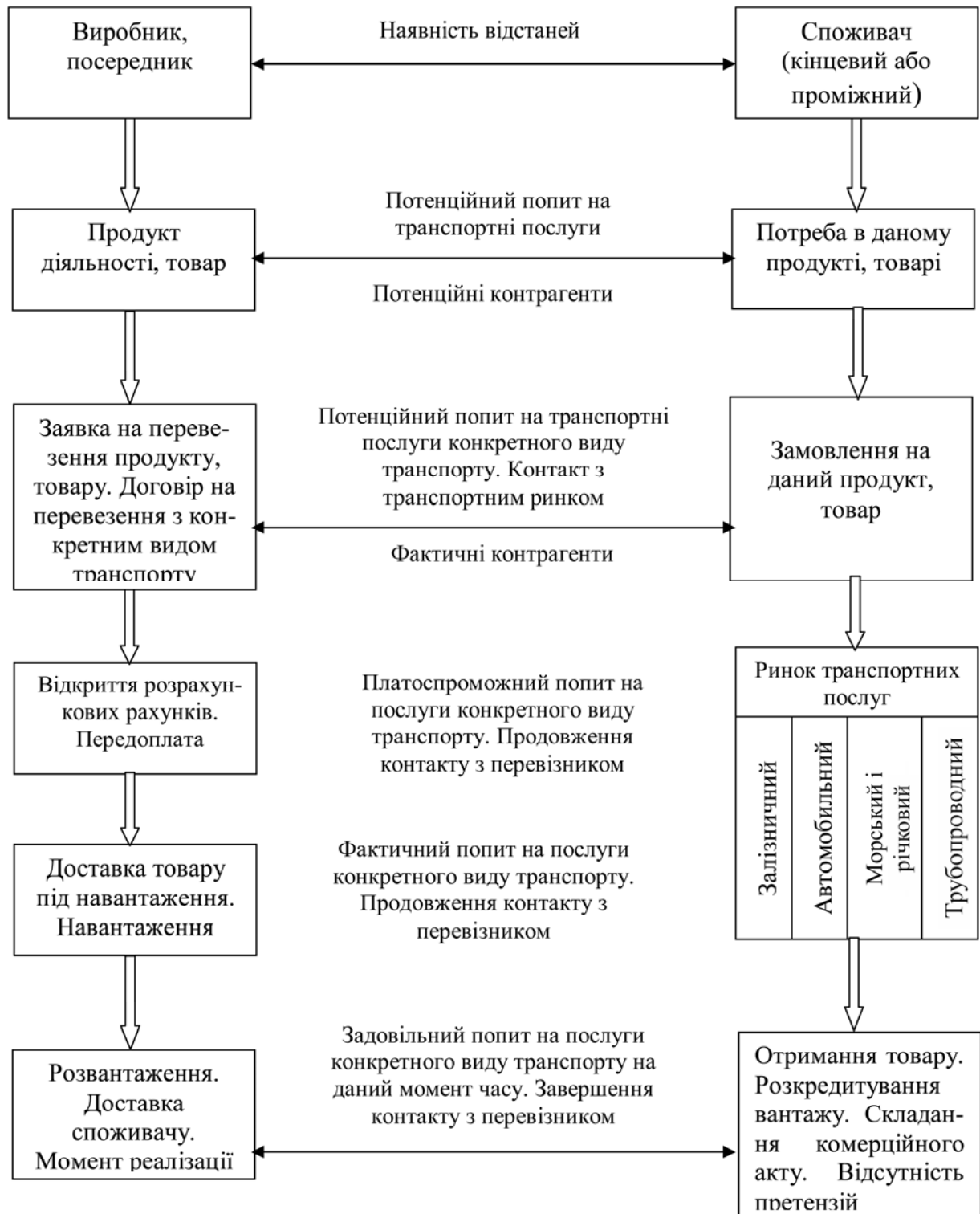


Рис. 1. Класифікація та трансформація попиту на ринку перевезень вантажів

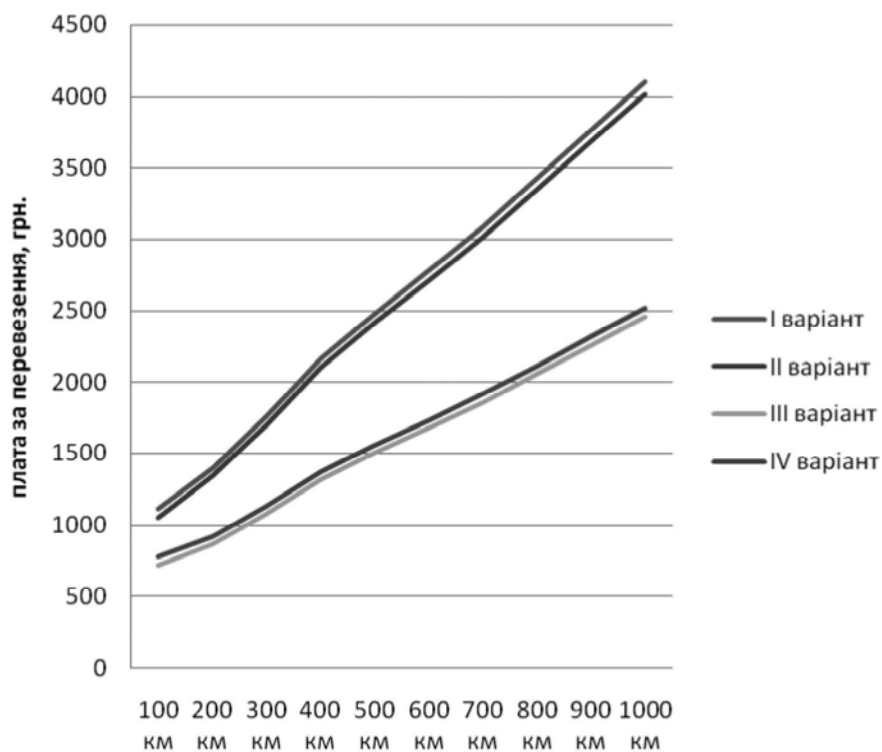


Рис. 2. Залежність вартості перевезення від відстані (великотоннажні контейнери)

На рис. 3 наведені графіки залежностей від відстані плати за перевезення великотоннажних контейнерів та питомої вартості 1 кілометра за перевезення контейнерів.

I варіант: контейнер залізниць у вагоні парку залізниць, грн.

II варіант: контейнер власний або орендований у вагоні парку залізниць, грн.

III варіант: контейнер власний або орендований у власному або орендованому вагоні, грн.

IV варіант: контейнер залізниць у власному або орендованому вагоні, грн.

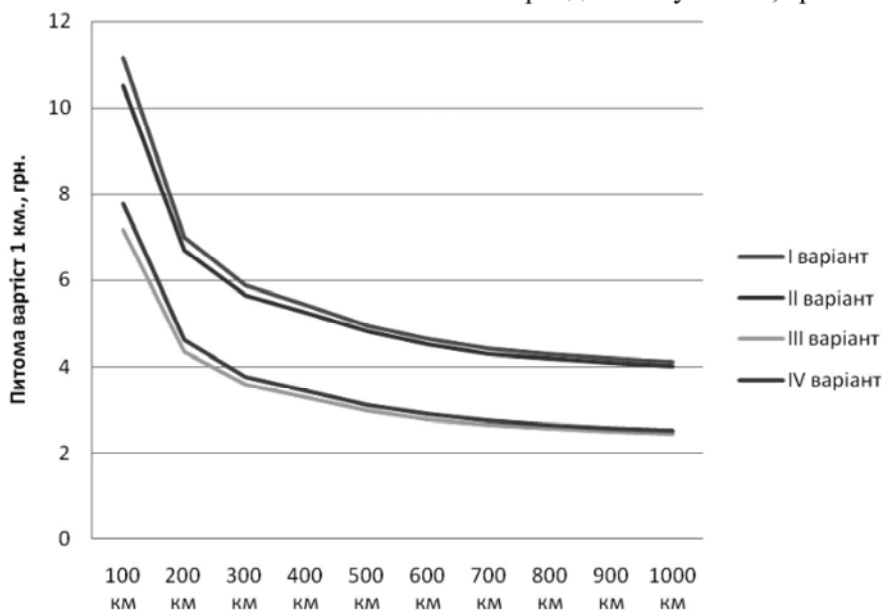


Рис. 3. Залежність питомої вартості 1 кілометра від відстані перевезення (великотоннажні контейнери)

В останні роки (всесвітня криза це тільки підкреслила) Східний регіон, особливо Китай, вийшов на лідируюче місце з товарного вироб-

ництва. Щоб не повертати контейнера на схід порожніми, судноплавні компанії здійснюючі контейнерні перевезення, пропонують дуже

низькі ставки для перевезення будь-яких вантажів в контейнерах у бік Далекого Сходу. Склалася ситуація, коли металопрокат, ліс і навіть балкерні вантажі (мука, сода, карбамід і так далі) дешевше відправляти контейнерами, чим, як раніше робилося звичайними судновими партіями на балкерах і судах універсального флоту [3].

При цьому вантажовласник (відправник вантажу) отримує наступні переваги:

- немає необхідності нагромаджувати в порту великі суднові партії вантажів, що виключає оплату за наднормативне зберігання вантажу в порту, знижує вірогідність розкрадання і псування вантажу;

- прискорюється зворот грошових коштів оскільки зменшується час доставки вантажу кінцевому одержувачеві: при звичайній доставці вантажу судном, необхідний був значний час, щоб нагромадити судову партію в порту, підібрати і зафрахтувати відповідне судно, доставити вантаж одержувачеві що нерідко складало в сумі 4-6 місяців (особливо для великих судових партій металопрокату, карбаміду і так далі);

- при відправці вантажу в контейнерах час від прибуття вантажу в порт до його завантаження в контейнер і відправки обчислюється днями а час доставки вантажу в порт призначення - декількома тижнями (оскільки судна контейнеровози доставляють вантаж значно швидше за звичайні суди: наприклад, час доставки контейнера до В'єтнаму звичайним судном 40-50 днів, контейнером 14-18 днів);

- при транспортуванні в контейнері досягається повне збереження вантажу, оскільки виключаються пошкодження вантажу при завантаженні в трюм і пошкодження від того, що стоїть поряд і лежачого зверху вантажу при хитавці.

Найважливішою перевагою при відправці вантажів у бік Далекого Сходу контейнерами, є нижча вартість перевезення.

У перспективі, із поступовим виходом з економічної кризи, собівартість виконання операцій з контейнерами знизиться. Це істотно вплине на вибір оптимального способу передачі контейнерів з одного виду транспорту на інший, оскільки прямий варіант перевалювання втрачає свою привабливість якщо він не призводить до значного зниження витрат на вантажні роботи і не спричинить істотного прискорення часу виконання всіх операцій в контейнерному пункті (терміналі) в порівнянні з «складським» варіантом навантажувально-

розвантажувальних робіт. Саме ця обставина логічно приводить до того що в контейнерній системі знаходять інші оптимальні співвідношення «прямого» і «складського» варіантів вантажних робіт, чим це має місце при організації перевалювання вантажів, не охоплених контейнеризацією.

Як же в порту змусити «пересадити» контейнер саме на залізничний вагон – тільки привабливими гнучкими тарифами.

Можливо потрібно задіяти синергетичний підхід в логістичній системі транспортування вантажів, який дозволить розподіляти економічний ефект, не тільки між залізницями держав, а й між різними власниками різних видів транспорту. Адже навіть Укрзалізниця розподіляє доходи між залізницями не пропорційно виконаній ними роботі (вантажної, пасажирської, експлуатаційної, тощо), а згідно якогось стратегічного напрямку розвитку. Так чому їй трохи не «поділитись» своїми прибутками від перевезень, які їй забезпечив закордонний залізничний, або іншого виду транспорту, перевізник. Або чому б не отримати додаткові надходження від якоїсь морської компанії, яка замість простою (дуже недешевого), отримала непоганий фрахт, саме від залучення до перевезення залізницею вантажу за рахунок гнучкої тарифної політики.

Тільки пошук нестандартних рішень (світова криза до цього підштовхує), підтримка й ініціювання нових пропозицій, що до підвищення конкурентноздатності залізничних перевезень, дозволить підняти попит на них, тим самим дасть поштовх до нового, більш якісного розвитку нашого залізничного транспорту.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Анненков, А. А. Повышают конкурентоспособность контейнерных перевозок [Текст] / А. А. Анненков // Железнодорожный транспорт. – 2000. – № 2. – С. 29-31.
2. Основные положения Системы Фирменного Транспортного Обслуживания при перевозках грузов по железным дорогам (задачи, функции, структура, обеспечение) [Текст]. – М.: МПС, 1995. – 26 с.
3. Пшинько, А. Н., Совершенствование организации переработки контейнеров на стыках разных видов транспорта [Текст]/ А. Н. Пшинько, Г. И. Музыкина, П. В. Бех // Транспорт. – 2006. – № 28 (404). – С. 67-70.

Надійшла до редакції 25.02.2011

Прийнята до друку 01.03.2011

В. И. БОБРОВСКИЙ, А. В. КУДРЯШОВ (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАСФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВОВ НА ГОРКАХ

Приведена методика выбора рациональных режимов торможения отцепов состава, позволяющая учесть их многократные разделения. Данная методика может быть использована для решения задачи оптимизации режимов расформирования составов.

Наведено методику вибору раціональних режимів гальмування відцепів складу, що дозволяє врахувати їх багаторазові розділення. Дана методика може бути використана для вирішення задачі оптимізації режимів розформування складів.

The method of selection of rational modes of inhibition while uncoupling the cars ended, allowing them to take into account multiple divisions. This can be used to solve the problem of optimization of dissolution of compositions.

Выбор режима расформирования составов в значительной степени влияет на качество сортировочного процесса на сортировочных горках. Оптимальное управление роспуском состава предполагает определение таких режимов торможения (РТ) его отцепов, при которых обеспечиваются наилучшие условия их разделения на стрелках, а также выполняются требования прицельного регулирования скорости. Задаче оптимизации режимов расформирования составов посвящен целый ряд научных работ [1-4], в которых предложены различные критерии оптимальности и методы ее решения.

Задача оптимизации РТ отцепов состава в нелинейной постановке была решена в [1]. Для решения задачи используются методы прямого поиска – комплексный метод Бокса и метод случайного поиска. В качестве целевой функции использовался минимальный интервал δt между отцепами состава на разделительных стрелках

$$f = \min \{ \delta t_i = t_{oi} + t_{i+1}(q_{i+1}) - \tau_i(q_i) \},$$

$$i = 1, 2, \dots, n-1 \quad (1)$$

где q_i, q_{i+1} – параметры, характеризующие РТ, соответственно, i -го и $(i+1)$ -го отцепов. При этом в результате оптимизации находят такой режим расформирования состава $q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$, при котором $f \rightarrow \max$.

В работе [2] для решения задачи оптимизации РТ отцепов используются градиентные методы (метод Фиакко и Мак-Кормика, а также

метод допустимых направлений). В этой связи сформулированная в [1] задача оптимизации была преобразована в гладкую путем введения дополнительной переменной, имеющей смысл нижней границы для всех δt_i (1); последние в этом случае переходят в ограничения.

Основным недостатком методов [1, 2] является то, что в них максимизируется один (минимальный) интервал δt между отцепами всего состава, однако не оптимизируется распределение интервалов в других его частях.

Ликвидировать указанный недостаток позволяет многошаговый двухэтапный метод оптимизации РТ отцепов состава, основанный на идеях динамического программирования [3]. Метод позволяет максимизировать не только минимальный интервал $\delta t_{\min}$, но и ряд других, близких к нему интервалов $\delta t_i > \delta t_{\min}$, за счет выравнивания их величин с интервалами в смежных парах отцепов состава. Поиск оптимального режима расформирования состава осуществляется в два этапа, на первом из которых выполняется условная оптимизация, а на втором – безусловная. Однако данный метод является достаточно громоздким и не всегда обеспечивает необходимую точность решения, поскольку целевая функция в данной задаче является негладкой.

Итерационный метод оптимизации, предложенный в [4], позволяет решить задачу поиска таких РТ, при которых максимизируется не только минимальный интервал в составе, но и интервалы между отцепами в неблагоприятных

группах за счет некоторого их уменьшения в соседних более благоприятных группах. Данный метод основан на локальной оптимизации РТ среднего отцепа критической группы из трех смежных отцепов состава. Выбор критической группы на очередной итерации определяется максимальной абсолютной величиной разности интервалов на разделительных стрелках во второй и в первой парах отцепов этой группы $|f_i(q_i)|$:

$$f(q_i) = \max \{ |\delta t_i(q_i, q_{i+1}) - \delta t_{i-1}(q_{i-1}, q_i)| \},$$

$$i = 2, \dots, n-1 \quad (2)$$

На каждом шаге итерации осуществляется поиск оптимального значения q_i^* , при котором меньший из двух интервалов $(\delta t_{i-1}, \delta t_i)$ достигает максимума:

$$\delta t(q_i^*) = \max \min \{ \delta t_{i-1}(q_i^*), \delta t_i(q_i^*) \} \quad (3)$$

Следует отметить, что при оптимизации РТ в [1-4] учитываются интервалы разделения только между смежными отцепами состава. Между тем, как показали исследования [5, 6], при роспуске составов в процессах разделения на стрелках участвуют не только смежные отцепы, но и отцепы, разделенные в составе одним или несколькими другими отцепами (несмежные отцепы). При этом, как показано в [5], при определенных РТ интервалы на разделительных стрелках между несмежными отцепами могут оказаться меньше допустимых. В результате исследований, выполненных в [6], установлено, что число вторичных разделений при расформировании достаточно длинных составов может даже превышать число разделений смежных отцепов и поэтому их необходимо учитывать при решении задач, направленных на повышение качества интервального регулирования на горках.

Недостатком рассмотренных работ [1-4] является и то, что в них при решении задачи оптимизации РТ моделирование торможения отцепов осуществляется при равномерном распределении погашаемой энергетической высоты во всей зоне действия тормозной позиции. Это не вполне соответствует реальному процессу торможения и приводит к изменению времени скатывания отцепов, что может влиять на рассчитанную величину интервалов на разделительных элементах [7].

Поэтому в данной статье рассмотрены возможные пути совершенствования методики оптимизации режима расформирования состава, позволяющие учесть условия разделения несмежных отцепов и использующие более адекватную модель торможения отцепов. Базовым элементом данной задачи является выбор рационального режима торможения некоторого отцепа состава, который осуществляется на очередном шаге итерационного процесса оптимизации [4]. Режим торможения i -го отцепа должен обеспечивать выполнение условия

$$\min(\delta t_{i-1}, \delta t_i) \rightarrow \max \quad (4)$$

При этом, как было указано выше, необходимо учитывать многократные разделения i -го отцепа с другими отцепами состава. С этой целью соответствующие интервалы данного отцепа с несмежными отцепами состава следует учитывать в ограничениях задачи

$$\min(\delta t_{i-1}, \delta t_i) \leq \min \{ \delta T_i \} \quad (5)$$

где δT_i — вектор интервалов между управляемым i -м и несмежными с ним отцепами.

Для учета противоречий между прицельным и интервальным регулированием в качестве ограничений используются допустимые скорости выхода отцепа из тормозных позиций спускной части горки:

$$\begin{aligned} U'_{\min} &\leq U'_i \leq U'_{\max} \\ U''_{\min} &\leq U''_i \leq U''_{\max} \end{aligned} \quad (6)$$

Учитывая, что $U'_{\min}$ и $U'_{\max}$, а также $U''_{\min}$ и $U''_{\max}$ имеют достаточно сложную взаимосвязь, поэтому ограничения (6) удобнее представить областью допустимых скоростей выхода (ОДС) [8] отцепа из верхней и средней тормозных позиций.

Для учета вторичных разделений необходимо на каждой итерации рассматривать уже не группу из трех смежных отцепов $(i-1, i, i+1)$, а кортеж всех отцепов состава, разделяющихся с i -м (см. рис. 1). В него кроме управляемого i -го отцепа и смежных с ним $i-1$ -го и $i+1$ -го отцепов необходимо включить отцепы с номерами $p_1, p_2, \dots, p_{N-1}$, которые расположены в составе до i -го отцепа ($p_{N-1} < \dots < p_2 < p_1 < i-1$), а также отцепы с номерами $r_1, r_2, \dots, r_{N-1}$ расположенные после i -го ($i+1 < r_1 < r_2 < \dots < r_{N-1}$); здесь N — число стрелочных позиций на горке. При этом указанные отцепы включаются в кортеж, если они

имеют разделение на стрелках с управляемым отцепом.

Число отцепов в кортеже зависит от комбинации их назначений в составе и от конструкции

горочной горловины; максимальное число разделяющихся отцепов, расположенных до и после управляемого отцепа, равняется $2N$.

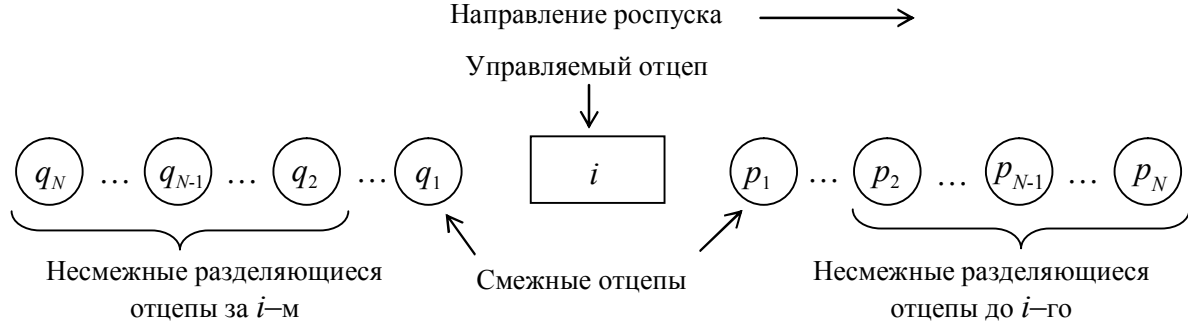


Рис. 1. Схема кортежа управляемого отцепа

Кортеж каждого отцепа состава определяется с помощью верхней треугольной матрицы номеров разделительных стрелок [6], строкам и столбцам которой поставлены в соответствие номера путей назначения последовательности отцепов состава (см. рис. 2). Элементами матрицы σ_{ij} , $i < j$ являются номера стрелочных позиций, на которых разделяются маршруты i -го и j -го отцепов, следующих, соответственно, на пути W_i, W_j ; элементы $\sigma_{ij} = 0$ для всех $i = j$.

	W_1	W_2	W_3	...	W_{n-1}	W_n
W_1	0	σ_{12}	σ_{13}	...	$\sigma_{1,n-1}$	$\sigma_{1,n}$
W_2		0	σ_{23}	...	$\sigma_{2,n-1}$	$\sigma_{2,n}$
W_3			0	...	$\sigma_{3,n-1}$	$\sigma_{3,n}$
...				...	...	...
W_{n-1}					0	$\sigma_{n-1,n}$
W_n						0

Рис. 2. Верхняя треугольная матрица номеров разделительных стрелок отцепов состава

Разделение отцепов на стрелке σ_{ij} имеет место ($\sigma_{ij} \neq 0$), если при роспуске состава с момента освобождения этой стрелки i -м отцепом до момента занятия её j -м отцепом по ней не проследует никакой другой отцеп с номером k , $i < k < j$. Это означает, что у i -го отцепа на каждой стрелочной позиции σ по маршруту скатывания ($\sigma = 1, 2, \dots, N$) может быть не более одного разделения с одним из последующих отцепов состава. При этом для отцепов с номерами $i < i+1 < k_1 < k_2 < \dots < k_{N-1}$ номера стрелок разделения также возрастают

$\sigma_{i,i+1} < \sigma_{i,k_1} < \sigma_{i,k_2} < \dots < \sigma_{i,N-1}$. Поэтому, если в строках матрицы $\|\sigma\|$ элемент $\sigma_{i,k} \leq \sigma_{i,j}$, $k > j$, то принимается $\sigma_{i,k} = 0$. Это означает, что k -й отцеп не может разделяться с i -м на стрелке $\sigma_{i,k}$, так как между ними данную стрелку проследует один или несколько других отцепов с номерами из интервала $[i+1, k-1]$

Если несмежные i -й и j -й отцепы ($i < j-1$) следуют на один и тот же путь ($W_i = W_j$), то у них не может быть разделения на какой-либо стрелке и поэтому в данном случае также $\sigma_{ij} = 0$. Кроме того, при этом j -й отцеп блокирует все возможные последующие разделения j -го отцепа с отцепами, имеющими номера больше j ; в этом случае $\sigma_{ik} = 0$ для всех $k > j$.

Таким образом, в каждой строке и в каждом столбце матрицы $\|\sigma\|$ может быть не более N ненулевых элементов $\sigma_{ij} \neq 0$. Ненулевые элементы i -й строки и j -го столбца определяют номера разделительных стрелок всех отцепов, входящих в кортеж i -го отцепа

В [6] была разработана методика, позволяющая определить все элементы матрицы номеров стрелок $\|\sigma\|$ (рис. 2) для каждого конкретного состава, расформируемого на горке с любой конструкцией стрелочной горловины с помощью булевых функций:

$$\sigma_{ij} = \varphi(\zeta_i, \zeta_j)$$

где ζ_i, ζ_j – коды путей назначения i -го и j -го отцепов

Код каждого сортировочного пути ζ формируется таким образом, чтобы по нему можно было определить положение стрелок в маршруте на данный путь. Указанный код в двоичной форме состоит из N разрядов по числу стрелочных позиций на горке.

Анализ матрицы позволяет установить кортеж для каждого управляемого отцепа состава, а также номера стрелок его разделения со всеми отцепами кортежа. Для примера на рис. 3 представлена верхняя треугольная матрица номеров разделительных стрелок отцепов состава из 10 отцепов, расформируемого на симметричной горке с $N=5$ стрелочными позициями.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W_i		16	8	12	1	3	16	10	11	8	3
1	16	0	2	3	2	2	0	3	3	2	2
2	8	-	0	2	3	3	2	2	2	0	3
3	12	-	-	0	2	2	3	4	5	2	2
4	1	-	-	-	0	4	2	2	2	3	4
5	3	-	-	-	-	0	2	2	2	3	0
6	16	-	-	-	-	-	0	3	3	2	2
7	10	-	-	-	-	-	-	0	4	2	2
8	11	-	-	-	-	-	-	-	0	2	2
9	8	-	-	-	-	-	-	-	-	0	3
10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Рис. 3. Верхняя треугольная матрица номеров разделительных стрелок отцепов состава из 10 отцепов

На рис. 3 выделены элементы матрицы, которые отображают все имеющиеся разделения в данном составе. В матрице i -я строка и i -й столбец определяют кортеж i -го (управляемого) отцепа. Например в кортеж 3-го отцепа входят отцепы с номерами 1, 2, 4, 6, 7, 8 (выделены стрелками). При этом отцепы 1 и 2 расположены до управляемого 3-го отцепа и разделяются с ним соответственно на 3-й и 2-й стрелках, а отцепы 4, 6, 7 и 8 расположены после 3-го и имеют с ним разделения соответственно на 2-й, 3-й, 4-й и 5-й стрелках; кортеж 3-го отцепа приведен на рис. 4.

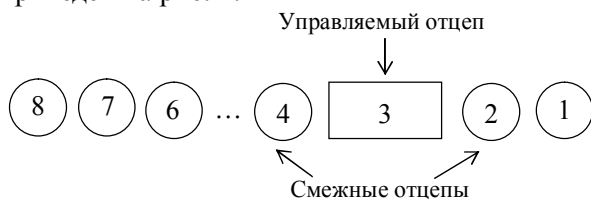


Рис. 4. Схема кортежа 3-го отцепа

Оптимизацию РТ управляемого i -го отцепа в кортеже осуществляют с использованием частного критерия (4) с последующим контролем остальных интервалов. При этом, если условие (5) выполняется, то оптимизация РТ управляемого отцепа прекращается. В противном случае, корректирование РТ управляемого отцепа продолжается таким образом, чтобы обеспечить выполнение условия (5).

Для поиска оптимальных параметров РТ управляемого отцепа в группе из трех отцепов целесообразно использовать методику [9], позволяющую обеспечить наилучшие условия разделения обеих пар отцепов группы (4). В данной методике учитывается, что при торможении на отцеп действует сила, удельная величина которой пропорциональна номинальной мощности замедлителя при выбранной ступени торможения. Одним из параметров, определяющим РТ отцепа, является вектор $U=(U', U'')$ скоростей выхода из верхней и средней тормозных позиций; допустимые значения скоростей U' и U'' для каждого отцепа принадлежат ОДС. Торможение отцепа осуществляется в ограниченной зоне, определяемой вектором $x=(x', x'')$ условных координат точек начала торможения ($x' \in [0, 1], x'' \in [0, 1]$).

На базе предложенной методики выбора РТ управляемого отцепа было разработано программное обеспечение, позволяющее решить задачу оптимизации режима интервального регулирования для расформируемых составов; решение задачи осуществляется с использованием имитационного моделирования процесса роспуска.

Выполненный анализ результатов оптимизации режимов торможения отцепов показал достаточную эффективность данной методики, которая может быть рекомендована для расчета скоростей выхода отцепов из тормозных позиций при создании автоматизированной системы управления роспуском составов на горках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобровский, В. И. Поиск оптимальных режимов торможения на проектируемых сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1999. – №5. – С. 50 - 54.
2. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский // Транспорт: 36. науч. пр. – Днепропетровск: Арт-Пресс, 2000. – С. 43 - 47.

3. Бобровский, В. И. Многошаговый двухэтапный метод оптимизации режимов роспуска составов на горках [Текст] / В. И. Бобровский // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2004. – №2. – С. 8-14.

4. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов регулирования скорости отцепов при роспуске составов на горках [Текст] / В. И. Бобровский, Н. В. Рогов // Вісник ДПТУ, Вип. 4. – Д.: ДПТ, 2004. – С. 174-182.

5. Бобровский, В. И. Вероятностные характеристики разделений отцепов состава на стрелках [Текст] / В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов, Ю. В. Чибисов // Вісник ДПТУ, Вип. 18. – Д.: ДПТ, 2007. – С. 146-150.

6. Бобровский, В. И. Статистический анализ числа разделений отцепов на стрелках при расформировании составов [Текст] / В. И. Бобровский, А. В.

Кудряшов, Л. О. Ефимова // Вісник ДПТУ, Вип. 20 – Д.: ДПТ, 2008. – С. 13-19.

7. Бобровский, В. И. Вплив режимів гальмування на тривалість скочування відчепів з гірки [Текст] / В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов, Л. О. Єльнікова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 102. – С. 147-156.

8. Бобровский, В. И. Ограничения режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора, А. В. Кудряшов, Л. О. Ельникова // Вісник ДПТУ, Вип. 27 – Д.: ДПТ, 2009. – С. 30-35.

9. Кудряшов, А. В. Определение рациональных режимов скатывания отцепов с сортировочных горок [Текст] / А. В. Кудряшов // Вісник ДПТУ, Вип. 28–Д.: ДПТ, 2009. – С.149-154 с

Поступила в редколлегию 8.02.2011.

Принята к печати 15.02.2011.

В. И. БОБРОВСКИЙ, А. С. ДОРОШ, А. И. КОЛЕСНИК (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна)

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КОНСТРУКЦИИ ПЛАНА ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОЧНЫХ ГОРЛОВИН

У роботі розглянуті конструкції гіркових горловин сортувальних парків з різним числом колій у пучках і положенням першої гальмівної позиції. На основі імітаційного моделювання виконаний порівняльний аналіз та оцінка ефективності розроблених конструкцій сортувальних гірок.

В работе рассмотрены конструкции горочных горловин сортировочных парков с разным числом путей в пучках и положением первой тормозной позиции. На основе имитационного моделирования выполнен сравнительный анализ и оценка эффективности разработанных конструкций сортировочных горок.

In this work there were considered construction of hump necks of sorting yards with different number of ways in bunches and arrangement of the first retarding position. Basing on the computer-aid simulation there has been executed the comparative analysis and evaluation of the effectiveness of the developed construction sorting humps.

Эффективность и качество сортировочного процесса на станциях в значительной степени определяется конструкцией плана путевого развития горочных горловин. Существующие типовые проекты конструкции горочных горловин отличаются количеством путей в сортировочном парке, числом пучков и схемой их соединения в горловине, а также схемой размещения тормозных позиций на спускной части горки.

При наличии большого количества варьируемых параметров при проектировании горочных горловин задача выбора рациональной конструкции значительно усложняется. В связи с этим в ряде работ [1, 2] предложена методика проектирования плана горочных горловин, а также приведены рекомендации по применению конкретных конструкций горловины в заданных условиях эксплуатации.

Для обеспечения минимальной длины горочной горловины пути сортировочного парка необходимо группировать в пучки, содержащие от 3 до 8 путей в каждом [3]; при этом на горках большой и средней мощности рекомендуется проектировать симметричные горловины.

При небольших объемах перерабатываемого вагонопотока, проходящегося в среднем на один путь, в [4] рекомендуется проектировать пучки по 8 путей. Пучки из 6 путей рекомендуется применять на горках средней, большой и повышенной мощности. Пучки из 4 путей рекомендовано применять в горловинах автоматизированных горок повышенной и большой мощности [4]. Также в [4] отмечено, что симметричные горочные горловины обеспечивают

лучшие условия разделения скатывающихся отцепов.

В работе [5] авторами предложены конструкции горочных горловин нового класса, которые отличаются числом тормозных позиций на спускной части горки и количеством замедлителей в пределах каждой ТП. Число тормозных позиций в данных конструкциях может составлять от 3 до 5 с количеством замедлителей от 6 до 8. Однако, необходимо отметить, что увеличение количества тормозных позиций и вагонных замедлителей потребует реконструкции всей горочной горловины, а при отсутствии автоматизированной системы управления замедлителями еще и усложнит процесс управления скатыванием отцепов.

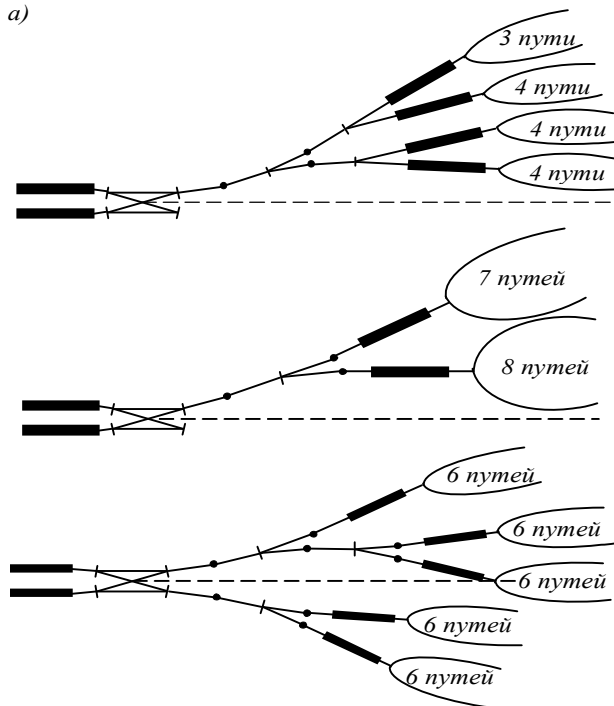
Конструкция плана горочной горловины в значительной степени зависит от схемы размещения тормозных средств на спускной части горки, которые располагаются на одной или двух тормозных позициях.

По взаимному размещению первой тормозной позиции (ВТП) и первого разделительного стрелочного перевода (1РСП) конструкции головного участка горки, в соответствии с [4], делятся на два типа – с расположением первого разделительного стрелочного перевода до ВТП и после нее.

Следует отметить, что для нормального хода роспуска, когда расцепленные автосцепки смежных одиночных вагонов разъединяются перед вершиной горки, целесообразным по критерию скорости роспуска является размещение первого разделительного стрелочного перевода до ВТП [4]. В то же время, с целью недопущения задержек разъединения расцеп-

ленных автосцепок, затягивания отрыва вагонов, особенно легкой категории, нарушения интервалов между отцепами на горках средней мощности первый разделительный стрелочный перевод необходимо размещать после ВТП.

Выполненный анализ научных работ показал, что в настоящее время отсутствуют четкие рекомендации по применению горочных горловин с пучками от 4 до 8 путей, а также по размещению ВТП. В то же время следует отметить, что взаимное размещение стрелочных переводов и тормозных позиций существенно влияет как на интервалы между разделяющимися отцепами, так и на процесс заполнения путей, которые определяют качество сортировочного процесса. Поэтому, возникает необходимость определения рациональной конструкции плана горочной горловины для заданных условий, которая соответствует установленным требованиям и позволит повысить показатели работы сортировочной горки. В связи с этим в



данной статье была поставлена задача анализа, оценки и выбора рациональной конструкции плана горочной горловины.

Для решения поставленной задачи были выполнены исследования и анализ конструкции горочных горловин сортировочных парков с различным путевым развитием. В работе были рассмотрены как симметричные (пучки по 4 и 8 путей), так и несимметричные (пучки по 6 путей) горочные горловины с 30 путями в сортировочном парке (рис. 1). Следует отметить, что в крайних пучках горловин с пучками по 4 и 8 путей количество путей составляло 3 и 7, соответственно.

С целью определения влияния взаимного размещения тормозных средств и стрелочных переводов горловины на показатели сортировочного процесса для каждой из конструкций было рассмотрено два варианта положения первого разделительного стрелочного перевода – после и до ВТП (см. рис.1, а, б).

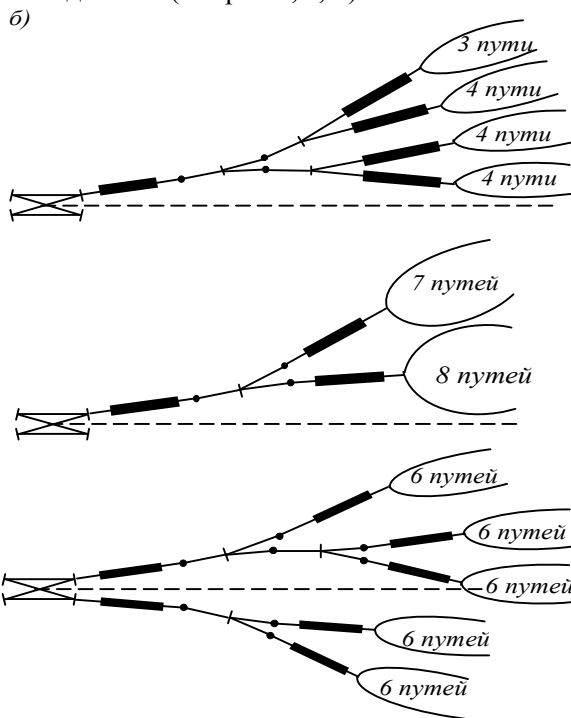


Рис. 1. Схемы конструкций горочных горловин сортировочных парков.

Для исследования и оценки рассматриваемых конструкций сортировочных горок предварительно были подготовлены схемы горочных горловин, для которых разработаны структурно-параметрические модели. Данные модели содержат информацию о стрелочных переводах и схеме их соединения, а также о параметрах углов поворота на спускной части горки и сортировочных путях. С использованием разработанных моделей было выполнено автома-

тизированное проектирование всех вариантов горочных горловин.

В соответствии с требованиями [3], горочные горловины в пределах от первой разделительной стрелки до предельных столбиков следует проектировать короткими. В этой связи в работе была поставлена задача сокращения расстояния от головной стрелки пучка до точек установки замедлителей парковой тормозной позиции. Для решения данной задачи при проектировании была использована разработанная

методика оптимизации параметров элементов плана горочных горловин, как на спускной части [6], так и на сортировочных путях [7]. Разработанная методика позволила определить рациональные параметры элементов плана горловины (углы поворота кривых, их радиусы и прямые вставки), которые соответствуют требованиям [3], и существенно сократить длину разработанных конструкций горочных горловин.

При расчетах высоты и продольного профиля рассматриваемых сортировочных горок варьировалось расстояние от вершины горки до первого разделительного элемента, что дало возможность получить максимально возможный уклон скоростного участка каждой из конструкций сортировочных горок. Это, в свою очередь, позволило улучшить динамику скатывания отцепов и обеспечить наилучшие условия их разделения на стрелках.

Оценка рассматриваемых вариантов конструкции сортировочных горок, в соответствии с [3], была выполнена на основе имитационного моделирования процесса расформирования потока составов. Очевидно, что полученные в результате моделирования технико-эксплуатационные показатели функционирования сортировочной горки зависят не только от ее проектных параметров, но и от выбранных режимов торможения (РТ) отдельных отцепов. Выбор оптимальных РТ обеспечивает наилучшие показатели функционирования горки и позволяет адекватно оценить конкурирующие варианты их технического оснащения. Поэтому для исследований была использована имитационная модель роспуска составов, которая позволяет определить такие РТ, при которых обеспечивается максимальная надежность разделения на стрелочных переводах скатывающихся отцепов, и в то же время выполняются требования прицельного регулирования их скорости. С использованием данной модели выполнено моделирование роспуска потока составов на каждой из исследуемых горок и определены показатели, характеризующие качество сортировочного процесса:

- интервалы δt между отцепами на разделительных элементах;
- скорость соударения отцепов V_c с вагонами на путях сортировочного парка;
- длина окон L_o между вагонами на сортировочных путях.

Для определения показателей функционирования сортировочной системы в качестве примера была выбрана конструкция сортиро-

вочной горки с пучками по 8 путей и размещением первого разделительного стрелочного перевода после ВТП.

Для оценки качества сортировочного процесса на данной горке был выполнен анализ и статистическая обработка перечисленных выше показателей.

Как показал анализ распределения интервалов между отцепами на разделительных элементах, в целом качество интервального регулирования на горке достаточно высокое, поскольку отрицательные значения интервалов δt отсутствуют, а минимальное значение интервала 2,93 с превышает необходимую величину резерва интервала (рис. 2).

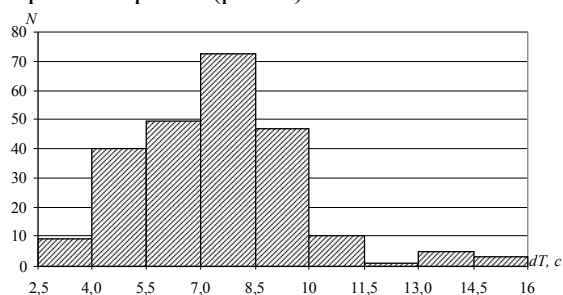


Рис. 2. Гистограмма распределения величины интервалов между смежными отцепами

Математическое ожидание величины интервала $M[\delta t]=7,43$ с практически совпадает с наиболее вероятным значением интервала 7,75 с. Такой характер распределения величины δt свидетельствует о том, что большинство интервалов имеют величину, достаточную для надежного разделения отцепов расформируемых составов.

Качество прицельного регулирования на горке характеризуют скорости соударения вагонов на сортировочных путях и величины окон между отцепами. Анализ распределения величины скорости соударения отцепов (рис. 3) показал, что математическое ожидание скорости соударения отцепов $M[V_c]$ составляет 1,2 м/с, что допустимо.

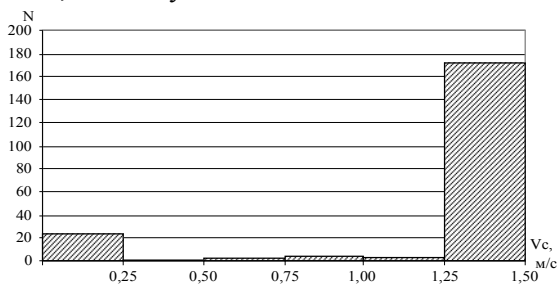


Рис. 3. Гистограмма распределения скорости соударения отцепов

Гистограмма распределения величины окон между отцепами на путях сортировочного парка приведена на рис. 4. При этом следует заметить, что указанные величины учитывают ликвидацию части окон в результате проталкивания.

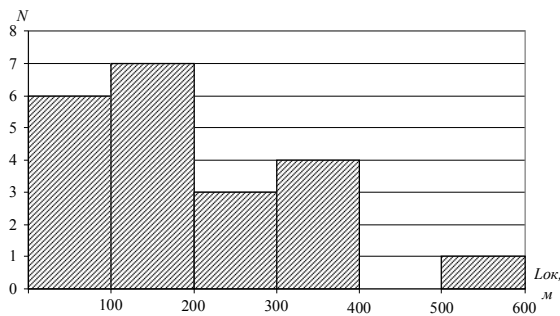


Рис. 4. Гистограмма распределения величины окна между отцепами на путях сортировочного парка.

Как показал анализ, математическое ожидание величины окна $M[L_o]$ составляет 194,4 м, что составляет 12,43 м в расчете на один переработанный на горке вагон ($\lambda=12,43$ м/ваг). Данная величина существенно превышает ре-

комендованную норму $\lambda=3,0$ м/ваг, что свидетельствует о необходимости повышения качества прицельного регулирования скорости отцепов.

Для анализа и оценки исследуемых конструкций горочных горловин были выделены основные конструктивные характеристики и показатели качества сортировочного процесса, на основании которых выполнено сравнение рассматриваемых вариантов горочных горловин:

- высота горки;
- уклон первого элемента скоростного участка продольного профиля горки;
- расчетная длина горочной горловины;
- среднее значение интервала между смежными отцепами;
- средняя длина окна на один переработанный вагон;
- средняя скорость отцепов в точке прицеливания.

Значения перечисленных выше показателей для каждой конструкции горочной горловины приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели конструкций горочных горловин

Конструкция Показатель	4 пути в пучке		6 путей в пучке		8 путей в пучке	
	1РСП после ВТП	1РСП до ВТП	1РСП после ВТП	1РСП до ВТП	1РСП после ВТП	1РСП до ВТП
1. Высота горки, м	3,160	3,013	3,383	3,184	3,277	2,966
2. Расчетная длина горловины, м	374,59	370,86	396,23	385,82	386,58	365,13
3. Уклон первого элемента скоростного участка, ‰	42,76	40,10	47,66	44,18	46,62	42,32
4. Количество замедлителей на спускной части горки, шт.	20	20	14	14	12	12
5. Средняя величина интервала δt между смежными отцепами, с	6,79	6,14	7,31	6,46	7,43	6,57
6. Средняя длина окна на один переработанный вагон, м	12,37	13,83	11,14	12,95	12,43	16,00
7. Средняя скорость соударения отцепов в точке прицеливания, м/с	1,09	1,06	1,12	1,15	1,20	1,18

Установлено, что средняя величина интервала между смежными отцепами на раздельных элементах для всех рассматриваемых конструкций составляет от 6,0 до 7,5 с. Данной величины интервала вполне достаточно для надежного разделения отцепов, более того, наличие такого интервала позволит увеличить скорость роспуска составов на вершине горки, и тем самым, повысить перерабатывающую способность горки (в период увеличения интенсивности перерабатываемого вагонопотока).

Что касается прицельного регулирования скорости, то, как видно из приведенной выше таблицы, средняя скорость отцепов в точке прицеливания для всех конструкций горочных горловин не превышает 1,2 м/с. Данная величина соответствует установленным требованиям [3] и позволяет обеспечить безопасное соединение вагонов на сортировочных путях и, как следствие, целостность и сохранность перевозимых грузов.

Но, в то же время, средняя длина окна в расчете на один переработанный на горке вагон

составила от 11 до 16 м, что значительно превышает рекомендуемую норму 3 м и свидетельствует о необходимости повышении качества прицельного регулирования скорости скатывания отцепов.

Анализ показателей качества сортировочного процесса показал, что размещение 1РСП после ВТП приводит к увеличению расчетной длины горочной горловины на 2-6%. Это, в свою очередь, приводит к увеличению сил сопротивления, действующих на отцеп при его скатывании от ВГ до расчетной точки и, соответственно, увеличению высоты горки на 5-10 %. Также, увеличение длины горловины приводит к увеличению продолжительности проследования горочного локомотива от горба горки до стоящих на пути вагонов для выполнения необходимых маневровых операций.

В то же время данная конструкция горочной горловины позволяет увеличить уклон первого элемента скоростного участка на 6-10%. Это, в свою очередь, приводит к увеличению среднего интервала между отцепами на 10-13 % и сокращению на 15-25 % длины окна, приходящейся на один переработанный вагон, тем самым, повышая показатели качества сортировочного процесса.

Таким образом, уменьшение числа путей в пучках и, соответственно, увеличение их количества не обеспечивает существенного улучшения условий разделения отцепов на стрелках пучков и других показателей сортировочного процесса. В то же время это приводит к увеличению потребного числа замедлителей на спускной части горки и к повышению эксплуатационных затрат на их обслуживание. Таким образом, использование горочных горловин с уменьшенным числом путей в пучках является нерациональным.

С точки зрения эффективности эксплуатационной работы сортировочной горки следует отметить, что размещение 1РСП после ВТП имеет следующие недостатки:

- горочный оператор не может достаточно точно оценить ходовые качества отцепов, скатывающихся на участке от ВГ до ВТП, и, соответственно, обеспечить рациональное использование мощности замедлителей ВТП;

- увеличивается длина зоны неконтролируемого скатывания отцепов до СТП;

- увеличиваются эксплуатационные расходы, связанные с надвигом и роспуском составов.

Однако, однозначное решение по поводу размещения ВТП на спускной части горки получить не удалось. Очевидно, что для определения места размещения ВТП и окончательного выбора конструкции горочной горловины необходимо выполнять технико-экономическую оценку каждого из возможных вариантов с использованием разработанной в работе методики и модели процесса расформирования составов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бузанов, С. П. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных устройств [Текст] / С. П. Бузанов, А. М. Карпов, М. А. Рыцарев – М.: Транспорт, 1965. – 232 с.
2. Родимов, Б.А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных Горок [Текст] / Б. А. Родимов, В. Е. Павлов, В. Д. Прокинова. – М.: Транспорт, 1980. – 96 с.
3. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207-89 [Текст]. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.
4. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств [Текст] // Муха Ю. А., Тишков Л. Б., Шейкин В. П. и др. – М.: Транспорт, 1994. – 220 с.
5. Розсоха, О. В. Напряжки удосконалення конструкцій гіркових горловин сортувальних пристроїв з позиції ресурсозбереження [Текст] / О. В. Розсоха, О. М. Огар // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 5/2(29). – С. 54-58.
6. Бобровский, В. И., Область допустимых углов поворота кривых в горочной горловине [Текст] / В. И. Бобровский, А. И. Колесник, Л. О. Ельникова // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: Тезисы 70 Межд. науч.-практ. конф. – Д.: ДНУЖТ, 2010. – С. 117-118.
7. Бобровский, В. И., Оптимизация параметров сопрягающих кривых на сортировочных путях [Текст] / В. И. Бобровский, А. И. Колесник, А. С. Дорош, А. Н. Пасичный // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: Тезисы 70 Межд. науч.-практ. конф. – Д.: ДНУЖТ, 2010. – С.115-116.

Поступила в редколлегию 7.02.2011.

Принята к печати 15.02.2011.

В. И. БОБРОВСКИЙ, А. И. КОЛЕСНИК, А. С. ДОРОШ (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЛАНА ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОЧНЫХ ГОРЛОВИН

В даній статті запропонована методика, що дозволяє визначити найбільш раціональні параметри з'єднувальних кривих на коліях сортувального парку. При цьому критерієм оптимальності є мінімізація відстані від пучкового стрілочного переводу до уповільнювачів паркової гальмівної позиції. Такий підхід дозволяє скоротити довжину гіркової горловини і тим самим збільшити корисну довжину сортувальних колій. Викладена методика може бути використана під час реконструкції чи проектування плану колійного розвитку гіркових горловин.

В настоящей статье предложена методика, позволяющая определить наиболее рациональные параметры сопрягающих кривых на путях сортировочного парка. При этом критерием оптимальности является минимизация расстояния от пучкового стрелочного перевода до замедлителей парковой тормозной позиции. Такой подход позволяет сократить длину горочной горловины и тем самым увеличить полезную длину сортировочных путей. Изложенная методика может применяться при реконструкции и проектировании плана путевого развития горочных горловин.

The method permits to determine the most efficient parameters of connecting curves on sorting tracks is developed. The optimization criterion is minimization of distance from the first bunch switch to the seating of park car retarders. Such method of attack permits to reduce the necks length and increase the usable length of sorting tracks. This method can be applied during plan of the sorting tracks reconstruction and designing.

Перерабатывающая способность горки и пропускная способность сортировочной станции в целом, а также безопасность функционирования систем переработки вагонов во многом определяется конструкцией плана путевого развития горочной горловины. Следовательно, построение рационального плана горочной горловины является одной из важных задач при проектировании и реконструкции сортировочных горок.

Горочная горловина представляет собой систему взаимосвязанных прямолинейных и криволинейных участков. Кроме того, все элементы плана можно условно разделить на постоянные, параметры которых невозможно изменить в процессе проектирования (длина изолированных участков, угол и радиус поворотов в стрелочных переводах и др.), и те, параметры которых при расчетах могут варьироваться (величина углов поворотов на спускной части горловины, радиусы круговых кривых и др.). Поэтому при одинаковых исходных данных (количестве сортировочных и обходных путей, типе замедлителей) существует возможность построения множества вариантов горочных горловин, которые соответствуют требованиям [1]. При этом следует определить критерий оптимальности плана путевого развития горочной горловины и, изменяя в допустимых пределах параметры элементов плана, найти наиболее приемлемый вариант. Таким об-

разом, построение плана горочной горловины является достаточно сложной и трудоемкой задачей. Несмотря на важность существующей проблемы, в настоящее время отсутствует методология, которая позволяет определить наиболее рациональную конструкцию горловины по какому-либо критерию.

При расчете плана путевого развития горочных горловин существенные трудности возникают при выборе величин углов поворотов на спускной части горки. Если на маршруте скачивания размещается две и более кривые с неизвестными углами поворотов, однозначное определение их величин невозможно. При этом существует ряд подходов к построению плана путевого развития горочных горловин. Наиболее сложным является графический метод [2], который предполагает изначальное расположение пучков путей, с последующим аналитическим расчетом неизвестных углов поворотов на спускной части. В случае если осуществить сопряжение элементов при полученных величинах углов невозможно, производится смещение пучков относительно оси горловины и снова рассчитываются неизвестные углы.

Использование ЭВМ для расчета неизвестных параметров горловины позволяет ускорить и упростить проектирование. При этом в [3] предложено представление модели горловины в

виде ориентированного бинарного дерева, что позволяет рассчитать величину одного неизвестного угла по маршруту скатывания отцепа. Иным подходом является применение для масштабного проектирования горловин программного комплекса AutoCAD с функциональным языком программирования AutoLISP [4]. Несмотря на значительное ускорение проектирования горловин, проблема выбора рациональных значений неизвестных углов остается нерешенной.

Формализация задачи выбора значений неизвестных углов была сделана в [5], где предложена методика оптимизации проектирования трассы расчетного пути по критерию ее минимальной длины от вершины горки до расчетной точки. С использованием метода множителей Лагранжа решена условная вариационная задача нахождения всех неизвестных углов расчетного пути. Однако данный подход не получил широкого распространения, поскольку он не учитывает влияние углов расчетного пути на параметры элементов плана внутренних пучков горловины.

Кроме выбора величин углов неизвестных кривых на спускной части горки немаловажной проблемой является определение наилучших параметров сопрягающих кривых на сортировочных путях. От качества проектирования плана сортировочных путей зависит длина горловины, полезная длина путей, а также сопротивление движению скатывающихся отцепов. Для решения данной задачи в [6] был предложен метод расчета параметров всех элементов пучков сортировочных путей. Метод основан на представлении конструкции стрелочной зоны пучка путей, которая инвариантна относительно его положения в горловине, с помощью методов аналитической геометрии. Установлено [6], что во многих случаях на сортировочных путях требуется предусматривать дополнительные сопрягающие кривые с различными параметрами и направлением поворота.

Отсутствие критерия и сложность формализации не позволяет до настоящего времени получить точное решение задачи выбора рациональных параметров сопрягающих кривых. В этой связи в [7] предложен интерактивный метод решения данной задачи, который позволяет с помощью ЭВМ осуществлять подбор допустимых параметров конструкции плана сортировочных путей.

Таким образом, в результате анализа научных работ в данной статье была поставлена задача разработки методики, которая позволит усовер-

шенствовать конструкцию плана горочной горловины путем оптимизации параметров сопрягающих кривых на сортировочных путях.

Сопряжение элементов плана спускной части и сортировочных путей может быть выполнено одним из трех способов: основная и дополнительная сопрягающие кривые направлены в разные стороны (*S*-образная кривая, рис. 1, а), в одну сторону (*U*-образная кривая, рис. 1, б), при отсутствии дополнительной сопрягающей кривой (рис. 1, в).

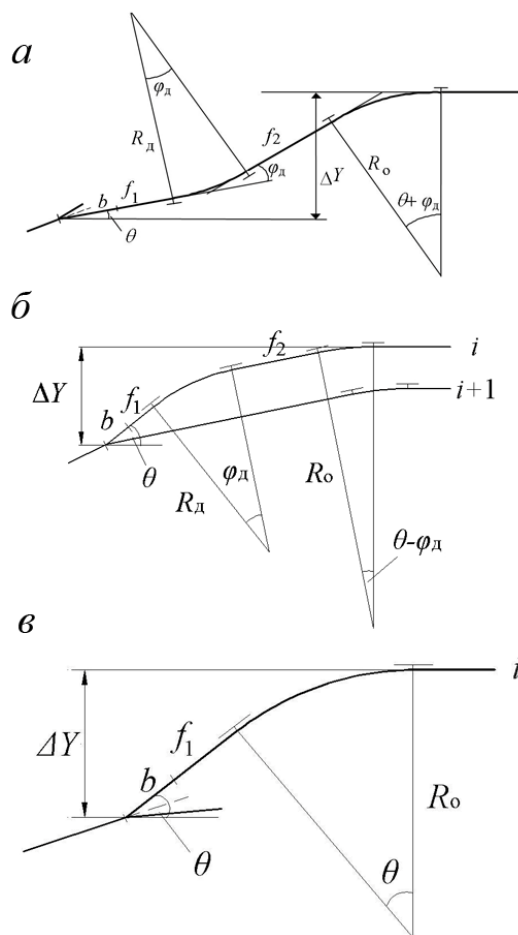


Рис. 1. Типы сопрягающих кривых:
а) *S*-образная кривая; б) *U*-образная кривая; в) без дополнительной кривой

План участка сопряжения (см. рис. 1, а) в общем случае можно описать нелинейным уравнением вида:

$$\Delta Y = (b + f_1) \sin \theta + R_d \cos \theta - R_d \cos(\theta + \varphi_d) + f_2 \sin(\theta + \varphi_d) + R_o - R_o \cos(\theta + \varphi_d) \quad (1)$$

где ΔY – разность ординат центра стрелочного перевода и оси сортировочного пути;

θ – начальный угол наклона сортировочного пути;

f_1, f_2 – длины прямых вставок;

φ_d – угол дополнительной сопрягающей кривой;

R_o, R_d – радиусы, соответственно, основной и дополнительной сопрягающих кривых.

В качестве независимых переменных в (1) принимаются параметры f_1, φ_d, R_o, R_d , величины ΔY и θ обычно известны, а величина вставки f_2 при этом находится из данного выражения.

Таким образом, при проектировании плана сопрягающих кривых возникает задача выбора рациональных значений параметров $f_{li}, \varphi_{di}, R_{oi}, R_{di}, i=1 \dots M$, где M – число сортировочных путей. Как было отмечено выше, основным недостатком существующих методов решения данной задачи является то, что указанные параметры определяются методом подбора, что затрудняет выбор наилучшего варианта плана горловины. Для ликвидации указанного недостатка предложена методика оптимизации конструкции сопрягающих кривых на сортировочных путях.

Очевидно, что параметры сопрягающих кривых оказывают непосредственное влияние на размещение парковых тормозных позиций (ПТП). Особенно вопрос оптимизации сопрягающих кривых актуален при использовании замедлителей, которые допускается располагать в кривых (РНЗ-2) определенного радиуса.

Следовательно, возникает задача определения для каждого сортировочного пути вектора параметров $\mathbf{w}_i = (f_{li}, \varphi_{di}, R_{oi}, R_{di})$, при которых ПТП размещаются на минимальном расстоянии от головных стрелочных переводов соответствующих пучков. Оптимизация по указанному критерию позволит сократить длину горловины тем самым увеличить полезную длину путей сортировочного парка.

Для решения данной задачи целесообразно ввести понятие точки возможной установки замедлителей P , от которой расстояния до осей двух смежных путей равны $\frac{e_{\min}}{2}$, где

$e_{\min}$ – минимально допустимое междупутье при определенном способе размещения замедлителей. На рис. 2 показаны схемы возможного расположения замедлителей парковых тормозных позиций в кривых и точки P .

В соответствии с [1] парковые тормозные позиции можно располагать «вразбежку» в месте, где междупутье составляет не менее

4,8 м (рис. 2 а) и в створе при $e_{\min} = 5,1$ м (рис. 2 б). Таким образом, величина $e_{\min}$ различна в зависимости от способа взаимного размещения замедлителей.

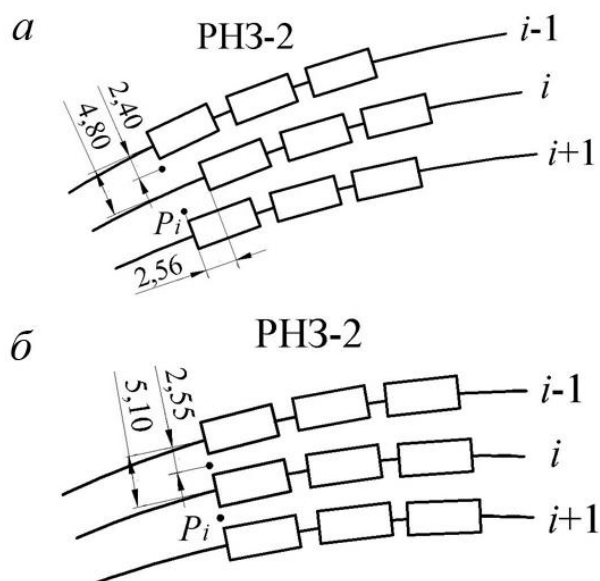


Рис. 2. Схемы расположения замедлителей парковой тормозной позиции: а) «вразбежку»; б) в створе

Указанные точки установки замедлителей $P_i, i=1 \dots m-1$, где m – число путей в пучке, располагаются во всех междупутьях пучка на расстоянии L_i от его головной стрелки, которое зависит от вектора параметров $\mathbf{w}_i$ путей $(i, i+1)$.

Учитывая требование о взаимном расположении замедлителей (см. рис. 2), парковые тормозные позиции в пучке будут располагаться на расстоянии от первого пучкового стрелочного перевода (точка S) не меньшем, чем $L_{ПТП}$, которое соответствует наиболее удаленной точке P_i , т.е. $L_{ПТП} \geq \max\{L_i\}, i=1 \dots m-1$ (рис. 3).

В то же время, очевидно, существует некоторое сечение kk' , в котором расстояние между крайними путями пучка составляет $e_{\min} \cdot (m-1)$. Расстояние от пучковой стрелки до сечения kk' представляет собой нижнюю границу возможного размещения ПТП, которая в данном случае находится на минимальном расстоянии $L_{\min}$ от головного стрелочного перевода пучка.

Таким образом, при данном значении вектора $\mathbf{w}_i$ путей на каждом из них имеется участок $\Delta L = L_{ПТП} - L_{\min}$, который нерационально уве-

личивает длину горочной горловины. При этом развернутая длина «лишнего» участка в целом для пучка составляет $m\Delta L$ м. Следовательно, возникает задача выбора такой совокупности

параметров $\mathbf{w}_i$, при которых величина $L_{\text{ППП}}$ достигает минимума.

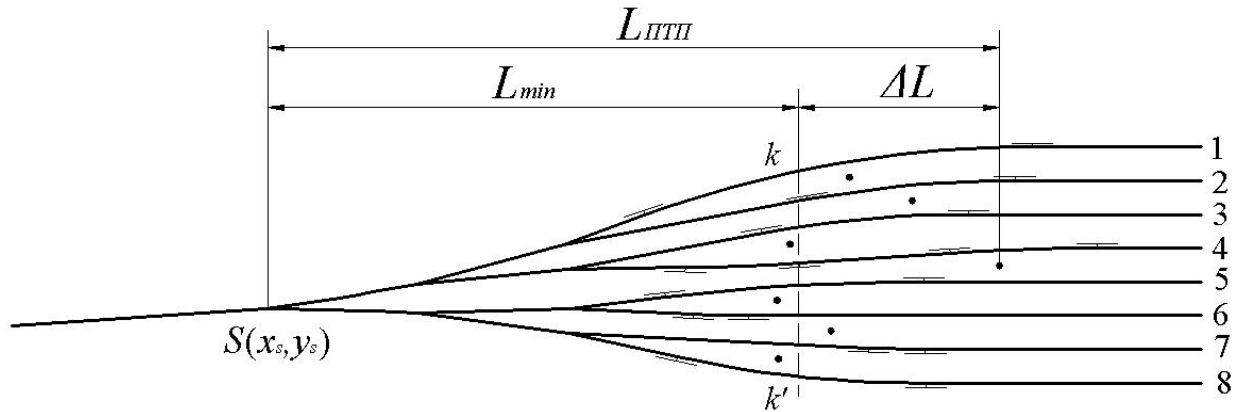


Рис. 3. План пучка путей горочной горловины

При решении поставленной задачи, в качестве частного критерия оптимизации конструкции сопрягающих кривых выбрана числовая функция, представляющая собой абсолютную величину разности ΔL_i расстояний L_{i-1} и L_i , соответственно, между точками (S, P_{i-1}) , а также (S, P_i) .

$$\Delta L_i = |L_i - L_{i-1}| \quad (2)$$

В связи с тем, что оптимальное значение частного критерия ΔL_i определяется при фиксированной конструкции сопрягающих кривых на путях $(i-1, i+1)$, смежных с i -м, расстояния L_{i-1} и L_i рассматриваются как функции $L_{i-1} = f_{i-1}(\mathbf{w}_i)$, $L_i = f_i(\mathbf{w}_i)$ параметров сопрягающей кривой i -го пути.

Указанные числовые функции ΔL_i , $i = 2 \dots m-1$ образуют векторный критерий $\mathbf{Z} = (\Delta L_2, \dots, \Delta L_{m-1})$, принимающий значения в арифметическом критериальном пространстве $\mathbb{R}^{m-2}$; при этом в векторе $\mathbf{Z}$ составляющие частные критерии ΔL_i должны быть упорядочены по убыванию.

Таким образом, задача оптимизации конструкции плана сопрягающих кривых на сортировочных путях пучка, которая содержит множество возможных решений $\mathbf{X}$ и векторный критерий $\mathbf{Z}$, является многокритериальной задачей.

Оптимальным решением поставленной задачи является некоторое значение $\mathbf{W}^*$ вектора параметров путей пучка $\mathbf{W} = (\mathbf{w}_1, \mathbf{w}_2, \dots, \mathbf{w}_m)$,

при котором вектор $\mathbf{Z}^*$ является лексикографически минимальным.

Сформулированная задача оптимизации содержит ряд ограничений в виде равенств вида (1) для каждого из m путей пучка. Кроме того, ограничены и компоненты вектора параметров $\mathbf{W}$:

$$f_{1i} \geq 0, f_{2i} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m,$$

$$R_{oi} \in \mathbf{R}, R_{di} \in \mathbf{R}, \quad i = 1, \dots, m.$$

где $\mathbf{R}$ – множество допустимых значений радиусов кривых на сортировочных путях в соответствии с правилами проектирования сортировочных устройств [1].

При решении сформулированной задачи оптимизации применяется итеративная схема расчета. Процесс оптимизации начинается с некоторой начальной конструкции пучка, полученной после определения неизвестных углов поворота кривых на спускной части горочной горловины. Для указанной конструкции при соответствующих значениях параметров вектора $\mathbf{W} = (\mathbf{w}_1, \mathbf{w}_2, \dots, \mathbf{w}_m)$ определяются координаты (x_i, y_i) всех точек возможной установки замедлителей P_i . Следует заметить, что оптимизация расположения точек возможной установки замедлителей осуществляется при некоторых фиксированных значениях углов поворотов кривых на спускной части. Как показали исследования, при разных величинах указанных углов расстояние $L_{\text{ППП}}$ может существенно изменяться.

Точка P_i определяется путем пересечения эквидистант двух смежных путей с номерами $(i, i+1)$, построенных для каждого из этих путей в их общем междупутье (рис. 4). Под эквидистантой понимается геометрическое место точек, удаленных от данной кривой на расстоя-

ние $\frac{e_{\min}}{2}$. Таким образом, кривые a и b являются эквидистантами соответственно i -го и $i+1$ путей.

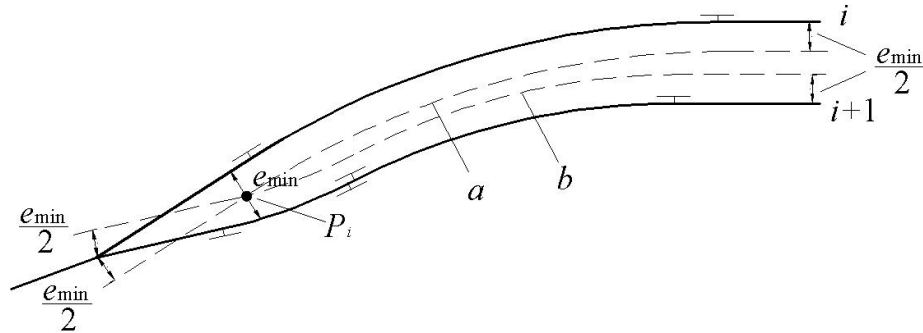


Рис. 4. Схема определения точки P_i с использованием эквидистант

Построение эквидистант и поиск точки их пересечения возможен с помощью метода вычислительной геометрии. Его основным недостатком является сложность расчетов, что существенно затрудняет использование при решении задач оптимизации итерационными методами. Поэтому в данной статье разработан метод поиска точек P_i , равноудаленных от смежных путей, который основан на аппроксимации эквидистант модифицированными кубическими сплайнами дефекта 2. Такой подход, по сравнению с другими методами, обеспечивает более простую формализацию задачи и большую скорость ее решения при автоматизированном расчете.

Кубический сплайн представляет собой некоторую функцию $S(x)$, которая на каждом отрезке $[x_{j-1}, x_j]$ является полиномом третьей степени.

$$S_j(x) = a_j + b_j(x - x_j) + \frac{c_j}{2}(x - x_j)^2 + \frac{d_j}{6}(x - x_j)^3, \quad (3)$$

где $a_j, b_j, \frac{c_j}{2}, \frac{d_j}{6}$ – коэффициенты сплайна.

Каждый элемент j эквидистанты представлен в виде отдельной функции $S_j(x)$. Для определения точки пересечения эквидистант E_i, E_{i+1} необходимо найти пару их элементов, на которых располагается точка пересечения P_i и решить уравнение $S_a(x) - S_b(x) = 0$.

После определения координат точек пересечения эквидистант выполняется расчет расстояний L_i от пучкового стрелочного перевода до всех точек P_i пучка.

$$L_i = \sqrt{(x_i - x_s)^2 + (y_i - y_s)^2}, \quad (4)$$

где x_i, y_i – координаты точки P_i ;

x_s, y_s – координаты центра перевода головной стрелки пучка.

При этом координаты (x_s, y_s) определяют в процессе построения плана спускной части горочной горловины и при оптимизации параметров вектора W_i не изменяются.

В дальнейшем на каждой итерации с использованием указанных расстояний L_i определяются компоненты ΔL_i вектора Z , которые упорядочивают по убыванию. После этого выбирают путь с номером j , у которого разность ΔL_i является максимальной (первая компонента текущего значения вектора Z), и для данного пути решают задачу оптимизации конструкции сопрягающей кривой с использованием частного критерия ΔL_j ; в результате величина ΔL_j достигает минимума.

Выбор направления поворота дополнительной сопрягающей кривой с углом φ_{di} определяется по соотношению расстояний L_{j-1} и L_j . В случае, если $L_j > L_{j-1}$, на пути необходимо устраивать S -образную кривую, в противном случае проектируется U -образная кривая.

Поиск величины угла дополнительной сопрягающей кривой $\varphi_{дi}$, который обеспечивает равенство $L_{j-1} = L_j$, осуществляется методом дихотомии.

Возможна ситуация, при которой, вследствие особенностей конструкции пучка, невозможно достичь равенства $L_{j-1} = L_j$ для j -го пути. Тогда на очередном шаге итерации в качестве расчетного выбирается следующий путь, имеющий меньшее значение ΔL .

Задача оптимизации считается завершенной, когда максимальная компонента вектора $\mathbf{Z}$ $\Delta L_{\max}$ окажется меньше заданной точности решения ε ($\Delta L_{\max} \leq \varepsilon$), либо если будет установлено, что данной точности достичь невозможно.

С целью определения рациональных значений параметров (f_{li} , R_{oi} , R_{di}) в процессе оптимизации углов $\varphi_{дi}$ были выполнены исследования их влияния на конструкцию горловины. Установлено, что, при достаточно больших значениях R_d вследствие увеличения длины дополнительной сопрягающей кривой, возможны случаи, когда не обеспечивается размещение основной сопрягающей кривой даже с минимальным радиусом. В то же время радиус дополнительной сопрягающей кривой R_{di} незначительно влияет на величину расстояний L_{i-1} и L_i , однако увеличение R_{di} ведет к увеличению угла $\varphi_{дi}$ (при условии $L_{i-1} = L_i$), что увеличивает сопротивление движению скатывающихся отцепов. В этой связи при решении задачи оптимизации принято $R_d = 200$ м, что соответствует минимально допустимому радиусу круговых кривых на спускной части горочной горловины [1].

Радиус основной сопрягающей кривой R_o изначально принимается равным минимально допустимому ($R_o = 180$ м). При достижении условия $L_{i-1} = L_i$ величина R_o увеличивается до максимально возможного, если это не приводит к изменению координат точек P_{i-1} и P_i .

Установлено, что увеличение прямой вставки f_1 при наличии дополнительной сопрягающей кривой ухудшает конструкцию плана сортировочного пути и всей горочной горловины. На рис. 5 для одного из путей горловины показано влияние длины вставки f_1 на угол дополнительной сопрягающей кривой φ_d при разных

величинах R_d и R_o , при условии $L_{i-1} = L_i$. При этом, график *a* соответствует условию $R_d = 220$ м, $R_o = 220$ м, *б* – $R_d = 180$ м, $R_o = 200$ м, *в* – $R_d = 220$ м, $R_o = 180$ м и *г* – $R_d = 180$ м, $R_o = 180$ м.

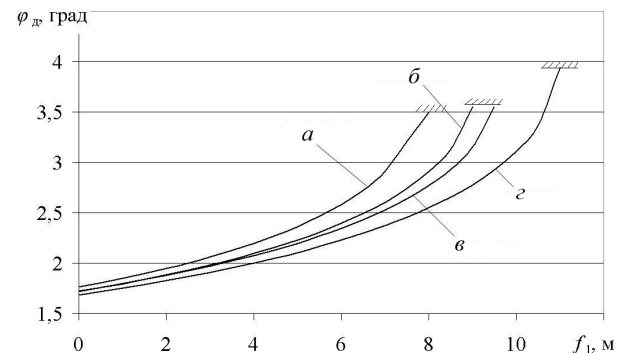


Рис. 5. Графики зависимости угла дополнительной сопрягающей кривой от длины вставки f_1

Все графики сверху имеют ограничение, поскольку очевидно существует некоторая предельная длина вставки f_{1i} , при которой условие $L_{i-1} = L_i$ не может быть выполнено при любом значении угла дополнительной сопрягающей кривой $\varphi_{дi}$. Следует отметить, что при варьировании вставки f_{li} координаты точек P_{i-1} , P_i остаются неизменными. Как видно из графиков, с увеличением f_1 возрастает угол φ_d , что ухудшает условия скатывания отцепов на данный путь; при этом интенсивность роста величины угла φ_d существенно возрастает с увеличением длины вставки f_1 . Подобная зависимость $\varphi_d(f_1)$ характерна как для S-образных, так и U-образных кривых.

Поэтому, в случае необходимости устройства дополнительной кривой φ_d в процессе оптимизации прямая вставка f_1 не устраивается ($f_1 = 0$). Таким образом, при решении задачи оптимизации для достижения условия $L_{i-1} = L_i$ достаточно варьировать только величину угла дополнительной сопрягающей кривой $\varphi_{дi}$.

При проектировании крайних путей пучков необходимо учитывать дополнительные ограничения их параметров $\mathbf{w}$, связанные с необходимостью обеспечения минимального междупутья $e_{\min}$ между смежными пучками. Как показали исследования, на величину указанного междупутья главным образом оказывают влияние параметры кривых спускной части горочной горловины. Поэтому после определения допустимых зна-

чений векторов $\mathbf{w}$ для крайних путей пучков они фиксируются и дальнейшего участия в оптимизации не принимают.

После окончания оптимизации проверяется возможность увеличения радиусов основных сопрягающих кривых, если это не приводит к изменению координат точек P_{i-1} и P_i .

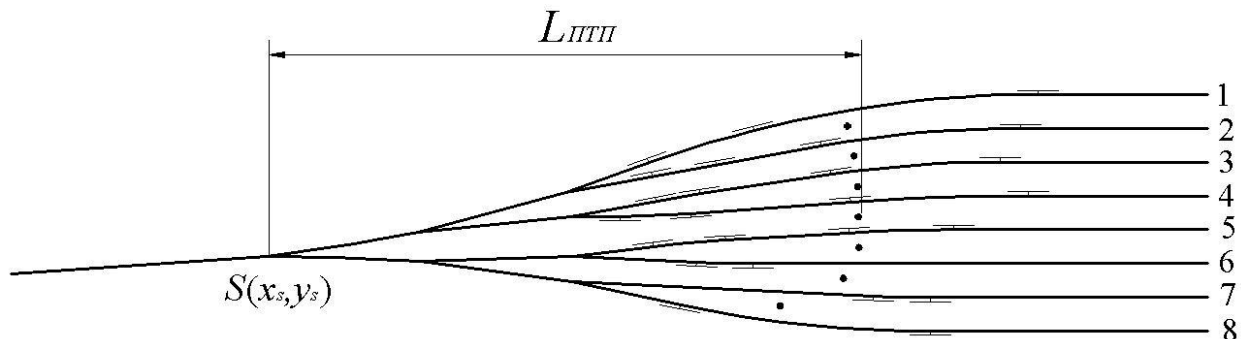


Рис. 6. План пучка путей горочной горловины после оптимизации

Как показали выполненные исследования, разработанная методика позволяет сократить длину горочной горловины на 20...30 м. При этом увеличивается полезная длина путей сортировочного парка и снижаются эксплуатационные расходы на расформирование составов, что свидетельствует о более качественном проектировании горочной горловины по сравнению с исходным вариантом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207-89 [Текст]. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.
2. Бузанов, С. П. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных устройств [Текст] / С. П. Бузанов, А. М. Карпов, М. А. Рыцарев. – М.: Транспорт, 1965. – 232 с.
3. Муха, Ю. А. Использование ЭВМ при расчете плана горочной горловины сортировочного парка [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Применение вычислительной техники в учебном процессе: Тр. вузов МПС. – Вып. 591. – М.: МИИТ. – 1977. – с. 140-147.
4. Чернов, В. Н. Автоматизация масштабного проектирования и расчета сортировочных гор

На рис. 6 показан план пучка путей горочной горловины (см. рис. 3) после оптимизации. Как видно из рисунка, на всех путях пучка, за исключением 7 пути, выполняется требование $\Delta L \leq \varepsilon$.

[Текст] / В. Н. Чернов // Вестн. Ростов. гос. ун-та путей сообщ., 2004, № 4. – С. 83–87.

5. Павлов, В. Е. Элементы оптимального проектирования плана горловины автоматизированной сортировочной горки [Текст] / В. Е. Павлов // Железнодорожные системы автоматики и телемеханики с применением бесконтактных элементов: Сб. научн. тр. ЛИИЖТа. – Вып. 314. – Л.: Транспорт, 1971. – с. 148-155.

6. Бобровский, В. И. Автоматизация проектирования стрелочных горловин сортировочных парков [Текст] / В. И. Бобровский // Совершенствование технических устройств и технологии управления процессом расформирования составов на сортировочных горках: Межвуз. сб. научн. тр. – Д.: ДИИТ, 1986. – с. 42–49.

7. Бобровский, В. И. Модели, методы и алгоритмы автоматизированного проектирования железнодорожных станций [Текст]: монография // В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин. – Д.: Изд-во Маковецкий, 2010. – 156 с.

Поступила в редколлегию 11.02.2011.

Принята к печати 18.02.2011.

Р. В. ВЕРНИГОРА, В. В. МАЛАШКІН (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ПІДГОТОВКА ДСП СТАНЦІЙ ДІЛЯНКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСУ

В статті розглядається принцип побудови тренажерного комплексу на базі локальної обчислювальної мережі для підготовки оперативно-диспетчерського персоналу станцій ділянки. При цьому на кожному робочому місці встановлюється тренажер чергового по станції, а на сервері – тренажер поїзного диспетчера. Такий тренажерний комплекс дозволяє ефективно відпрацьовувати колективні дії по керуванню рухом поїздів на залізничних ділянках.

В статье рассматривается принцип построения тренажерного комплекса на базе локальной вычислительной сети для подготовки оперативно-диспетчерского персонала станций участка. При этом на каждом рабочем месте устанавливается тренажер дежурного по станции, а на сервере – тренажер поездного диспетчера. Такой тренажерный комплекс позволяет эффективно отрабатывать коллективные действия по управлению движением поездов на железнодорожных участках.

The report is devoted to a problem of building local network trainers for preparing controller's personnel station railway area. Herewith trainer of the operator set on each worker place to stations, but on server – a trainer of the traffic manager.

Керування рухом поїздів і маневровою роботою на залізничних ділянках і станціях здійснюють працівники оперативно-диспетчерського персоналу (ОДП): поїзні і маневрові диспетчери, чергові по станції. Від якості їхньої роботи в значній мірі залежить ефективність функціонування залізничного транспорту в цілому. Надійна й упевнена робота ОДП у будь-яких умовах, особливо в нестандартних ситуаціях, є важливим чинником забезпечення безпеки руху на залізницях.

Традиційна система підготовки ОДП на залізницях передбачає передачу знань і навичок інструктором новому працівникові, який у процесі навчання проходить стажування на реальному робочому місці, опановуючи навички і прийоми роботи, вивчаючи технологічний процес і різні керівні документи (інструкції, накази та ін.). При цьому нерідко виникають ситуації, коли після курсу навчання стажист може бути визнаний непридатним до виконання роботи, пов'язаної з керуванням рухом поїздів, у т.ч. і по своїм індивідуальним психофізіологічним даним. Так, у [1] вказується, що основною причиною порушень безпеки руху по господарству перевезень є невідповідність суб'єктивних можливостей диспетчерського персоналу характерові виконуваної роботи. У цьому випадку засоби, витрачені на підготовку працівника, виявляються витраченим дарма. У більшості ж

випадків висновок про непридатність працівника до керування рухом поїздів робиться після здійснення ним дій, що стали причиною аварії. Більш того, по поточній діяльності часто неможливо зробити висновок про передбачувані дії працівника в нестандартних ситуаціях. Імітувати ж виникнення нестандартної ситуації для відпрацьовування відповідних дій при навчанні на реальному робочому місці найчастіше не представляється можливим.

Зазначені проблеми можуть бути вирішені, якщо разом з традиційними методами підготовки ОДП використовувати автоматизовані навчальні системи (АНС), серед яких найбільш ефективними є імітаційні тренажери на базі сучасних засобів обчислювальної техніки. У цьому зв'язку вченими ДНУЗТу активно ведеться робота зі створення комплексу комп'ютерних тренажерів для підготовки ОДП залізниць. З цією метою розроблені методика і відповідні інструментальні засоби для автоматизованої побудови подібних тренажерів [2].

Кожен такий тренажер у своїй основі має ергатичну функціональну модель станції (ФМС), що дозволяє детально імітувати станційні процеси, а також передбачає можливість інтерактивної участі людини в керуванні роботою станції, яка моделюється [3].

ФМС складається з наступних моделей:

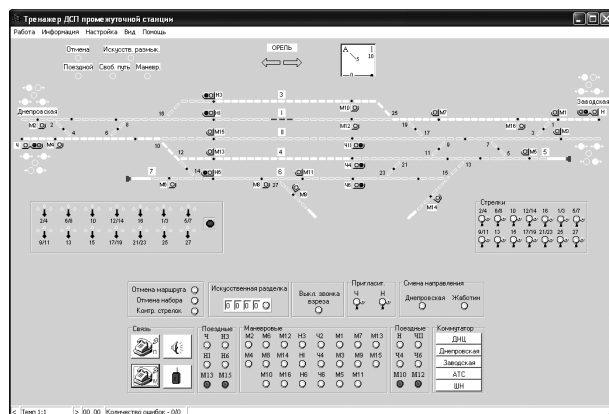
- модель колійного розвитку станції (МКР);

- модель системи станційної автоматики (модель ЕЦ);
- модель технологічного процесу роботи станції (МТП);
- інформаційна модель (ІМ).

Зазначені моделі реалізовані у вигляді окремих модулів, що спрощує синтез моделей конкретних станцій, дозволяючи врахувати особливості їхнього технічного оснащення і технології роботи [4].

Зовнішній вигляд декількох розроблених тренажерів представлений на рис. 1.

а)



б)

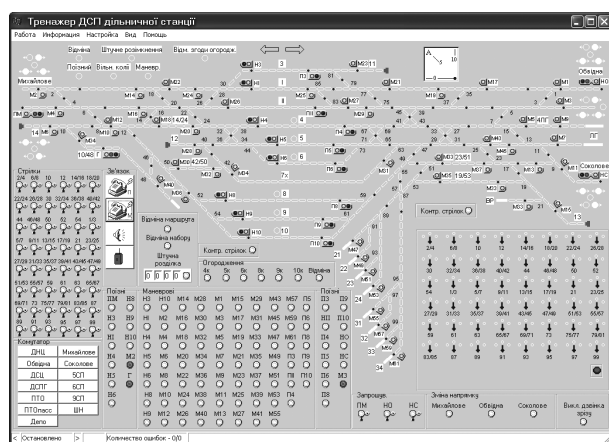


Рис. 1. Тренажери для підготовки ОДП:
а) тренажер ДСП проміжної станції; б) тренажер ДСП дільничної станції

Як відомо, значне місце в роботі чергового по станції займають питання взаємодії з поїзним диспетчером ділянки (ДНЦ) і ДСП інших (сусідніх) станцій даної ділянки. У цьому зв'язку в процесі навчання виникає необхідність відпрацьовування дій ДСП з урахуванням його взаємодії з іншими учасниками перевізного процесу. Для вирішення даної задачі ефективно використовувати комплекс комп'ютерних

тренажерів, об'єднаних у локальну мережу.

З огляду на практичну відсутність подібних тренажерних систем в Україні, була поставлена задача на основі наявної технології створення комп'ютерних тренажерів розробити методику побудови локальної мережі тренажерів для підготовки ДСП станцій залізничної ділянки. Такий тренажер являє собою комплекс робочих місць (клієнтів), об'єднаних у локальну обчислювальну мережу через сервер (рис. 2).

СЕРВЕР (тренажер ДНЦ)



Рис.2. Схема підключення ПЕОМ у тренажерному комплексі

При цьому на кожне робоче місце встановлюється тренажер ДСП, що дозволяє імітувати роботу однієї зі станцій залізничної ділянки. У мережу також включається сервер із встановленим на ньому тренажером поїзного диспетчера. Сервер забезпечує одержання інформації про функціонування станцій усієї ділянки, на підставі якої ДНЦ приймає керуючі рішення і передає їх на робочі місця ДСП.

Тренажер поїзного диспетчера містить у собі інформаційну модель, модуль обробки повідомлень, модуль контролю зайнятості перегонів і модуль початкових умов. Структура тренажера поїзного диспетчера представлена на рис. 3.



Рис. 3. Структура тренажера поїзного диспетчера

Інформаційна модель використовується для поточного контролю стану станцій і перегонів ділянки і передачі керуючих команд ДНЦ функціональним моделям окремих станцій.

Основною функцією модуля обробки повідомлень є організація міжмашинного обміну даними між функціональними моделями станцій ділянки через сервер. При цьому вся інформація, необхідна для функціонування моделей (команди, запити, доповіді), передається між окремими ПЕОМ у вигляді повідомлень спеціального формату. Передані повідомлення від усіх робочих місць надходять на сервер, де кожне повідомлення обробляється і відповідно до ідентифікатора адресата направляється по локальній мережі на відповідну ПЕОМ.

Модуль контролю зайнятості перегонів призначений для постійного моніторингу поточного стану міжстанційних перегонів і організації передачі об'єктів (поїздів, локомотивів) між ФМС суміжних станцій.

Модуль початкових умов містить у собі базу даних сценаріїв і спеціальний редактор для їхньої розробки. Кожен сценарій задає початкове поїзне положення на всіх станціях ділянки, а також містить розклад надходження потягів на стикові станції.

Крім відображення стану поїзного положення на станціях ділянки і прилягаючих до них перегонів комп'ютерний тренажер поїзного диспетчера виконує наступні функції:

1) підтримка єдиного системного часу в мережі. Для цього із сервера всім клієнтам мережі з заданим періодом посилається синхронізуюче повідомлення, у якому вказується точний системний час;

2) ведення загального протоколу експлуатаційних подій, на підставі якого передбачається автоматизована побудова графіка виконаного руху поїздів на ділянках;

3) розрахунок показників роботи і формування результатів тренування з виводом необхідних довідок, у т.ч. по роботі кожної станції.

З метою забезпечення безпомилкової передачі повідомлень між моделями станцій сервер із встановленим на ньому тренажером ДНЦ містить список структур, кожна з яких відповідає певній станції ділянки

$$R_i = \{I_m, A, \mathbf{F}\}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

де I_m – ідентифікатор моделі станції, включеної в локальну мережу; A – сітьова адреса ПЕОМ, на якій встановлений тренажер ДСП станції

залізничної ділянки; $\mathbf{F}$ – список ідентифікаторів моделей станцій, з якими може обмінюватися повідомленнями дана модель станції.

Під час тренування взаємодія структурних моделей тренажера ДСП на кожній станції відбувається з використанням внутрішніх повідомлень спеціального формату. При необхідності передачі керуючої команди або інформаційного блоку в модель суміжної станції, внутрішнє повідомлення доповнюється ідентифікатором моделі станції-адресата I_m . Передане повідомлення спочатку попадає в модуль обробки повідомлень тренажера ДНЦ, де відбувається його аналіз. Далі, відповідно до ідентифікатора моделі-адресата в списку (1), отримане повідомлення направляється в зазначену ФМС. Зовнішній вигляд вікна аналізатора повідомлень під час роботи тренажера представлений на рис. 4.

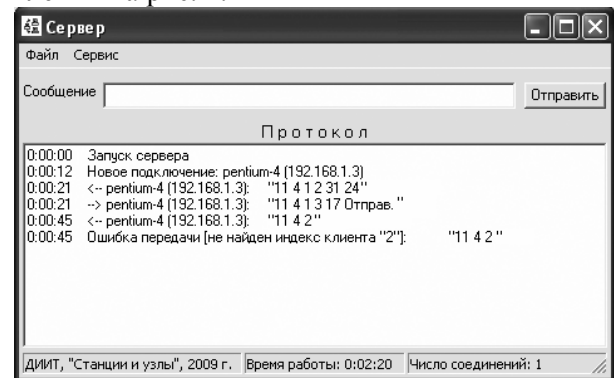


Рис. 4. Вікно аналізатора повідомлень під час тренування

Такий підхід дозволяє безпомилково передавати повідомлення від однієї моделі станції до іншої, а також при необхідності змінювати порядок розташування станцій на залізничній ділянці, у т.ч. додавати нові станції.

Однією з найбільш складних проблем при розробці тренажерного комплексу є організація передачі об'єктів (поїздів і поїзних локомотивів) між функціональними моделями суміжних станцій при їхньому русі по перегонах. Складність зазначеної задачі полягає в перевірці зайнятості перегонів між сусідніми станціями під час прийому або відправлення чергового поїзда. У цьому зв'язку контроль стану перегону між суміжними станціями покладається на модуль, включений до складу тренажера поїзного диспетчера. Даний модуль містить список перегонів, параметри яких визначаються структурою

$$P_i = \{I_p, S, \mathbf{B}, D, Q_1, Q_2\}, \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (2)$$

де I_p – ідентифікатор перегону; S – стан перегону

ну (якщо $S = 0$, то вважається що перегін вільний, а при $S = 1$ – перегін зайнятий); $\mathbf{B}$ – номера блоків-ділянок, що входять до складу перегону; D – напрямок дії автоблокування; Q_1, Q_2 – номери суміжних блоків-ділянок, по яких виконується передача об'єктів з однієї ФМС на іншу.

Так, для схеми, наведеної на рис. 5, при зайнятті поїздом №2001 блок-ділянки №103 даний об'єкт виключається з ФМС 1 і включається до складу ФМС 2. При цьому даний поїзд встановлюється на блок-ділянку №215.

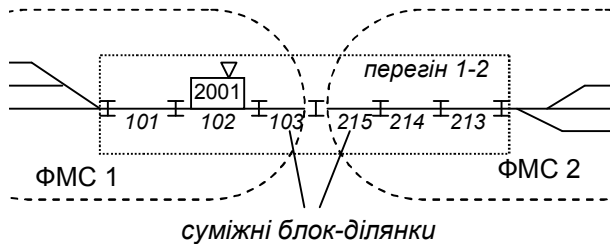


Рис. 5. Схема передачі об'єктів між суміжними ФМС

Перегін вважається вільним, якщо вільні всі блоки-ділянки, зазначені в списку $\mathbf{B}$ (2). Вільність блоків-ділянок контролюється на кожному кроці моделювання по локальних моделях колійного розвитку станцій.

В даний момент розроблені моделі станцій ділянки і система межмашинного обміну даними «Клієнт-Сервер». Ведеться робота з завершення тренажера поїзного диспетчера і налагодженню тренажерного комплексу всієї ділянки.

Використання подібних тренажерних систем

при навчанні ОДП дозволяє ефективно відпрацьовувати колективні дії по керуванню рухом поїздів на ділянках, що дає можливість максимально наблизити процес навчання до реальних умов роботи й істотно підвищує якість підготовки персоналу залізниць.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Крылов, В.К., Безопасность движения, охрана труда: новое в обучении [Текст] / В. К. Крылов, Л. М. Годович // Железнодорожный транспорт. – 1994. – № 2. – С. 71 – 72.
2. Бобровский, В.И., Повышение качества обучения оперативно-диспетчерского персонала железнодорожных станций с использованием компьютерных тренажеров [Текст] / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора // 36. наук. праць КУЕТТ: Серія «Транспортні системи і технології». – 2003. – Вип. 3. – К.: КУЕТТ, 2003. – С. 54-61.
3. Бобровский, В.И. Эргатические модели железнодорожных станций. [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // 36. наук. праць КУЕТТ: Серія «Транспортні системи і технології». – 2004. – Вип. 5. – К.: КУЕТТ, 2004. – С. 80-86.
4. Боровський, В.І. Технично-економічне управління залізничними станціями на основі ергатических моделей [Текст] / В. И. Бобровский, Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2004. – № 6. – С. 17-21.

Надійшла до редколегії 2.02.2011.

Прийнята до друку 9.02.2011.

І. Л. ЖУРАВЕЛЬ, В. В. ЖУРАВЕЛЬ, М. О. ДУДКА (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

РАЦІОНАЛЬНА ВЗАЄМОДІЯ СОРТУВАЛЬНОЇ ТА ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ У ЗАЛІЗНИЧНОМУ ВУЗЛІ

Розглянуто питання підвищення ефективності функціонування залізничного вузла шляхом оптимізації взаємодії транспортних об'єктів. Вузол розглянуто як двофазну систему масового обслуговування «сортувальна станція – вантажні станції – під'їзні колії». Визначено основні фактори, які найбільш впливають на показники роботи системи. Шляхом порівняння варіантів за експлуатаційними витратами, що відрізняються, визначено найбільш ефективний варіант взаємодії сортувальної та вантажних станцій у залізничному вузлі.

Рассмотрен вопрос повышения эффективности функционирования железнодорожного узла путем оптимизации взаимодействия транспортных объектов. Узел рассмотрен как двухфазная система массового обслуживания «сортировочная станция – грузовые станции – подъездные пути». Определены основные факторы, наиболее влияющие на показатели работы системы. Путем сравнения вариантов по отличающимся эксплуатационным расходам установлен наиболее эффективный вариант взаимодействия сортировочной и грузовых станций в узле.

A question is considered of rise of efficiency of functioning of railway knot by optimization of co-operation of transport objects. A knot is considered as a diphasic queuing system «marshalling yard – freight stations – access roads». Basic factors are definite, having most influence on the indexes of work of the system. By comparison of variants on different running expenses the most effective variant is set of co-operation of sorting and freight stations in knot.

Вступ

В умовах ринкової економіки для якісного обслуговування вантажовласників і розширення транспортних зв'язків із закордонними країнами велике значення має розвиток вантажних станцій України, як однієї з ланок транспортної системи на шляху прямування експортно-імпортних, транзитних і місцевих вантажів.

У даний час перед транспортними вузлами стоять складні задачі, що пов'язані з захистом економічних інтересів держави, з одного боку, та із забезпеченням сприятливих умов для перевізників і вантажовласників – з іншого. Для прискорення процесу доставки вантажів необхідно максимально скоротити витрати часу на виконання вантажних і технічних операцій.

У цій ситуації потрібно досконало визначати технологію роботи транспортних об'єктів, параметри їх функціонування та відповідно до них проводити оптимізацію або технічне переоснащення даних об'єктів. Чітка погоджена діяльність усіх взаємодіючих ланок перевізного процесу дозволяє значно зменшити витрати на їх функціонування.

Аналіз досліджень і публікацій

В цілому, питанням раціонального розподілу сортувальної роботи у вузлі між сортувальною та вантажними станціями присвячено достатньо велику кількість робіт, серед яких [2-5].

Робота [2] містить запропоновану методику раціонального розподілу сортувальної роботи у вузлі між сортувальною та вантажною станціями шляхом порівняння зведених витрат.

В роботі [3] наведено аналіз взаємодії станцій у вузлах. Так як на більшості проаналізованих вантажних станцій кількість сортувальних колій є меншою за розрахункову, то місцеві вагони, що надходять у складах передавальних поїздів, сортуються повторно кілька разів перед тим, як вони будуть подані на вантажні фронти. Це викликає значні простой рухомого складу та додаткові експлуатаційні витрати на маневрову роботу. Виконання закінчення формування таких составів з добіркою груп вагонів за вантажними фронтами на гірці вузлової сортувальної станції є до 5 разів більш економічним, ніж на вантажній станції, за умов наявності достатнього резерву її переробної спроможності.

Питання удосконалення роботи сортувальної станції у залізничному вузлі шляхом скорочення простою за рахунок налагодження взаємодії між станціями вузла розглянуто в роботі [4]. Автори роботи вважають, що головним шляхом для скорочення простоїв на станції є зменшення тривалості простою поїздів по прийманню за рахунок узгодження роботи парку приймання і прилеглих ділянок з передвузловими станціями.

Авторами роботи [5] запропоновано на технічних станціях залізничних вузлів формувати

© Журавель І. Л., Журавель В. В., Дудка М. О., 2011

багатогрупні передавальні поїзди з добіркою вагонів за вантажними фронтами, а вантажні станції використовувати тільки для подавання підібраних груп на fronti. При цьому для системи «сортувальна станція – вантажна станція» обґрунтування доцільності формування на сортувальній станції таких багатогрупних передавальних поїздів виконується шляхом порівнянням варіантів. Вирішення такого питання для великих вузлів з 1-3 технічними та десятками вантажних станцій простим перебиранням варіантів є достатньо складним, тому запропоновано математичні методи для скорочення обсягів перебірки варіантів.

Мета статті та виклад основного матеріалу

Метою виконаних досліджень є підвищення ефективності функціонування системи «сортувальна станція – вантажні станції – під'їзні колії» за рахунок раціональної взаємодії транспортних об'єктів на прикладі залізничного вузла (рис. 1), до складу якого входять двостороння сортувальна станція (СС) В, дві пасажирські станції Дн і ДП, дві вантажні станції (ВС) Н і ДВ і чотири проміжних – Сх, І, Вс, Сх.

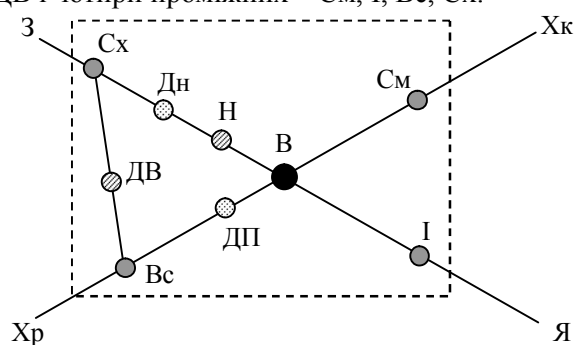


Рис. 1. Принципова схема залізничного вузла

За обсягом роботи станція В є позакласною та складається з двох сортувальних систем. Під час досліджень розглянуто непарну систему станції з послідовним розташуванням приймального (6 колій), сортувально-відправного (31 колія) та відправного парків (10 колій). Транзитний парк (5 колій) розташовано паралельно до приймального. Для переробки вагонопотоків у системі використовується механізована сортувальна гірка великої потужності.

Вантажна станція Н за обсягом роботи віднесена до 1 класу. Колійний розвиток станції складається з приймально-відправного (5 колій) і сортувально-відправного (4 колій) парків. Для розформування та формування составів поїздів використовується гірка малої потужності. До станції примикають п'ять під'їзних колій (ПК) – «НТЗ», «ДСЗ», «Серв», «Геол», «ДПФ».

Вантажна станція ДВ за обсягом роботи віднесена до 2 класу. Колійний розвиток станції складається з приймально-відправного (5 колій) і сортувально-відправного (8 колій) парків. Для розформування-формування составів використовується гірка малої потужності. До станції примикають три ПК – «Шина», «Локо», «ПЗТ».

Систему «СС – ВС – ПК», розглянуто як двофазну систему масового обслуговування, що складається з двох підсистем: 1) СС – ВС; 2) ВС – ПК.

На підставі обробки статистичних даних (рис. 2, 3) визначено [1] основні числові характеристики розподілу випадкової величини добової кількості вагонів, які надходять на під'їзні колії (табл. 1, 2): середнє статистичне значення $M[m]$, статистичну дисперсію $D[m]$, середньоквадратичне відхилення $\sigma[m]$, коефіцієнт варіації v . Ці дані в подальшому використовувалися для моделювання роботи станцій, що розглядалися.



Рис. 2. Загальна добова кількість вагонів, що надходять на «ДСЗ»

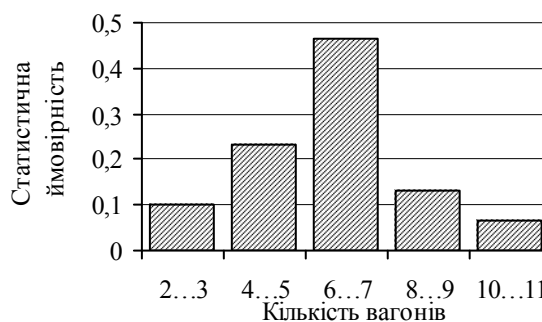


Рис. 3. Загальна добова кількість вагонів, що надходять на «Локо»

Оптимальний склад передавального поїзда за мінімумом витрат на локомотиво- та вагоно-години [6] визначено за виразом

$$m_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{(2L + vt_{\text{ст}}) N_{\text{max}} e_{\text{лг}}}{24ve_{\text{вг}}}}, \quad (1)$$

де v - дільнична швидкість руху поїздів, км/год;

Таблиця 1

Параметри розподілу кількості вагонів, що надходять на під'їзні колії станції Н

Під'їзна колія		$M[m]$	$D[m]$	$\sigma[m]$	v
«НТЗ»	Всього	38,5	194,85	13,96	0,36
	Навантажені	23,8	171,56	13,10	0,55
	Порожні	14,9	74,26	8,62	0,58
	Піввагони	35,7	164,61	12,83	0,36
	Криті вагони	3,8	5,76	2,4	0,63
«ДСЗ»	Всього	4,4	6,84	2,62	0,60
	Навантажені	3,1	4,64	2,15	0,69
	Порожні	1,9	0,64	0,80	0,42
	Піввагони	2,8	3,56	1,89	0,67
	Платформи	2,2	2,49	1,58	0,73
«Серв»	Всього	2,5	1,80	1,34	0,54
«Геол»	Всього	2,2	1,42	1,19	0,55
«ДПФ»	Всього	2,2	1,73	1,31	0,59

Таблиця 2

Параметри розподілу кількості вагонів, що надходять на під'їзні колії станції ДВ

Під'їзна колія		$M[m]$	$D[m]$	$\sigma[m]$	v
«Шина»	Всього	14,1	19,57	4,42	0,31
	Навантажені	9,8	14,60	3,82	0,39
	Порожні	4,7	6,21	2,49	0,53
	Криті вагони	9,8	15,45	3,93	0,4
	Інші вагони	4,6	4,46	2,11	0,46
«Локо»	Всього	6,2	4,02	2,01	0,33
	Навантажені	3,8	2,60	1,61	0,43
	Порожні	2,4	1,26	1,12	0,46
	Піввагони	4,7	4,00	2,00	0,43
	Інші вагони	1,8	0,56	0,75	0,41
«ПЗТ»	Всього	4,3	2,76	1,66	0,39
	Навантажені	2,6	1,78	1,33	0,51
	Порожні	1,9	0,91	0,95	0,50

L – довжина перегону між сортувальною та вантажною станціями, км;

$t_{ст}$ – тривалість знаходження локомотива на СС та ВС за час одного обороту, год.;

$e_{лг}$ – вартість однієї локомотиво-години роботи локомотива, грн.;

$e_{вг}$ – вартість однієї вагоно-години, грн.;

N_{max} – максимальна добова кількість вагонів, що надходять на вантажну станцію у передавальних поїздах, яку згідно з [6] визначено за виразом

$$N_{max} = k_n \bar{N}, \quad (2)$$

де k_n – коефіцієнт нерівномірності надходження вагонів на ВС;

$\bar{N}$ – середньодобова кількість вагонів, що надходять на ВС у передавальних поїздах.

На підставі розрахунків оптимальний склад передавального поїзда становить для станції Н – 38 вагонів, для станції ДВ – 28 вагонів.

Під час досліджень виконано розробку трьох варіантів взаємодії сортувальної та вантажних станцій у вузлі:

1. Відправлення поїздів зі станції В на станції Н і ДВ з випадковими інтервалами без добірки вагонів за вантажними фронтами ПК, що обслуговуються станціями Н і ДВ.

2. Рівномірне відправлення поїздів зі станції В на вантажні станції без добірки вагонів за вантажними фронтами ПК.

3. Рівномірне відправлення поїздів зі станції В на вантажні станції з добіркою вагонів за вантажними фронтами ПК, що обслуговуються станціями Н і ДВ, на сортувальній станції.

Варіант 3 дає можливість для вантажних станцій скоротити: 1) тривалість знаходження вагонів; 2) витрати, що пов'язані з утриманням сортувальних пристроїв і колій; 3) витрати на утримання персоналу, який безпосередньо задіяний у розформуванні составів. Але при цьому на сортувальній станції В для добірки вагонів за вантажними фронтами необхідно виконувати повторне сортування вагонів, що викликає додаткові витрати локомотиво-години роботи гіркового локомотива, витрати дизельного палива та може викликати додаткові простой транзитного вагонопотоку з переробкою.

Під час досліджень формалізовано технологію функціонування транспортного об'єкта «сортувальна станція» та підсистеми «вантажна станція – під'їзні колії».

Для отримання показників функціонування системи «сортувальна станція – вантажні станції – під'їзні колії» використано метод імітаційного графічного моделювання.

На підставі графічної моделі функціонування сортувальної станції В визначено добову тривалість знаходження на станції транзитних вагонів з переробкою, яка для варіанта 1 дорівнює 9363,5 ваг-год, для варіанта 2 – 9246,15 ваг-год, для варіанта 3 – 9373,37 ваг-год.

Порівнюючи результати моделювання роботи станції В за варіантами, можна зробити висновки, що тривалість знаходження на станції транзитних вагонів з переробкою у варіанті 3 збільшилася у порівнянні з варіантом 1 на 0,1 %, а у порівнянні з варіантом 2 на 1,4 %.

Факторами, які найбільше вплинули на погіршення показників роботи сортувальної станції В у 3 варіанті є додаткова тривалість повто-

рного сортування вагонів, очікування закінчення формування составів передавальних поїздів, які відправляються на станції ДВ і Н, а також збільшення тривалості знаходження вагонів під накопиченням.

На підставі графічних моделей функціонування вантажних станцій ДВ, Н і ПК визначено величини добової тривалості знаходження місцевих вагонів по варіантах:

1) для станції ДВ – 606,7 ваг-год, для станції Н – 958,4 ваг-год;

2) для станції ДВ – 603,71 ваг-год, для станції Н – 949,88 ваг-год;

3) для станції ДВ – 601,89 ваг-год, для станції Н – 895,75 ваг-год.

Порівнюючи результати моделювання роботи вантажних станцій ДВ, Н і ПК за трьома варіантами можна зробити висновки, що у варіанті 3 порівняно з варіантами 1 і 2 зменшилася тривалість знаходження на станції місцевих вагонів, а саме:

1) на станції ДВ у порівнянні з варіантом 1 на 0,8 %, з варіантом 2 на 0,3 %;

2) на станції Н у порівнянні з варіантом 1 на 7 %, з варіантом 2 на 6 %.

Вказані зміни відбулися, у першу чергу, за рахунок відсутності сортування вагонів на цих вантажних станціях.

Порівняння варіантів виконано на підставі експлуатаційних витрат, які відрізняються, а саме: на утримання колій, стрілочних переводів і пристроїв електричної централізації на вантажних станціях; на паливо для маневрових локомотивів, які працюють на вантажних і сортувальних станціях; що пов'язані зі знаходженням вагонів на вантажних і сортувальних станціях; що пов'язані з утриманням експлуатаційного штату, який безпосередньо задіяний у розформуванні составів, на вантажних станціях.

Річні експлуатаційні витрати у разі відправлення поїздів з сортувальної станції В на вантажні станції Н і ДВ з випадковими інтервалами (варіант 1) складають 18185,765 тис. грн., у разі рівномірного відправлення поїздів зі станції В на станції Н і ДВ (варіант 2) – 17984,243 тис. грн., а у разі рівномірного відправлення поїздів з сортувальної станції В на станції Н і ДВ і добірки вагонів по вантажних фронтах на станції В (варіант 3) – 17184,859 тис. грн. Таким чином, під час економічного порівняння варіантів виявилось, що експлуатаційні витрати у третьому варіанті є найменшими. Економія витрат при цьому складає: у порівнянні з першим варіантом – 5,8 %, у порівнянні з другим варіантом – 4,7 %.

Висновки

1. Найбільш ефективним є рівномірне відправлення поїздів з сортувальної станції на вантажні станції з добіркою вагонів по вантажних фронтах під'їзних колій, що обслуговуються цими станціями, на сортувальній станції за допомогою повторного сортування.

2. Збільшення тривалості знаходження транзитних з переробкою вагонів на сортувальній станції для забезпечення рівномірності підходу поїздів на вантажні станції та добірки вагонів по вантажних фронтах окупається за рахунок зменшення тривалості знаходження вагонів на цих станціях, а також відсутності витрат на утримання на них сортувальних колій, сортувальних гірок і експлуатаційного штату, який задіяний безпосередньо у розформуванні составів. Також, спостерігається зменшення тривалості роботи маневрових локомотивів вантажних станцій в режимі тяги та витрат дизельного палива.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Акулиничев, В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог [Текст]: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков. – М.: Транспорт, 1981. – 223 с.

2. Макуха, А. М. Исследование организации движения передаточных поездов в железнодорожных узлах [Текст]: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 – Новосибирск: НИИЖТ, 1973. – 22 с.

3. Крячко, К. В. Організація сумісної технології роботи станцій у залізничному вузлі [Текст]. / К. В. Крячко // Зб. наук. праць «Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті» – 1998. – Вип. 33. – Х.: ХарДАЗТ, 1998. – С. 68-72.

4. Петрушков, В. В. Проблема удосконалення роботи сортувальної станції у залізничному вузлі в сучасних умовах [Текст]. / В. В. Петрушков, М. Є. Рябошапко // Зб. наук. праць «Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті» – 1998. – Вип. 33. – Х.: ХарДАЗТ, 1998. – С. 84-87.

5. Коробйова, Р. Г. Совершенствование переработки местных вагонопотоков в железнодорожных узлах [Текст]. / Р. Г. Коробйова, И. Е. Левицкий // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – № 23. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 104-107.

6. Методические указания по проектированию железнодорожных узлов и станций № 111 [Текст] – К.: Киевгипротранс, 1987. – 28 с.

Надійшла до редколегії 31.01.2011.

Прийнята до друку 31.01.2011.

В. В. ЖУРАВЕЛЬ, Г. І. ПЕРЕСТА, І. Л. ЖУРАВЕЛЬ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ВПЛИВ ТОЧНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ ВІДЧЕПІВ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

В статті розглянуто вплив точності гальмування та параметрів відчепів на показники роботи сортувальної гірки.

В статье рассмотрено влияние точности торможения и параметров отцепов на показатели работы сортировочной горки.

In article influencing is considered of exactness of braking and parameters of cuts on the indexes of work of sorting hump.

В умовах сьогодення важливою задачею для залізничного транспорту України є підвищення прибутків. Принципи ринкової економіки дозволяють розв'язати цю задачу за рахунок скорочення непродуктивних витрат. Найбільш енергомісткими залізничними підрозділами є сортувальні станції. Тому застосування енергозберігаючих технологій на них є тим чинником, що суттєво впливає на рентабельність роботи цих станцій. Значну частину витрат у роботі сортувальної станції складають витрати на паливо для маневрових локомотивів.

На величину витрат палива, зокрема тих, що пов'язані з осаджуванням вагонів на коліях сортувального парку, суттєво впливає довжина «вікон», які утворюються між групами вагонів. Також від неї залежить тривалість виконання маневрових операцій з осаджування та, як наслідок, тривалість знаходження вагонів на станції. Тому значно зростають вимоги, що висувуються до якості регулювання швидкості скочування відчепів з сортувальної гірки.

Крім того, точність гальмування впливає і на пошкодження вагонів під час сортування, що відбувається, в основному, внаслідок їх зіткнення з перевищенням нормованої швидкості 5 км/год. При цьому одночасно з вагоном може пошкоджуватись і вантаж. Тому загальні збитки є досить суттєвими.

Аналіз статистичних даних (табл. 1) показав, що показники, які досягнуто на існуючих гірках, не відповідають вимогам до якості регулювання швидкості скочування відчепів.

Вагонопотоки, що переробляються на гірках, суттєво різняться ваговою категорією вагонів, їх типом, кількістю вагонів у відчепі.

У зв'язку з цим, важливим є розгляд питань впливу похибки гальмування відчепів, кількості вагонів у них і вагової категорії вагонів у потоці, що підлягає переробці, на показники роботи сортувальної гірки.

Т а б л и ц я 1

Результати аналізу статистичних даних

Показник	Значення	
	фактичне	нормативне
Середня швидкість зіткнення відчепів на сортувальних коліях, км/год	5,3...7,9	не більш 5
Ймовірність перевищення допустимої швидкості зіткнення	0,48...0,85	не більш 0,1
Середня довжина «вікна» у розрахунку на один перероблений вагон, м	2,5...13,2	–
Рівень заповнення сортувальних колій, %	50...86	не менш 85
Похибка реалізації заданої швидкості виходу відчепів з гальмової позиції, м/с	0,04...0,7	не більш $\pm 0,25$
Середньоквадратичне відхилення похибки реалізації заданої швидкості виходу відчепів з гальмової позиції, м/с	0,26...0,8	не більш 0,125

Показники роботи гірки визначено на підставі результатів імітаційного моделювання процесу розформування составів. В імітаційній моделі загальна енергія кожного відчепа, що погашається на гальмових позиціях, визначається за умови забезпечення заданої швидкості в точці прицілювання, яку прийнято 1,4 м/с (5 км/год). Значення швидкості виходу з паркової гальмової позиції визначається з урахуванням характеристик самого відчепа, крутизни ухилу сортувальних колій, яка становила 0,6 %, дальності пробігу сортувальною колією та всіх інших факторів. У цих умовах отримані показники відображують потенційні (граничні) можливості прицілювання регулювання швидкості скочування вагонів на відповідній гірці, які визначаються висотою гірки, наявністю стрілоч-

них переводів і кривих, характеристиками вагонопотоку, потужністю гальмових засобів і метеорологічними даними.

У роботі розглянуто сортувальну гірку великої потужності, яка характеризується наступними параметрами: кількість колій насуву – 2; кількість спускних колій – 2; кількість обхідних колій – 2; кількість сортувальних колій – 32; кількість пучків – 4, кількість колій у кожному пучку – 8; перша гальмова позиція – 2 сповільнювача НК-114; друга гальмова позиція – по 2 сповільнювача НК-114; паркова гальмова позиція – по 3 сповільнювача РНЗ-2М на кожній сортувальній колії.

Під час досліджень похибка гальмування (середньоквадратична помилка розрахунку та реалізації швидкостей виходу відцепів з гальмових позицій σ_v) варіювалася у межах від 0,1 м/с до 1 м/с з кроком 0,1 м/с. Крім того, для кожного значення похибки гальмування розглянуто:

1) вісім варіантів, які відрізняються частотою появи у потоці, що підлягає переробці, вагонів різної вагової категорії (табл. 2);

2) вісім варіантів, які відрізняються частотою появи відцепів з різною кількістю вагонів (табл. 3).

Під час дослідження впливу на показники роботи сортувальної гірки вагової категорії вагонів кількість вагонів у відцепі було зафіксовано на одному рівні (див. табл. 4). Під час дослідження впливу кількості вагонів у відцепі вагову категорію вагонів теж було зафіксовано на одному рівні (табл. 4).

Т а б л и ц я 2

Частоти появи вагонів різної вагової категорії, %

Вагова категорія вагонів	Варіант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
легка	5	15	25	35	45	55	65	75
легко-середня	5	5	5	5	5	5	5	5
середня	5	5	5	5	5	5	5	5
середньо-важка	5	5	5	5	5	5	5	5
важка	80	70	60	50	40	30	20	10

Т а б л и ц я 3

Частоти появи відцепів з різною кількістю вагонів, %

Кількість вагонів у відцепі	Варіант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	80	70	60	50	40	30	20	10
2	5	5	5	5	5	5	5	5
3	5	5	5	5	5	5	5	5
4	5	5	5	5	5	5	5	5
5 і більше	5	15	25	35	45	55	65	75

Т а б л и ц я 4

Параметри вагонопотоку

Вагова категорія вагонів	Частота появи, %	Кількість вагонів у відцепі	Частота появи, %
легка	32	1	64
легко-середня	9	2	18
середня	4	3	6
середньо-важка	7	4	3
важка	48	5 і більше	9

Аналіз отриманих даних показав, що між похибкою гальмування відцепів і показниками роботи гірки, а також між ваговою категорією вагонів або кількістю вагонів у відцепі та показниками роботи гірки є певний нелінійний кореляційний зв'язок, для оцінки тісноти якого використано кореляційне відношення η [1]. Якісну оцінку тісноти зв'язку можна дати за шкалою Чеддока [2].

Отримані під час дослідження впливу вагової категорії вагонів результати дозволили встановити наступне:

1. Вплив похибки гальмування відцепів є дуже значним, а вплив вагової категорії вагонів є слабким на середню швидкість зіткнення відцепів на коліях сортувального парку ($\eta = 0,93$ і $\eta = 0,15$ відповідно).

2. Вплив похибки гальмування відцепів є значним, а вплив вагової категорії вагонів є помірним на такі показники:

- середню довжину «вікна» у розрахунку на один перероблений вагон ($\eta=0,86$ і $\eta=0,44$ відповідно);

- середню кількість операцій осаджування у розрахунку на один перероблений вагон ($\eta = 0,87$ і $\eta = 0,42$ відповідно).

Отримані під час дослідження впливу кількості вагонів у відцепі результати дозволили встановити наступне:

1. Вплив похибки гальмування відцепів є дуже значним, а вплив кількості вагонів у відцепі є слабким на середню швидкість зіткнення відцепів на коліях сортувального парку ($\eta = 0,93$ і $\eta = 0,1$ відповідно);

2. Вплив похибки гальмування відцепів є помітним, а вплив кількості вагонів у відцепі, є помірним на такі показники:

- середню довжину «вікна» у розрахунку на один перероблений вагон ($\eta = 0,51$ і $\eta = 0,41$ відповідно);

- середню кількість операцій осаджування у розрахунку на один перероблений вагон ($\eta = 0,56$ і $\eta = 0,45$ відповідно).

Наявність нелінійного кореляційного зв'язку між похибкою гальмування відцепів і

показниками роботи сортувальної гірки дозволяє встановити вид регресійних моделей, коефіцієнти яких визначаються методом найменших квадратів [1].

Під час досліджень використано 40 видів однофакторних моделей, з яких для подальшого розгляду вони обиралися за принципом найменшої залишкової дисперсії D_3 [3].

Для перевірки адекватності регресійних моделей використано F -критерій Фішера [4]

$$F = \frac{D_y}{D_3}$$

і відносне відхилення v дійсних значень y_i від прогнозних $\hat{y}_i$ [5]

$$v = \frac{\Delta \bar{y}_i}{\bar{Y}} 100,$$

де D_y – емпірична дисперсія;

$\bar{Y}$ – середнє значення величини $\hat{Y}$, що розраховано за регресійною моделлю;

$\Delta \bar{y}_i$ – середнє відхилення значень величини Y від значень величини $\hat{Y}$.

Прийнято, що модель є адекватною, якщо розраховане значення F -критерію більше табличного $F_{\text{табл}}$ у разі ймовірності помилки 5 % і відносне відхилення $v \leq 10$ %.

Виконаний аналіз дозволив встановити, що зв'язок між похибкою гальмування відцепів σ_v і середньою швидкістю їх зіткнення на коліях сортувального парку можна адекватно описати регресійною моделлю виду:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 e^{-\sigma_v} + b_2 e^{-\sigma_v^2}, \quad (1)$$

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \sigma_v^{0,5} + b_2 \sigma_v, \quad (2)$$

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \sigma_v^2. \quad (3)$$

При цьому, під час дослідження впливу вагової категорії вагонів $D_3=0,000836...0,001000$ (м/с)², $F(19,88...16,70) > F_{\text{табл}}(1,63)$, $v = 1,4$ % < 10 %. Під час дослідження впливу кількості вагонів у відцепі $D_3 = 0,000544...0,000731$ (м/с)², $F(20,52...27,57) > F_{\text{табл}}(1,63)$, $v = 1,1$ % < 10 %.

Таким чином, зв'язок між похибкою гальмування відцепів і середньою швидкістю їх зіткнення на коліях сортувального парку можна адекватно описати регресійною моделлю виду (3), що є найпростішою з розглянутих.

Наявність помірного впливу вагової категорії вагонів на середню довжину «вікна» та кількість операцій осаджування у розрахунку на один перероблений вагон ($\eta = 0,44$ і $\eta = 0,42$ відповідно) не дозволило визначити модель, яка б адекватно описувала зв'язок між похибкою гальмування відцепів і цими показниками для усієї сукупності отриманих у процесі моделювання значень. Жодна з розглянутих моделей не відповідає вимозі $v \leq 10$ %.

Врахувати вплив вагової категорії вагонів виявилось можливим, якщо розділити всю сукупність дослідних значень на частини та розглянути два випадки: 1) коли вагони важкої та середньо-важкої вагової категорії у потоці, що переробляється, складають 65 % і більше; 2) коли вагони цих вагових категорій складають менш, ніж 65 %.

У такий спосіб зв'язок між похибкою гальмування відцепів σ_v і середньою довжиною «вікна» у розрахунку на один перероблений вагон у випадку 1 можна адекватно описати моделями виду (1) – (3), а також виду

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \sigma_v + b_2 \sigma_v^2. \quad (4)$$

У випадку 2 адекватний опис такого зв'язку можливий моделями виду (4) і (3).

При цьому, у випадку 1 $D_3 = 2,27...2,44$ м², $F(16,20...14,60) > F_{\text{табл}}(1,87)$, $v = 8,3...8,7$ % < 10 %. У випадку 2 $D_3 = 2,52...2,55$ м², $F(14,34...14,14) > F_{\text{табл}}(1,69)$, $v = 6,5$ % < 10 %.

Зв'язок між похибкою гальмування відцепів σ_v і середньою кількістю операцій осаджування у розрахунку на один перероблений вагон у випадку 1 можна адекватно описати моделями виду (2) – (4), а у випадку 2 – моделями виду (4) і (3).

При цьому, у випадку 1 $D_3 = 0,000009...0,000010$ операцій², $F(18,23...17,10) > F_{\text{табл}}(1,87)$, $v = 7,9...8,2$ % < 10 %. У випадку 2 $D_3 = 0,000009$ операцій², $F(13,20) > F_{\text{табл}}(1,69)$, $v = 6$ % < 10 %.

Таким чином, зв'язок між похибкою гальмування відцепів і середньою довжиною «вікна» або середньою кількістю операцій осаджування у розрахунку на один перероблений вагон можна адекватно описати моделлю виду (3), як найпростішою з розглянутих.

У зв'язку з тим, що кореляційне відношення похибки гальмування відцепів і середньої довжини «вікна» або середньої кількості операцій осаджування у розрахунку на один перероблений вагон ($\eta = 0,51$ і $\eta = 0,56$ відповідно) є досить далеким від 1, а також з наявністю помір-

ного впливу на ці показники кількості вагонів у відчепі ($\eta = 0,41$ і $\eta = 0,45$ відповідно) не виявилось можливим визначити модель, яка б адекватно описувала зв'язок між похибкою гальмування відчепів і цими показниками для усієї сукупності значень. Жодна з розглянутих моделей не відповідає вимозі $v \leq 10 \%$, а у випадку середньої довжини «вікна» не виконується також вимога $F > F_{\text{табл}}$.

Врахувати вплив кількості вагонів у відчепі виявилось можливим, якщо розділити всю сукупність дослідних значень середньої довжини «вікна» або кількості операцій осаджування на частини та розглянути два випадки: 1) коли частота появи у потоці, що переробляється, відчепів з 1 вагону складає 60 % і більше (варіанти 1...3); 2) коли частота появи відчепів з 1 вагону складає менш, ніж 60 % (варіанти 4...8).

У такий спосіб зв'язок між похибкою гальмування відчепів σ_v і середньою довжиною «вікна» у розрахунку на один перероблений вагон у випадках 1 і 2 можна адекватно описати моделями виду (3) і (4).

При цьому, у випадку 1 $D_3 = 4,57...4,58 \text{ м}^2$, $F(8,94...8,91) > F_{\text{табл}}(1,87)$, $v = 9,7...9,8 \% < 10 \%$. У випадку 2 $D_3 = 2,73 \text{ м}^2$, $F(5,51) > F_{\text{табл}}(1,69)$, $v = 9,9 \% < 10 \%$.

Зв'язок між похибкою гальмування відчепів σ_v і середньою кількістю операцій осаджування у розрахунку на один перероблений вагон у випадку 1 і 2 можна адекватно описати моделлю виду (3), а також виду

$$\hat{y} = \ln(b_0 + b_1\sigma_v + b_2\sigma_v^2). \quad (5)$$

При цьому, у випадку 1 $D_3 = 0,000012$ операцій², $F(10,92) > F_{\text{табл}}(1,87)$, $v = 7,8 \% < 10 \%$. У випадку 2 $D_3 = 0,000009$ операцій², $F(5,89) > F_{\text{табл}}(1,69)$, $v = 9,8 \% < 10 \%$.

Таким чином, зв'язок між похибкою гальмування відчепів і середньою довжиною «вікна» або середньою кількістю операцій осаджування у розрахунку на один перероблений вагон можна адекватно описати моделлю виду (3), як найпростішим з розглянутих.

Висновки:

1. Між похибкою гальмування відчепів і показниками роботи гірки, а також між ваговою категорією вагонів або кількістю вагонів у відчепі та цими показниками є певний нелінійний кореляційний зв'язок.

2. Отримано однофакторні регресійні моделі, які з урахуванням параметрів вагонопотоку описують зв'язок між похибкою гальмування

відчепів (середньоквадратичною помилкою розрахунку та реалізації швидкостей виходу з гальмових позицій) і наступними показниками роботи гірки: 1) середньою швидкістю зіткнення відчепів на коліях сортувального парку; 2) середньою довжиною «вікна» на один перероблений вагон; 3) середньою кількістю операцій осаджування на один перероблений вагон.

3. Жодна з розглянутих моделей не описує адекватно всю сукупність значень середньої довжини «вікна» та середньої кількості операцій осаджування у розрахунку на один перероблений вагон. Це пов'язано з наявністю певного впливу вагової категорії вагонів і кількості вагонів у відчепі на дані показники.

Урахування впливу параметрів вагонопотоку на ці показники є можливим шляхом поділу усієї сукупності отриманих у процесі моделювання значень на частини і отримання моделей для окремих випадків.

4. Зв'язок між похибкою гальмування відчепів σ_v і середньою швидкістю їх зіткнення на коліях сортувального парку, довжиною «вікна», а також кількістю операцій осаджування у розрахунку на один перероблений вагон з урахуванням впливу параметрів вагонопотоку адекватно описується регресійною моделлю виду

$$\hat{y} = b_0 + b_1\sigma_v^2, \text{ як найпростішою з розглянутих.}$$

При цьому якість опису у порівнянні з більш точними моделями суттєво не погіршується.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Акулиничев, В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог [Текст]: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков – М.: Транспорт, 1981. – 223 с.
2. Сизова, Т. М. Статистика [Текст]: учеб. пособие / Т. М. Сизова. – СПб.: СПб ГУИТМО, 2005. – 80 с.
3. Шторм, Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества [Текст]. – М.: Мир, 1970. – 368 с.
4. Львовский, Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул [Текст]: Учеб. пособие. – М.: Высш. Школа, 1982. – 224 с.
5. Негрей, Н. П. Прогнозирование размеров работы сортировочных станций с помощью статистических методов // Проблемы проектирования станций и узлов: Межвузовский сборник научных статей / Под ред. Н. В. Правдина. – Гомель: БелИИЖТ, 1984. – С. 10-21.

Надійшла до редколегії 31.01.2011.

Прийнята до друку 31.01.2011.

Д. М. КОЗАЧЕНКО (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ОБЛАСТІ ДОПУСТИМИХ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ

В статті представлено дослідження області допустимих режимів гальмування в умовах невизначеності інформації про відчепи, які скочуються та неточній реалізації гальмівними позиціями управляючих впливів.

В статье представлены исследования области допустимых режимов торможения в условиях неопределенности информации о скатывающихся отцепках и неточной реализации тормозными позициями управляющих воздействий.

Research in the field of admissible braking modes under conditions of uncertainty of information about rolling down cuts of cars and inaccurate realization of control action by braking positions is presented in the paper.

Сортувальні гірки являються основним технічним засобом, що забезпечує розформування-формування составів вантажних поїздів на залізничних станціях України. Ефективність їх експлуатації є одним з чинників, який впливає на собівартість вантажних перевезень, швидкість доставки вантажів та скорочення простоїв вагонів. Сучасні умови експлуатації залізничного транспорту характеризуються з одної сторони нестабільністю вантажопотоків, жорсткою конкуренцією з автомобільним транспортом, фізичним і моральним старінням інфраструктури та рухомого складу залізниць, обмеженням інвестиційних ресурсів на їх оновлення, а з іншої - суттєвим прогресом обчислювальної техніки та появою значної кількості засобів автоматизації гіркових процесів, що створює технічну базу для вирішення задачі автоматизації розформування составів на якісно новому рівні. В цих мовах досить актуальною є задача дослідження взаємозв'язків між технічним забезпеченням сортувального процесу, режимами гальмування відчепів та експлуатаційними показниками роботи сортувальної гірки.

В якості управляючих параметрів на трьохпозиційних гірках можуть бути прийняті швидкості виходу відчепів з першої (ВТП) та другої (СТП) гальмівних позицій, відповідно, v' і v'' . При цьому, швидкість виходу відчепа з третьої гальмівної позиції (ПТП) v''' є залежною від v'' і обирається з умови забезпечення вимог прицільного га-

льмування. Вектор значень $v = \{v', v''\}$, можна розглядати як точку на площині; при цьому вся множина точок v утворює область Ω можливих швидкостей виходу відчепа з гальмівних позицій спускної частини гірки.

Рішення задачі виділення області допустимих режимів (ОДР) в детермінованій постановці наведено в [1]. При цьому ОДР утворюють режими, що відповідають точному вирішенню задачі прицільного гальмування і забезпечують заповнення сортувальної колії без вікон з підходом відчепів до вагонів на сортувальних коліях зі швидкістю не більшою, ніж встановлено ПТЕ. Дослідження процесу регульованого скочування відчепів в умовах дії випадкових факторів показує, що при технічному оснащенні, яке є характерним для сортувальних гірок України реалізувати точне вирішення задачі прицільного гальмування у більшості випадків не можливо [2]. У зв'язку з цим потрібно розробити методи побудови області допустимих режимів для вирішення задачі оптимізації режимів гальмування у стохастичній постановці.

В якості критеріїв для оцінки прицільного гальмування швидкості скочування відчепів запропоновано використовувати: імовірність перевищення встановленої ПТЕ швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях p_n , імовірність зупинки відчепа в уповільнювачі паркової гальмівної позиції p_y , середня величина вікна, що припадає на один розформований вагон

$\bar{l}_в$. Всі наведені критерії є взаємопов'язаними так, як по різному характеризують енергію відчепу в момент його виходу з паркової гальмівної позиції. Для прикладу на рис. наведено взаємозв'язок між величинами p_n та $\bar{l}_в$. Через те, що величини p_n та p_y характеризують дотримання умов безпеки руху і економічно оцінити їх досить складно, то їх значення пропонується нормувати і оцінювати якість прицільного гальмування по величині $\bar{l}_в$.

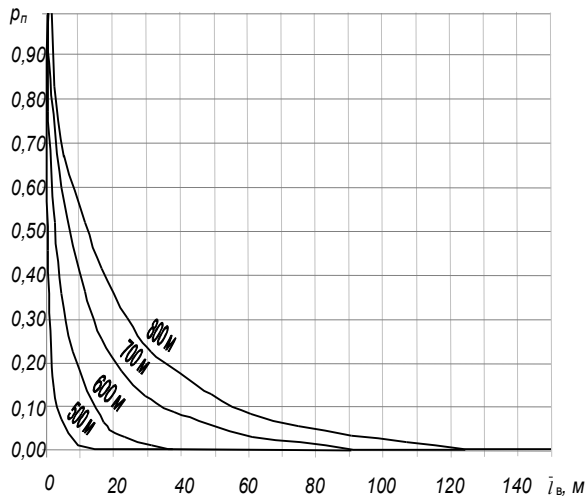


Рис. 1 Залежність між середньою величиною вікна та імовірністю перевищення відчепом встановленої ПТЕ швидкості підходу до вагонів на сортувальних коліях

Одним із суттєвих факторів, який впливає на умови прицільного гальмування є швидкість виходу відчепу з другої гальмівної позиції. На рис. 2 представлено залежності показників прицільного регулювання швидкості скочування відчепу за умови оптимального його гальмування на ПТП.

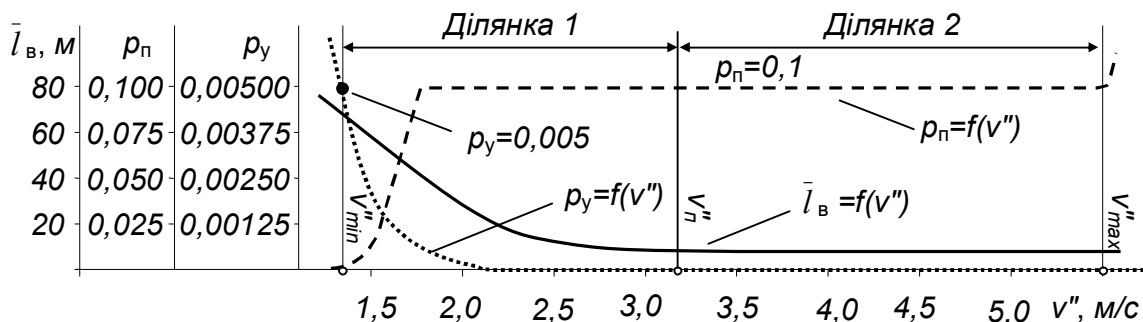


Рис. 2. Залежності показників прицільного гальмування від швидкості виходу відчепу з СТП

Допустимими є швидкості виходу відчепу з СТП в діапазоні від $v''_{\min}=1,35$ м/с до $v''_{\max}=5,5$ м/с, при цьому в межах ділянки 1 (діапазон швидкостей $[v''_{\min}, v''_n]$) виникають суперечності між умовами інтервального та прицільного гальмування. Величина вікна в діапазоні швидкостей $[v''_n, v''_{\max}]$, що відповідають ділянці 2, визначається виключно роботою системи прицільного регулювання швидкості відчепу.

Виконані дослідження дозволяють виділити в Ω підобласть Ω_n , в якій виконуються умови входу відчепу на гальмівні позиції спускної частини гірки та умови прицільного гальмування. Приклад області Ω_n представлено на рис. 3. При цьому мають місце наступні обмеження: 1 – по потужності ВТП; 2 – по потужності СТП; 3 – по потужності ПТП; 4 – по імовірності зупинки відчепу в уповільнювачі ПТП; 5 – по імовірності перевищення встановленої швидкості входу підчепу на уповільнювач СТП; 6 – по величині прискорення на ділянці між ВТП та СТП.

Область Ω_n складається з двох підобластей: Ω_{n1} – де є суперечності між умовами інтервального та прицільного гальмування, та Ω_{n2} – де величина вікон визначається роботою паркової гальмівної позиції.

При вирішенні задачі оптимізації режимів гальмування відчепів досить актуальною є проблема збільшення області Ω_{n1} , що дозволяє виконувати управління швидкістю скочування відчепів навіть в умовах відсутності точної інформації про їх ходові характеристики.

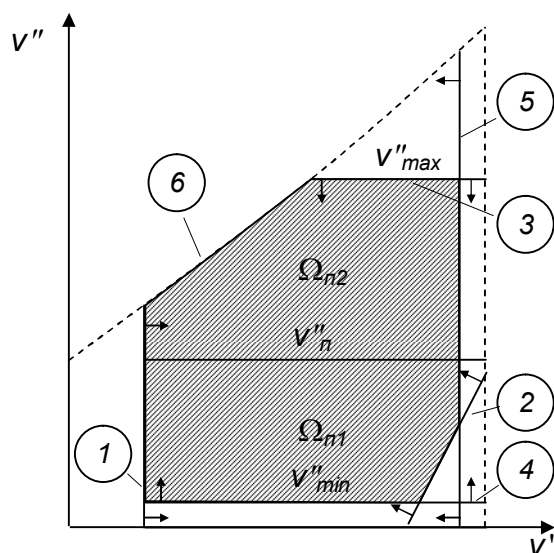


Рис. 3. Конфігурація області Ω_p .

Кожен режим гальмування $\mathbf{v}=\{v', v''\}$ характеризується вектором параметрів $\mathbf{d}=\{\bar{l}_B, r_3\}$ (тут r_3 – ризик не розділення відчепів на розділових елементах [3]). При цьому прийнято, що $\mathbf{d}_1 < \mathbf{d}_2$ якщо $\bar{l}_{B1} < \bar{l}_{B2}$ або $\bar{l}_{B1} = \bar{l}_{B2}$ та $r_{31} < r_{32}$. Оптимізація режимів гальмування за запропонованим критерієм показала, що для переважної кількості відчепів оптимальні режими знаходяться на обмеженнях 6 та 3 і вздовж лінії v''_p .

Основним фактором, що впливає на величину прискорення відчепа на ділянці між ВТП та СТП є ухил відповідного елемента поздовжнього профілю $i_{мп}$. Для прикладу на рис. 4. представлено вплив $i_{мп}$ на положення обмеження 6 відчепа важкої вагової категорії.

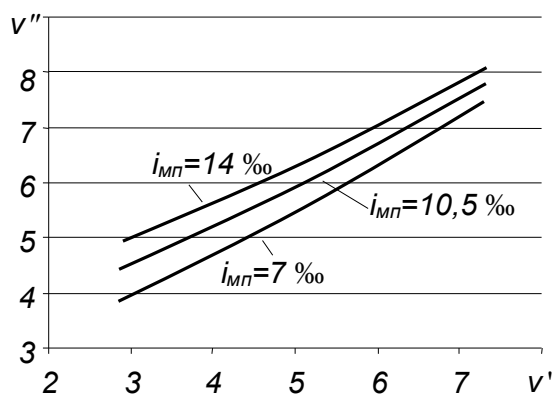


Рис. 4. Розташування обмеження 6 в залежності від ухилу елементу профілю між ВТП та СТП

В той же час збільшення ухилу елемента поздовжнього профілю між ВТП та СТП призводить до зменшення допустимої

швидкості виходу відчепа з ВТП і, відповідно, до зміни положення обмеження 5. Так, при допустимій швидкості входу відчепа на СТП у 7 м/с, збільшення ухилу $i_{мп}$ призвело до збільшення частоти появи обмеження 5 серед активних у 4 рази.

Рішенням цієї проблеми є збільшення допустимих швидкостей входу відчепів на уповільнювачі СТП. На рис. 5. представлено залежності між допустимою швидкістю входу відчепів на СТП та потрібною швидкістю виходу відчепів з ВТП при різних значеннях $i_{мп}$ та різній точності реалізації ВТП заданої швидкості виходу відчепів. Залежності побудовані з умови забезпечення допустимої швидкості входу на СТП із ймовірністю $p_{вх}=0,95$. Аналіз отриманих результатів показує, що використання уповільнювачів нових конструкцій з допустимою швидкістю входу у 8 м/с, таких як УВСК [4], дозволяє практично виключити обмеження 5 із активних.

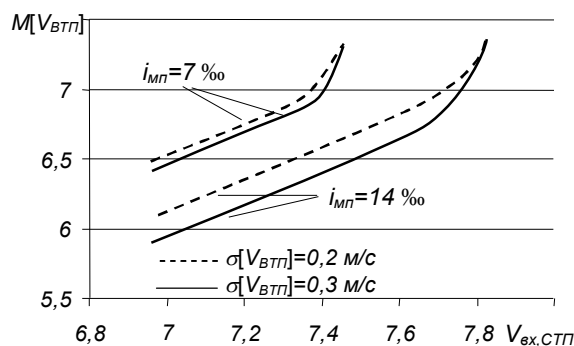


Рис. 5. Залежності між допустимою швидкістю входу відчепів на СТП та потрібною швидкістю виходу відчепів з ВТП

Збільшення величини v''_{max} , і відповідно зменшення частоти попадання обмеження 3 до переліку активних досягається за рахунок збільшення потужності ПТП. Так збільшення потужності ПТП до 2 м.ен.в. практично забезпечує виключення обмеження 3 з переліку активних.

Положення лінії $v''_п$ визначається потенціальною енергією відчепа в момент його виходу з ПТП (середнім ухилом сортувальної колії $i_{ск}$). В той же час збільшення величини $i_{ск}$ призводить до того, що для частини відчепів ухил стає прискорюючим і, як наслідок в умовах функціонування трьохпо-

зиційних сортувальних гірок, до збільшення величини $\bar{l}_в$ в межах області $\Omega_{п1}$.

Тому зменшення величини $v''_п$ може досягатися за рахунок комплексних заходів зі збільшення ухилу $i_{ск}$ разом з впровадження регульованого скочування відчепів на сортувальних коліях за рахунок спорудження додаткових гальмівних позицій, чи реалізації квазінеперервного регулювання швидкості [5, 6].

Таким чином, виконані дослідження дозволяють встановити взаємозв'язки між параметрами технічного забезпечення сортувального процесу та конфігурацією області допустимих режимів гальмування, що необхідно для розв'язання задачі техніко-економічної оцінки варіантів конструкції гірок.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Н. П. Божко, Н. В. Рогов, Н. И. Березовый, А. В. Кудряшов // Монография. – Д.: Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.

2. Козаченко, Д. М. Исследование требований к системам прицельного регулирования скорости скатывания отцепов при автоматизации расформирования составов [Текст] / Д. М. Козаченко // 36. наук. пр. ДонІЗТ.– 2010. – Вип. 22. – С. 5-13.

3. Козаченко, Д. Н. Исследование условий интервального регулирования скорости скатывания отцепов на автоматизированных Горках [Текст] / Д. Н. Козаченко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 46-50.

4. Козаченко, Д. М. Новый вагонный уповільнювач УВСК українського виробництва [Текст] / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, М. І. Березовий, А. А. Гарбузов // Заліз. трансп. України – 2010. – № 2. – С. 34-38.

5. Муха, Ю.А. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях [Текст] / Ю. А. Муха, И. В. Харланович, В. П. Шейкин и др. – М.: Транспорт, 1985. – 248 с.

6. Козаченко, Д.М. Дослідження ефективності заходів автоматизації управління швидкістю скочування відчепів на сортувальних гірках [Текст] / Д. М. Козаченко // Вісник Східноукраїнського Національного Університету Імені Володимира Даля. – 2010. – № 5(147), ч. 2. – С. 276-284.

Надійшла до редколегії 14.02.2011.

Прийнята до друку 18.02.2011.

Р. Г. КОРОБІЙОВА (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБСЯГІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

В статті виконано аналіз об'ємів пасажирських перевезень та пасажирообороту на транспорті України. Розглянуто фактори, які впливають на ефективність та якість пасажирських перевезень на залізничному транспорті.

В статье выполнен анализ объемов пассажирских перевозок и пассажирооборота на транспорте Украины. Рассмотрены факторы влияющих на эффективность и качество пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте.

The analysis of a passenger transportation volume and revenue passenger miles on Ukraine transport is presented in the paper. The influencing factors on the efficiency and quality of passenger transportations on rail transport have been examined.

Особливе місце в роботі транспорту займають пасажирські перевезення. Це обумовлюється їх високим соціально-економічним значенням в житті суспільства та виконання однієї з гарантій держави – свободи пересування [1]. Потреби населення в перевезеннях пов'язані як з трудовою діяльністю (поїздки до місць роботи та відрядження), так й з культурно-побутовою необхідністю (поїздки на відпочинок, туризм, експерсії).

В боротьбі за пасажирів, а отже за доходами, з кожним роком загострюється конкуренція між видами транспорту. Основними перевагами залізничного транспорту є його масовість та стабільність перевезень, високий рівень безпеки та надійність руху, мінімальна шкода для навколишнього середовища та використання різних видів енергії, можливість надання широкого діапазону комфорту і сервісу.

Конкуренцію залізничному транспорту на середніх відстанях складає автомобільний транспорт, оскільки більшість залізничних ліній мають паралельні автомобільні дороги. Останнім часом посилює свої позиції й повітряний транспорт, який складає конкуренцію на далекі відстані.

В 2009 році в Україні істотно скоротилися обсяги перевезень та пасажирооборот на транспорті загалом та на залізничному транспорті зокрема (див. рис. 1, 2).

В 2010 році послугами всіма видами пасажирського транспорту, за винятком місцевого – трамвайного, тролейбусного та метрополітену, скористалися 4,16 млрд. пасажирів, що стано-

вить 94,0 % від обсягів 2009 р. Пасажирооборот, в порівнянні з минулим 2009 р., зменшився на 0,2 % та склав – 113166,3 млн. пас. км.

По даним Державного комітету статистики [7] залізничним транспортом за 2010р. відправлено 426,6 млн. пасажирів (з урахуванням перевезень міською електричкою), що на 0,2% більше, ніж за 2009 р. Відправлення пасажирів зменшилося на Донецькій залізниці на 1,7 %, Придніпровській – на 1,1 %. На Одеській залізниці відправлення пасажирів зросло на 2,8 %, Львівській – на 0,2 %, на Південній та Південно-Західній – на 0,1 %.

Послугами автомобільного транспорту (з урахуванням перевезень фізичними особами-підприємцями) скористалися 3,7 млрд. пасажирів, що на 7,3% менше, ніж за 2009 р. Перевезення пасажирів автотранспортом фізичних осіб-підприємців зменшилися на 8,0 %.

Перевезення пасажирів морським транспортом порівняно з 2009 р. зросли на 6,8 %. Підприємства м. Севастополя, які виконали 82,3 % загальних обсягів морських перевезень пасажирів, збільшили перевезення пасажирів на 6,1 %.

Закордонні морські перевезення пасажирів порівняно з 2009 р. зросли на 12,6 %. Підприємства Автономної Республіки Крим, які виконують майже всі морські закордонні перевезення (95,6 %), збільшили перевезення пасажирів у 2010 р. на 13,3 %. За 2010 р. річковим транспортом перевезено 1,0 млн. пасажирів, що на 34,8 % менше, ніж за 2009 р. Авіаційним транспортом перевезено 6,1 млн. пасажирів, що на 19,2 % більше, ніж за 2009 р.

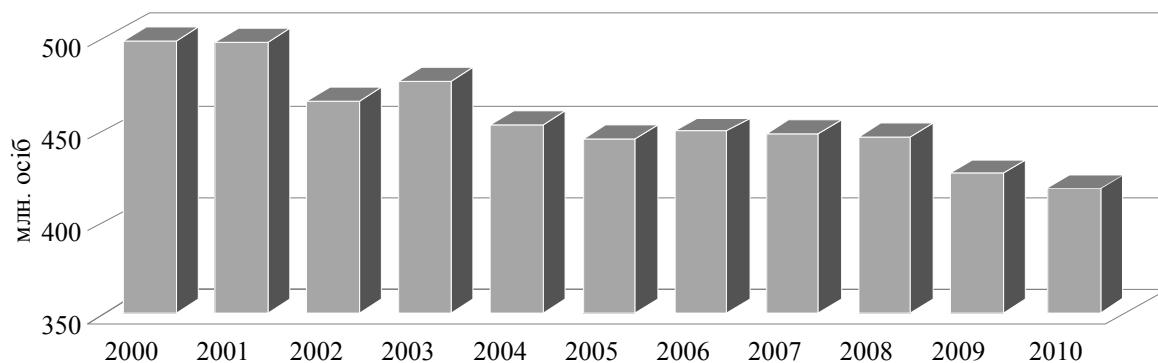


Рис. 1. Інтенсивність перевезень пасажирів залізничним транспортом України (млн. осіб)

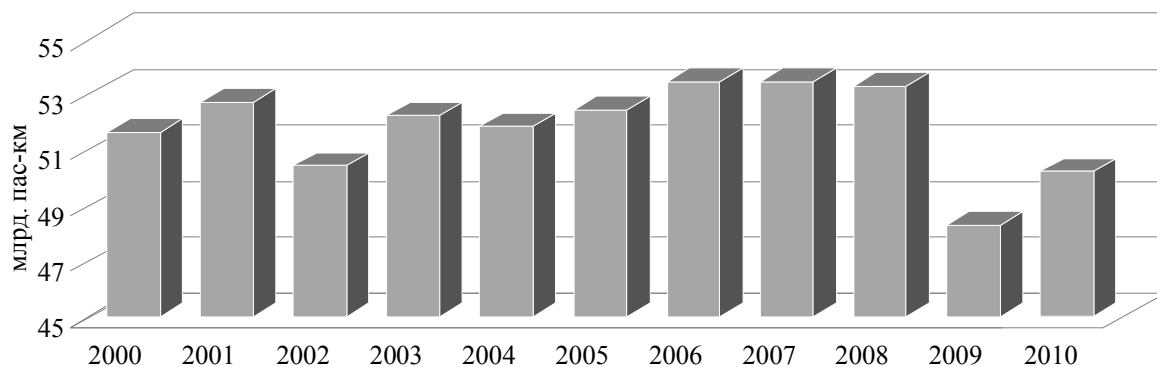


Рис. 2. Динаміка пасажирообороту залізниць України (млрд. пас-км)

«Хвильова» тенденція, яка відмічалась в роботі [3], залишається (див. рис. 1, 2). До основних факторів, що впливають на рухомість населення та тісно пов'язані між собою, відносяться чисельність населеності країни та тенденції її зміни, величина тарифів та рівень доходів населення. Різкі коливання яких спостерігається переважно в роки політичної та економічної нестабільності.

Аналіз обсягу перевезень та пасажирообороту показує що при загальному зростанні кількості перевезених пасажирів всіма видами транспорту все ще спостерігається їх втрата залізничним транспортом (див. рис. 3). Цей факт свідчить про те, що залізничний транспорт України втрачає конкурентні позиції у перевезеннях пасажирів.

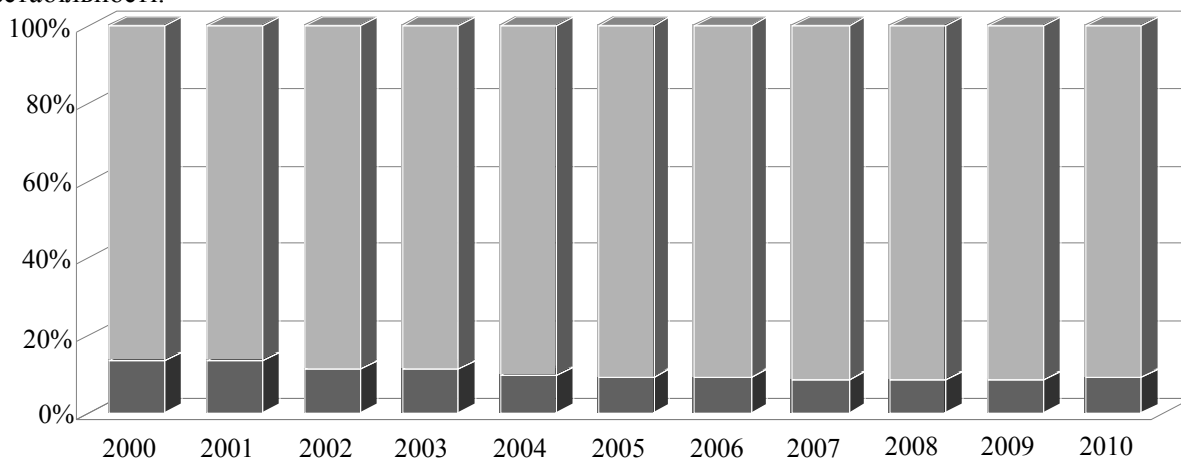


Рис. 3. Питома вага пасажирських перевезень залізничним транспортом

Перед залізницею дуже гостро стає питання збереження своїх позицій на ринку пасажирських перевезень та завоювання нових його сегментів. Для повернення своїх позицій та залучення нових пасажирів необхідно підвищувати

якість обслуговування пасажирів на вокзалах, станціях і в поїздах, забезпечувати високий рівень комфорту та збільшувати номенклатуру послуг.

На ефективність і якість пасажирських перевезень впливає ряд факторів, які умовно можна розподілити на технічні, організаційні та специфічні.

Вплив першої групи факторів проявляється в тому, що на мережі залізниць України немає спеціалізованих пасажирських ліній і тому прокладання поїздів на графіку підпорядковується не лише вимогам організації пасажирських перевезень, а також і вантажного руху. З метою впровадження швидкісного пасажирського руху вперше в Україні розроблено принципово нову схему розмежування руху пасажирських і вантажних поїздів, яка дозволить збільшити пропускну спроможність вантажних перевезень і запровадити прискорений та швидкісний рух пасажирських поїздів на магістральних напрямках Київ-Полтава-Харків / Донецьк / Дніпропетровськ, Київ-Львів / Одеса [8]. Що дозволить зробити в межах України кілька пасажирських транспортних коридорів в межах яких планується побудувати маршрути міжрегіональних нічних поїздів, що певний період залишатимуться актуальними. Ці напрямки можуть стати базовими для повноформатних магістралей зі швидкістю більше 200 км/год.

Технічна оснащеність та розвиток пасажирських станцій, особливо технічних, не забезпечують прийом, відправлення, формування та розформування составів пасажирських поїздів в кількості вагонів, необхідному по пасажиропотоку. Існуючі зараз обмеження по стану колій суттєво знижують маршрутну швидкість пасажирських поїздів.

Пасажирські станції в залізничних вузлах перенасичені пасажирськими перевезеннями. Година «пік» приміського руху по прибуттю (з 7 до 9 години місцевого часу) співпадають з найбільш зручним часом прибуття в вузол пасажирських поїздів дальнього сполучення. Зменшити навантаження в години «пік» можливо за рахунок введення денних поїздів, які можуть стати для залізниці дуже ефективними. Цьому формату перевезень надають перевагу майже 50 % пасажирів [4]. Для запуску нових денних швидкісних поїздів потрібні нові, комфортабельні вагони. З 2001 р. ВАТ «Крюковський вагонобудівний завод» налагоджено серійне виробництво пасажирських вагонів для потреб українських залізниць. Сьогодні є вагони, що можуть пересуватися зі швидкістю 200 км/год, але відсутні локомотиви, які б пересувалися зі швидкістю 160 км/год [2].

Станом на 1 липня 2009 р. залізницями України курсують 7252 пасажирських вагони, зокрема: 3748 – плацкартні вагони, 2546 – купейні, 315 – СВ, 140 – РІЦ та 503 – міжобласні, з яких 80% використовуються. Всього оснаще-

но кондиціонерами 2156 вагонів (30 %). Така ситуація обумовлена тим, що в більшості пасажирських вагонів системи кондиціонування повітря не передбачені конструктивно. Стан зношеності рухомого складу – від 75 до 80 %. Програмою оновлення рухомого складу передбачено щорічно купувати близько 200 вагонів. В 2008 році закупили 145 пасажирських вагонів, це 30 % від усього обсягу придбаних вагонів за 16 років: із 1992 до 2008 року загалом було закуплено 349 пасажирських вагонів. В 2009 році фінансовим планом передбачено оновити парк 170 одиницями [5]. Близько 130 млрд. грн. залізниці України планують інвестувати у оновлення залізничного рухомого складу до 2020 року. Загалом у межах програми оновлення залізничного рухомого складу України до 2020 року передбачається придбати понад 3,5 тисячі пасажирських вагонів, 442 пасажирських електровози, 125 тепловозів, 236 електропоїздів, 133 дизель-поїзди та кількості одиниць іншої пасажирської техніки [6].

Друга група факторів (організаційні) характеризує особливості організації пасажирських перевезень. Система показників, яка склалася, характеризує роботу в пасажирському русі тільки з транспортного боку і не відображає безпосередньо якість перевезень. Наприклад, зараз немає чіткої системи показників (подібно вантажному руху), яка дозволяє стверджувати, що вперше вводяться або відкориговані розміри руху, маршрути слідування поїздів і в цілому схематичний графік раціонального існування.

Встановлені показники відображають лише населеність вагону, рівень швидкості та кількість составів в обороті і не дають повного представлення о якості організації перевезення пасажирів. Вони не відображають кількість пересадок та їх тривалість, зручність або незручність, часу прибуття та відправлення поїздів та інші умови поїздки.

Таким чином, установлені показники не повністю відображають кінцевий результат, а в окремих випадках вони можуть зростати при явно негативних процесах.

Третя група факторів відображає специфіку пасажирських перевезень – нерівномірність пасажирських перевезень, яка спостерігається на протязі року та відрізняються темпами росту або спаду пасажиропотоку (див. рис. 4), середньою дальністю поїздки та концентрацією перевезень на лініях які пов'язують столицю з обласними центрами та економічними районами.

Великі транзитні пасажиропотоки сконцентровані на Придніпровській залізниці, по лінії Лозова – Запоріжжя – Мелітополь – Джанкой і далі до Сімферополя, Керчі, Феодосії, Севасто-

поля, Євпаторії і назад. Найбільша кількість пасажирських поїздів по Донецькій залізниці пропускаються по магістралі Лозова – Слав'янськ – Іловайськ – Марцево – Ростов-на-Дону. Власні залізничні пасажирські переве-

знення Донбасу порівняно невеликі. Для Південно-Західної дороги характерно інтенсивний пасажирський рух, особливо в напрямках від Києва на Львів, Одесу і Сімферополь.

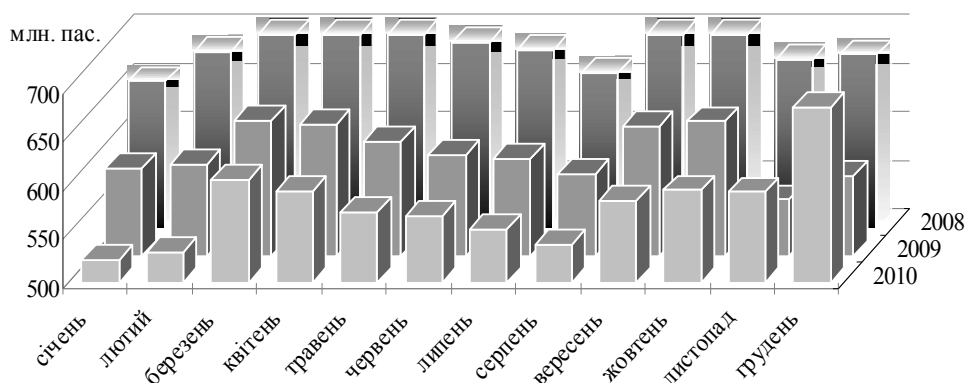


Рис. 4. Зміни інтенсивності перевезень пасажирів залізничним транспортом України на протязі року

Спостерігається нерівномірність пасажирських перевезень в дальньому сполученні на лініях масових пасажиропотоків в напрямках «туди» й «назад». Ця нерівномірність в цілому на протязі року незначна, оскільки більшість пасажирів в прямому та зворотному напрямках їдуть по одному маршруту. Винятком є поїздки різними видами транспорту, поїздки по кільцевим маршрутам та міжнародні перевезення (практично в одну сторону, у бік України, вагони їдуть напівпорожніми).

Однією з причин втрати конкурентної позиції залізничним транспортом України є застаріла методика формування тарифів, що визначаються собівартістю перевезень, тобто внутрішніми факторами, і не враховує наявності зовнішніх факторів, таких як конкуренція з іншими видами транспорту. В цих умовах, при перевезеннях на короткі відстані вартість залізничних перевезень є більшою за вартість перевезень автотранспортом, а інші конкурентні переваги залізничного транспорту на таких відстанях є несуттєвими. Тому на цих напрямках залізницею перевозяться переважно пасажирські категорії.

На виборі виду транспорту впливає стан здоров'я пасажирів, його фізичні можливості переносити навантаження, а також економічні міркування. З метою залучення пасажирів, що оплачують проїзд, необхідно переглянути дійсну тарифну політику, зробити тариф на залізничні квитки гнучкими, розглянути можливість запровадження в період зниження пасажиропотоку пільг та скидок на проїзд в поїздах та вагонах які користуються малим попитом на окремих напрямках або в окремі години доби. Розробка та впровадження бонусної програми,

яка б враховувала кількість поїздок здійснених пасажиром, а також фіксувались послуги з додаткового сервісу. Накопичуючи бали, пасажир буде отримувати додаткові пільгові умови при поїздки по залізниці.

Введення гнучкої цінової політики у відношенні вартості проїзду та послуг, що надаються перевізником, дозволить згладити нерівномірність пасажирських перевезень та збільшити прибуток від пасажирських перевезень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Конституція України [Електрон. ресурс] / Верховна Рада України. – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua/const/const1.htm>
2. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://uzinfo.net/ua/events/9783>
3. Бакушевич, І. В. Залізничні пасажирські перевезення в контексті єврологістичної інтеграції [Електрон. ресурс] / І. В. Бакушевич, Р. О. Гуменюк. Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/portal/natural/VNULP/Logistyka/2008.../03.pdf>
4. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrinform.ua/ukr/order/?id=892005>
5. Офіційний веб-сайт Укрзалізниці. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://uz.gov.ua/?lng=uk>.
6. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://www.mintrans.gov.ua/uk/mtzu_decrees/9092.html
7. Державний комітет статистики. Транспорт [Електрон. ресурс] / Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua.
8. Костюк, М. Укрзалізниця розробила семирічну програму системного впровадження прискорених денних поїздів [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <http://uz.gov.ua>

Надійшла до редколегії 02.03.2011.

Прийнята до друку 02.03.2011.

Г. Я. МОЗОЛЕВИЧ, В. І. ТІТЯПОВ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ТРАНСЛЬОР – НОВА ЗАПОРУКА ПОКРАЩЕННЯ ГРОМАДСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ДНІПРОПЕТРОВСЬКА

Запропоновано нові напрямки розвитку дніпропетровського міського транспорту. Запропоновано побудову нової трамвайної лінії, виконано аналіз маршруту й проведено технічні та економічні розрахунки експлуатації.

Предложены новые направления развития днепропетровского городского транспорта. Предложено построение новой трамвайной линии, выполнен анализ маршрута и проведено технические и экономические расчеты эксплуатации.

The new direction of urban transport in Dnepropetrovsk. Proposed construction of a new tram line, analyze the route and conducted technical and economic calculations operation.

Сьогодні невиробничий сектор економіки, у тому числі і туристична галузь, продовжує займати провідні позиції у сфері народного господарства. Місто Дніпропетровськ є не тільки важливим промисловим і бізнес-центром країни, але й має усі запуски для ефективного розвитку інфраструктури послуг, вектор якої необхідно направити на покращення туристичної привабливості міста і Придніпровського регіону в цілому. Виходячи з вищезазначеного, відповідають усілякі сумніви щодо актуальності даної роботи, адже вона полягає саме у необхідності удосконалення і оптимізації міського транспортного сектору як складової частини туристичного інтересу Дніпропетровська.

Наслідуючи досвід розробок щодо даної проблеми спеціалістів країн дальнього і ближнього зарубіжжя (країни СНД і Балтії, країни ЄС, США, Японія), а також аналізуючи їх недоліки, було розроблено декілька принципово нових для нашого регіону напрямків розвитку міського громадського транспорту:

- організація швидкісного кільцевого трамвайного сполучення, що охопить усе місто;
- відкриття швидкісного надземного (естакадного) рейкового маршруту «Аеропорт – Центр міста – Центральний залізничний вокзал – Центральний автомобільний вокзал»;
- спорудження гілки метрополітену до центральної частини міста як важлива задача реалізації даної концепції;
- запуск літнього рейкобусного руху на напрямку «ст. Нижньодніпровськ-Вузол – Набережна – ст. Дніпропетровськ-Південний»;

- відкриття додаткових сезонних видів транспорту: річкове таксі, нічні автобусні і трамвайні рейси, реставрація підвісної канатної дороги на острів Монастирський, пароплавні міжміські круїзи річкою Дніпро, мототаксі і «тук-туки» на мототаксі;
- запуск літнього трамвайного руху на шинному ході набережною (пл. Островського - набережна - ж/м Перемога-6).
- започаткування різноманітних форм проїзних білетів (туристичні, універсальні, молодіжні, студентські, пільгові тощо), а також створення спеціальної контрольно-транспортної служби.

Наведені заходи допоможуть покращити транспортну ситуацію в місті, підвищити туристичну привабливість міста.

Основною темою проекту є організація руху по маршруту Набережна Перемоги - площа Островського. Даний маршрут був обраний як один з найбільш пасажиронапружених в місті через низький рівень транспортної інфраструктури. Для удосконалення руху пасажирів по напрямку було запропоновано трамвай, як один з самих перспективних міських видів транспорту, що останнім часом активно розвивається в провідних європейських містах, витісняючи собою інші. Розглянемо основні переваги трамвайного руху:

- трамвай – єдиний вид міського транспорту, який фізично неважко відокремити від потоків інших видів транспорту завдяки улаштуванню руху по спеціалізованій виділеній колії;

- має максимальну провізну спроможність завдяки можливості з'єднувати декілька окремих одиниць в один рухомий склад;
- трамвай, завдяки відсутності вихлопу і жорсткої прив'язки до колій, - єдиний вид транспорту, який може успішно експлуатуватися у пішохідній зоні, доставляючи туристів і жителів міста безпосередньо до дверей ресторанів, кафе, розважальних закладів, що знаходяться на набережній;
- підвищить комфортабельність перевезень та допоможе зняти навантаження з маршрутних таксі і тролейбусів, що рухаються набережною;
- беззаперечно підвищить туристичну привабливість міста серед вітчизняних і іноземних туристів.

Схема маршруту наведена на рис. 1.

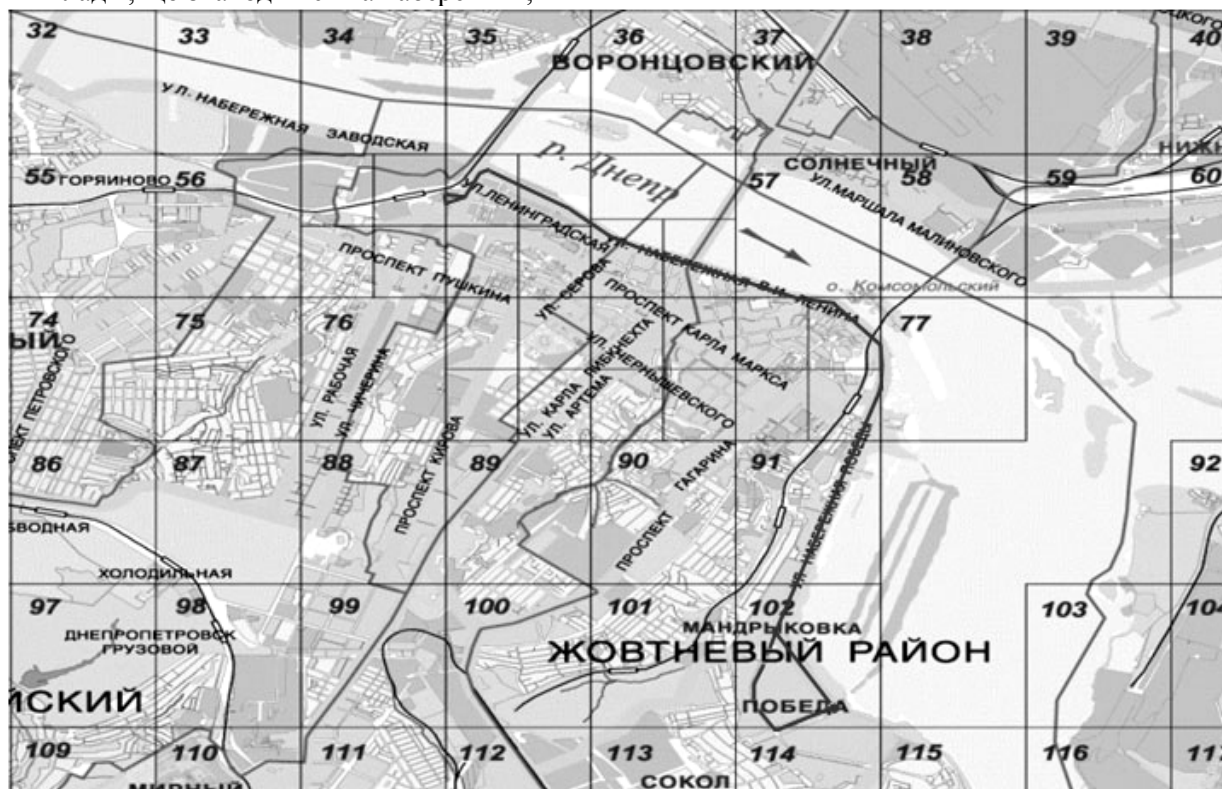


Рис. 1. Схема трамвайного маршруту, що проектується

Було проведено опитування жителів та гостей міста, як вони ставляться до прокладення нової трамвайної лінії по набережній. Результати опитування наведені на рис.2

На практиці конкурують дві несумісні системи: з напрямляючою рейкою - компаній «Бомбардье» (англ. GLT, Guided Light Transit, легкий транспорт, що направляється) і «Трансльор», і оптична система компанії «Irisbus» (група «Iveco») - «Сівіс» для автобусів та «Крісталіс» для тролейбусів.

Система «Бомбардье» допускає рух в ненаправляючому режимі. Останній вид використовується в Нансі, на околиці міста, а також в депо, де вагони рухаються, як звичайний тролейбус, і лише, в'їжджаючи в обмежений центр міста, переходять у режим руху по напрямляючій рейці.

Двигун трамваю на шинах звичайно електричний, але іноді і дизельний. При електричній тязі живлення поступає від контактної мережі - двопровідної, як у тролейбуса (наприклад, в Нансі), або однопровідної, як у трамвая (наприклад, у Кані), де другим проводом мережі служить напрямляюча рейка.

Для експлуатації на лінії було обрано рухомий склад типу «Бомбардье» – це трамвай на колісному ході, що для руху використовує одну напрямляючу рейку. Загальний вид рухомого складу зображений на рис. 3.

Цей вид розроблено у Франції, де він за короткий час здобув популярність та використовується в декількох містах як основний транспорт. Його перевагами є:

- малі габарити рухомого складу;

- порівняно зі звичайним трамваем значно менші капіталовкладення в інфраструктуру;
- низький рівень шуму;
- струм споживання: 600 В, постійна напруга, що дає можливість руху використовуючи звичайну тролейбусну лінію електромережі, завдяки чому може бути вирішена проблема переміщення рухомого складу у тролейбусне депо, де вони зможуть проходити ТО.

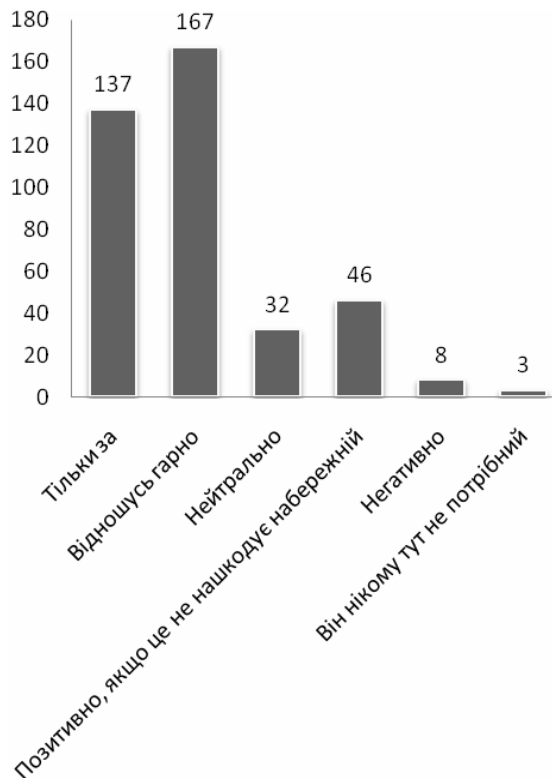


Рис. 2 Дані опитування жителів міста



Рис. 3. Трамвайні вагони фірми Lohr Industrie (Франція)

Технічні характеристики трансльору наступні:

- довжина: 24,5 м;
- ширина: 2,5 м;

- висота до даху: 3,38 м;
- ширина колії: 1,95 м (мається на увазі ширина колії автошасі, див рис.4, 5);
- висота підлоги над рівнем шляху: 0,32 м;
- порожня вага: 27 тонн;
- максимальна вага: 38,5 тонн;
- максимальна швидкість: 70 км/год;
- кількість сидячих місць: 48-55, в залежності від конфігурації;
- кількість стоячих місць: 95-100;
- двигуни: два електродвигуна по 150 кВт.

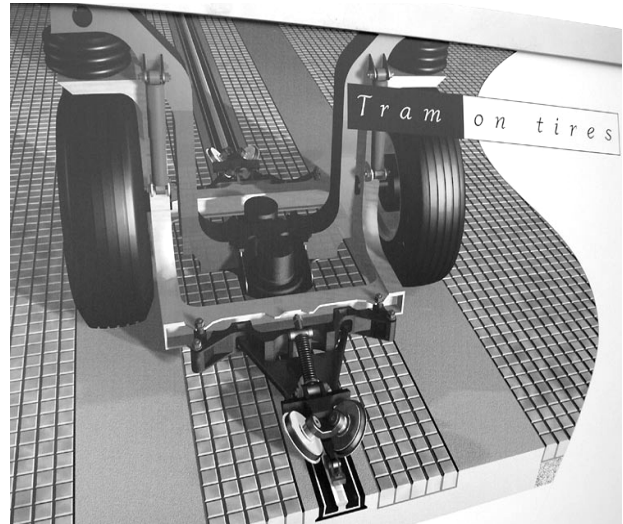


Рис. 4 Зображення колісної пари візка трамвайного вагону

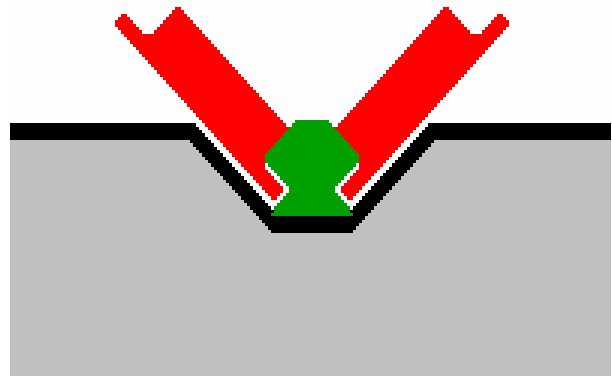


Рис.5 Схема фіксації візка вагону до направляючої рейки

Для запропонованого маршруту довжиною 12,8 км, варіюючи кількість зупинок та їх тривалість, було розраховано маршрутну швидкість руху трамваю, і, як наслідок – середній час руху по ділянці. Результати розрахунку наведені в табл. 1.

Визначення середнього часу руху трамваю на ділянці.

№ пор.	Кількість зупинок	Тривалість зупинки, хв	Час на розгін-уповільнення, хв	Маршрутна швидкість, км/год	Час ходу, хв	Середній час ходу, хв
1	15	1	0,5	24,2	32,2	34,88
2	20	0,8	0,5	21,8	35,7	
3	15	0,8	0,5	26,7	29,2	
4	25	0,8	0,5	18,5	42,2	

На основі отриманих даних визначено необхідну кількість рухомого складу, що обертається на ділянці. Дані наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Розрахунок кількості рухомого складу, що обертається на ділянці

Інтервал руху, хв	15	10	20	5	35
Тривалість оберт, хв	70	70	70	70	70
Необхідний експлуатаційний парк, шт	5	7	4	14	2

Для подальших розрахунків було прийнято варіант з інтервалом руху 15 хв., та необхідними при цьому 5 рухомими одиницями.

На основі розрахунків та після консультації з французькими спеціалістами фірми Lohr Industrie (Франція), було визначено наступні характеристики лінії:

- середній розрахований коефіцієнт населеності становить 0,45 (з урахуванням руху в години «пік»);
- середня населеність становить 68 пас/транслюор;
- кількість перевезених пасажирів за 1 оберт: 136 пас/транслюор;
- добовий пасажиропотік за 1 добу на лінії: 8679 пас/добу;
- річний дохід від перевезень при вартості квитка 3 грн: 9503035 грн;
- приблизні річні експлуатаційні витрати: 3500000 грн/рік;
- можливий річний прибуток: 6003035 грн;
- приблизні капітальні вкладення в проект становлять 60 млн грн (по прикладу міста Ярославль, Росія);
- приблизний термін окупаємості становить 10-11 років.

Реалізація даної концепції потребує значних капітальних вкладень і експлуатаційних витрат на поточне утримання постійних пристроїв і споруд. Тому першочерговою задачею є створення сприятливої і гнучкої інвестиційно-

приваблюючої фінансової політики з метою інтеграції до проекту внутрішнього і зовнішнього капіталів. Також в якості джерела надходження коштів запропоноване перехресне фінансування з боку приватного сектору економіки та держави (в подальшому – створення державно-приватних форм власності на об'єкти міського транспорту).

Результатом роботи даних інновацій стануть:

- поповнення міського бюджету за рахунок прибутку від функціонування оновленої транспортної інфраструктури і перспективного збільшення пасажиропотоку;
- зростання туристичної привабливості міста;
- підвищення престижу Дніпропетровська і його вихід на один рівень з головними європейськими транспортними центрами;
- дніпропетровськ стане точкою відліку і зразком для модернізації внутрішньоміського громадського транспорту інших міст країни.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Офіційний сайт компанії Lohr Industrie (Франція) [Електрон. ресурс] Режим доступу: http://www.lohr.fr/transport-public_gb.htm
2. Andre J. L., Argence J. F.. Regard technique sur le tramway sur pneus Translohr [Text]// Т. Е. С., 2004, vol. 184, pp. 30—38.
3. Orselli, J. Bilans économiques des tramways sur rails et sur pneus [Text]. Transports, 2005, no430, pp. 96-104.
4. Schenk, B. A., Van den Toorn, M. R. Trams 2007 [Text]. Uitgeverij Alk bv (Нідерланды). ISBN 90-6013-466-4.

Надійшла до редколегії 17.03.2011.

Прийнята до друку 18.03.2011.

О. А. НАЗАРОВ, (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ЗАПОВНЕННЯ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ ВАГОНАМИ З БЕЗПЕЧНОЮ ШВИДКІСТЮ

Обладнання сортувальних колій некерованими точковими вагонними уповільнювачами дозволяє істотно покращити якість процесу накопичення вагонів в сортувальному парку.

Оборудование сортировочных путей неуправляемыми точечными вагонными замедлителями позволяет существенно улучшить качество процесса накопления вагонов в сортировочном парке.

The sorting track equipment with the uncontrolled point retarders considerably improves the quality of the piling-up process in the marshalling yard.

Закордонний досвід свідчить про те, що існують технології і технічні засоби за допомогою яких на гіркових сортувальних станціях можна досягти гарантованого розділення відцепів на розділювальних стрілочних переводах спускної частини гірки та безпечного і повного заповнення вагонами колій накопичення сортувальних парків.

На сортувальних станціях залізниць світу поширюється використання точкових домкратовидних пристроїв регулювання швидкості вагонів, що вільно скочуються. Послідовно встановлені по маршруту скочування відцепів ці пристрої утворюють систему розподіленого регулювання швидкості скочування відцепів. Система здатна автоматично підтримувати швидкість скочування відцепів на заданому рівні. Застосування таких систем дозволяє мінімізувати вплив на процес скочування випадкових (недетермінованих і детермінованих) чинників. Система працює автономно.

Перш ніж впроваджувати систему розподіленого регулювання на станції, необхідно розрахувати її параметри. Основними параметрами системи є схема розташування пристроїв на спускній частині сортувальної гірки і на сортувальних коліях, а також швидкість, на підтримання якої налаштовані пристрої. Ці параметри тісно зв'язані з параметрами конструкції сортувальної гірки і сортувальних колій, тобто залежать від їх профілю і плану колійного розвитку.

Необхідно врахувати, що пристрої можна встановлювати тільки між шпалами або перевірними брусами поза межами гостряків і хрестовин стрілочних переводів, а також поза ме-

жами стаціонарних гальмових позицій, обладнаних балочними вагонними уповільнювачами.

План і профіль існуючих сортувальних гірок запроєктовані з урахуванням реалізації принципу інтервального та прицільного гальмування відцепів на стаціонарних гальмових позиціях, обладнаних балочними вагонними уповільнювачами. Для того, щоб забезпечити розділення відцепів на розділювальних стрілочних переводах під час розпуску за допомогою системи розподіленого регулювання швидкості необхідна реконструкція профілю і плану колійного розвитку гіркової горловини сортувальної гірки. Для забезпечення розділення відцепів з використанням гальмових пристроїв точкового типу є можливість скоротити довжину гіркової горловини. Розташовані по маршруту скочування відцепів точкові пристрої регулювання швидкості покликані підтримувати постійну однакову швидкість скочування всіх відцепів, за рахунок чого, вирівнюються інтервали між суміжними відцепами, що послідовно скочуються з гірки. Задля чого профіль спускної частини гірки потрібно проектувати за іншою методикою [1].

Таким чином обладнання спускної частини сортувальної гірки системою розподіленого регулювання швидкості відцепів потребує докорінної реконструкції плану і профілю сортувальної гірки, що потребує значних витрат.

Інша справа обладнати пристроями регулювання швидкості вагонів точкового типу сортувальні колії. На сортувальних коліях менше обмежень на розташування точкових пристроїв регулювання швидкості відцепів. Розташовувати пристрої для підтримання швидкості скочування відцепів в безпечних межах можна по

всій довжині сортувальної колії. Щільність встановлення таких пристроїв залежить від ходових властивостей відцепів, що накопичуються на колії, та від уклону колії.

Система розподіленого регулювання швидкості відцепів насамперед, характеризується щільністю розташування уповільнювачів, контрольною швидкістю, на яку вони налаштовані, та укладом сортувальної колії.

Для аналізу можливості поліпшення якості заповнення сортувальних колій вагонами за рахунок обладнання сортувальних колій системою розподіленого регулювання швидкості вагонів та дослідження залежності показників якості заповнення сортувальних колій від параметрів системи за умов відсутності таких засобів в Україні використовувалась математична імітаційна модель заповнення вагонами сортувальних колій.

На рис.1 приведена розрахункова схема рішення рівняння руху відчепа по сортувальній колії, яка обладнана системою розподіленого регулювання швидкості вагонів. Всі відцепи,

що скочуються з сортувальної гірки на колію накопичення, гальмують на парковій гальмовій позиції.

Використання регульованої паркової гальмової позиції необхідно для того, щоб загальмувати всі відцепи до безпечної швидкості, на яку налаштовані точкові засоби регулювання швидкості вагонів. Цю функцію не можна залишити точковим засобом, установленим з великою щільністю, оскільки різко зростає ймовірність нерозділення відцепів на останніх розділювальних стрілочних переводах спускної частини гірки у зв'язку з тим, що швидкість довгих легких відцепів швидко знижується за рахунок гальмування передніх осей відчепа в той час як останні осі ще не звільнили останній розділювальний елемент. Оператор паркової гальмової позиції може загальмувати будь-які осі відчепа залежно від оперативної обстановки, що складається в процесі розпуску состава, і не починати гальмувати відцеп, поки той не звільнить останній розділювальний стрілочний перевід.

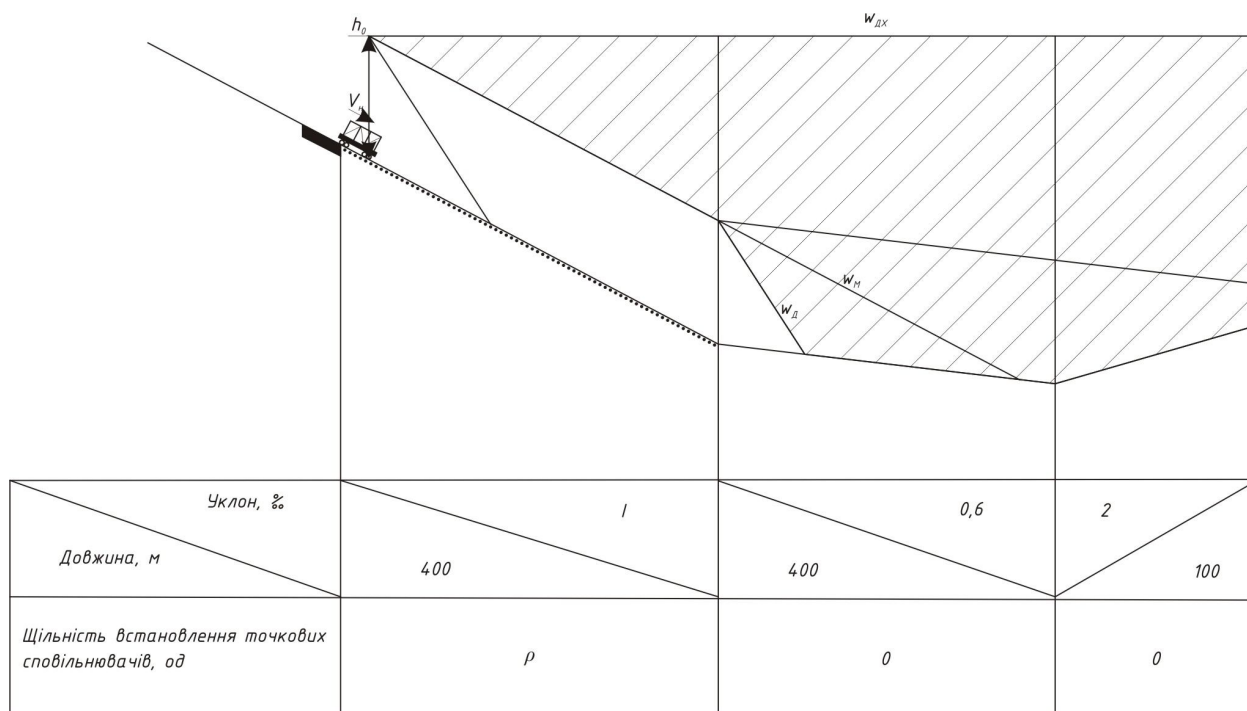


Рис.1. Рішення рівняння скочування відцепів на сортувальній колії в енергетичному вигляді

Модель дозволяє задавати профіль сортувальної колії, обладнаної системою розподіленого регулювання швидкості вагонів і фіксувати показники якості процесу накопичення з урахуванням проштовхування вагонів черговими відчепами [2]. Алгоритм моделювання приведений на рис.2.

В процесі накопичення вагонів на сортувальній колії вирішується дві задачі: задача найбільш повного заповнення колії вагонами з одного боку і задача забезпечення безпечної швидкості зіткнення відцепів з вагонами, що стоять на колії, з іншою.

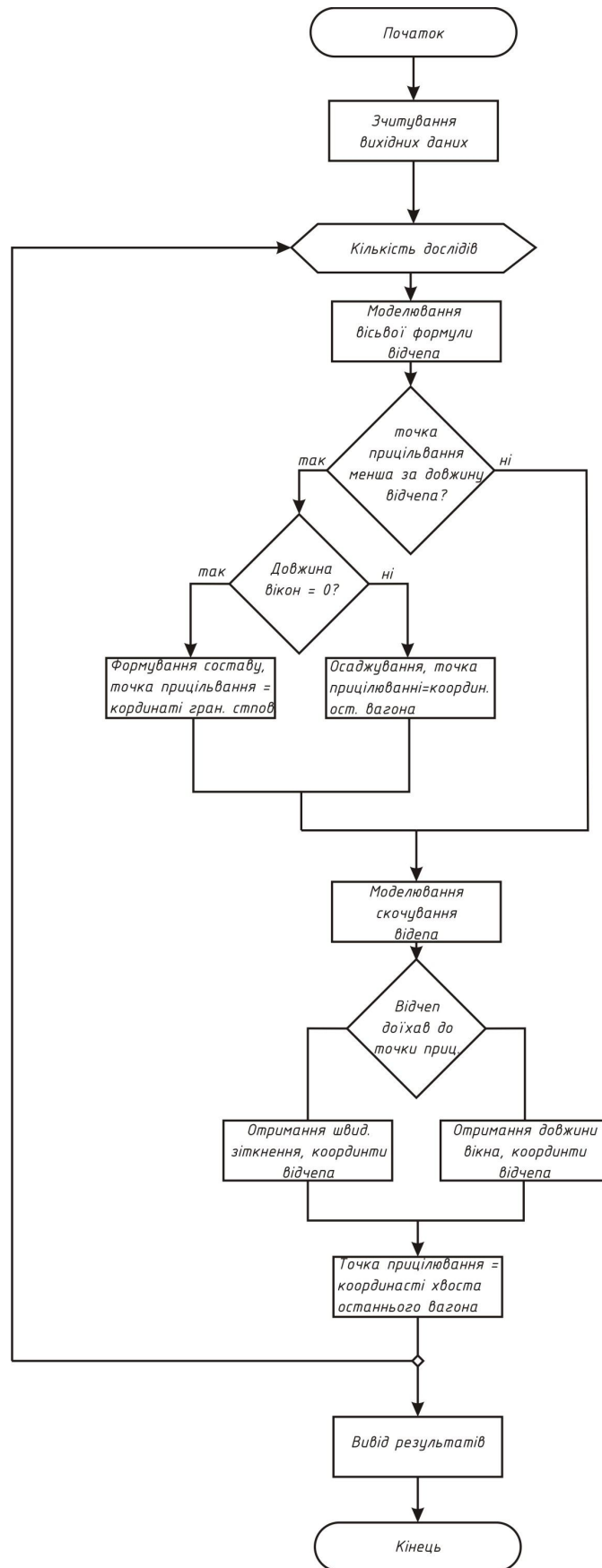


Рис. 2. Алгоритм роботи моделі.

На процес чинить вплив безліч факторів, велика частка з яких некеровані. А якість заповнення сортувальної колії вагонами прийнято оцінювати за мірами заповнення сортувальної колії вагонами і ймовірністю зіткнення вагонів з допустимою швидкістю, причому обидва показники необхідно максимізувати. Крім того, що ці показники не повною мірою відображають якість заповнення сортувальної колії вагонами, вони є суперечливими в тому сенсі, що при збільшенні уклону сортувальної колії та збільшенні швидкості входу відчепа на сортувальну колію поліпшується перший показник (збільшується ступінь заповнення сортувальної колії) і погіршується другий (зростає ймовірність зіткнення вагонів з допустимою швидкістю).

Задача оптимізації параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальній колії зводиться до того, щоб мінімальною кількістю точкових засобів регулювання швидкості вагонів на можливо меншому уклоні досягти максимально повного заповнення сортувальної колії вагонами із забезпеченням безпечної швидкості зіткнення відчепів.

Для того, щоб отримати показники якості накопичення вагонів на сортувальній колії потрібно виконати спостереження з фіксацією швидкостей зіткнення відчепів, а також довжини вікон між вагонами після розпуску чергового складу і після кожного осадження або підтягування вагонів.

Провести такі спостереження технічно і організаційно дуже складно. Тому для вирішення поставленої задачі використовувалася імітаційна модель заповнення вагонами сортувальної колії.

За результатами дослідження виявлено, якщо сортувальну колію обладнати точковими вагоноуповільнювачами, то найкращі показники якості заповнення вагонами на сортувальній

колії спостерігаються за умов найбільшого уклону колії при більшій щільності розташування точкових вагоноуповільнювачів. Однак ефект від збільшення значень обох факторів спочатку зростає, але в певний момент починає зменшуватися.

Обладнання сортувальних колій системою розподіленого регулювання швидкості потребує дещо більшого уклону сортувальних колій відносно нормативного 0,6 ‰, але це дозволяє взагалі відмовитися від прицільного гальмування відчепів и водночас забезпечити зіткнення відчепів з безпечною швидкістю и високий ступінь заповнення сортувальної колії вагонами. Таким чином застосування системи розподіленого регулювання швидкості вагонів може забезпечити істотну економію витрат на ремонт вагонів, що пошкоджуються під час зіткнення відчепів на коліях накопичення в сортувальному парку, а також скоротити обсяг маневрової роботи і час виконання операцій з підготовки колій до розпуску з гірки чергового складу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Назаров, А. А. Анализ возможности применения систем квазинепрерывного регулирования скорости отцепов типа DOWTY на сортировочных горках [Текст] / А. А. Назаров // Зб. наук. пр. КУЕТТ. – 2003.
2. Муха, Ю. А. Моделирование процесса заполнения сортировочных путей с использованием замедлителей системы DOWTY [Текст] / Ю. А. Муха, А. А. Назаров // Міжвузівський зб. наук. пр. Харківської державної академії залізничного транспорту, – 1998. – № 33.

Надійшла до редколегії 14.02.2011.

Прийнята до друку 16.02.2011.

В. М. ОВЧИННИКОВ, С. А. ПОЖИДАЕВ, Н. Г. ШВЕЦ, В. В. СКРЕЖЕНДЕВСКИЙ
кандидаты технических наук (Белорусский государственный университет транспорта,
г. Гомель, Республика Беларусь)

СОКРАЩЕНИЕ РАСХОДА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА МАНЕВРАХ

Наводяться короткі відомості про існуючі види маневрової роботи на залізничних станціях. На прикладі сортувальної станції Гомель дається аналіз виконаних хронометражних спостережень про розподіл бюджету часу роботи маневрового тепловоза по перестановці окремих вагонів і составів пасажирських поїздів з технічного пасажирського парку на перонні колії.

Аналізуються існуючі методи нормування витрат часу і витрат палива на виконання маневрового полурея і обґрунтовується висновок про необхідність використання тягових розрахунків. Наводиться розроблена в БДУТ комп'ютерна програма моделювання маневрового пересування в реальних умовах. Встановлено доцільність заміни в маневровій роботі тепловозів великої потужності на тепловози меншої потужності.

Приводятся краткие сведения о существующих видах маневровой работы на железнодорожных станциях. На примере сортировочной станции Гомель дается анализ выполненных хронометражных наблюдений о распределении бюджета времени работы маневрового тепловоза по перестановке отдельных вагонов и составов пассажирских поездов из ранжирного парка на перронные пути.

Анализируются существующие методы нормирования затрат времени и расхода топлива на выполнение маневрового полурея и обосновывается вывод о необходимости использования тяговых расчетов. Приводится, разработанная в БелГУТе, компьютерная программа моделирования маневрового передвижения в реальных условиях. Установлена целесообразность замены в маневровой работе тепловозов большой мощности на тепловозы меньшей мощности.

Summarizes the existing types of shunting at railway stations. On the example of marshalling yard Gomel analyzes the chronometer made observations on the distribution of time-budget of the shunting locomotive on the permutation of individual cars and trains passenger trains from technical park on the ramp way.

Analyzes existing methods of valuation of time and fuel consumption by shunting polureysa and justified conclusion about the need for traction calculations. Provided, developed BelSUT, a computer simulation program shunting movement in the real world. The expediency of replacing the shunting locomotives for heavy-duty diesel less power.

Маневровая работа является важнейшей составной частью технологии работы станций и подъездных путей промышленных предприятий и от повышения ее качества во многом зависит эффективность работы железнодорожного транспорта.

В общее понятие «маневровой работы» входят все передвижения локомотивов по станционным путям резервом или с вагонами в пределах станции согласно технологическому процессу для выполнения различных видов работы по обслуживанию грузовых и пассажирских поездов, отдельных вагонов, местных пунктов и т.п. Характер этих передвижений различен и определяется конфигурацией станционных устройств и видом маневровой работы.

Длительный период времени основным критерием, характеризующим качество маневровой работы, принимались минимальные затраты времени. Почти любые мероприятия считались эффективными в случаях даже самого незначительного сокращения простоя вагонов.

Однако в последние годы произошел резкий рост цен на приобретаемое железнодорожным транспортом дизельное топливо и на первый план при маневрах выходит экономия дорогостоящего топлива. Следовательно, необходимо более активно разрабатывать и внедрять технические и технологические средства сокращения удельного расхода топлива в маневровой работе.

Одним из инструментов, способствующих наилучшему использованию маневровых тепловозов, является **нормирование маневровой работы**. Понятно, что наличие правильно установленных норм позволяет учитывать и анализировать расходы топлива путем сопоставления фактического расхода на единицу объема выполненной работы (или в единицу времени) с установленной нормой, выявлять его перерасход или экономию. Прогрессивные нормы мобилизуют инициативу локомотивных бригад на рациональное и экономное использование энергетических ресурсов тепловозами. Поэтому введение технически обоснованных нормати-

вов расхода топлива для тепловозов, выполняющих маневровую работу определенного вида в конкретном маневровом районе станции, является одной из актуальных задач уменьшения энергозатрат на железнодорожном транспорте.

Основным технологическим элементом маневровой работы принято считать **полурейс**, т.е. передвижение одиночного локомотива или маневрового состава без перемены направления движения. Технология выполнения каждого маневрового полурейса заключается, как правило, в следующем: локомотив вначале разгоняется, затем движется с установившейся скоростью и, наконец, замедляет движение для перемены направления следования или остановки.

Для определения качества работы маневрового тепловоза по затратам энергоресурсов важно знать расход дизельного топлива на выполнение каждого маневрового полурейса. Зная расход на каждое отдельное маневровое передвижение и количество передвижений (полурейсов), нетрудно определить и общие затраты топлива на выполнение маневровой работы определенного вида.

В соответствии с фактически выполняемой работой основными видами маневровой работы являются:

- расформирование с одновременным формированием с горки (вытяжки) составов поездов и передач;
- окончание формирования составов поездов и передач со стороны горки и вытяжных путей;
- обслуживание местных пунктов, расположенных на станции и вне станции (подъездные пути), в том числе и на промежуточных станциях;
- прицепка, отцепка и перестановка отдельных вагонов, групп или составов поездов в одном парке с пути на путь или из парка в парк;
- подача (уборка) вагонов в пункты ремонта, устранения коммерческих неисправностей и т.д.

И хотя характер передвижений при выполнении маневровой работы любого вида практически одинаковый, различие состоит в условиях работы: расстоянии, плане и профиле пути передвижения, мощности локомотива, величине маневрового состава и т.д. Поэтому даже при выполнении маневровых операций одного вида, например, расформирование составов поездов со стороны горки, затраты времени, а значит, и расходы топлива на их выполнение

будут различными. Следовательно, для оценки качества использования маневрового локомотива как по временному критерию, так и по расходу топлива необходимо учитывать конкретные реальные условия, при которых выполняется данное маневровое передвижение.

Нормирование расходов топлива локомотивами, в том числе и маневровыми тепловозами, в строгой форме выражается как непосредственный расчет энергии, необходимой для выполнения механической работы по передвижению маневрового состава в данных определенных условиях.

Норма расхода топлива на выполнение различных технологических операций маневровой работы может быть установлена в настоящее время двумя методами:

- методом хронометражных наблюдений;
- методом тяговых расчетов.

Метод хронометражных наблюдений для получения нормативов маневровой работы очень трудоемкий. Им можно успешно пользоваться лишь при определении частных элементарных затрат времени на получение задания, укладку или уборку тормозных башмаков, разъединение тормозных рукавов, закрытие люков и т.д. В остальных случаях необходимо рассчитывать продолжительность выполнения маневровой работы, исходя из реальных условий и возможностей маневровой техники, и не только по критерию – «время», но и по другим эксплуатационно-экономическим показателям, представляющим собой в общем виде приведенные затраты на каждое маневровое передвижение или операцию.

Необходимо учитывать не только продолжительность маневровых передвижений, но и расход топлива, резервы времени, влияние других операций и последствия от изменения очередности их выполнения. При этом желательно заранее установить оптимальную структуру каждого полурейса и режимы осуществления его элементов.

В настоящее время в Республике Беларусь не существует официально утвержденной методики тяговых расчетов для маневровых тепловозов. Расход топлива на маневры устанавливают **опытным путем** в соответствии с Инструкцией по техническому нормированию расхода электрической энергии и топлива тепловозами на тягу поездов, что не позволяет эффективно использовать возможности маневровых тепловозов по экономии энергоресурсов.

В последние годы значительно изменились условия выполнения маневровой работы:

– существенно сократились объемы маневровой работы на станциях в связи с уменьшением размеров движения грузовых поездов и объемов погрузки и выгрузки вагонов, в том числе и на подъездных путях;

– сооружение сортировочных горок практически на всех крупных станциях позволило значительно ускорить расформирование (формирование) составов поездов, передач и полностью ликвидировать операции по расформированию со стороны вытяжных путей;

– критерий времени не стал лимитирующим в маневровой работе, и в условиях экономии энергоресурсов на первый план выходит уменьшение расхода топлива маневровыми тепловозами;

– все маневровые передвижения осуществляются осаживанием, причем для этих целей используются мощные маневровые локомотивы даже для обслуживания маневрового состава, состоящего из одного или нескольких вагонов.

Для всех условий эксплуатации маневровых тепловозов характерна продолжительная работа силовой установки при небольшой нагрузке и на холостом ходу.

В этих условиях маневровые тепловозы должны отвечать современным требованиям, как по производительности, так и по энергоемкости перевозочного процесса.

При выборе типа локомотива для выполнения маневровой работы определенного вида необходимо учесть:

- требуемую мощность локомотива;
- загрузку локомотива в течение суток;
- экономическую целесообразность применения на маневрах локомотива того или иного типа, и, в первую очередь, по расходу топлива.

Проведенные хронометражные наблюдения различных видов маневровой работы свидетельствуют о том, что величина маневрирующих составов, за исключением расформировываемых на сортировочных горках, изменяется в основном в пределах от одного до нескольких вагонов. Производятся станционные маневры на площадках в основном с уклоном до 2,5 ‰ со скоростью до 25 км/ч. Значит, в маневровой работе могут использоваться менее мощные локомотивы.

У дизелей, предназначенных для маневровых тепловозов, минимальные удельные расходы топлива получаются в диапазоне 0,4–0,8 номинальной мощности. При меньших значениях мощности удельный расход топлива увеличивается, особенно резко в области малых нагрузок. Замена мощных маневровых тепловозов на

менее мощные, при условии выполнения последними заданного объема маневровой работы, позволит уменьшить расход дорогостоящего дизельного топлива.

В нынешних условиях основными направлениями повышения экономичности маневровых тепловозов являются:

- снижение расхода топлива на холостом ходу;
- смещение зоны минимальных расходов топлива в сторону наиболее часто используемых нагрузок;
- расширение зоны минимальных расходов топлива.

Сократить расход топлива в режиме холостого хода можно существенно за счет применения на тепловозе вспомогательного дизеля небольшой мощности. Главный дизель в этом случае используется в основном только под нагрузкой. На стоянках будет работать вспомогательный дизель, имеющий малый расход топлива.

Эффективным мероприятием уменьшения расхода топлива является также применение на маневровом тепловозе разделенной силовой установки, состоящей из двух дизелей одной размерности. В этом случае экономится топливо как при работе в режиме холостого хода (работает только один дизель), так и при работе в режиме тяги за счет более полного использования мощности каждого из двух дизелей. При этом происходит смещение режимов их работы в область минимальных удельных расходов топлива.

Для решения вопроса о возможности применения в маневрах локомотивов меньшей мощности необходимо установить, сможет ли такой локомотив перемещать существующие маневровые составы фактической массы при различных видах маневровой работы. Если полученная в результате расчетов максимальная масса маневрового состава окажется больше или равна массе реально существующей, то в этом случае выгодно в маневрах данного вида использовать менее мощный локомотив.

Наиболее постоянным из рассмотренных выше видов маневровой работы являются операции по обслуживанию в парках составов пассажирских поездов. Что же представляет суть маневров в пассажирском движении?

В соответствии с технологическим процессом с составами пассажирских поездов и с пассажирскими вагонами на станциях могут выполняться следующие маневровые операции:

- формирование составов пассажирских поездов;

- подача составов на пути отправления поездов и уборка их с этих путей;
- прицепка к поездам и отцепка от поездов групп и отдельных вагонов;
- переформирование составов пассажирских поездов;
- подача на пути ремонта неисправных вагонов и уборка вагонов после производства соответствующих операций и др.

При этом необходимо отметить, что в настоящее время практически вся маневровая работа на Белорусской железной дороге, в том числе и по обслуживанию пассажирского движения осуществляется мощными тепловозами серии ЧМЭЗ мощностью 1350 л.с.

Ниже в табл. 1 приведены результаты хронометражных наблюдений работы тепловоза в течение рабочей смены (12 часов) при выполнении маневровых операций по перемещению отдельных вагонов, групп и целых составов пассажирских поездов из ранжирного парка на перронные пути станции Гомель.

Таблица 1

Сведения о маневрах в пассажирском движении

Элементы расхода бюджета времени маневрового локомотива	Затраты времени по элементам, мин	Доля элемента в бюджете времени, %
Холостые полурейсы	120	16,7
Груженные полурейсы	131	18,2
Простой с работающим двигателем	364	50,6
Простой с выключенным двигателем	105	14,5
Всего	720	100,0

Согласно данным табл. 1, маневровый тепловоз серии ЧМЭЗ находится в движении за смену (720 мин) только 251 мин, или 34,9 % рабочего времени. Остальное время смены локомотив находится либо в рабочем состоянии (364 мин или 50,6 %), либо с выключенным двигателем (105 мин или 14,5 %). Необходимо также отметить, что в маневровом передвижении переставляется в основном от 1 до 10 вагонов и только в отдельных случаях в маневровый состав при обслуживании пассажирских поездов включается больше 10 вагонов.

Предварительный анализ показывает, что в указанном выше виде маневровой работы можно использовать тепловоз меньшей мощности, например, тепловоз ТГМ3А мощностью 550 кВт, или равнозначный по мощности.

Использование менее мощного локомотива в маневровой работе возможно только в том случае, когда мощность данного локомотива обеспечивает перемещение не только отдельных вагонов, но и целых составов поездов с пути на путь и из парка в парк.

Выполненные расчеты по определению максимальной величины массы маневрового состава, которую сможет перемещать тепловоз ТГМ3А или аналогичный по тяговым характеристикам при различных скоростях и на разных уклонах, приведены в табл. 2. Из табл. 2 видно, что тепловоз ТГМ3А вполне пригоден для выполнения маневровой работы на площадке и уклоне до 2,5 ‰ со скоростью до 25 км/ч с составами и группами вагонов массой маневрового состава до 1150 т.

Таблица 2

Расчет максимальной массы маневрового состава пассажирского поезда

P , кН	$F_{кр}$, Н	v , км/ч	w'_0 , Н/кН	w''_0 , Н/кН	i_p , ‰	$Q_{ман}^{max}$, кН	$w'_{тр}$, Н/кН	$i_{тр}$, ‰	$F_k^{тр}$, Н	$Q_{ман}^{тр}$, кН
68	12000	8,5	2,00	1,35	0	8800	1,04	0	12000	11470
	6920	20	2,22	1,55		3550				
	5250	25	2,34	1,66		3050				
68	12000	8,5	2,00	1,35	1	5100	1,04	1	12000	5800
	6920	20	2,22	1,55		2650				
	5250	25	2,34	1,66		1900				
68	12000	8,5	2,00	1,35	2	5000	1,04	2	12000	3900
	6920	20	2,22	1,55		1850				
	5250	25	2,34	1,66		1350				
68	12000	8,5	2,00	1,35	2,5	3050	1,04	2,5	12000	3300
	6920	20	2,22	1,55		1650				
	5250	25	2,34	1,66		1150				

Следовательно, при средней массе пассажирского вагона 55 т данный менее мощный локомотив сможет перемещать маневровые составы в количестве до 20 вагонов, что вполне удовлетворяет в нынешних условиях потребно-

стям железнодорожного транспорта при обслуживании составов и тем более отдельных групп вагонов пассажирских поездов.

Известно, что расход топлива маневровыми тепловозами состоит из расхода на собствен-

ные нужды, соответствующие работе дизелей на холостом ходу, и на перемещение по станционным путям локомотива и вагонов. Так, использование в маневровой работе по обслуживанию пассажирского движения станции Гомель вместо ЧМЭЗ тепловоза ТГМЗА или аналогичного по мощности даст экономию топлива только за счет холостого хода более 7 кг/смену, или 2,5 т/год.

Расход топлива непосредственно на перемещение вагонов удобнее всего определять по механической работе локомотива с использованием тяговых расчетов. Основными элементами при нормировании маневровой работы методом тяговых расчетов являются:

- основная и удельная сила тяги маневрового локомотива на разных позициях контроллера;
- длина и скорость маневровых передвижений;
- основные и удельные сопротивления движению;
- основная и удельная тормозная сила;
- характер профиля и плана пути передвижения;
- максимальная масса маневрового состава.

Расчет нормы расхода топлива в маневровой работе, в том числе и для локомотива меньшей мощности, может быть осуществлен с использованием специально разработанной в БелГУТе компьютерной программы. Блок-схема выполнения таких расчетов представлена на рис. 1.

В основу расчета скорости, затрат времени и топлива определенным маневровым локомотивом при передвижении принят грузовой полурейс типа «разгон – движение с установившейся скоростью – торможение». При этом скорость движения маневрового состава не должна быть больше установленной ПТЭ для маневровых передвижений.

Основная особенность маневровой работы в полурейсе заключается в том, что непрерывно меняется план, профиль пути, количество стрелочных переводов и др. Поэтому в расчетах учитывается возможность нахождения маневрового состава на нескольких элементах профиля одновременно и дополнительное сопротивление движению от кривых и стрелочных переводов. Таким образом, процесс движения моделируется в соответствии с конкретными условиями передвижения маневрового состава.

Основные параметры маневровых передвижений определяются на основе численного ре-

шения дифференциального уравнения движения маневрового состава

$$f(v) - w_0(v) - w_{тр} - w_{кр}(v) - w_{сп}(v) - w_i(s) - w_{пр}(v) - b_r(v) - \frac{1}{\Psi} \frac{d^2s}{dt^2} = 0, \quad (1)$$

где $f(v)$ – удельная сила тяги локомотива, Н/кН (кгс/тс);

$w_0(v)$ – основное удельное сопротивление движению подвижного состава, Н/кН;

$w_{тр}$ – дополнительное удельное сопротивление при трогании состава с места, Н/кН;

$w_{кр}(v)$ – дополнительное удельное сопротивление, возникающее при движении по кривым, Н/кН;

$w_{сп}(v)$ – дополнительное удельное сопротивление, возникающее при движении по стрелочным переводам, Н/кН;

$w_i(s)$ – дополнительное сопротивление, возникающее при движении по одному или нескольким элементам профиля различного уклона, Н/кН;

$w_{пр}(v)$ – дополнительное удельное сопротивление движению от подвагонных генераторов при маневровых передвижениях пассажирских вагонов, Н/кН;

$b_r(v)$ – удельное значение тормозных усилий, Н/кН.

Моделирование маневровых передвижений на основе численного решения дифференциального уравнения движения поезда (1) дает возможность достаточно точно оценить вклад параметров маневрового локомотива, конструкции плана и профиля подсистем эксплуатируемых сортировочных станций в энергоемкость перевозочного процесса, оптимизировать эти параметры по энергетическим критериям.

Необходимо отметить, что используемая модель является достаточно открытой для включения в нее дополнительных компонентов, позволяющих точнее описывать реальные условия работы. При этом совершенствование модели возможно за счет учета:

- вероятностной природы действия сил сопротивления движению;
- нелинейной конструкции профиля пути, состоящего из элементов с вертикальными кривыми переменного радиуса, наилучшим образом аппроксимируемых сплайновыми функциями третьего порядка;

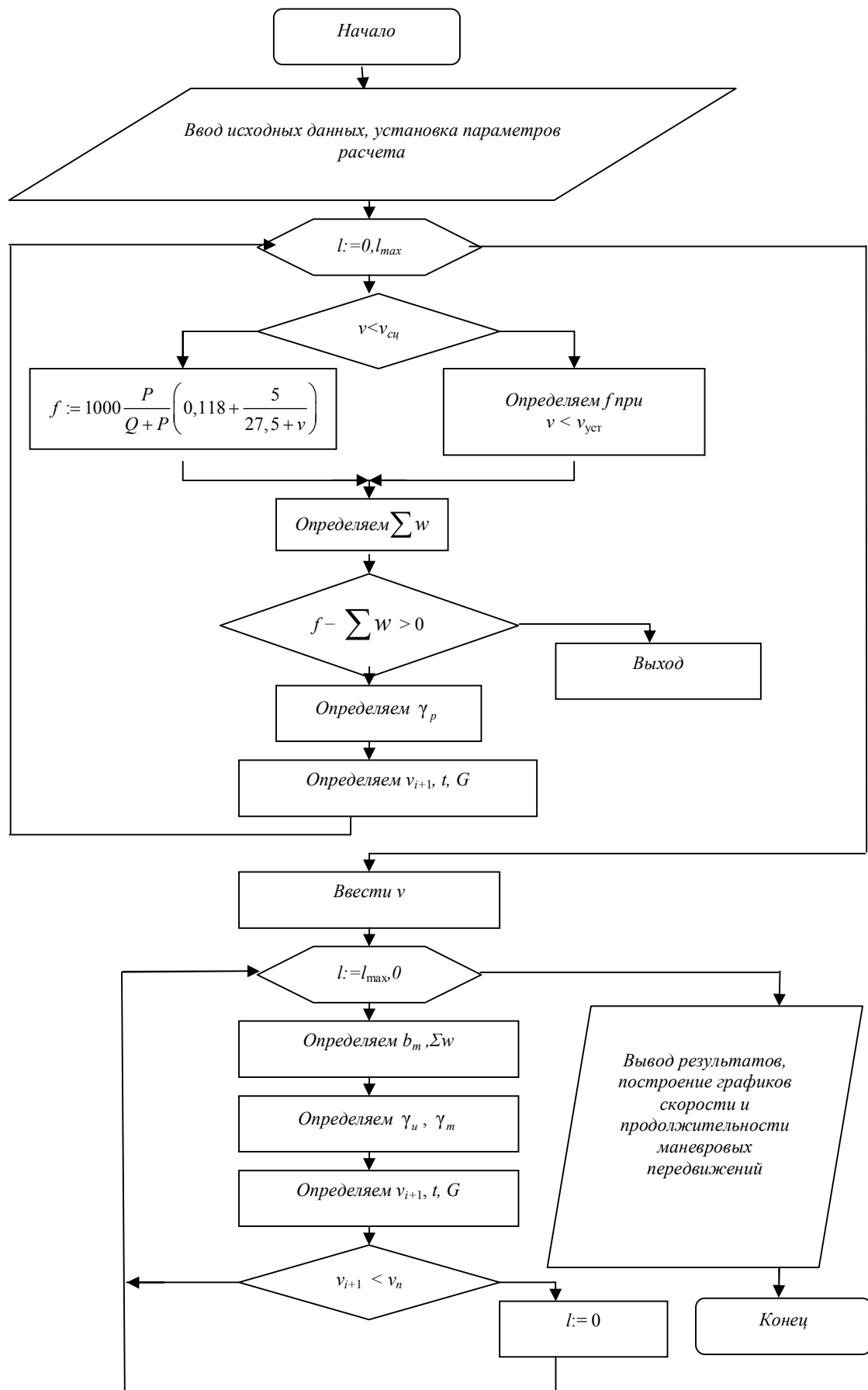


Рис. 1. Блок-схема основного цикла работы программы моделирования маневровых передвижений

- влияния аэродинамики состава на сопротивление движению;
- нелинейной аппроксимации тяговых характеристик маневровых локомотивов и учета износа последних;
- метеорологических условий и других факторов.

В табл. 3 приведены результаты расчета расхода топлива на перемещение маневровых составов разной величины тепловозами ЧМЭЗ и ТГМЗА со скоростью 15 км/ч из ранжирного парка на перронные пути станции Гомель.

Анализируя данные табл. 3, заключаем, что в целях экономии дизельного топлива выгодно использовать менее мощный тепловоз (ТГМЗА) в маневровой работе по обслуживанию составов пассажирских поездов с массой до 800 т и тем более для перестановки отдельных вагонов.

По станции Гомель перестановка только одного состава массой до 600 т локомотивом меньшей мощности позволит сэкономить примерно 15 % топлива. В этом случае годовая экономия дизельного топлива в пассажирском движении по станции Гомель составит свыше 10 т.

Непосредственно в ранжирном парке мало-мощным тепловозом может быть выполнена вся другая маневровая работа (перестановка технически неисправных пассажирских вагонов, изменение композиции составов пассажирских поездов и др.), поскольку при маневрах (груженные полурейсы) перемещается от одного до нескольких вагонов. А значит, использование в маневровой работе в ранжирном парке менее мощного по сравнению с ЧМЭЗ тепловоза ТГМЗА или аналогичного по мощности позволит получить существенную экономию дорогостоящего дизельного топлива.

Таблица 3

Экономия топлива в маневрах с составами пассажирских поездов

Масса маневрового состава, т	Серия маневрового локомотива		Экономия топлива, %
	ЧМЭЗ	ТГМЗА	
200	1,47	0,98	33,3
300	1,58	1,06	32,9
400	1,61	1,19	26,1
500	1,71	1,29	24,6
600	1,74	1,48	14,9
700	1,85	1,63	11,9
800	1,87	1,87	0

Вторым видом маневровой работы, более определенным с точки зрения выполнения различных полурейсов (величина маневрового состава, характер и технология осуществления полурейсов) и наиболее тяжелым и энергозатратным с точки зрения использования мощности маневрового локомотива, является обслуживание горки в процессе сортировки вагонов при расформировании с одновременным формированием составов поездов и передач.

В настоящее время вся маневровая работа по расформированию прибывающих на станцию и формированию новых организованных поездов и передач производится мощными маневровыми тепловозами серии ЧМЭЗ в основном на сортировочных горках. И только частично на станциях, располагающих сортировочными горками, маневровые операции по окончанию формирования осуществляются со стороны вытяжных путей. На станциях же, не имеющих сортировочных горок, вся маневровая работа данного вида производится на вытяжках.

Рассматривая возможность использования в маневровой работе сортировочной горки локомотива меньшей мощности необходимо иметь в виду, что, *во-первых*, подача состава на горку может осуществляться в разных режимах. С точки зрения требований к мощности локомотива наиболее легким является разгон состава в полурейсе надвига до скорости, равной установленной скорости роспуска. В этом случае надвиг производится без выбега (движение по инерции), все время с тягой и на малой скорости, что вызывает большие затраты времени и снижает производительность горки, но при этом может использоваться локомотив меньшей мощности.

При большой длине выбега и соответственно коротком пути разгона, наоборот, операция выполняется быстро, но требует применения локомотива большой мощности.

Таким образом, необходимая мощность горочного локомотива целиком зависит от скорости разгона в полурейсе надвига и реализуемого при этом ускоряющего усилия.

Во-вторых, не только режим разгона в полурейсе надвига составов определяет требования к мощности маневрового локомотива. Подача тяжелых составов из парка на горку может производиться с делением на части, что существенно снижает требуемую мощность локомотива. Это может применяться без существенно

го снижения производительности горки при параллельном расположении парков прибытия и сортировочного, которое имеется на ряде существующих станций. Подача составов на горку на таких станциях производится через вытяжной путь и может осуществляться как целыми составами, так и с делением их на части с применением соответственно менее мощных локомотивов, но с увеличением пробега по станционным путям.

В общем случае путь подачи расформировываемого состава на горб горки состоит из трех элементов: определенного пути парка приема (вытяжного пути в случае параллельного расположения парков приема и сортировочного), стрелочной зоны (предгорочная горловина) и надвигной части.

Результаты расчета затрат времени и расхода топлива на надвиг и роспуск маневровых составов различной массы локомотивами ЧМЭЗ и ТГМЗА в нечетной сортировочной системе станции Гомель, выполненные по разработанной в БелГУТе методике приведены в табл. 4.

Данные табл. 4 свидетельствуют о том, что при практически одинаковых затратах времени на обслуживание маневрового состава массой

1500 т разными локомотивами экономия топлива при расформировании только одного такого состава локомотивом меньшей мощности (ТГМЗА) составляет 31,5 %.

Сокращаются затраты топлива (на 25,7 %) и при расформировании состава массой 2500 т, но при этом незначительно (на 0,3 мин) увеличивается продолжительность выполнения данной операции. Выполненный анализ работы нечетной сортировочной горки станции Гомель показал, что в настоящее время из 30 ежедневно перерабатываемых маневровых составов 20 имеют массу до 2500 т и, следовательно, только расформирование их менее мощным локомотивом позволит экономить более 7 т/год дизельного топлива.

Локомотивом ТГМЗА горочные маневровые операции можно выполнять и с маневровыми составами массой 3500 т. При расформировании составов поездов и передач массой 3500 т затраты топлива примерно одинаковые как локомотивом ТГМЗА, так и мощным локомотивом ЧМЭЗ. С увеличением же массы маневрового состава свыше 3500 т увеличиваются и затраты топлива на его переработку тепловозом ТГМЗА.

Таблица 4

Расходы дизельного топлива на расформирование маневрового состава на сортировочной горке

Масса маневро- вого состава $Q_{\text{ман}}, \text{т}$	Серия маневрового локомотива				Экономия топлива, %
	ЧМЭЗ		ТГМЗА		
	Затраты на выполнение полурейса				
	времени, мин	топлива, кг	времени, мин	топлива, кг	
1500	16,38	3,56	16,48	2,44	31,5
1750	16,40	3,60	16,55	2,52	30,0
2000	16,41	3,64	16,58	2,70	25,8
2250	16,41	3,84	16,67	2,79	27,3
2500	16,45	3,89	16,75	2,89	25,7
2750	16,47	3,94	16,83	3,13	20,6
3000	16,50	3,99	16,95	3,40	14,8
3250	16,52	4,04	17,10	3,59	11,1
3500	16,55	4,09	17,30	3,96	3,2
3750	16,57	4,34	17,58	4,56	

В случае если парки приема и сортировочный расположены параллельно, маневровая работа может успешно осуществляться маломощным локомотивом. При этом экономически выгодно расформировываемый состав поезда делить на части.

В настоящее время масса маневрового состава практически во всех видах маневровой

работы колеблется в основном в пределах от 60 до 2000 т.

Следовательно, использование маломощных локомотивов целесообразно и в других видах маневровой работы.

Таким образом, использование в маневровой работе менее мощных локомотивов, чем ЧМЭЗ, является важным резервом экономии

топлива. Так, осуществление маневров тепловозом ТГМ3А или аналогичным по мощности только в рассмотренных выше видах позволит экономить по станции Гомель в маневровой работе более 17 т/год дорогостоящего дизельного топлива.

Аналогичные расчеты по экономии энергоресурсов в маневровой работе можно выполнить и для других сортировочных станций не только Белорусской железной дороги и полученные при этом результаты учитывать при нормировании расхода дизельного топлива тепловозами в маневровой работе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Овчинников, В. М. Гибридная силовая установка маневрового локомотива [Текст] / В. М. Овчинников, В. В. Скрежендевский // Энергоэффективность – 2008. – № 12 (134). – С.16–17.

2 Швец, Н. Г. Энергоэффективные режимы маневровой работы на сортировочных горках [Текст] / Н. Г. Швец, В. М. Овчинников, С. А. Пожидаев // Материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. «Интеграция Украины в международную транспортную систему». – Д.: ДНУЗТ, 2010. – С. 116–119.

3 Пожидаев, С. А. Моделирование маневровых передвижений при выборе оптимальных конструкций подсистем сортировочных станций [Текст] / С. А. Пожидаев, Ю. В. Ненахов, Ю. К. Кирило // Материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса». – Гомель: БелГУТ, 2008. – С.84–86.

4 Овчинников, В. М. О снижении расхода дизельного топлива в маневровой работе [Текст] / В. М. Овчинников, С. А. Пожидаев, В. В. Скрежендевский, Н. Г. Швец, Ю. К. Кирило, Е. В. Шкрабов // Энергоэффективность – 2010. – № 10 (134).

Поступила в редколлегию 07.02.2011.

Принята к печати 14.02.2011.

А. М. ОКороков, ст. викладач каф. УЕР (ДНУЗТ), О. В. ГОЛОВЧЕНКО, начальник контори передачі (Іллічівський Морський Торгівельний Порт), О. О. БЕРКО, інженер (Одеський Морський Торгівельний Порт)

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ТРАНСПОРТУ У МІЖНАРОДНОМУ ЗАЛІЗНИЧНО-ПОРОМНОМУ СПОЛУЧЕННІ

В статье рассматривается необходимость обеспечения согласованной работы (интероперабельности) железнодорожного и морского транспорта на примере работы Илличевской паромной переправы.

У статті розглядається необхідність забезпечення узгодженої роботи (інтероперабельності) залізничного та морського транспорту на прикладі роботи Іллічівської поромної переправи.

Підвищення конкурентоспроможності транспортної системи України та міжнародних транспортних коридорів, які проходять через її територію, в значній мірі залежить від чіткості взаємодії залізничного та морського транспорту на основі сучасних логістичних та інформаційних технологій, тому одним з важливих факторів покращення роботи залізниць та всього транспортного комплексу України є удосконалення взаємодії залізничного та морського транспорту та подальший розвиток транспортного комплексу з метою забезпечення внутрішніх та міжнародних перевезень.

Одним із важливіших чинників, що лежить в основі забезпечення інтероперабельності залізничного і морського транспорту є процес перевалювання вантажів. Передача вантажів з одного виду транспорту на інший способом перевалки – складний і трудомісткий процес, при якому не можуть в достатній мірі гарантуватися такі якості транспортного обслуговування, як терміни доставки, збереження споживацьких властивостей продукції, що перевозиться, і збереження вантажу на шляху слідування.

Забезпечення взаємодії (інтероперабельності) можливо за умови реалізації системного підходу, у відповідності з яким усі учасники перевізного процесу (вантажовідправники, залізничні та морські перевізники, морські порти) функціонують комплексно, як єдина логістична система. У зв'язку з цим отримала розповсюдження комбінована взаємодія між окремими видами транспорту, найбільш поширеним є симбіоз між залізничним та морським транспортом,

похідна яких утворює залізнично-поромні перевезення.

Разом з тим поромні переправи мають і свої недоліки. Насамперед під час перевезення навантаженого рухомого складу (вагонів, автомобілів) на поромах приблизно вдвічі зменшується кількість вантажу (нетто), який можливо було б перевезти при звичайному способі на судах таких же розмірів. Будівельна вартість поромів вище, ніж звичайних суден; крім того, потрібно обладнання причалів підйомно-сполучними пристроями, а іноді і спорудження шлюзових басейнів (при значних коливаннях рівня води).

Одним із основних методів вирішення науково-прикладної задачі з організації узгодженої роботи залізничного та морського транспорту є формування логістичних технологій у залізнично-поромному сполученні.

На сьогоднішній день по всьому світу налічується біля ста поромних ліній. У найближчій перспективі передбачається побудувати більше 20 залізничних переправ, загальною протяжністю декілька сотень кілометрів.

З метою аналізу існуючих технологій роботи залізнично-поромного сполучення проаналізовані сучасні наукові дослідження.

У [1] розглянуті основні проблеми поромної переправи «Клайпеда – Мукран» (Литва – Німеччина). Ускладнення у роботі були пов'язані з недоліками планування, неритмічним підведенням вагонів на станцію, недосконалістю тарифів. Ефективність перевезення знижувало неповне використання потужності поромних суден. Виникала проблема надпланових простоїв вагонів на

передпорогній станції через нерівномірність надходження вагонів.

Питаннями вдосконалення роботи поромних переправ в 1982 році займалася В. А. Кулікова [2]. Автором відмічені достоїнства поромних переправ, до числа яких відносяться: скорочення часу доставки вантажів, зменшення простоїв рухомого складу, виключення перевалювання вантажів в пунктах стикування видів транспорту, скорочення потреби в робочій силі, механізмах, складських площах. Проведений автором аналіз роботи поромних переправ показав, що ритмічність роботи переправ багато в чому залежить від підходу вагонів. Нерівномірність надходження вагонів викликає або їх надмірне накопичення на передпорогній станції, що веде до збільшення їх простою в очікуванні навантаження на пором, або – до простою суден в очікуванні підходу вагонів, або до їх неповного завантаження.

Одним з важливих показників роботи поромних переправ автором вважаються залишки вагонів на передпорогній станції. Виконані дослідження довели, що нерівномірність надходження вагонів на поромні переправи зароджується на станціях навантаження. Тому комплексний підхід до рішення задачі вдосконалення роботи поромних переправ повинен включати як вдосконалення технології роботи самих переправ, так і планування відправлення вантажів на них з метою організації ритмічного надходження вагонів. Критерієм ефективності календарного планування відправлення вантажів на поромну переправу є зниження витрат на перевезення 1 т вантажу, автором відмічені переваги календарного планування, до числа яких відносяться: ліквідація великого скупчення вагонів на передпорогніх станціях, зменшення простою в очікуванні завантаження на пором, за рахунок ритмічного підходу вагонів, скорочення часу на формування поїздів в кінцевому пункті переправи.

Виходячи з проведеного аналізу, відмічено, що метою календарного планування є складання такого розкладу відправлення вантажів, який забезпечить найбільше скорочення витрат на їх перевезення. При цьому повинні бути враховані не тільки витрати залізничного, але і морського транспорту на перевезення. Тому необхідно забезпечити щодоби підведення на поромну

переправу такої кількості вагонів, якої буде достатньо для організації безперебійної роботи поромної переправи, враховуючи, що запас вагонів на передпорогній станції обмежується місткістю станційних колій і економічно доцільним часом простою вагонів і поромів в очікуванні завантаження. Визначення величини страхового запасу – одна із задач теорії управління запасами, рішення якої спрямоване на усунення негативних наслідків дефіциту запасів [3]. У випадку поромних сполучень дефіцит вагонів в пункті стикування призведе до простою суден або до неповного їх завантаження.

Для визначення резервного запасу вагонів необхідно знати характер надходження попиту, тобто щодобовий підхід поромів, який залежить від кількості курсуючих на лінії суден, часу їх рейсообігу, порядку постановки у ремонт і на профілактику, метеорологічних умов.

На розмір резервного запасу впливає і характер надходження вагонів, що залежить від порядку відправлення їх зі станцій навантаження і часу слідування до поромної переправи. Тому для організації календарного планування відправлення вагонів треба знати ймовірний час слідування відправок зі станцій навантаження до переправи, який, залежить від відстані перевезення, періодів року (зимовий, літній розклад руху поїздів), виду тяги та інших чинників.

Таким чином, аналіз довів не тільки актуальність зазначеної науково-прикладної задачі, але і необхідність застосування системного підходу внаслідок якого формуються логістичні технології.

В теперішній час в умовах ринкових економічних відносин необхідно враховувати те, що залізнично-поромні перевезення повинні здійснюватись в інтересах обох учасників перевізного процесу. Тому необхідно мінімізувати сумарні витрати залізничного транспорту та судноплавної компанії, що пов'язано з перевезенням вагонів на поромах, розмір яких для даного напрямку пов'язаний з кількістю рейсів, що здійснюються поромами за певний розрахунковий період. В свою чергу кількість рейсів поромів залежить від кількості вагонів, які перевозяться за один рейс.

На сьогоднішній день повне завантаження порома не є показником ефективності роботи поромного комплексу. В першу чергу це

пов'язано з тим, що при збільшенні завантаження порома збільшуються витрати станції, що пов'язані з простоєм вагонів під накопиченням. Для детального дослідження поставленої науково-прикладної задачі необхідно провести статистичний аналіз кількісних та якісних показників технології роботи поромного комплексу.

В умовах роботи станції Іллічівськ – Поромна було виділено наступні чинники ефективності роботи поромного комплексу:

1. Обсяг перевезень, що визначається стабільністю вантажопотоку в прямому і зворотному напрямку, сезонністю перевезень, кліматичними умовами, перспективою розвитку промислових районів, що тяжіють до поромної переправи;

2. Експлуатаційний період роботи поромів в добах;

3. Кількості поромів, що знаходяться в експлуатації;

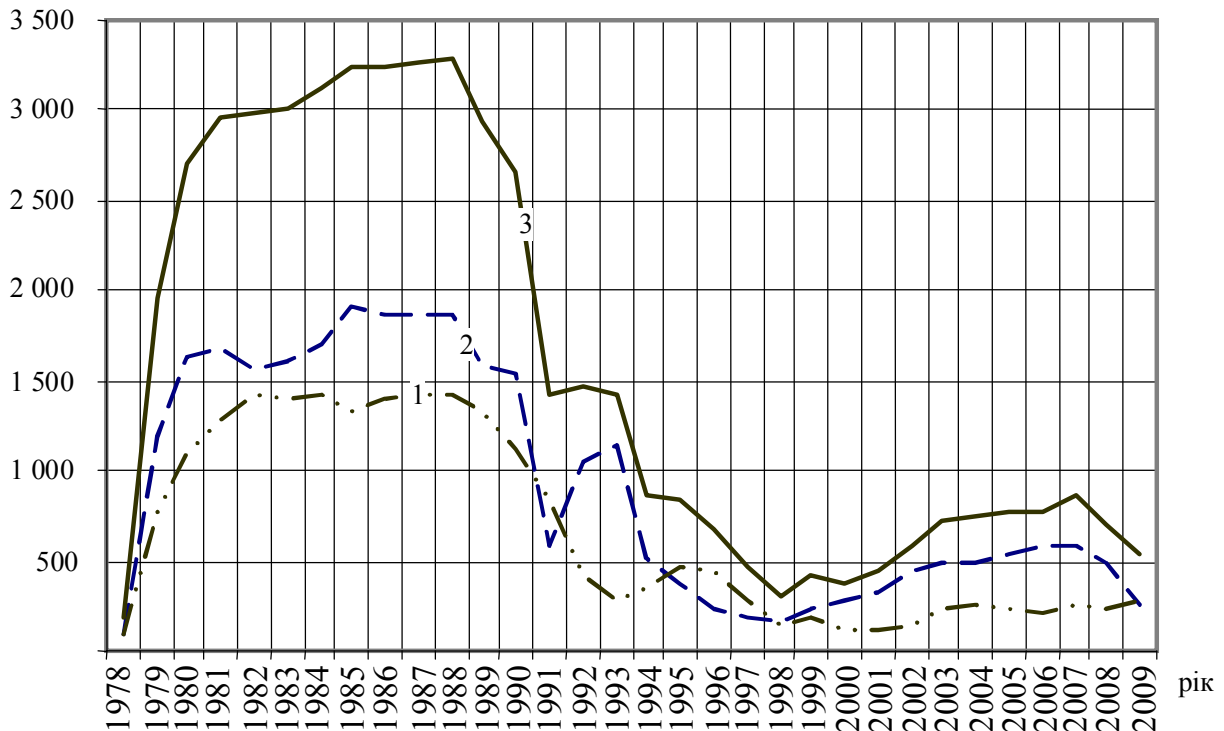


Рис. 1. Динаміка обсягу експортно-імпортних і транзитних перевезень через станцію «Іллічівськ – Поромна» з початку експлуатації: 1 – імпорт, 2 – експорт, 3 – всього.

Для безперервного завантаження порому, що забезпечує мінімальні витрати, пов'язані з його простоюванням у порту треба, щоб час між надходженням плітей на пором дорівнював $t_M = \frac{q_v}{N_{\Pi}}$. Ця умова означає, що за

цей час необхідно знайти відповідні вагони на BC_i , сформувати плеті у ПП, подати у ВП і

4. Часу рейсообороту, що має функціональну залежність від технології обробки порома (навантаження, вивантаження, огляду, складання карго плану, технічного оснащення передпоромних пристроїв, швидкості порома і пропускної спроможності причалу);

5. Завантаження порома у вагонах, тобто числа вагонів, що приймаються поромом одночасно, а також завантаження порома в тоннах.

6. На рис. 1 наведено динаміку обсягів експортно-імпортних і транзитних перевезень через станцію Іллічівськ – Поромна, на підставі яких можна зробити висновок, що з 1999 р. відбувається підвищення експортних перевезень та стабілізація характеру імпортного вантажообігу і має достатньо сталий характер.

далі на пором. Запишемо цю умову у аналітичному вигляді:

$$t_{\text{накоп}} + t_{\text{ПВ}} + \frac{q_v}{l_{\text{кл}}} \cdot t_{\text{нак}} = \frac{q_v}{\sum_{i=1}^k \lambda_i} + t_{\text{ПВ}} + \frac{q_v}{l_{\text{кл}}} \cdot t_{\text{нак}} = \frac{q_v}{N_{\Pi}}$$

де $t_{\text{ПВ}}$ – час на переміщення плеті з ПП до ВП.

Виходячи з цієї умови кількість вагонів у всіх плітках дорівнює:

$$q_{\text{в}}^* = \frac{t_{\text{ПВ}}}{1 + \sum_{i=1}^k \lambda + \frac{t_{\text{нак}}}{l_{\text{кп}}} - \frac{1}{N_{\text{П}}}}$$

Час накопичення вагонів у ПП $t_{\text{накоп}}$ може зменшуватись за рахунок розширення кола пошуку вагонів на більшій кількості k станцій. В реальних умовах для безперебійного завантаження порому доцільно створити резерв вагонів. Величина такого резерву дорівнює:

$$q_{\text{резерв}} = \left(\frac{q_{\text{в}}}{\sum_{i=1}^k \lambda_i} + t_{\text{ПВ}} + \frac{q_{\text{в}}}{l_{\text{кп}}} \cdot t_{\text{нак}} - \frac{q_{\text{в}}}{N_{\text{П}}} \right) \frac{N_{\text{П}} \cdot Q_{\text{ваг}}}{q_{\text{в}}}$$

Враховуючи імовірнісну природу процесу формування резерву, час простою одного вагону $t_{\text{БР}}$ є випадковою величиною із щільністю розподілу $f(t_{\text{БР}})$. Тоді середній час простою дорівнює:

$$\bar{t}_{\text{БР}} = \int_{t_{\text{пер}}}^{t_{\text{прог}}} t_{\text{БР}} \cdot f(t_{\text{БР}}) dt_{\text{БР}},$$

де $t_{\text{прог}}$ – прогнозний час підходу суден;

$t_{\text{пер}}$ – середній час на переміщення вагонів.

Відповідно витрати на простій вагонів у резерві за весь час завантаження порому складуть:

$$C_6^i = C_{\text{в}} \cdot q_{\text{резерв}} \cdot \int_{t_{\text{пер}}}^{t_{\text{прог}}} t_{\text{БР}} \cdot f(t_{\text{БР}}) dt_{\text{БР}},$$

де $C_{\text{в}}$ – вартість вагону-годин простою з урахуванням переміщення.

Математична модель має наступний вигляд:

$$C(q_{\text{в}}) = \sum_{i=1}^6 C_j(q_{\text{в}}) \Rightarrow \min$$

Цільова функція виражає витрати, які припадають на одиницю вантажу на протязі всього логістичного ланцюга і систему обмежень, яка включає виконання технічних, технологічних, логістичних умов перевезень.

Модель процесу завантаження порому пропонується як основа для створення системи підтримки прийняття рішень (СППР) та автоматизованого робочого місця (АРМ) логіста на поромному комплексі. Формування СППР дозволить мінімізувати витрати при перевезеннях у залізнично-поромному сполученні

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Комплексные проблемы транспорта. [Текст] // Железнодорожный транспорт – 1988 – №1 – С.63-67;
2. Повышение качества и эффективности взаимодействия работы железнодорожного транспорта с другими видами транспорта [Текст] // Межвузовский сборник научных трудов. – 1983. – Вып. 631. – М.: МИИТ. 1983.
3. Смехов, А.А. Математические модели процессов грузовой работы [Текст] // А. А. Смехов. – М.: Транспорт, 1982.

Надійшла до редколегії 09.02.2011.

Прийнята до друку 17.02.2011.

Г. І. ПЕРЕСТА, Т. В. БОЛВАНОВСЬКА (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ВЕЛИЧИНУ ОБОРОТУ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА

В даній статті проаналізовано вплив складових елементів обороту вагона на його кінцеве значення. Визначені параметри законів їх розподілу та за результатами повного факторного експерименту отримано функцію відгуку.

В данной статье проанализировано влияние составляющих элементов оборота вагона на его конечную величину. Определены параметры законов их распределения и по результатам полного факторного эксперимента получена функция отклика.

In this article we have touched the problem of the influence of making elements of a revolution of the wagon on its final size. The parameters of the laws of their distribution are determined and by results of complete factor of experiment the function of the response is received.

Парк вантажних вагонів залізниці відноситься до основних засобів виробництва, на які приходяться значні капіталовкладення, а також витрати та ремонт. Ці витрати зменшуються при зменшенні проміжку часу між завантаженнями вагону, тобто зменшенні часу обороту вагонів [1].

Оборот вагонів загального парку є основним якісним показником діяльності залізниць, що потребує обов'язкового виконання. Такі показники як дільнична швидкість, вантажний та порожній рейс, середньодобовий пробіг вагону та ін. можуть бути використані для аналізу причин невиконання обороту вагона. В [2] запропоновано розкласти вираз для визначення обороту вагону в ряд Тейлора і за відомою зміною одного з показників розраховувати зміну величини обороту. Цей спосіб не є досконалим, оскільки похибка при визначенні складає до 25 %.

Оборот вагона прийнято визначати [1] за допомогою трьохчлена:

$$\theta = \frac{1}{24} \left(\frac{l}{V_{\text{дїл}}} + \frac{l}{L_{\text{тех}}} t_{\text{тех}} + K_{\text{м}} t_{\text{ван}} \right),$$

де $V_{\text{дїл}}$ – середня дільнична швидкість вагонів, км/год.;

l – повний рейс вагона, км;

$L_{\text{тех}}$ – вагонне плече, км;

$t_{\text{тех}}$ – середній простій вагона на одній технічній станції, год.;

$t_{\text{ван}}$ – середній простій вагона під вантажною операцією, год.;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт місцевої роботи.

За рекомендованою формулою зручно проаналізувати співвідношення між складовими елементами обороту вагону. Відповідно до оброблених статистичних даних найбільшу частину обороту складає простій вагона під однією вантажною операцією – близько 50 % та простій на технічній станції – близько 35 %. За весь час обороту вагон знаходиться в русі близько 12 %. Такий розподіл часу в тривалості обороту вантажних вагонів не змінюється протягом останніх років, див. рис. 1.

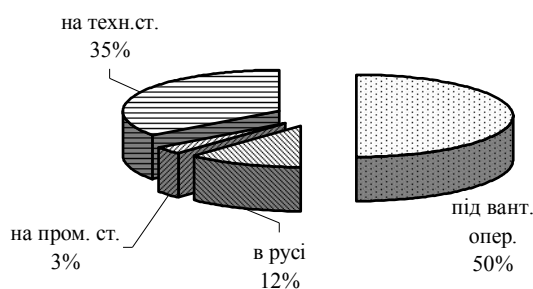


Рис.1. Розподіл факторів, що впливають на оборот вагона

Час знаходження вагону в русі дільницями залізниці в поїздах залежить від дальності рейсу вагону та дільничної швидкості. При відхиленні величини рейсу від норми необхідно визначити, за рахунок якої його частини – вантажної чи порожньої – відбулося відхилення та причини, що його спричинили. Збільшення вантажного рейсу може бути викликано збільшенням частки перевезень, що мають більшу

дальність, спрямуванням вагонів кружним шляхом та ін. Тривалість знаходження вагона на технічних станціях за час обороту залежить від кількості станцій, на яких з вагоном виконують технічні операції, і середнього простою. Зі збільшенням рейсу кількість таких станцій може збільшуватися, а відповідно, збільшується і загальна тривалість знаходження на них. Можливо, що економія вагоно-годин, яка досягнута за рахунок скорочення середнього простою, буде захоплена збільшенням кількості таких станцій, що збільшить загальну витрату вагоно-годин або, навпаки, другий елемент обороту вагону буде нижчий за норму, що може бути слідством не покращення роботи станції, а скороченням рейсу та кількості таких станцій.

Простої вагонів та технічних станцій викликані порушенням технології роботи, затримками в обробці, уповільненим розформуванням та формуванням поїздів та ін.

Величина середнього простою транзитних вагонів залежить не тільки від якості роботи станції, але і від частки вагонів, що переробляються, в загальній кількості. Зі збільшенням цієї частки середній простій збільшується, оскільки час простою вагону з переробкою значно більший за час простою вагону без переробки. Підвищене надходження вагонів в переробку інколи викликане порушенням плану формування поїздів.

На середній простій вагонів під однією вантажною операцією впливає збільшення кількості здвоєних операцій. Час простою вагону при здвоєних операціях зазвичай більше, ніж при одній, але середня витрата часу, що приходить на одну операцію менша. На цей показник впливають також порушення технологічного процесу станцій та під'їзних колій, зокрема, незабезпечення навантажувально-розвантажувальних робіт робочою силою та механізмами, наднормативне очікування вагонами подачі, прибирання, відправлення та ін. Тому слід перевірити роботу станції по елементах простою: від моменту прибуття до моменту подачі, від завершення вантажних операцій до відправлення та безпосередньо під вантажними операціями. Слід перевірити також роботу дирекцій зі збірними та вивізними поїздами. При цьому слід враховувати, що збільшене надходження вагонів на фронти (станції), які мають великий простій вагону, підвищує витрати вагоно-годин і, відповідно, збільшує час середнього простою.

Оборот вагона на одній залізниці відрізняється від обороту вагона на іншій залізниці та на мережі в цілому. На мережі у вагона є навантаження та розвантаження. Незначна частина вагонів після завантаження фактично здається в завантаженому стані на залізниці сусідніх іноземних держав і відповідно приймається залізницями України з цих залізниць в завантаженому стані. В межах однієї залізниці лише у частини вагонів є навантаження та розвантаження; у іншій частині вагонів є лише навантаження або лише вивантаження, при цьому зі значною частиною вагонів в межах однієї залізниці не виконують вантажні операції. Для розрахунку обороту вагонів умовно вважається, що кожний прийнятий з сусідньої залізниці завантажений вагон, було завантажено на даній залізниці.

Аналіз основних показників роботи залізниць України [3] показав, що у 2001 році простій вагонів під однією вантажною операцією скоротився на 6,75 год, простій на одній технічній станції зменшився на 2,15 год, дільнична швидкість зросла на 1,5 км/год. Усе це призвело до прискорення обороту вантажного вагона на 0,97 доби.

Значення якісних показників порівнюють з відповідними показниками 1992 року, що передувало утворенню Укрзалізниці. За останні роки намічена тенденція прискорення обороту вагона, але на мережі Укрзалізниці оборот складає 76,7 % до 1992 р. (4,85 діб в 1992 р. і 6,32 доби в 2006 р.). Негативно впливають на величину обороту додаткові простой рухомого складу на прикордонних пунктах та на пунктах митного контролю. Досягти рівня 1992 року та навіть покращити показники вдалося тільки Одеській залізниці – тривалість обороту вагону в 2006 р. становила 3,26 доби проти 4,03 доби в 1992 р.

Перш ніж намагатися скоротити тривалість обороту вантажних вагонів необхідно визначити ступінь впливу кожного фактору на остаточний результат.

Збільшення транзитності вагонопотоку в загальному прийманні вантажних вагонів знижує величину коефіцієнту місцевої роботи в порівнянні з розрахунковою. Це також знижує витрати вагоно-годин по даному елементу обороту. Можна зробити висновок, що на величину обороту найбільше впливає тривалість простою на технічних станціях. Зростання простою на одній технічній станції на 4 години підвищує тривалість обороту на 15,5 год., при тих самих умовах зростання простою під однією вантажною операцією на 4 години підвищує оборот

вагону тільки на 4 години. Це відбувається тому, що на даний момент коефіцієнт місцевої роботи майже на всіх залізницях дорівнює одиниці, а кількість технічних станцій на шляху прямування вагонопотоку перевищує 3 станції.

Збільшення вагонного плеча на 40 км скорочує оборот вагону на 7 годин, бо в наслідок збільшення вантажного плеча зменшується кількість технічних станцій, на яких переробляється вагонопотік.

Зростання дільничної швидкості на 8 км/год зменшує оборот всього на 2 години.

Для визначення законів розподілу випадкових величин, що входять в формулу обороту вагону оброблені статистичні дані, починаючи з 2004 року. Визначений коефіцієнт кореляції підтвердив наявність взаємозв'язку різної сили між величиною обороту та його складовими елементами. Для дільничної швидкості значення коефіцієнта кореляції не перевищило 0,5, для повного рейсу вагону – 0,53, для простою вагонів на технічних станціях коефіцієнт кореляції змінювався від 0,83 до 0,99, для простою вагонів під однією вантажною операцією – змінювався від 0,82 до 0,99. Наприклад, для Донецької залізниці величина коефіцієнта кореляції склала 0,09 для дільничної швидкості, 0,53 для повного рейсу вагону, 0,88 для простою вагонів на технічній станції, 0,97 для простою вагонів під вантажними операціями. Згідно зі шкалою Чеддока між величинами дільничної швидкості та повного рейсу зі значенням обороту вагону існує помітний зв'язок, між величинами простою на технічних станціях та під однією вантажною операцією з величиною обороту – дуже помітний зв'язок.

Всі випадкові величини, що входять до складу обороту вагону мають нормальний закон розподілу. Параметрами закону розподілу для Донецької залізниці наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Основні параметри закону розподілу випадкових величин

Випадкова величина	Параметри закону розподілу	
	М [х]	σ [х]
Дільнична швидкість	32,84	0,99
Повний рейс	264,6	5,87
Простій на одній технічній станції	7,69	0,86
Простій під однією вантажною операцією	28,0	5,09

На підставі визначених заколів розподілу та отриманих параметрів було проведено повний

факторний експеримент [4] та отримано функцію відгуку:

$$y = -0,38x_1 + 0,25x_2 + 4,16x_3 + 9,7x_4 - 0,01x_1x_2$$

В якості факторів обрано дільничну швидкість (x_1), повний рейс вагона (x_2), простій вагона на одній технічній станції (x_3), простій вагона під однією вантажною операцією (x_4). Аналіз коефіцієнтів моделі показує, що основний вплив на величину обороту вагону здійснюють два фактора: простій вагона на одній технічній станції та простій вагона під однією вантажною операцією. Наявність від'ємного коефіцієнту при (x_1) пояснюється зворотно пропорційною залежністю обороту вагону від величини дільничної швидкості (при збільшенні швидкості скорочується час знаходження вагонів в русі, прискорюється термін доставки). При збільшенні величини рейсу вагону (x_2) збільшується тривалість обороту через прямо пропорційну залежність між цими величинами. Взаємодія факторів x_1 та x_2 несуттєво впливає на функцію відгуку, тобто цим можна знехтувати при подальших дослідках.

Отримані залежності дозволяють оцінити ефективність покращення будь-якого показника з точки зору впливу на оборот вагону. Необхідно порівняти витрати, пов'язані з покращенням конкретного показника та отриманий ефект від скорочення обороту та робочого парку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кудрявцев, В. А. Управление движением на железнодорожном транспорте [Текст]: учеб. пособие для вузов / В. А. Кудрявцев. – М.: Маршрут, 2003 – 200 с.;
2. Ивницкий, В.А. Анализ оборота грузового вагона [Текст] / В.А. Ивницкий // Вестн. ВНИИ ж.-д. трансп. – 2002. – № 1. – С.35-39;
3. Кірта, Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему [Текст]: монографія / Г. М. Кірта. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. – 268 с.;
4. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский – М.: Наука, 1971 – 283 с.

Надійшла до редакції 08.02.2011.
Прийнята до друку 17.02.2011.

Г. И. ПЕРЕСТА, Ю. В. ЧИБИСОВ (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна)

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ

У статті наведено аналіз сучасного стану у сфері управління вагоно- і поїздопотоками, а також аналіз сучасних закордонних методів пропуску поїздопотоків по мережі залізниць та у залізничних вузлах.

В статье приведен анализ существующего состояния в сфере управления вагоно- и поездопотоками, а также анализ современных зарубежных методов пропуску поездопотоков по сети железных дорог и в железнодорожных узлах.

There has been given the analysis of the present state of the Ukrainian railways and contemporary situation in the sphere of the train running management. The analysis of the foreign methods of the running the train flow through the railway line has been researched as well.

Введение. На протяжении десятков лет недостаточная развитость инфраструктуры железнодорожного транспорта была причиной максимального использования ее пропускной способности.

Рыночная экономика существенно меняет требования к железнодорожному транспорту: возрастает роль экономических критериев и увеличивается динамика экономических связей. Чтобы соответствовать этой динамике, железнодорожный транспорт должен обеспечивать полноценное экономическое взаимодействие поставщиков и потребителей за счет управления грузопотоками [13] при рациональном использовании пропускных и перерабатывающих способностей инфраструктуры [3, 7, 14]. Таким образом, рыночная экономика требует смены технологии перевозок, что влечет за собой изменение основных функций управления перевозками и организационных форм управления [12, 15], корректировку направлений исследований и психологическую перестройку как транспортников-ученых, так и транспортников-производственников.

Современный этап реформирования железнодорожного транспорта проходит при глубоких изменениях, затронувших как саму железнодорожную отрасль, так и грузо-образующую среду. При этом существенным образом меняются требования к процессам информатизации и автоматизации. Оперативный анализ ситуации на большом полигоне при наличии огромных оперативных баз данных требует создания автоматизированных аналитических систем [1, 2]. В свою очередь, выбор оптимального дина-

мического процесса требует специальных динамических моделей организации перевозки.

Переход к новым методам организации перевозочного процесса невозможен без оценки международного опыта в этой сфере [5, 11], как стран ближнего зарубежья (Россия, страны Балтии), так и дальнего (Канада, США).

В работах зарубежных авторов [4, 6] большое внимание уделяется определению эффективности работы транспорта в условиях неравномерности производственных процессов и построению рациональной маршрутной сети. Для этого широко используются различные экономико-математические методы моделирования и, в частности, компьютерное моделирование. Профессор Высшей школы транспорта в Дрездене Г. Поттгофф еще в середине прошлого столетия опубликовал ряд интересных работ по теории транспортных потоков, предложил новые методы расчета пропускной способности железнодорожных станций и узлов с учетом неравномерных потоков.

Для количественной оценки неравномерности движения поездов во времени он предложил учитывать «der Spirzenfaktor» («пик-фактор») – коэффициент, рассчитываемый как отношение максимального потока к его среднему значению. Временные параметры Г. Поттгофф стремился увязать со стоимостными показателями маршрутных сетей. Исследуя эффективность различных видов транспорта, он предложил для измерения перевозочной работы показатель «транспортного действия», который одновременно учитывает массу, путь и скорость движения транспортных средств. Этот

показатель, по Поттгоффу, должен определяться как произведение тонно-километровой работы на скорость. При этом появлялась возможность через показатель «транспортное действие» учесть затраты по перевозке и таким образом более рационально подходить к выбору вариантов и режимов организации потоков в транспортных сетях. С аналогичными предложениями выступали и некоторые советские экономисты.

При расчете потенциальной пропускной способности транспортных сетей используется и методология Форда-Фалкерсона [6], основанная на решении задачи о максимальном потоке. На схеме сети (графе) заданы число участков, конечных станций, промежуточных узлов, а также пропускная способность каждого участка.

В поле расчета выводится матрица решений по определению загрузки каждого участка и сети в целом. Особенность данного метода состоит в том, что по каждому участку пути, включая железнодорожные станции, задаются ограничения пропускной способности. Определяется вариант распределения потоков по критерию максимум пропускной (провозной) способности сети. Однако при проектировании реальных транспортных систем, в которых выбор маршрутов осуществляется не случайным образом, а зависит от предпочтений конкретных участников процесса управления – поездных, маневровых и локомотивных диспетчеров и принимаемых ими решений, достижение максимального потока, рассчитанного методом Форда-Фалкерсона, практически невозможно. Более точные результаты могут быть получены методами имитационного моделирования с учетом ряда неуправляемых параметров и задания характеристик случайных процессов.

В своих исследованиях зарубежные ученые часто применяют теорию вероятностей, теорию графов и другие разделы прикладной математики. В ряде имитационных моделей учитывается фактор «ограниченной пропускной способности» (Capacity Restraint CR-function).

Зарубежные специалисты по имитационному моделированию учитывают в расчетах взаимосвязь технико-эксплуатационных и экономических показателей. Стоимость перевозки часто является определяющим фактором при выборе маршрута в сложных разветвленных транспортных сетях. Для этого применяется показатель «сопротивления (импеданса) маршрута». Сопротивление маршрута определяется суммой сопротивлений конечных и проме-

жуточных пунктов, участков пути, а также сопротивлений, вызываемых взаимодействием элементов маршрута.

Для выбора оптимального распределения поездопотоков на разветвленных полигонах разработана методика, базирующаяся на теории графов и потоков в сетях. Суть ее состоит в том, что схема путевого развития диспетчерского круга дорожного диспетчера или полигона дороги представляется в виде графа, на котором каждому участку приведена в соответствие его пропускная способность.

Для регулирования насыщения участков поездами вводится понятие пропускной способности разветвленного полигона. Для этого используем термин теории сетей – разрез. Разрез определяется как множество участков, исключение которых из сети изолирует источник (станцию 1) от стока (станцию 15). Он проходит по участкам с максимальным использованием пропускной способности (штрихпунктирная линия на рис. 1). Сумма наличной пропускной способности участков, входящих в разрез, составляет пропускную способность разветвленного полигона сети железных дорог, которая в данном случае равна $30 + 35 + 60 = 125$ поездов в сутки.

При поступлении по стыковой станции от одного до 60 поездов в сутки они пропускаются по кратчайшему маршруту следования 1–4–8–11–13–15, а более 60 поездов – распределяются по сети, совершая вынужденный дополнительный пробег. Например, при потоке от 61 до 90 поездов в сутки, т.е. от одного до 30 поездов в сутки сверх пропускной способности кратчайшего пути следования, они направляются кружностью по маршруту 1–2–5–9–11–13–15 с дополнительным пробегом и т.д. Если пропускная способность остается неизменной, нет необходимости каждый раз проводить расчеты.

Для каждого круга дорожного диспетчера целесообразно разработать таблицу с очередностью распределения поездопотоков при превышении пропускной способности кратчайшего пути следования. При разработке таких таблиц необходимо технико-экономически обосновывать эффективность использования обходных путей следования.

Для реализации рассмотренных возможностей регулирования насыщения участков необходимо, чтобы число поступающих поездов не превышало пропускной способности разветвленного полигона железной дороги круга дорожного диспетчера.

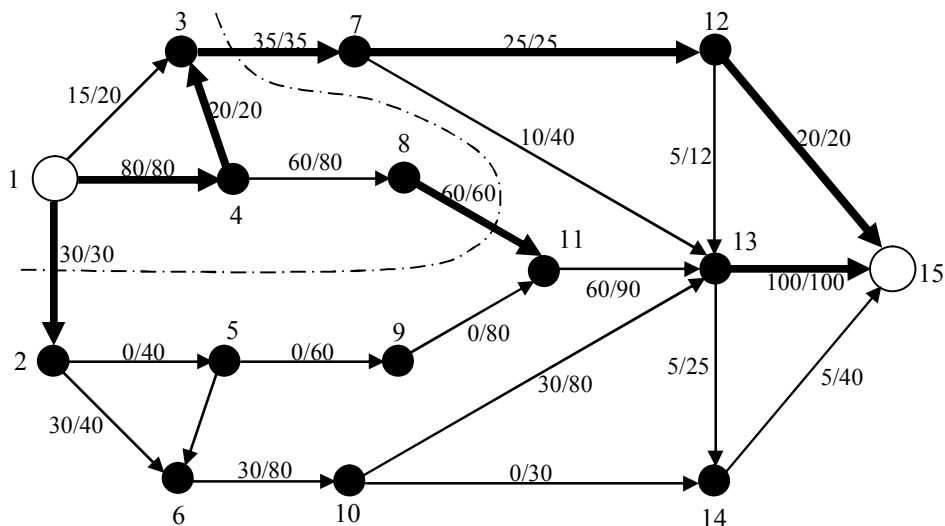


Рис. 1 – Граф разветвленного перегона

Организация местной работы и оперативное планирование выгрузки должны быть подчинены своевременному поступлению вагонов на станции назначения и наиболее полному обеспечению ниток подач на грузовой фронт вагонами, чтобы размер выгрузки был максимальный.

Математическую постановку такой задачи можно сформулировать в терминах распределения потоков на графах [5, 7, 9]. Математической моделью организации работы с местными вагонами служит взвешенный граф, «весом» вершин первой доли которого является прогнозное время прибытия вагонов на станцию. При этом нумерация вершин возрастает в течение планируемого периода (например, смены, суток). «Весом» вершин третьей доли графа является время подачи вагонов на грузовой фронт, которое определяется делением продолжительности планируемого периода на время выполнения грузовых операций.

Для своевременного обеспечения графика подач вагонов на грузовой фронт строится искомая вторая доля графа, «веса» вершин которой характеризуют необходимые моменты времени поступления вагонов на станцию. Они могут совпадать с прогнозным временем при своевременном прибытии или же потребуются обеспечить более раннее прибытие вагонов на станцию. В этом случае «вес» вершин (время прибытия) определяется разностью времени подачи вагонов на грузовой фронт по графику и необходимого на выполнение технологических и маневровых операций.

Таким образом, задача отыскания «весов» вершин второй доли графа сводится к синтезированию дуг, соединяющих вершины различных долей графа, и вычислению потоков на них

для реализации решения между истоками (прогнозное прибытие вагонов на станцию) и стоками графа (заявки на подачу вагонов под выгрузку в планируемый период) при достижении на множестве дуг этого графа экстремума функционала. При этом необходимо упорядочить поток прибытия вагонов на станцию, с тем чтобы обеспечить максимально возможный размер выгрузки и определить требуемый для этого график их поступления. Оптимальному графику поступления вагонов на станцию соответствует нахождение «весов» вершин второй доли графа.

В деятельности диспетчеров значительную часть времени занимает фиксация прошедших или происходящих событий, которыми уже невозможно управлять. Часто планируемые поездопотоки превышают пропускную способность участков, а поступающие вагонопотоки – перерабатывающие способности сортировочных станций; количество формируемых больше, чем можно своевременно обеспечить локомотивами и локомотивными бригадами; местные вагоны поступают на станции выгрузки несвоевременно, из-за чего грузовые фронты простаивают в ожидании вагонов или вагоны – в ожидании подачи и т.д.

Заблаговременное сопоставление потребностей и возможностей пропуска поездов и переработки вагонов их в соответствие друг другу – главная и общая задача диспетчерского руководства на разных уровнях управления. Для заблаговременного ее решения необходим прогноз предстоящих событий, развития эксплуатационной работы.

Для того чтобы не допускать перенасыщения участков поездами, одних усилий поездного диспетчера недостаточно, так же как и для

обеспечения равномерного прибытия и своевременного отправления поездов с сортировочной станции – возможностей маневрового диспетчера. Решать эти задачи должен диспетчерский аппарат всех уровней управления. Для этого необходима единая сквозная технология управления перевозочным процессом [10, 16, 17, 18], исключающая дублирование функций за счет дифференциации информационного обеспечения на разных уровнях управления. Например, поездной диспетчер должен руководить движением поездов на участке и для этого вести пониточный график исполненного движения поездов, дорожный диспетчер – распределять поездопотоки и вести график по часовым периодам, региональный диспетчер – управлять размещением вагонных парков и вести поездное положение на более продолжительные периоды.

Выводы. Единой сквозной технологией перевозочного процесса должны регламентироваться поездная, сортировочная, местная и грузовая работа сети, направлений, участков и станций. Современные технологические процессы, выполняемые соответственно на участках, станциях, грузовых фронтах, содержат две составляющие: последовательность операций и нормы времени. Для того чтобы в оперативной работе добиваться реализации требуемых количественных и качественных показателей, часто этих двух составляющих оказывается недостаточно. Для выполнения показателей сменно-суточного плана и нормативов технологических документов еще дополнительно необходимо создание оптимальных условий эксплуатационной работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобровский, В. И. Информационные технологии в проектировании железнодорожных станций и узлов [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко // *Залізн. трансп. України*. – 1999 – №6 (15) – С.6–10.
2. Бочаров, А. П. Создание автоматизированных центров управления перевозками [Текст] / А. П. Бочаров // *Залізн. трансп. України*. – 2001. – №4 – С.17–19
3. Ададулов, С. Е. Перевозочный процесс: направления инновационного развития [Текст] / С. Е. Ададулов // *Железнодорожный транспорт* – 2007. – №10 – С.18–19
4. Поттгофф, Г. Теория транспортных потоков. [Текст] / Г. Поттгофф. – Берлин. – 1968. – 618 с.

5. Юнушкин, А. А. Распределение потоков в транспортных сетях (зарубежный опыт) [Текст] / А. А. Юнушкин // *Вестник транспорта*. – 2007. – №12. – С. 31–34
6. Форд, Л. Р. Потоки в сетях [Текст]: [пер. с англ.] / Л. Р. Форд, Д. Р. Фалкерсон. – М.: Мир, 1966. – 372 с.
7. Ковалев, В. И. Совершенствовать организацию и управление вагонопотоками [Текст] / В. И. Ковалев, А. Т. Осьминин // *Железнодорожный транспорт*. – 2005. – № 10 – С. 29–33.
8. Авеkitян, М. А. Совершенствовать систему показателей эксплуатационной работы [Текст] / М. А. Авеkitян // *Железнодорожный транспорт*. – 2005. – № 10 – С. 10–18.
9. Липовец, Н. В. Удосконалення організації пропускання вагонопотоків [Текст] / Н. В. Липовец // *Залізн. тран. України*. – 2001. – № 4. – С. 15–16.
10. Тулулов, Л. П. Оптимизация управления перевозками на линейном уровне [Текст] / Л. П. Тулулов // *Железнодорожный транспорт* – 2003. – № 8. – С. 34–37.
11. Миронов, А. Ю. Перевозочному процессу – инновационные технологии [Текст] / А. Ю. Миронов // *Железнодорожный транспорт*. – 2004. – № 8. – С. 26–31.
12. Лемешко, В. Г. Повышать эффективность использования подвижного состава [Текст] / В. Г. Лемешко // *Железнодорожный транспорт*. – 2003. – № 8 – С. 21–25.
13. Левин, Д. Ю. Оптимизация потоков поездов / [Текст] / Д. Ю. Левин. – М.: Транспорт, 1988. – 175 с.
14. Макарошкин, А. М. Использование и развитие пропускной способности железных дорог / [Текст] / А. М. Макарошкин, Ю. В. Дьяков – М.: Транспорт, 1981. – 287 с.
15. Бородин, А. Ф. Новые инструктивные указания по организации вагонопотоков [Текст] / А. Ф. Бородин // *Железнодорожный транспорт* – 2007. – № 10. – С. 24–28.
16. Елисеев, С. Ю. Концепция управления грузовыми перевозками в транспортных узлах с применением логистических центров [Текст] / С. Ю. Елисеев // *Вестник транспорта*. – 2006. – № 2 – С. 12–14.
17. Елисеев, С. Ю. Концепция управления грузовыми перевозками в транспортных узлах с применением логистических центров / [Текст] / С. Ю. Елисеев // *Вестник транспорта*. – 2006. – № 3. – С. 26–29.
18. Елисеев, С. Ю. Концепция управления грузовыми перевозками в транспортных узлах с применением логистических центров [Текст] / С. Ю. Елисеев // *Вестник транспорта*. – 2006. – № 4. – С. 32–34.

Поступила в редколлегию 10.02.2011.

Принята к печати 17.02.2011.

І. Я. ПЕРЕСТА, Л. О. ЯРИШКІНА, С. І. МУЗИКІНА, Ю. В. ЗЕЛЕНЬКО, І. Л. ЖУРАВЕЛЬ
(Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна)

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОФІЛАКТИЧНИХ ЗАХОДІВ ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

В статті обговорено шляхи вдосконалення профілактичних заходів під час перевезень небезпечних вантажів, зокрема технології ліквідації наслідків витоків нафтопродуктів при транспортуванні.

В статье обусловлены пути усовершенствования профилактических мероприятий во время перевозки опасных грузов, в т. ч. технологии ликвидации последствий утечек нефтепродуктов при транспортировке.

In article paths are conditioned of improvement of prophylactic measures during transportation of dangerous loads, including technologies of liquidation of consequences of losses of products of petroleum at transporting.

Транспортною системою України забезпечується перевезення більшості хімічних, біологічних, радіоактивних та інших вантажів, які є необхідними для нормального функціонування галузей господарства країни. Основна частина цих вантажів віднесена до небезпечних, що викликає необхідність дотримання відповідних заходів безпеки.

Згідно з [1] до небезпечних вантажів (НВ) віднесено речовини, матеріали, вироби, відходи виробничої та іншої діяльності, які внаслідок притаманних їм властивостей за наявності певних факторів можуть під час перевезення спричинити вибух, пожежу, пошкодження технічних засобів, пристроїв, споруд та інших об'єктів, заподіяти матеріальні збитки і шкоду довкіллю, а також призвести до загибелі, травмування, отруєння людей, тварин і які за міжнародними договорами, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України, чи за результатами випробувань в установленому порядку залежно від ступеня їх впливу на довкілля чи людину віднесено до одного з класів небезпеки.

Шляхи транспортування небезпечних вантажів, місця їх навантаження, вивантаження переробки та зберігання практично завжди прив'язані до населених пунктів, промислових і економічних центрів України, знаходяться в безпосередній близькості від стратегічно значущих об'єктів і все це на фоні стійкої тенденції до розширення міжнародних зв'язків країни в сфері розвитку транспортних коридорів, розробки нових небезпечних речовин і нових транспортних засобів для їх перевезення.

Під час перевезень небезпечних вантажів на всіх рівнях з метою зниження ризиків техногенних катастроф періодично проводяться до-

слідження з метою вдосконалення умов цих перевезень.

Важливу роль в попередженні виникнення аварійних ситуацій під час перевезення НВ відіграють профілактичні заходи [2, 3]. Виконання попереджувальних профілактичних заходів під час організації перевезень НВ, в тому числі і залізничним транспортом, вимагається від усіх суб'єктів перевізного процесу. Саме це може забезпечити збереження здоров'я персоналу та населення, виключити негативний вплив на навколишнє середовище, попередити виникнення аварійної ситуації.

Наливні вантажі в загальній структурі перевезень займають до 10 %. До наливних вантажів відносяться:

- нафта та нафтопродукти;
- продукти хімічної промисловості (кислоти, луги, барвники, скраплені гази тощо);
- продукти харчової промисловості (олія, спирти, жири, патока, саломас тощо).

Основну масу наливних вантажів (близько 90 %) складають нафта та нафтопродукти. Нафтопродукти (НП), обсяги перевезень яких зростають, поділяються на:

- світлі (бензин, гас, лігроїн, легкі сорти моторного палива, газовий конденсат);
- темні (сира нафта, мазут, важкі сорти палива, оливи та мастила);
- нафтобітуми (залишки перегонки нафти).

Основними властивостями, які визначають умови перевезень і зберігання нафтопродуктів, є їх легка займистість, підвищена в'язкість і застигання при мінусових температурах, висока здатність до випаровування, корозійний вплив на метал, шкідливий вплив на організм людини.

Переважає кількість видів нафтопродуктів віднесено до небезпечних вантажів, що вимагає

дотримання під час їх перевезень певних вимог [1], в т. ч. і з питань безпеки організації перевезень та охорони праці при їх виконанні.

Незважаючи на достатньо високий рівень контролю за станом перевезень небезпечних вантажів на залізницях України, періодично виникають аварійні ситуації різних ступенів складності. За статистичними даними, транспортні аварії, що супроводжуються значними розливами нафтопродуктів, зустрічаються достатньо часто та являють собою серйозну загрозу для навколишнього середовища [4, 5]. З цієї причини оцінка впливу таких аварій на навколишнє середовище та розробка рекомендацій щодо усунення їх наслідків є одним з пріоритетних напрямів транспортної екології [6] і забезпечення екологічної безпеки регіонів.

Питанню зниження загрози виникнення аварійної ситуації з НВ, які перевозяться територією України наливом, відводиться важлива роль. Штрафи за екологічні збитки є достатньо високими (іноді досягають сотень тисяч доларів США). Крім цього, присутні значні витрати на проведення відбудовних робіт щодо вивезення та очищення забрудненого ґрунту. Наприклад, у разі сходу однієї цистерни з мазутом забруднюється повітря, поверхневі водойми та ґрунт на площі до 6...10 тис. м² і в глибину до 0,1...0,3 м. Об'єм забрудненого ґрунту складає 1...3 тис. м³ або 2...6 тис. тонн. А якщо аварія сталася поблизу водного об'єкту, то з врахуванням штрафу за екологічну шкоду, сума витрат може досягти близько 1 млн. доларів США.

Загальні вимоги до засобів і процесів технології ліквідації екологічних наслідків аварійних ситуацій зводяться до наступного:

- кваліфікована підготовка спеціалістів з ліквідації аварійних ситуацій з небезпечними вантажами;
- використання для ліквідації аварії, в першу чергу, нетоксичних реагентів;
- повне виключення ручної праці в технологічних процесах подавання реагентів;
- використання пересувного обладнання, що призначене для доведення реагентів до необхідного за технологією стану;
- 1,5...2,0-кратний запас реагентів для виїзду на аварію порівняно з прогнозом в залежності від ситуації;
- забезпечення жорсткого контролю екологічного стану місцевості після ліквідації аварії.

Аналіз даних щодо величин емісій речовин, які забруднюють навколишнє середовище вна-

слідок транспортних аварій, та ймовірності їх розповсюдження в навколишньому середовищі наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Відносні частки емісій найбільш важливих груп токсикантів під час залізничних аварій

Склад вантажу	Кількість аварій	Масштаби аварій, т	Сумарна емісія, т	Частка емісії, %	Ймовірність розповсюдження в навколишньому середовищі		
					атмосфера	вода	ґрунт
Важкі НП	32	4...1000	4200	40	н	с	н
Азотомісткі сполуки	10	10...750	1300	10	в	в	в
Легкі НП і сира нафта	29	9...250	3000	23	в	с	с
Кислоти та луги	9	0,5...140	560	4,3	н	в	с
Сірка	6	30...660	900	7	в*	с	н

Примітка: позначення ступеню ймовірності розповсюдження типів вантажів в навколишньому середовищі: н – низька, с – середня, в – висока, * – під час загоряння.

Як бачимо, найбільша кількість аварій, а також максимальна емісія токсикантів спостерігається внаслідок аварійних розливів нафти та нафтопродуктів. За оцінками експертів з різних країн загальна кількість нафти та нафтопродуктів, які потрапляють до рік і океану, складає мільйони тонн. Приблизно така ж кількість втрачається під час аварій (і не тільки при транспортуванні).

Нафта та нафтопродукти є найпоширенішими забруднювачами навколишнього середовища, вплив яких пов'язаний, в першу чергу, з токсичністю вуглеводнів і домішок, як у рідкому, так і в пароподібному стані. Додатково, токсичність притаманна і деяким продуктам згоряння нафтових палив. До екологічних аспектів варто віднести й пожежну небезпеку, що виникає в процесі транспортування та застосування нафтопродуктів.

Під час дії нафтопродуктів на ґрунти відбуваються істотні порушення ґрунтових біоценозів, загибель мікроорганізмів, блокування вод-

но-сольових обмінів з корінням рослин і тому подібне. Процес проникнення рідких вуглеводнів в ґрунт, їх переміщення по вертикалі та в плані, так само як і процеси, які проходять з ними під час міграції, є достатньо складними та все ще недостатньо вивченими.

Крім того, під час витоків нафтопродуктів відбувається втрата потенційних енергоносіїв, тому розробка сучасних методів ліквідації аварій з нафтопродуктами, складовими яких є процеси утилізації та використання відновлених нафтопродуктів є питанням актуальним і важливим для України.

Ті методи ліквідації екологічних наслідків аварій з нафтопродуктами, які використовуються на теперішній час, є не зовсім досконалими та технічно складними; вони практично не призводять до мінімізації впливу аварій на довкілля та вимагають великих затрат коштів і людино-годин на їх виконання. Актуальним є питання впровадження технології, яка дозволить зменшити час ліквідації наслідків аварій, використовувати дешеві та доступні сорбенти, зменшити екологічні наслідки таких аварій, а також збитки залізниць.

Для попередження забруднення навколишнього середовища та для безпеки людини встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин. Леткі фракції нафтопродуктів, що містяться в атмосфері, небезпечні, насамперед, як проміжні продукти процесів утворення окислювачів. Забруднення, потрапляючи до атмосфери, проходять ряд хімічних перетворень, що призводить до утворення продуктів, які викликають фотохімічний смог.

Нафтопродукти, які потрапляють до води, утворюють спочатку шар на поверхні, при цьому леткі вуглеводні починають випаровуватися. У водний розчин переходять жирні, карбонові та нафтові кислоти, а також феноли та крезолі.

Через декілька діб після надходження в результаті хімічного та біохімічного розкладання, утворюються інші розчинні сполуки – окиснені вуглеводні, токсичність яких є значно вищою. Донні відкладення поглинають частину нафтопродуктів, що потрапили до води, причому найбільшу поглинаючу спроможність мають глинисті мули.

Потрапляння нафтопродуктів до водного середовища супроводжується утворенням дуже тонких (товщиною від мікронів до часток мікронів) плівок, які тривалий час тримаються на поверхні води, негативно впливаючи на кисневий режим водойми.

Нормування безпечного вмісту нафтопродуктів в ґрунтах в різних країнах виконується з урахуванням регіонального характеру забруднення і фізико-географічних умов, які сприяють процесам самоочищення об'єктів природного середовища чи ускладнюють їх протікання.

У районах аварійного витоку нафтопродуктів у результаті акумуляції токсичних речовин спостерігається геохімічна перебудова ґрунтів, що призводить до загибелі тварин, рослинного покриву, гнобленню мікробіоценозів. Тривалість відновлення земель після забруднення нафтопродуктами без проведення рекультиваційних робіт становить більше 15 років при слабкому забрудненні та більше 25 років – при сильному.

Нафтопродукти з щільністю меншою за 1 г/см^3 (нафта, дизпаливо та ін.), потрапляючи на поверхню землі чи в поглиблення, під дією сил гравітації мігрують крізь ненасичену ґрунтову зону завдяки дії фізико-хімічних процесів.

У ненасиченій зоні утворюється трифазна система «вода – нафтопродукт – повітря», де вода та нафтопродукт утримуються за рахунок капілярно-плівкових сил, залежних від дисперсності та вологості ґрунту. При значному надходженні нафтопродукти з часом досягають водоносного горизонту або ґрунтових вод, формуючи лінзу. Центральну частину складає насичене ядро лінзи з мобільними нафтопродуктами, які під дією гідравлічного градієнта пересуваються та потрапляють до свердловини.

Над ядром під дією натягнення межі розділу «повітря – нафтопродукти» формується ненасичена капілярна облямівка (леткі нафтопродукти), а під ядром під дією натягнення межі розділу «нафтопродукт-вода» – насичена капілярна зона. Над лінзою після гравітаційного стікання, залишається плівково-краплинна зона.

Під лінзою, при зменшенні її потужності унаслідок розтікання або підвищення рівня ґрунтових вод утворюється зона затисненого нафтопродукту у воді. У водоносному горизонті лінзу оточують розчинені нафтопродукти. Визначення розташування та об'єму нафтопродукту в кожній з виділених зон необхідне, оскільки поведінка та умови вилучення нафтопродукту в кожній з них різні.

У плівково-краплинній зоні нафтопродукти утримуються ґрунтом і можуть мігрувати лише у водорозчинному або емульгованому стані (окремі краплі нафтопродукту вимиваються за відповідної швидкості інфільтраційної води). Мобільні нафтопродукти в насиченій зоні розподіляються поверхнею водоносного горизонту

та виходять до навколишніх колодязів, водозабірних установок. Проникаючи до товщі ґрунтів, вони рухаються вниз під дією сили тяжіння. На шляху фільтрації їх рух протидіють: випаровування – перехід до газоподібної фази, що починає рух вгору у просторі пор і порожнин, зрештою, досягаючи поверхні та забруднюючи атмосферу; дифузія в пористому середовищі (а пізніше – в підземних водах), що формує одну із зон (ореолів) забруднення. Нафтопродукти, які випаровуються, досягаючи земної поверхні, переносяться повітряними потоками на значні відстані. На поверхні ґрунтового потоку рідкі вуглеводні, які з водою змішуються незначно, скупчуються у вигляді тіл, які дуже грубо можна порівняти з краплями жиру на поверхні води. При цьому в зв'язаних ґрунтах (супісках, суглинках, глинах) тільки невелика частина об'єму пор заповнюється власне рідкими нафтопродуктами. Самі ж частки ґрунту обволікаються плівкою води, пов'язаної міжмолекулярними силами тяжіння, утворюючи скупчення. Але, мігруючи з потоком підземних вод, такі скупчення здатні забруднювати вельми великі території. Швидкість переміщення фронту забруднення може коливатися від декількох метрів до декількох сотень метрів на рік.

Таким чином, ситуації, що виникають при великих витоках нафтопродуктів в зонах транспортних аварій, характеризуються значними концентраціями нафтопродуктів, за яких відбуваються, як правило, істотні, практично незворотні порушення ґрунтових біоценозів. В цих умовах відновлення життєдіяльності ґрунтів знаходиться на межі неможливого, що додатково висуває проблему ліквідації екологічних наслідків транспортних аварій до розряду гостро актуальних.

Вивчення проникаючої спроможності в зв'язаних ґрунтах на зразках з порушеною структурою здійснено ГНДЛ «Охорона навколишнього середовища на залізничному транспорті» нашого університету.

Домінуючими чинниками, які впливають на швидкість проникнення (міграцію) нафтопродуктів крізь ґрунти у разі їх масштабних витоків є тип, вологість і ступінь ущільнення ґрунту, фізико-хімічні властивості нафтопродукту та температура процесу. В реальній практиці можливі різні варіанти поєднання цих чинників. Крім того, на різній глибині окремі чинники можуть виявитися непостійними, що вимагає визначення впливу чинників з метою встановлення закономірностей поведінки системи «ґрунт – нафтопродукт».

Графік залежності швидкості проникнення V_s дизельного палива від температури крізь різні ґрунти за постійної вологості (7,5 %) та максимальному ущільненні наведено на рис. 1.

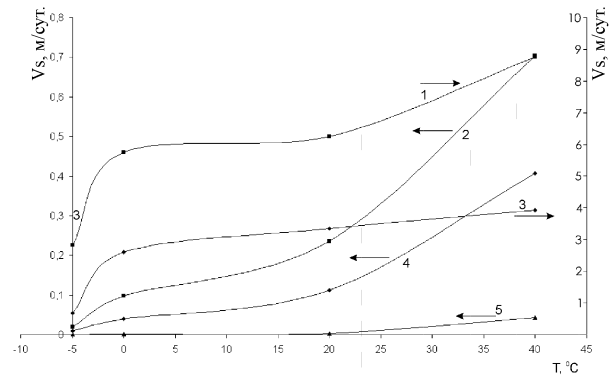


Рис. 1. Залежність швидкості проникнення V_s дизпалива від температури крізь різні ґрунти при постійній вологості (7,5 %) та максимальному ущільненні:

1 – ракушняк; 2 – супісок; 3 – пісок; 4 – льосоподібний суглинок; 5 – червоно-бурий суглинок

В області низьких температур за рахунок змерзання часток ґрунту, швидкість проникнення помітно падає. За температури більшої від 0 °C спостерігається систематичне збільшення швидкості міграції із зростанням температури, обумовлене, найімовірніше, зниженням в'язкості нафтопродуктів. Особливо істотний вплив цього чинника для ґрунтів, які характеризуються малими розмірами часток.

Графік залежності швидкості проникнення V_s важких нафтопродуктів від вологості ґрунту WL наведено на рис. 2.

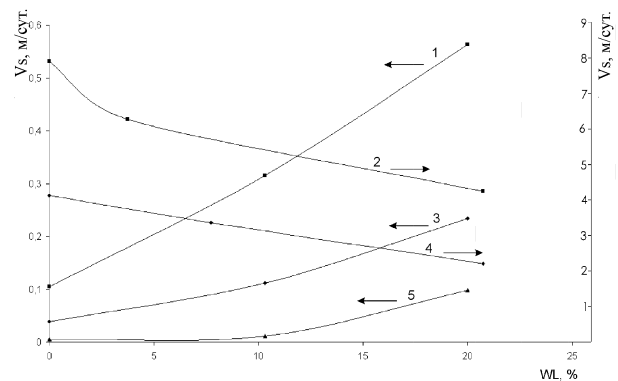


Рис. 2. Залежність швидкості проникнення дизельного палива від вологості ґрунту при температурі 20 °C:

1 – супісок; 2 – ракушняк;
3 – льосоподібний суглинок;
4 – пісок; 5 – червоно-бурий суглинок

Цікаво, що вплив вологості ґрунту є протилежним для тонко- та грубодисперсних ґрунтів. Можливо, це пов'язано з більшою гідрофільністю тонкодисперсних ґрунтів і розподілом більшої частини води в капілярах часток ґрунту.

На практиці перевезень дизпалива наземним (як залізничним, так і автомобільним) транспортом зустрічаються випадки аварій і витоків вантажу на ґрунти різного ступеню ущільнення. Аналіз впливу ступеню ущільнення ґрунту різної природи на кінетику міграції нафтопродуктів довів, що цей чинник має певний вплив. Наприклад, швидкість цього процесу для суглинків знижується в 3 – 4 рази, для супіску – в 2 рази, а для піску – всього на 35 – 30 %.

Цікавим є той факт, що, незважаючи на високу кінематичну в'язкість дизельного палива ($5,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ за температури 20°C), окремі види ґрунтів можуть пропускати цей нафтопродукт на значні глибини, якщо не вжити своєчасних заходів щодо ліквідації наслідків аварій. Хоча в Україні потужність піщаних пластів є переважно невеликою та на певних глибинах нафтопродукти зустрічають підвищений опір проходженню в ґрунтах іншої природи, але проникаюча спроможність дизпалива є досить значною та являє собою суттєву небезпеку для навколишнього середовища. Нафтопродукти вступають у взаємодію з компонентами ґрунтового поглинаючого комплексу, внаслідок чого відбувається порушення рівноваги геохімічних процесів з одночасною фітотоксичною дією на рослинність. Дизельне паливо на тривалий період зменшує вільний простір пор ґрунту, різко знижуючи його вологоємність і водопроникність. Проте основним негативним чинником дії нафтопродуктів на ґрунт є, ймовірно, гідрофобізація ґрунтових колоїдів, що приводить до їх незворотної коагуляції. Ґрунт втрачає здатність до забезпечення коріння рослин водою, мінералами та органічними компонентами та, зрештою, до відтворення біомаси. Тобто, основну небезпеку нафтопродукти становлять для верхнього шару ґрунту і рослинності, а також для поверхневих водоймищ.

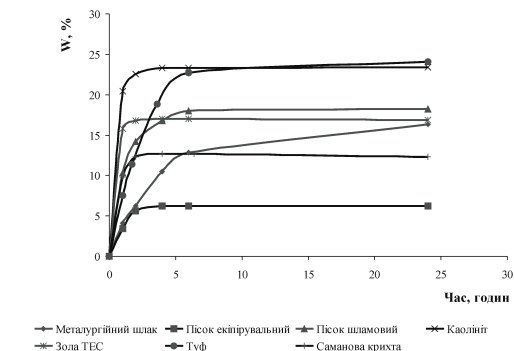
Перспективною є технологія ліквідації витоків нафтопродуктів під час перевезень, яка включає в себе наступні етапи:

- 1 етап – локалізація місць розливу шляхом обвалування;
- 2 етап – відкачування рідкої фази НП до спеціальних ємкостей безпосередньо від місця розливу за допомогою забірника з фільтруючою насадкою та насосів по трубах з гнучкими вставками. Після відстоювання та фільтрації їх можна використати для теплоенергетичних цілей, в дорожньому будівництві тощо;
- 3 етап – засипання місць розливу із залишками НП поглиначами чи сорбентами;

- 4 етап – збір поглиначів, зрізання ґрунту на визначену товщину та вивезення разом із залишками сорбенту для утилізації;
- 5 етап – зрізання ґрунту, який забруднений нафтопродуктами;
- 6 етап – відправка на утилізацію відходів поглинання нафтопродуктів.

Спектр сорбентів і капілярних поглиначів, які використовуються на 3 етапі, може бути достатньо широким. Орієнтація в виборі поглиначів повинна бути направленою на місцеві, дешеві та легкодоступні матеріали природного походження чи на ті, що є відходами виробництва. Наприклад, в регіонах з розвинутою чорною металургією та виробництвом будівельних матеріалів рекомендується використання відвальних шлаків і відходів пінобетону, а там, де широко є представленою теплоенергетика – зола ТЕС або котельних і т. д. Можливим також є використання в якості поглиначів піску, тирси, стружка, основною характеристикою яких є їх поглинаюча спроможність, що залежить від багатьох чинників: як від властивостей самих взаємодіючих компонентів, так і від зовнішніх умов, що склалися під час протікання процесу. Кінетика процесів поглинання дизпалива різними матеріалами наведена на рис. 3 (а, б).

а)



б)

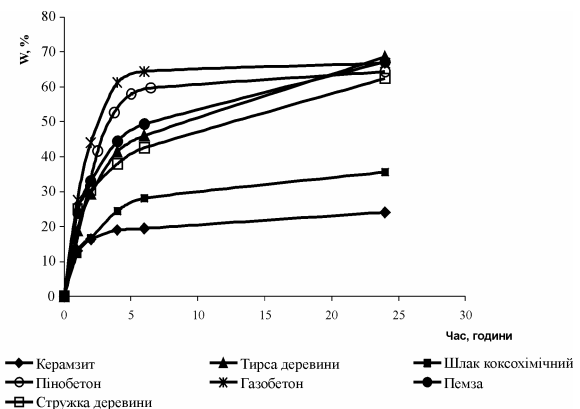


Рис. 3 (а, б). Кінетика процесів поглинання дизельного палива різними матеріалами

Насичення більшості сорбентів дизпаливом практично завершується за 5...7 годин. Найбільш важливими є чинники, які впливають на кінетику та рівновагу процесу: природа сорбенту, його гранулометричний склад і вологість, тип нафтопродукту та температура системи.

Дані щодо впливу розміру фракцій різних поглиначів на поглинаючу спроможність для дизпалива за природної вологості та кімнатній температурі наведено в табл. 2. Загальна тенденція зниження W при збільшенні розміру частинок є природним наслідком зниження поверхні контакту матеріалу з нафтопродуктом.

Таблиця 2

Вплив розмірів частинок на поглинаючу спроможність (W) матеріалів по відношенню до дизельного палива

Найменування сорбенту	Поглинаюча спроможність матеріалів, %				
	Розміри часток фракції, мм				
	0,25 ...0,5	0,5 ...2	2...5	5...7	7... 10
Металургійний шлак	20,9	20,4	8,3	2,96	2,4
Коксохімічний шлак	24,2	23,8	7,7	4,85	3,26
Пісок екіпірувальний	16,1	5,9	0,85	-	-
Пісок шламовий	13,2	3,4	0,2	-	-
Тирса деревини	76,2	74,8	-	-	-
Керамзит	-	-	-	31,8	30,6
Стружка деревини	-	-	-	63,5	60,3
Саманова крихта	-	-	17,34	13,51	8,48

Дані щодо величини поглинаючої спроможності для дизпалива у разі використання різних типів поглиначів наведено в табл. 3. Вплив температури на поглинаючу спроможність зразків по відношенню до дизпалива без розділення на фракції за постійної (природної) вологості наведено на рис. 4 і 5.

Склад і характеристики відходів виробництва, які рекомендовані для використання у якості поглиначів, є досить різними та залежать від багатьох чинників. Зважаючи на це, найбільш раціональне кількісне співвідношення масових частин розлитого НП і матеріалу, що вживається як сорбент, в умовах природної вологості та за температури 20 °C наведено в табл. 4.

Таблиця 3

Вплив типу нафтопродукту на поглинаючу спроможність різних матеріалів

№ з/п	Найменування сорбенту	Величина поглинаючої спроможності W , %
1	Шлак коксохімічний	22,7 ± 1,4
2	Шлак металургійний	31,0 ± 2,2
3	Пісок шламовий	16,5 ± 1,2
4	Пісок екіпірувальний	16,2 ± 1,1
5	Каолініт	5,3 ± 0,7
6	Газобетон	23,6 ± 1,3
7	Пінобетон	63,1 ± 2,5
8	Пемза	65,2 ± 4,2
9	Керамзит	18,2 ± 0,9
10	Зола теплоелектростанцій	17,0 ± 0,9
11	Стружка деревини	58,4 ± 2,0
12	Тирса деревини	69,6 ± 3,2
13	Саманова крихта	13,2 ± 1,0

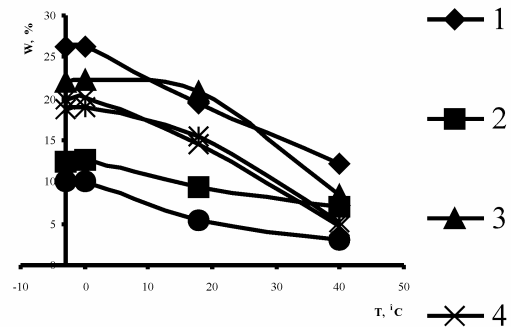


Рис. 4. Вплив температури на поглинаючу спроможність матеріалів по відношенню до дизпалива:

1 – каолініт; 2 – саманова крихта;
3 – коксохімічний шлак; 4 – металургійний шлак;
5 – пісок екіпірувальний; 6 – пісок шламовий

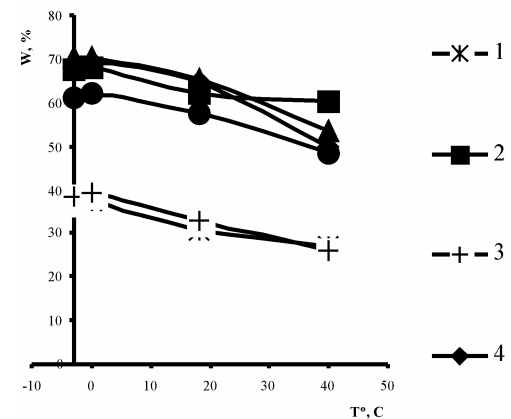


Рис. 5. Вплив температури на поглинаючу спроможність матеріалів по відношенню до дизпалива:

1 – керамзит; 2 – пінобетон; 3 – газобетон; 4 – пемза;
5 – тирса деревини; 6 – стружка деревини

Таблиця 4

Рекомендовані співвідношення масових частин НП і сорбенту для ліквідації аварійних розливів

Найменування сорбенту	Співвідношення масових частин НП до сорбенту
туф	1:4
шлак коксохімічний	1:3
шлак металургійний	1:6
пісок шламовий	1:6
пісок екіпірувальний	1:16
каоолініт	1:4
газобетон	1:1,5
пінобетон	1:1,5
пемза	1:1,5
керамзит	1:6
зола теплоелектростанцій	1:6
стружка деревини	1:2
тирса деревини	1:1,5
саманова крихта	1:7

Дані табл. 4 дають можливість проводити вибір сорбенту ліквідаторами аварії довільно, виходячи з наявності матеріалу, можливості його швидкої доставки, вартості тощо. Після вибору визначається необхідна витрата поглинача з достатнім ступенем точності. При цьому рекомендується під час остаточного вибору маси витрати сорбенту враховувати рівномірність його розподілу в зоні розливу нафтопродуктів.

Подавання сорбенту до зони розливу нафтопродукту можливе за допомогою:

- а) транспортерів – зручне використання, але в цьому випадку є обмеженою площа обробки;
- б) універсальних екскаваторів на гусенично-залізничному ході зі змінним обладнанням – доцільно використовувати при значній зоні аварії;
- в) гелікоптерів – доцільно використовувати у випадку значних зон забруднення із загорянням нафтопродуктів.

Є зрозумілим, що інтервал часу між моментом аварії та початком робіт з ліквідації її наслідків повинен бути якомога меншим. Це особливо актуально для легких фракцій нафтопродуктів, які мають велику швидкість міграції крізь ґрунти та розповсюдження їх по поверхні, а також негативний вплив на атмосферу в зоні виливу.

Складними є також випадки можливого спалаху вантажу, наявності значних опадів у

вигляді дощу чи інтенсивне танення снігу. Для першого різко зростає небезпечне забруднення атмосфери сажею, окисом і двоокисом вуглецю, вуглеводнями та канцерогенами, а також інтенсивніше проходить порушення біоценозів ґрунтів і збільшується швидкість міграції нафтопродуктів в них. Для інших випадків підвищується ймовірність змиву НП до розташованих поблизу водоймищ і розповсюдження на значні території.

Врахування обговорених шляхів вдосконалення технології ліквідації наслідків витоків нафтопродуктів під час перевезень сприятиме зниженню негативного впливу на навколишнє середовище. В усіх випадках ліквідації наслідків аварійних ситуацій необхідно забезпечити повну відповідність дій персоналу вимогам [7].

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Правила перевезень небезпечних вантажів [Текст]. – К.: Транспорт України, 2009. – 672 с.
2. Музикіна, Г. І. Профілактичні заходи при перевезенні екологічно-небезпечних вантажів [Текст]. / Г. І. Музикіна, І. Л. Журавель, В. В. Журавель // Тези доповідей 65 наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». – Д., 2005. – 235 с.
3. Музикіна, Г. І. Роль профілактичних заходів в забезпеченні безпеки руху при перевезеннях небезпечних вантажів [Текст]. / Г. І. Музикіна, І. Л. Журавель, В. В. Журавель // 36. доповідей 6 наук.-практ. конф. «Перспективи впровадження технічних засобів безпеки руху на залізницях України». – Суда, 2005. – 43-44 с.
4. Транспорт и окружающая среда [Текст]. // Сб. науч. тр. межд. семинара EBRD-Haskoning. – К., 1994. – 300 с.
5. Plakhotnik, V.N. Chemical aspects of transport influence upon the environment [Текст]. / V. N. Plakhotnik, V. V. Popov, A. Kh. Drabkina, L. A. Yaryshkina, Yu. B. Olevskaya, I. L. Gulivets, // 35 th IUPAC Congress. – Istanbul, 1995. – 179 p.
6. Плахотник, В.Н. Природоохранная деятельность на железнодорожном транспорте Украины: проблемы и решения [Текст]: монография / В. Н. Плахотник, Л. А. Ярышкина, В. И. Сираков и др. – К.: Транспорт України, 2001. – 244 с.
7. Зміни до Правил безпеки та порядку ліквідації наслідків аварійних ситуацій [Текст] / затв. наказом МТУ від 16.10.2000 р. № 567 і зареєстровано в Мін'юсті України 23.11.2000 р. за № 857/5078 зі змінами, внесеними МТЗУ від 25.11.2008 р. № 1431, що зареєстровані в Мін'юсті України 26.02.2009 р. за № 182/16198.– Д., 2009. – 753 с.

Надійшла до редколегії 31.01.2011.

Прийнята до друку 31.01.2011.

С. А. ПОЖИДАЕВ (Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Республика Беларусь)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Розглядаються питання автоматизації проектування поперечних профілів як основного методу розрахунку геометричних параметрів поперечних обрисів земляного полотна лінійних споруд залізниць та розрахунку об'ємів земляних мас, які вимагають переміщення при їх будівництві (реконструкції). На основі апарату сплайн-функцій, зокрема кубічного інтерполяційного сплайна, розроблені альтернативні традиційним автоматизовані методи розрахунку обсягів земляних мас.

Рассматриваются вопросы автоматизации проектирования поперечных профилей как основного метода расчета геометрических параметров поперечных очертаний земляного полотна линейных сооружений железных дорог и расчета объемов земляных масс, требующих перемещения при их строительстве (реконструкции). На основе аппарата сплайн-функций, в частности кубического интерполяционного сплайна, разработаны альтернативные традиционным автоматизированные методы расчета объемов земляных масс.

The issues of the automation of cross profiles designing are viewed as the main method used for calculating geometric parameters of cross outlines of track formation of line structures of railways and calculating earth mass volumes which have to be removed when the latter are being built or reconstructed. It is shown that the application of spline models for cross profiles enables obtaining their new service performance. Some automated methods for earth mass calculation, alternative to traditional ones, have been developed basing on the spline apparatus, in particular on the cubic interpolation spline.

При разработке проектов линейных сооружений железнодорожного транспорта основным методом определения объемов земляных масс, расчета геометрических параметров поперечного очертания земляного полотна в необходимых сечениях на стадиях рабочего проекта, рабочей документации является метод поперечных профилей. Такое положение объясняется, главным образом, достаточной точностью расчетов данным методом, в то же время – это наиболее трудоемкие расчеты.

В современных экономических условиях хозяйствования обеспечение достаточно высокой точности расчетов приобретает первостепенное значение. Земляные работы, перемещение земляных масс в процессе строительства требуют значительных материальных ресурсов, что и определяет технико-экономические показатели проектов. Во избежание финансовых потерь проектных организаций и заказчиков методы расчета объемов земляных работ должны быть надежными, обеспечивать заданную точность расчета, полученные значения целесообразно неоднократно проверять с использованием альтернативных методов.

Разработка поперечных профилей является трудоемким процессом, требует значительных затрат инженерного труда. Автоматизация этих

процессов позволит избежать грубых просчетов, уменьшить продолжительность разработки проектов, быстро создавать высококачественные графические документы. Автоматизация проектирования поперечных профилей земляного полотна и расчетов объемов земляных масс позволяет рассмотреть большое количество проектных вариантов, выполнять оптимизационные расчеты, что при ручном расчете практически невозможно, что, как правило, и не выполняется в проектных организациях.

Кроме того, автоматизация расчетов позволяет применять в проектировании нелинейные математические зависимости для аппроксимации земной поверхности и проектных поверхностей. Как показано в [1], такая аппроксимация обеспечивает ряд преимуществ, новые качества проектируемых объектов. Современный уровень проектов помимо нормативных требований, должен отвечать принципам ландшафтного проектирования, обеспечивать нанесение меньшего вреда окружающей среде, иметь современный дизайн.

Например, в программном комплексе *CREDO* третьего поколения, разработанном НПО «Кредо-Диалог» (г. Минск), расширены функциональные возможности за счет применения методов сплайн-функций. Сплайн-

функции применяются при проектировании продольного профиля автомобильных дорог (интерполяционный кубический сплайн); при объемном выравнивании проезжей части (поперечное и продольное выравнивание) в проектах капитального ремонта и реконструкции автомобильных дорог; для аппроксимации горизонталей в цифровых моделях местности (ЦММ) при изображении рельефа. Применение сплайн-функций обеспечивает повышенную безопасность движения по автомобильным дорогам, запроектированным с использованием гладких продольных профилей с изменяемым радиусом кривизны, ощутимую экономию топлива, уменьшение объемов земляных работ при строительстве, улучшение качества разрабатываемых в программном комплексе проектов. Это выгодно отличает *CREDO* от аналогичных зарубежных систем, однако данное программное обеспечение ориентировано, в основном, на проектирование автомобильных дорог.

Недостаточный уровень распространения или даже отсутствие современных программных комплексов, специализированных для проектирования линейных и площадных сооружений железнодорожного транспорта на отечественном рынке программных продуктов приводит к тому, что такие программные средства, как, например, *AutoCad*, используются в проектных организациях, работающих в области железнодорожного транспорта, только как низкоуровневые средства автоматизации черчения. В связи с этим разработка и внедрение программных средств, обеспечивающих автоматизацию проектирования (вычисления и графические построения) и технологии сквозного проектирования для многих проектных задач и в частности, автоматизации проектирования поперечных профилей линейных сооружений железных дорог, является и сегодня актуальной задачей.

При проектировании поперечных профилей земляного полотна необходимо учитывать большое количество факторов, наиболее значимыми из которых являются:

- рельеф местности;
- инженерно-геологические данные;
- метеорологические особенности района;
- условия заносимости железнодорожных путей снегом или песком.

С 1998 года введены в действие новые национальные строительные нормы Республики Беларусь (РБ) СНБ 3.03.01–98 «Железные дороги колеи 1520 мм» [2]. Еще раньше (в 1996 году) в Российской Федерации введены Строи-

тельно-технические нормы Министерства путей сообщения РФ СТН Ц-01-95 [3] и Свод правил СП 32–104–98 «Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм».

В соответствии с приведенными нормативными документами нормируются: ширина земляного полотна, уширение земляного полотна в кривых с наружной стороны, ширина и уровень бровки земляного полотна, ширина обочины земляного полотна, очертание земляного полотна, поперечные уклоны верха земляного полотна, крутизна откосов насыпей и выемок; параметры водоотводных сооружений: водоотводных канав, резервов, нагорных канав, забанкетных канав, кюветов, кювет-траншей, лотков (продольные уклоны, глубина и ширина по дну, крутизна откосов кюветов); ширина естественной бермы и другие параметры. Как видно, перечень нормативных требований весьма обширен. Так, раздел «Земляное полотно» в [2] насчитывает 39 развернутых пунктов с различными нормативными требованиями к проектированию земляного полотна, кроме того, проекты земляного полотна могут разрабатываться как по типовым решениям, так и индивидуально. Так, в [3] предусматривается 20 различных ситуаций, когда требуется индивидуальное проектирование земляного полотна. В национальных строительных нормах такие ситуации не предусматриваются.

Для программного учета всего разнообразия нормативных требований при разработке поперечных профилей линейных сооружений железных дорог используемая нормативная база должна быть систематизирована и закодирована некоторым образом. В связи с этим разработана схема, представленная на рис. 1. Верхние три блока (категория железнодорожной линии, вид используемого грунта, количество главных путей) определяют ширину земляного полотна по бровкам и очертание сливной призмы поперечного профиля (горизонтальный верх, в виде трапеции высотой 0,15 м и с малым основанием 2,3 м, большим основанием – по ширине земляного полотна и в виде треугольника высотой 0,2 м и с основанием, равным ширине земляного полотна). Следует отметить, что требования к ширине земляного полотна по бровкам, предъявляемые в [2, 3], сильно разнятся в сравнении с предыдущими нормами. Так, например, ширина земляного полотна двухпутной линии (при ширине междупутья 4,1 м) скоростной, особогрузонапряженной или I категорий с недренирующими грунтами составляет в первом случае 11,7 метра, во втором – 11,1 метра (для

линий I категории). Минимальная ширина земляного полотна однопутной линии в первом

случае составляет 7,1 м, во втором – 5,5 м.

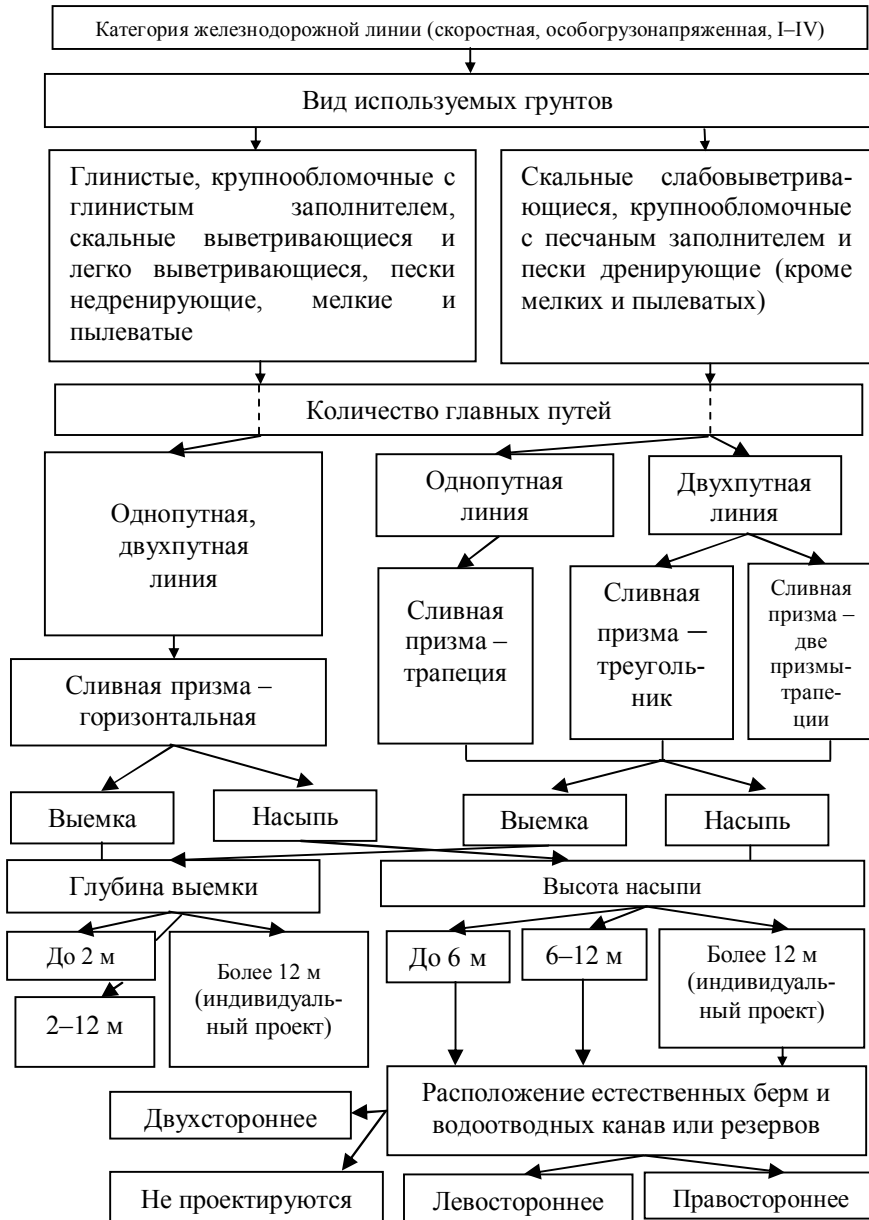


Рис. 1. Схема формирования конструкции поперечного профиля земляного полотна

Высота насыпи или глубина выемки определяется величиной рабочей отметки. При этом предлагается в автоматизированном режиме использовать следующие варианты расчета рабочей отметки: линейная интерполяция продольного профиля пути и земли (элементы этих профилей предварительно задаются); линейная интерполяция продольного профиля пути и сплайновая интерполяция продольного профиля земли; линейная интерполяция продольного профиля пути и сплайновая сглаживающая интерполяция продольного профиля земли. Таким образом, варианты различаются сплайновой аппроксимацией отметок земли и ее разновидностями.

В соответствии с [4], сплайновый метод является более эффективным по сравнению с линейным. В то же время в узловых точках значения рабочих отметок по всем вариантам являются одинаковыми и основное отличие методов проявляется в расчетах отметок промежуточных точек продольных профилей. В этом случае величина рабочей отметки может сильно влиять на вычисляемую площадь поперечного профиля земляного полотна не только из-за различной величины этой отметки, но и так как насыпи высотой до 6 м, от 6 до 12 м и более 12 метров имеют различную конструкцию поперечного профиля. В целом повышение точности может достигать 10–15 %. Сплайновый

подход применим как на стадии технико-экономического обоснования (обоснования инвестиций), так и разработки рабочей документации, при этом его надежность в первом случае соизмерима с детальными методами расчета во втором.

Дополнительную вариацию возможных ситуаций проектирования задает изменяющаяся величина междупутного расстояния (на величину уширения междупутий в кривых между первым и вторым главными путями), расположение главных путей в кривых, наличие или отсутствие срезки растительного слоя для насыпей, изменяющаяся величина глубины и ширины дна водоотводных и нагорных канав, кюветов, крутизна их откосов, изменяющаяся величина ширины естественной бермы (3, 8 или 1 м).

В соответствии с представленной на рис. 1 схемой, выполняется кодировка вариантов проектирования земляного полотна (один из возможных вариантов). Код состоит из нескольких символов:

- 1-й символ: вид используемого грунта («1» – недренирующий грунт и т.д.; «2» – дренирующий грунт и т.д.);

- 2-й символ: количество главных путей («1» – однопутная линия; «2» – двухпутная линия и т.д.);

- 3-й символ: характер земляных работ («0» – выемка; «1» – насыпь);

- 4-й символ: высота насыпи, характеризующая ее конструкцию («16» – насыпь высотой до 6 метров; «12» – насыпь высотой 6-12 метров; «13» – насыпь высотой более 12 метров);

- 5-й символ: характер расположения берм и водоотводных канав для насыпей («11» – бермы и водоотводные канавы проектируются с двух сторон от тела насыпи; «10» – бермы и водоотводные канавы проектируются с левой стороны от тела насыпи (при взгляде на чертеж); «01» – бермы и водоотводные канавы проектируются с правой стороны от тела насыпи; «00» – бермы и водоотводные канавы не проектируются);

- 6-й символ: «г» – включается в код в тех случаях, когда проектируется земляное полотно с отдельными сливными призмами в виде трапеций.

Так, например, в процессе автоматизированного расчета может быть получен код «111611», что означает: при сооружении земляного полотна используются недренирующие

пески, однопутная линия, сливная призма в виде трапеции, случай насыпи высотой до 6 метров, бермы и водоотводные канавы проектируются с двух сторон от тела насыпи. Код «121211г» означает: при сооружении земляного полотна используются недренирующие пески, двухпутная линия, сливная призма в виде двух отдельных призм-трапеций, случай насыпи высотой 6-12 метров, бермы и водоотводные канавы проектируются с двух сторон от тела насыпи.

Схема формирования конструкции поперечного профиля земляного полотна позволяет определить большинство возможных вариантов проектирования, а также их общее количество. Так, минимальное количество схем расчета составляет 78 вариантов. При варьировании расположения откосов, берм количество вариантов резко увеличивается и достигает 170. И это только типовые решения!

При использовании предложенной схемы код поперечного профиля может формироваться в ее программной реализации автоматически в зависимости от тех установок, которые сделает проектировщик в процессе автоматизированного расчета.

В автоматизированном режиме становится возможным применение сплайн-функций (в частности интерполяционного кубического сплайна) для аппроксимации поперечных профилей земляного полотна железных дорог. При этом открываются новые возможности проектирования. Так, например, могут быть запроектированы водоотводные канавы, кюветы сглаженного (обтекаемого) типа, конструкция которых показана на рис. 2. При этом увеличивается испарение влаги земляного полотна, что благоприятно влияет на его водно-тепловой режим, они меньше разрушаются водой и быстрее зарастают травой, улучшается отвод воды от земляного полотна, следовательно, земляное полотно будет менее подвержено деформациям и меньше требовать восстановительных ремонтов.

Следует отметить, что глубина водоотводных сооружений и ширина дна должна составлять 0,6 – 0,8 м, при этом уклоны откосов водоотводных канав или резервов от насыпей в [2, 3] не нормируются, их минимальные значения приведены только в [5]! Расчет площади поперечного очертания водоотводного сооружения, запроектированного с применением сплайновых моделей, выполняется по формуле, [6].

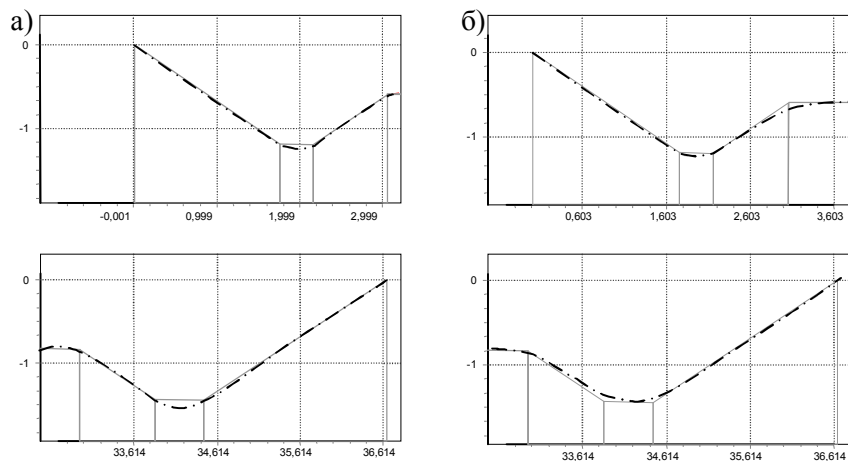


Рис. 2. Применение сплайновых моделей для аппроксимации водоотводных сооружений земляного полотна интерполяционного (а) и сглаживающего (б) типов

$$P = \int_a^b S(x) dx = 1/2 \sum_{i=0}^{N-1} h_i (f_i + f_{i+1}) + 1/12 \sum_{i=0}^{N-1} (m_i - m_{i+1}) h_i^2,$$

где $S(x)$ – сплайн-функция;

f_i – отметки характерных точек водоотводного сооружения, м;

h_i – шаг сетки узлов, м;

m_i – параметры сплайновой модели.

Расчет площади поперечного очертания земляного полотна производится для случаев: а) приближенного расчета, выполняемого на стадии обоснования инвестиций и б) по графической схеме поперечника, выполняемого на стадии разработки рабочей документации.

Для приближенного расчета используются следующие выражения, [7]:

– для выемки

$$F = H(b+4,4) + 1,5H^2 + 2q - w;$$

– для насыпи высотой до 6 м

$$F = Hb + 1,5H^2 + w;$$

– для насыпи высотой 6 – 12 м

$$F = H(b-3) + 1,75H^2 + 9 + w;$$

– для насыпи высотой более 12 м

$$F = H(b-6) + 2H^2 + 18 + w,$$

где F – площадь поперечного сечения земляного полотна в выемке и в насыпи при уклонах откосов 1:1,5, 1:1,75 и 1:2, м²;

H – величина рабочей отметки, м;

b – ширина земляного полотна по бровкам, м;

w – площадь поперечного сечения сливной призмы, м²;

q – площадь поперечного сечения кювета, м²;

Для расчета площади поперечного профиля по графической схеме может использоваться формула Гаусса, рекомендуемая в [8]:

$$F = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}),$$

где x_i, y_i – прямоугольные координаты узловых точек поперечного профиля, м;

n – количество узловых (характерных) точек поперечного профиля.

Причем в узловые точки поперечного профиля земляного полотна включаются и точки поперечного профиля земли, оказавшиеся под насыпью или над выемкой и оказывающие влияние на очертания поперечного профиля. Так учитывается косогор местности. Аналогичный подход используется и для расчета площади срезки растительного слоя.

По рассчитанным значениям площадей поперечных профилей земляного полотна в необходимых сечениях производится расчет объемов земляных масс для всей длины проектируемого сооружения по формуле

$$V = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N-1} (F_i + F_{i+1}) \Delta L_i,$$

где N – количество сечений земляного полотна, в которых выполнен расчет его площади;

ΔL_i – длина i -го участка работ, м;

F_i, F_{i+1} – площади поперечного сечения земляного полотна, соответственно, в начале и в конце i -го участка земляных работ, м².

Расчет ведется для каждого участка работ отдельно с разделением на выемку и насыпь и

с нарастающим итогом. Производится расчет балансового объема. В необходимых случаях автоматически выполняется расчет точки нулевых работ с применением линейной интерполяции. В перспективе возможно подключение и сплайновой интерполяции.

Альтернативными методами расчета объемов земляных масс являются методы, в которых рабочая отметка вычисляется с помощью сплайновой аппроксимации. Сравнительные данные показали, что даже приближенный расчет объемов земляных масс с использованием сплайновой аппроксимации продольного профиля земли дает аналогичные результаты с более точными методами традиционного расчета.

По приведенной методике разработана прикладная компьютерная программа «ПРО-ФИЛЬ» (Delphi-проект) и выполнено ее тестирование на примере примыкания к железнодорожной станции подъездного пути промышленного предприятия в г. Калининграде по данным проектного института. Получены удовлетворительные результаты. Возможна также адаптация разработанной программы к среде AutoCad с целью формирования трехмерной каркасной модели транспортного сооружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пожидаев, С. А. Автоматизация расчетов земляных масс в проектах вертикальной планировки транспортных коммуникаций [Текст] / С. А. Пожидаев // Вестник БелГУТа: наука и транспорт. Научно-производственный журнал. – 2002. – № 1 (4). – С. 66-69.

2. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Строительные нормы Республики Беларусь. Железные дороги колеи 1520 мм [Текст]: СНБ 3.03.01 – 98: утв. М-вом архитектуры и строительства РБ. – Минск: ГП «Минсктиппроект», 1998. – 26 с.

3. Система нормативных документов Министерства путей сообщения Российской Федерации. Строительно-технические нормы Министерства путей сообщения Российской Федерации. Железные дороги колеи 1520 мм. [Текст]: СТН Ц-01-95: утв. МПС РФ. – М.: АООТ «Политех-4», 1995. – 86 с.

4. Пожидаев, С. А. Построение сплайновой математической модели местности при проектировании вертикальной планировки [Текст] / Под ред. В. Я. Негрея // Межд. сб. науч. тр. Проблемы развития транспортных коммуникаций. – Гомель, 2000. – С. 109-115.

5. Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог: СН 449 – 72 / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1973. – 112 с.

6. Завьялов, Ю. С., Методы сплайн-функций [Текст] / Ю. С. Завьялов, Б. И. Квасов, В. Л. Мирошников. – М.: Наука, 1980. – 352 с.

7. Проектирование железнодорожных станций и узлов [Текст]: Справочное и методическое руководство / Под ред. А. М. Козлова и К. Г. Гусева. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.

8. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / Под ред. И. В. Турбина. – М.: Транспорт, 1989. – 479 с.

Поступила в редколлегию 11.02.2011.

Принята к печати 25.02.2011.

О. І. ТАРАНЕЦЬ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ НА ГІРКАХ

Проаналізовано історію розвитку технології роботи і технічних засобів для переробки вагонів на залізничних станціях України та за кордоном. Наведено опис сучасних автоматизованих систем управління процесом розформування составів. Вказано на необхідність попередньої оцінки ефективності автоматизації сортувального комплексу.

Проанализирована история развития технологии работы и технических средств для переработки вагонов на железнодорожных станциях Украины и за рубежом. Приведено описание современных автоматизированных систем управления процессом расформирования составов. Указано на необходимость предварительной оценки автоматизации сортировочного комплекса.

The history of works technology and development of sorting devices for carriages processing of Ukraine and foreign railway station is analysed. The description of modern automation structures dissolution systems of control is resulted. The necessity of preliminary estimation for sorting complex automation is indicated.

Головним напрямом підвищення продуктивності і зниження витрат на функціонування сортувальних гірок є автоматизація процесу розформування составів.

Для підвищення ефективності їх роботи на різних етапах розвитку робились спроби удосконалення технічних пристроїв для розформування составів.

У 30-х рр. минулого століття при розформуванні составів гальмування відцепів, які скочувались, виконувалось гальмовими башмаками [1]. При цьому використовувались наступні види башмаків: одnobортні, двобортні, півторабортні, башмак Бюссинга, башмак Рязано-Уральської залізниці. Спроби замінити башмаки більш механізованими та кращими пристроями привели до винаходу ретардерів, або уповільнювачів. Перші ретардери (система Лозе або «коліїні гальма» - Gleisbremse) застосовувались вже на початку XX століття, але не для сортування, а для закріплення вагонів при навантаженні та вивантаженні. Розвиток їх в застосуванні до сортування почався в період Першої світової війни, а особливо після неї у Німеччині та США. Найбільш розповсюдженими на той час у Європі типами ретардерів були тип Фреліха або Тіссен-Хютте, електромагнітний уповільнювач Безелера (Мюнхен) який був побудований на принципі електромагнітних шин, уповільнювач системи Марше з опускною рейкою (Франція), електропневматичний уповільнювач Уестардейр (Англія), кліщовидний електропневматичний уповільнювач Юніон (США)(див. рис.1,2) [2].

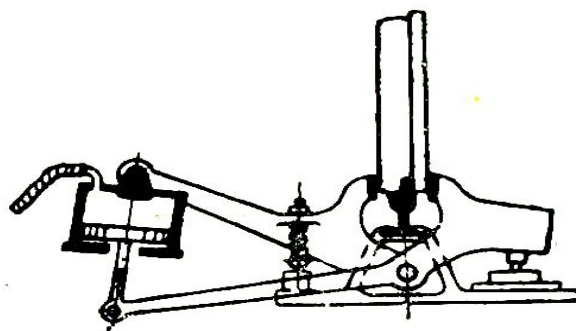


Рис.1. Поперечний розріз кліщовидного уповільнювача

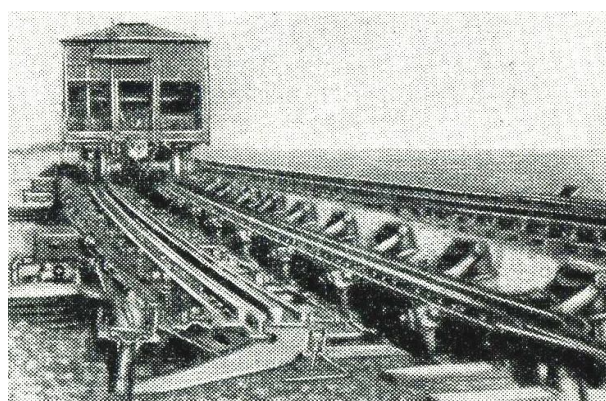


Рис.2. Загальний вигляд кліщовидного електропневматичного уповільнювача Юніон (модель 31)

Перші вагонні уповільнювачі балкового типу були розроблені у США і встановлені на сортувальній гірці станції Гібсон біля Чикаго, а згодом на сортувальній станції Хамм (Вестфалія) почав працювати механізований комплекс,

що складався з чотирьох гідравлічних вагонних уповільнювачів.

На деяких закордонних залізницях застосовувались прискорювачі, наприклад, прискорювачі системи Позентруп-Гейнріх (Німеччина), які, у протилежність уповільнювачам, вирівнювали швидкість руху різних відцепів, надаючи поганим бігунам додаткове прискорення.

Багаторічна науково-дослідна робота, яка проводилась і проводиться у країнах СНД та за його межами, по винахідництву технічних засобів регулювання швидкості руху відцепів на сортувальних пристроях, привела до створення багатьох конструкцій гальмівних і прискорювально-гальмівних засобів.

Так на залізничних станціях України основними технічними засобами для регулювання швидкості руху вагонів є балочні вагонні уповільнювачі різних типів (вагові (КВ-3), натискні (Т-50, КНП-5, ВЗПГ, НК-114, РНЗ-2, УВСК) [3].

Сортувальні гірки Російської Федерації обладнані пневматичними натискними КЗ-5, натискними НК-114 у 3-х, 4-х та 5-ланковому виконанні, та балочними уповільнювачами РНЗ-2М.

У світовій практиці експлуатації сортувальних гірок використовується технологія квазінеперервного регулювання швидкості відцепів, при якій сортувальні гірки обладнуються неуправляючими точковими уповільнювачами ТВЗ (Німеччина, Угорщина, КНР) двох різних конструкцій – газонаповнювані типу DOWTY (ДАУТІ) та домкратовидні уповільнювачі виробництва науково-дослідного центра TDJ (КНР).

На гірках з інтенсивною сортувальною роботою для паркової зони передбачаються вагоноосаджувачі. Вони розташовуються усередині рейкової колії і переміщаються автоматично керованими тросами. При необхідності вагоноосаджувачі доводять відцепи до вагонів, що знаходяться на колії. Такі пристрої застосовують, наприклад, на сортувальних гірках Мюнхена (Німеччина), Цюриха (Швейцарія) і Роттердама (Нідерланди) [3].

Для підвищення продуктивності сортувальних гірок, підвищення якості процесу розформування составів, ефективного використання технічних засобів, покращення умов праці робітників гірки та зниження витрат на розформування составів з 50-х рр. ведуться роботи по автоматизації технологічного процесу розформування составів.

Аналіз світової практики показав, що перший гірковий комплекс, який управлявся електронікою, був створений на станції Кирк недалеко від Чикаго, і вже в 1960-і роки більшість великих сортувальних станцій були цілком автоматизовані.

У 1999 р. компанія Belt Railway (Чикаго) встановила інформаційно-керуючу систему PROYARD виробництва General Electric Transportation Systems (GETS) з метою оптимізації сортувального процесу та мінімізації пошкоджень вагонів на сортувальній станції Бедфорд-Парк (штат Іллінойс) [4]. Під час прийому вагонів на сортувальну станцію пристрої системи автоматичної ідентифікації (AEI) зчитують з вагонних маркерів дані, які система PROYARD порівнює підтверджуючи або коректуючи, з отриманими від служби перевезень. Потім вагони проходять через ваги та ряд датчиків, що визначають їх ходові характеристики. У систему PROYARD вводяться отримані дані, доповнюючись інформацією про погодні умови, ухил сортувальної гірки та відстань, яку повинен пройти кожен відцеп до зчеплення із вагонами, що стоять на сортувальних коліях. До установки системи PROYARD у більше ніж половині випадків швидкість підходу відцепів до вагонів на сортувальних коліях перевищувала нормативну. Із введенням в експлуатацію системи допустима швидкість не порушується у 90 % випадків.

Канадська компанія Canadian National для підвищення продуктивності сортувальної станції Макміллан, наприкінці 2002 р. запровадила систему PROYARD II.

До функцій цієї системи входить визначення швидкості розпуску в залежності від ряду факторів, враховуючи рід вантажу у вагоні. Комп'ютер дозволяє точно визначити момент виходу вагона на вершину гірки та керувати подальшим його рухом.

На вітчизняних станціях перші спроби автоматизації сортувального процесу привели до розробки вченими Всеросійського науково-дослідного інституту залізничного транспорту (ВНИИЖТ) комплексу систем гірочної автоматики (АРС-ЦНП, АЗСР-ЦНП, ГАЦ-ЦНП, ТГЛ-ЦНП), що вирішував загальну проблему розформування составів з гірки [5].

З появою у 90-ті роки мікропроцесорної обчислювальної техніки, яка здатна працювати у системах управління виконавчими процесами та вирішувати інформаційно-плануючі задачі, виникли передумови для утворення комплексних систем автоматизованого управління сор-

тувальною станцією. До основних переваг цих систем відносяться: забезпечення безпеки технологічного процесу сортування вагонів та зниження ролі «людського фактора» в процесі управління, підвищення продуктивності праці та якості розформування составів на найважливіших сортувальних станціях за рахунок впровадження нових технічних засобів та технологій, об'єднання інформаційно-плануючого та керуючого рівнів сортувальної станції в єдину комплексну систему безперервної дії, яка функціонує на базі операційної системи реального часу.

Нове розуміння задач розвитку та управління технологічним процесом на сортувальних станціях Росії знайшло своє відображення у «Програмі розвитку та концепції механізації та автоматизації технологічних процесів сортувальних станцій на період 2000-2005 рр.», що розроблена у Всеросійському науково-дослідницькому та проектно-конструкторському інституті залізничного транспорту (ВНИИАС) спільно із спеціалістами галузі з метою покращення техніко-економічних показників сортувального процесу. В межах реалізації цієї концепції зараз ведуться роботи по розробці нових систем [6]: АРС ТРАКТ, УУПТ, КГМ-ПК. У 2003 році на Московській залізниці (станція Бекасово-Сортувальна) було введено в постійну експлуатацію комплексну систему автоматизованого управління сортувальною станцією (КСАУ СС) [7]. КСАУ СС включає в себе підсистеми: ГАЛС Р та КВГ – підсистеми управління насувом та розпуском составів, автоматизують технологічні процеси завдання маршруту та регулювання швидкості насуву состава на гірку, а також розпуску состава в залежності від поточної ситуації на гірці; ГАЦ МН, АРС-УУПТ, КДК СУ ГАЦ – про змінення стану колійних ділянок, положення стрілочних переводів, показань світлофорів, прохід рухомого складу по датчикам рахування осей, що розташовані в районі сортувальної гірки.

Для визначення ходових властивостей відчепів КСАУ СС включає: вимірювач вагової категорії відчепів, вимірювач ступеню заповнення вагонами підгірочних колій, обчислювач швидкості, з якою необхідно випускати відчепа з гальмівних позицій, вимірювач фактичної швидкості руху відчепів.

Дані про ходові властивості отримуються в процесі вільного скочування вагонів на вимірювальній ділянці, що розташована між вершиною гірки та першою гальмівною позицією.

Для вимірювання ваги відчепів використовуються автоматичні вагонні ваги MULTIRAIL LegalWeight та MULTIRAIL MultiBridge (при зважуванні вагонів на ходу зі швидкістю їх руху 5-10 км/год похибка вимірювання складає $\pm 1\%$) розроблені разом компаніями SCHENCK PROCESS GmbH та Schenck spol s r.o.

Для зменшення впливу динамічних навантажень, що виникають при зважуванні на ходу у конструкцію ваговимірювальних пристроїв включено спеціальні компенсаційні схеми, які дозволяють зменшити похибку зважування до $\pm 0,2\%$.

Ходові властивості відчепів, довжина яких перевищує місткість вимірювальної ділянки, встановлюється по ваговим категоріям.

Опір руху відчепа на прямих ділянках колії визначається по результатам вимірювання прискорення його руху на вимірювальній ділянці.

Дійсна швидкість руху відчепів безперервно вимірюється швидкостемірами (РИС-В2 або РИС-В3М), що встановлені біля кожної гальмівної позиції. При досягненні відчепом заданої швидкості спрацьовує керуючий пристрій та гальмування припиняється. Якщо ж змінюються метеорологічні умови або виникає необхідність сортувати вагони із особливою обережністю - гірковий оператор за допомогою перемикача ШНП (швидко, нормально, повільно) може змінювати швидкості виходу відчепів з гальмівних позицій, що задані обчислювальним пристроєм.

Контроль заповнення підгіркових колій вагонами (КЗП) здійснюється безстиківими рейковими колами довжиною по 25 м. Розроблені також системи КЗП на принципі розрахунку осей рухомого состава КЗП-СО, що використовуються для контролю розміщення відчепів на ГП і ведення моделі переміщення його осей в уповільнювачах, система автоматичного накопичення вагонів КЗП-ДИП (контроль заповнення колій – датчик імпульсний колійний), що охоплює до 360 м довжини підгіркових колій (система дозволяє операторам спостерігати за розпуском вагонів в електронному режимі, причому автоматика сама включає гіркові уповільнювачі в потрібний момент) та система контролю заповнення колій на основі імпульсного зондування (КЗП-ИЗ).

Для будівництва та модернізації сортувальних станцій Західної Європи (Швейцарія, Австрія, Німеччина) департаментом транспортної техніки фірми SIEMENS розроблено універсальний мікропроцесорний комплекс MSR 32, побудований на базі 32-бітових процесорів, об'

єднаних в мережу, для гірок великої, середньої та малої потужності [8, 9].

Принцип дії системи MSR 32 наступний. Інформація від усіх вимірювальних пристроїв та датчиків сортувальної гірки, а також парків прийому та відправлення поступає на центральний процесор. Після обробки усіх даних звітти виконується управління локомотивом, усіма гальмівними позиціями, а також вагоноосаджувачами. Система автоматично керує маршрутами розпуску, розпізнає відчепи, що скочуються повільно та відводить, відчепи, що доганяють на сусідні колії (попереджаючи співударяння та наїзди). За рахунок управління вагонними уповільнювачами достатньо точно регулюється швидкість відчепів, що дозволяє досягти оптимального заповнення підгірочних колій. Представлену систему вже запроваджено на сортувальних станціях Швейцарії (Цюрих), Австрія (Відень), Німеччина (гірка «Південна Ельба» поблизу порту Гамбург), а також на залізницях колишнього СРСР (станція Вайдотай у Литві [10]). Наприкінці 2008 року представниками фірми SIEMENS та ВАТ«РЖД» (Росія) було підписано меморандум про співробітництво, що передбачає автоматизацію станцій Черняхівськ та Лужська-Сортувальна [11].

Аналіз розвитку технічних засобів та автоматизованих систем управління сортувальним процесом показав, що усі вони достатньо дорогі в будівельному та експлуатаційному відношенні.

Розробці проекту автоматизації конкретної сортувальної гірки повинна передувати попередня оцінка його ефективності. В сучасних умовах конкуруючі варіанти конструкції та технічного оснащення сортувальних гірок доцільно порівнювати при використанні математичних методів. Широкого використання набуло імітаційне моделювання виробничих процесів на ЕОМ, що дозволяє порівнювати різні організаційно-технічні заходи і пропозиції по вдосконаленню технології і технічного оснащення сортувального комплексу.

Такий підхід дає можливість на підставі імітаційних експериментів обрати оптимальний варіант автоматизованої системи управління, який не допустить погіршення існуючих експлуатаційних показників сортувальної гірки, забезпечить найбільші швидкості розпуску, дальність та ступінь точності прицільного управління скочуванням вагонів з гірки при повній гарантії безпеки та надійності її роботи, а також

буде ефективною у економічному та техніко-експлуатаційному відношеннях.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Образцов, В. Н. Станции и узлы [Текст] / В. Н. Образцов. – Ч. 2. – М.: Трансжелдориздат, 1938. – 492 с.
2. Микитин, Д. Н. Сортировочные станции зарубежных железных дорог [Текст] / Д. Н. Микитин, А. Л. Мельник и др. – М.: Трансжелдориздат, 1957. – 175 с.
3. Берестов, І. В., Гіркові технічні засоби [Текст]: Навч. посіб. для студ. вузів зал. тр-ту / І. В. Берестов, С. В. Нагорний. – Харків: Регіон-інформ, 1998.
4. K. Kube. Progressive Railroading. – 2002, № 7. – Р. 50-52.
5. Фонарев, Н. М. Автоматизация процесса расформирования составов на сортировочных [Текст] / Н. М. Фонарев. – М.: Транспорт, 1971. – 272 с.
6. Савицкий, А. Г. Концепция автоматизации и механизации процессов на сортировочных станциях [Текст] / А. Г. Савицкий // Автоматика, связь, информатика. – 2000. – № 4 – С. 49-52.
7. Савицкий, А. Г. Технологические средства на сортировочных станциях: вчера, сегодня, завтра [Текст] / А. Г. Савицкий. – 2005. – С. 33-37.
8. Берндт, Т. Сортировочные горки на железных дорогах мира [Текст] / Т. Берндт, С. В. Власенко // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – № 6 – С. 45-48.
9. Сименс: заслуженная высокая репутация [Текст]. // Евразия вести. – 2004. – № 11. – С. 29.
10. Модернизация завершена [Электрон. ресурс] // Литовский курьер on-line. – №18 (740). – Режим доступа: <http://www.kurier.lt>.
11. Горка-автомат [Электрон. ресурс] // Гудок. RU 21.05.2009. – Режим доступа: <http://www.gudok.ru>.
12. Бобровский, В. И. Оценка эффективности систем автоматизации сортировочного процесса методом моделирования [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Бобровский Владимир Илл. – Днепропетровск, 1973. – 236 с.
13. Пособие по применению норм и правил проектирования сортировочных устройств [Текст]. – М. Транспорт, 1994. – 220 с.
14. Муха, Ю. А. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях [Текст] / Ю. А. Муха, И. В. Харланович, В. П. Шейкин и др. – М.: Транспорт, 1985. – 248 с.
15. Сагайтис, В. С. Устройства механизированных и автоматизированных сортировочных горок [Текст]: Справочник / В. С. Сагайтис, В. Н. Соколов – М.: Транспорт, 1985. – 208 с.

Надійшла до редколегії 25.02.2011.

Прийнята до друку 02.03.2011.

О. И. ХАРЧЕНКО (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна)

ВЕКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ В ЗАДАЧЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДОСТАВКИ ГРУЗА

В статье предложены теоретические основы моделирования технологии доставки груза, на основе определения зависимости затрат от времени доставки груза.

Розглянуто теоретичні основи моделювання технології доставки вантажу на основі визначення залежності затрат від часу доставки вантажу.

In clause it is offered theoretical bases of modelling of technology of delivery of a cargo, on the basis of definition of dependence of expenses from time of delivery of a cargo.

При плановой экономике на железных дорогах не уделяли должного внимания строгому выполнению договоров на перевозки, в частности, безусловному соблюдению установленных Правилами сроков доставки.

Переход железных дорог на самофинансирование резко обострил проблему сокращения непроизводительных расходов на дорогах. К ним относятся прежде всего значительные суммы штрафов, которые выплачиваются отправителям и получателям грузов из-за нарушения железной дорогой договора на перевозку. Грузовладельцы используют возможность взыскания штрафов с перевозчика, так как полученные штрафные суммы становятся для них дополнительной прибылью.

На железнодорожном транспорте нормативный срок доставки груза устанавливается требованиями Правил перевозок грузов, при этом реальные нормативные сроки не учитывают особенности технологии перевозок, что заранее не позволяет железным дорогам придерживаться этих сроков. В тоже время согласно Уставу железнодорожного транспорта грузополучателям выплачиваются штрафы за несвоевременную доставку. Среднее время просрочки за последнее время превышает 8 суток. Это означает, что из отправок не доставленных в срок, примерно половина перевезена железной дорогой бесплатно.

Качество транспортного обслуживания является одним из факторов, что определяет результативность рыночной деятельности предприятий. К показателям качества на железнодорожном транспорте относятся безопасность движения, регулярность и своевременность перевозок, сохранность количества и качества

продукции, которая перевозится, скорость перевозки и сроки доставки. Последний, в условиях рыночной экономики, рассматривается как один из важнейших показателей, определяющий качество работы отрасли.

Также в последнее время на рынке перевозок усиливается конкуренция железнодорожного транспорта с автомобильным транспортом, так как автотранспорт имеет ряд преимуществ:

- доставка груза производится от «двери до двери», что технически не возможно на железнодорожном транспорте;
- используется гибкая система тарифов, на железнодорожном транспорте же есть привязка к тарифам, которые установлены на государственном уровне;
- может обеспечить доставку точно в срок, что не может сделать железнодорожный транспорт, поскольку перевозки выполняются согласно плану формирования грузовых поездов.

Анализ грузовых перевозок показал, что объемы перевозимые автотранспортом растут, также как и дальность перевозки. Железнодорожный транспорт теряет объемы перевозки грузов на короткие расстояния, на доле железнодорожного транспорта остаются перевозки массовых грузов на большие расстояния.

Для завоевания наиболее выгодных позиций на транспортном рынке железной дороге необходимо отказаться от месячного планирования и перейти на непрерывный прием заявок на перевозку, а также повысить качество транспортного обслуживания клиентов. Грузоотправителю должна быть предоставлена возможность «заказа» скорости доставки и маршрута пропуска вагона с грузом. План формирования должен гибко реагировать на спрос, что позволит

Очевидно, что задача определения зависимости затрат от времени доставки является актуальной, поэтому для рассмотрения предлагается теоретические основы моделирования процесса доставки груза.

Пусть весь процесс доставки груза заданного объема разбит на несколько подпроцессов, которые будем называть фазами и обозначать ω . Для каждого объема перевозок количество фаз считаем заданным. Рассматривая некоторую фазу $\omega_i, i = 1, M$ можем указать вполне определенный набор операций в данной фазе $\sigma_{i\theta}, \theta = 1, m_i$, причем реализация операции $\sigma_{i\theta}$ характеризуется затратами времени $t_{i\theta}$ и средств $c_{i\theta}$.

Естественно возникает задача выбора операций в каждой фазе так чтобы суммарные затраты времени и средств были бы как можно меньше.

Пусть $\gamma = [\sigma_{i\theta_1}, \sigma_{i\theta_2}, \dots, \sigma_{i\theta_i}, \sigma_{k\theta_M}]$, перечень операций, которые выполняются при доставке груза, такой перечень будем называть траекторией доставки.

В общем случае таких траекторий будет

$$n = \prod_i^M m_i$$

А набор всех траекторий обозначим символом Γ , тогда если $\gamma \in \Gamma$, то можно сопоставить траектории γ два числа $t(\gamma)$ – время доставки и $c(\gamma)$ – затраты средств. И задаче выбора операций в каждой фазе можно придать формулировку

$$\begin{pmatrix} t(\gamma) \\ c(\gamma) \end{pmatrix} \rightarrow \min \quad (1)$$

При условии $\gamma \in \Gamma$.

Данная задача представляет собой задачу векторной оптимизации [1].

Остановимся более подробно над тем, что будем понимать под решением задачи векторной оптимизации (1).

Определение 1. Траекторию $\gamma \in \Gamma$ будем называть эффективной, если любое отклонение от нее приводит к ухудшению одного показателя и улучшению другого.

В нашем случае последнее означает, что может увеличиться время доставки, но зато уменьшается затраты средств.

Определение 2. Две траектории γ_1 и $\gamma_2 \in \Gamma$ называются несравнимыми, если имеет место

$$\begin{pmatrix} t(\gamma_1) \leq t(\gamma_2) \\ c(\gamma_1) \geq c(\gamma_2) \end{pmatrix} \text{ или } \begin{pmatrix} t(\gamma_1) \geq t(\gamma_2) \\ c(\gamma_1) \leq c(\gamma_2) \end{pmatrix}$$

При чем среди неравенств обязательно хотя бы одно должно быть строгим неравенством.

Определение 3. Множество траекторий $\Gamma_* \subseteq \Gamma$ будем называть решением задачи векторной оптимизации (1), если любая траектория $\gamma_* \in \Gamma_*$ является эффективной, а любая пара траекторий из Γ_* являются несравнимыми.

Таким образом, зная множество Γ_* можно построить зависимость затрат от времени доставки, как показано на рис. 1.

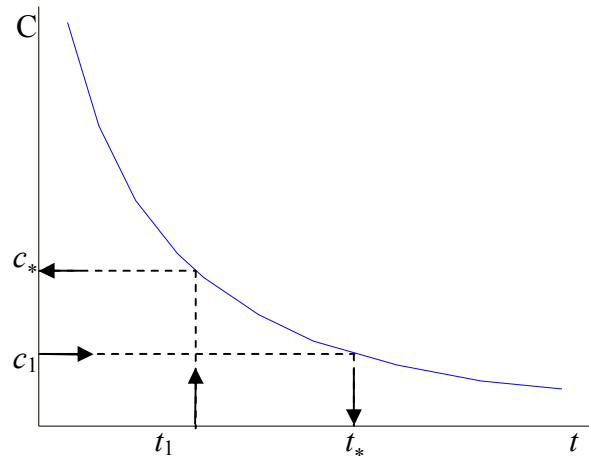


Рис.1. Качественный характер зависимости затрат от времени доставки.

Данная зависимость позволяет принимать решения в тех или иных обстоятельствах.

Так, например, если зададимся временем доставки t_* , то получим соответствующие затраты средств. Если таких средств нет, а располагаем $c_1 < c_*$, то получим $t_1 > t_*$.

Для примера рассматривается процесс из 5 фаз. В каждой фазе операций различное число $m_1 = 3; m_2 = 2; m_3 = 5; m_4 = 1; m_5 = 4$. Данную информацию определили как вектор вариантов операций по фазам в виде $N := [3, 2, 5, 1, 4]$.

Затраты средств отразим в виде следующей матрицы:

$$C := \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 0 & 0 \\ 4 & 7 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 8 & 10 & 20 & 50 \\ 17 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 5 & 9 & 15 & 0 \end{bmatrix},$$

а затраты времени покажем следующим образом:

$$T := \begin{bmatrix} 10 & 6 & 5 & 0 & 0 \\ 4 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 5 & 4 & 3 & 2,5 \\ 1,7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 2,5 & 2,1 & 1,5 & 0 \end{bmatrix}.$$

Решив задачу (1) для выписанных исходных данных траектории работ будут следующие:

$$\gamma_1 = [\omega_{11}, \omega_{21}, \omega_{31}, \omega_{41}, \omega_{51}]$$

$$\gamma_2 = [\omega_{12}, \omega_{21}, \omega_{31}, \omega_{41}, \omega_{51}]$$

$$\gamma_3 = [\omega_{12}, \omega_{22}, \omega_{31}, \omega_{41}, \omega_{51}]$$

$$\gamma_4 = [\omega_{13}, \omega_{22}, \omega_{33}, \omega_{41}, \omega_{51}]$$

$$\gamma_5 = [\omega_{13}, \omega_{22}, \omega_{33}, \omega_{41}, \omega_{52}]$$

$$\gamma_6 = [\omega_{13}, \omega_{22}, \omega_{34}, \omega_{41}, \omega_{54}]$$

$$\gamma_7 = [\omega_{13}, \omega_{22}, \omega_{35}, \omega_{41}, \omega_{54}]$$

Эти траектории составляют множество Γ_* , а отображение множества Γ_* в пространство функционалов $[c(\gamma), t(\gamma)]$ представлено на рис. 2.

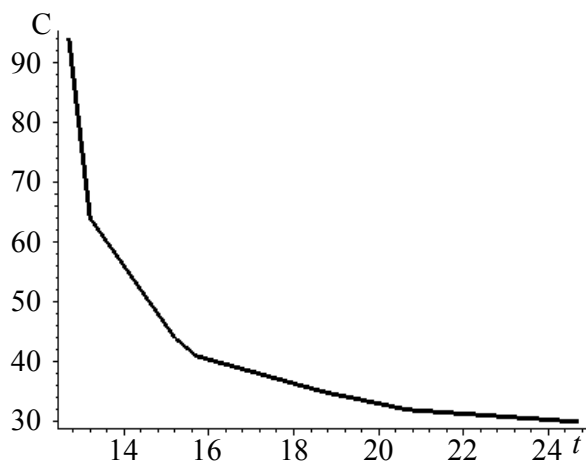


Рис.2. Зависимость затрат средств от времени доставки

Зависимость показанная на рис. 2 отображает прямые затраты, то есть затраты, связанные с производством определенного вида продукции и прямо-относимые на ее себестоимость. Прямые затраты на железнодорожном транспорте являются эксплуатационные расходы, так как железнодорожный транспорт представляет собой особую отрасль материального производства, продукция которой не имеет новой вещественной формы. Проще говоря, продукцией транспорта являются перевозки, плата за которые берется согласно тарифу на железнодорожные перевозки. На сегодняшний день они устанавливаются в порядке, который определяет государственные органы власти. В качестве базового тарифа была принята средняя для всех железных дорог себестоимость перевозок. Хотя затраты по перевозке грузов различаются по

участкам дорог и зависят от профиля пути, вида используемых локомотивов, грузонапряженности участка и от многих других факторов.

Поэтому предлагается, определив прямые расходы, связанные с грузовыми перевозками для отдельных участков и установив зависимость этих расходов от времени доставки, выставить тариф, который можно определить следующим образом:

$$T = C \cdot (1 + \alpha).$$

Величина α должна быть определена для каждой пары пунктов доставки, так чтобы кривая зависимости тарифов от времени доставки была бы не более, чем у конкурентного вида транспорта.

Существующая система нормирования сроков доставки грузов не совершенна. Если не принять срочные меры к прекращению нарушений договоров на перевозку грузов, то железнодорожный транспорт будет перевозить грузы бесплатно.

Данная методика предоставляет возможность грузоотправителю заказать срок доставки согласно своим финансовым возможностям. Конечно, со стороны железной дороги, эти сроки должны быть обоснованы исходя из технических возможностей дорог.

Доходы железных дорог увеличатся, в связи с улучшением качества обслуживания грузовладельцев.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ногин, В. Д. Принятие решений в многокритериальной бреде: количественный поход [Текст] / В. Д. Ногин. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 144 с.
2. Матросов, А. В. Решение задач высшей математики и механики [Текст] / А. В. Матросов — СПб.: БХВ, 2001. — 528 с.
3. Ейтутіс, Б. Г. Вплив науково-технічного прогресу на ринок вантажних перевезень [Текст] / Б. Г. Ейтутіс // Заліз. трансп. України. — 2007. — № 4. — С. 92-93.
4. Анненков, А. В. Информационные технологии перевозок грузов [Текст] / А. В. Анненков, В. А. Шаров // Ж.д. транспорт. — 1998. — № 4. — С. 27-29.
5. Яновський, П.О. Методика визначення тривалості знаходження вагонів на технічних станціях в умовах функціонування автоматизованої системи моделювання та аналізу експлуатаційної роботи залізниць [Текст] / П. О. Яновський // Заліз. трансп. України. — 2008. — № 2. — С. 25-28.
6. Яновський, П.О. Дослідження оптимізації терміну доставки вантажів [Текст] / П. О. Яновський // Залізничний транспорт України. — 2003. — № 4. — С. 17-19.

Поступила в редколлегию 15.02.2011.

Принята к печати 17.02.2011.

А. М. ШЕПЕТА, Р. Г. КОРОБІЙОВА (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВЛАСНИХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ В РИНКОВИХ УМОВАХ

Формування нової моделі ринку вантажних перевезень на просторі колії 1520 мм та збільшення числа власників приватних вагонів загострює питання ефективного керування парком вантажних вагонів.

В статті проаналізовані існуючі правила використання власних вантажних вагонів, виконано аналіз розрахунків базових тарифів на перевезення вантажів в універсальному рухомому складі парку залізниць і власному, з розподілом на складові, для різних відстаней перевезення і різної розрахункової маси вантажу.

Формирование новой модели рынка грузовых перевозок на просторе колеи 1520 мм и увеличения числа собственников собственных вагонов обострило вопрос эффективного управления парком грузовых вагонов.

В статье проанализированы существующие правила использования собственных грузовых вагонов, проведен анализ расчета базовых тарифов на перевозку грузов в универсальном подвижном составе парка железных дорог и собственном, с распределением на составляющие для разных расстояний перевозки и разной расчетной массы груза.

Formation of a new model of freight transportation market on 1520 mm gauge railways and increase in number of own car's owners has strained the question of an effective freight yard management.

The analysis of existing terms of own freight cars operation, calculation of key rates for load transportation by universal rolling stock yard and by the own one has been carried out with classification for different transportation distances and different calculation freight tonnage.

Згідно з даними ОСЖД [1] на сьогоднішній день парк вантажних вагонів держав-учасниць Союзу Незалежних Держав, Грузії, Латвії, Литви і Естонії складає 1 мільйон 440 тисяч одиниць, з них до інвентарного парку залізниць належать 700 тисяч одиниць, що складає 48,5 %, а решта 740 тисяч (51,5 %) – це вагони які належать до парку приватних вагонів [1]. Парк вантажних вагонів Укрзалізниці, за даними Центру політичного й економічного аналізу [2], складає близько 130 тис. вагонів, приватним власникам належить близько 60 тис. вантажних вагонів, що складає 30 % від кількості задіяного в перевезенні рухомого складу.

Відсутність достатніх інвестиційних ресурсів приводить до скорочення парку вантажних вагонів, які належать залізничним адміністраціям. По даним ОСЖД кожний рік зменшення вантажних вагонів, які належать залізничним адміністраціям, складає приблизно 20 тис. одиниць. При цьому скорочення вагонів має місце практично на всіх залізничних адміністраціях держав-учасниць Союзу Незалежних Держав, Грузії, Латвії, Литви і Естонії. Дефіцит рухомого складу спостерігається й в Укрзалізниці. В 2008 році затверджена Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008 – 2020 роки [3], яка орієнтована на придбання сучасного та вискоєфективного

рухомого складу, передбачає поповнення на 79,8 тис. вантажних вагонів та прогнозується збільшення долі приватного парку до 2020 року до 50 %. Таким чином, в парку з 230 тис. вагонів, що очікується, 115 тис. належатиме приватним власникам.

В умовах збільшення кількості власних вантажних вагонів і зменшення кількості вантажних вагонів залізничних адміністрацій в перевізному процесі гостро стоїть питання підвищення ефективності використання власних вантажних вагонів. Державна адміністрація залізничного транспорту України ініціює створення спільного парку рухомого складу, до якого увійшли б і приватні вагони операторів. У такий спосіб останні зможуть знизити витрати на пробіг порожнього рухомого складу.

У липні 2010 року в м. Києві залізничні адміністрації України, Росії, Казахстану і Білорусі підписали Пам'ятку записку про принципи експлуатації вантажних вагонів різних форм власності в нових умовах, якою передбачено створення єдиної системи керування парками вантажних вагонів різних форм власності [6].

Питання ефективного керування парком вантажних вагонів стає усе більш актуальним через формування нової моделі ринку вантажних перевезень на просторі колії 1520 мм та збільшення числа власників приватного парку. Залі-

зничні адміністрації почали зіштовхуватися зі стихійним переміщенням приватних вагонів, у результаті чого зростає порожній пробіг і виникає велике скупчення порожнього рухомого складу у чеканні вигідних для них вантажів. Для прикладу, оборот та порожній пробіг інвентарного вагона Укрзалізниці складають 6 діб та 37 %, а приватного 9 діб та 49 % відповідно.

При існуючих правилах використання власних вантажних вагонів підвищення їх ефективності практично неможливо. Тому запорукою підвищення ефективності використання власних вантажних вагонів є зміна правил їх експлуатації. Причому ці зміни повинні бути направлені до зближення технології роботи вантажних вагонів залізничних адміністрацій і власних вантажних вагонів.

На сьогоднішній день різниця в технологіях використання вантажних вагонів залізничних адміністрацій України і власних вантажних вагонів включає наступні питання:

- власник вантажних вагонів самостійно за свій рахунок і своїми засобами займається пошуком вантажів для перевезення своїми вагонами, тоді як для вантажних вагонів залізничних адміністрацій ця операція виконується централізовано;

- порожні власні вагони перевозяться за плату, яка встановлена по ставкам за вісекілометр по перевізним документам, які оформлюються за рахунок власника, тоді як порожні вагони залізничних адміністрацій перевозяться безоплатно по регулювочним завданням з оформленням натурного листа або пересильної відомості (в залежності від роду вагону), які оформлюються працівниками залізниці;

- на власні вантажні вагони не нараховується плата за користування вагонами при їх знаходженні на території інших залізничних адміністрацій, чи на під'їзних коліях незагального користування. Навпаки, згідно з даними [4] за затримку на станції призначення чи на підходах до неї або на станції відправлення власних вантажних вагонів з вини одержувача, відправника або власника вагонів залізнична адміністрація стягує плату за користування вагонами в розмірі 50 % ставок, встановлених для вагонів залізничних адміністрацій.

Основним критерієм зближення технологій використання власних вантажних вагонів і вантажних вагонів залізничних адміністрацій для власників вагонів є їх прибуток. Збільшення прибутків буде стимулювати власників вагонів на зближення технологій використання вагонів, а незмінний прибуток чи його падіння призведе

до відмови власників вагонів від такого зближення технологій.

При сучасних правилах використання власних вантажних вагонів їх власник одержує вагонну складову тарифу на перевезення вантажів. Для одержання цієї складової власник вагонів несе витрати:

- пов'язані з покриттям амортизаційних відрахувань;

- на технічне утримання та ремонт вагонів;

- на утримання персоналу, який займається експлуатацією власних вагонів.

Різниця між вагонною складовою тарифів на перевезення вантажів і сумарними витратами власника вагонів складає його прибуток.

Підвищення ефективності використання власних вагонів на базі зближення їх технологій використання з технологією використання вантажних вагонів залізничних адміністрацій передбачає збільшення обсягів перевезення за рахунок зменшення порожнього пробігу власних вагонів. Це призведе до збільшення надходжень коштів власнику вагонів за рахунок вагонної складової тарифів на перевезення вантажів. В той же час підвищення інтенсивності використання вантажних вагонів призведе до збільшення витрат власника вагонів на їх утримання та ремонти. Порівняння збільшення надходжень і додаткових витрат власників вагонів дасть їм можливість прийняти рішення про необхідність більш інтенсивного використання їх вагонів на базі нової технології експлуатації власних вагонів. А якщо ця технологія дасть можливість зменшити інші витрати власника вагонів і збільшити надходження коштів за рахунок введення плати за користування вагонами, тоді така технологія буде привабливою для багатьох власників вантажних вагонів.

Розглянемо вагонну складову тарифу на перевезення вантажів у власних вагонах і у вагонах залізничних адміністрацій України на базі найбільш дефіцитного і найбільш інтенсивного використовуваного універсального вантажного вагону. Згідно з [4] тариф на перевезення вантажів як у власних універсальних вагонах, так і в універсальних вагонах Укрзалізниці, визначається по тарифній схемі № 1. Розрахункові формули визначення цього тарифу за операціями перевізного процесу та складовими приведені в табл. 1.

В розрахункових формулах, приведених в табл. 1, наведені наступні позначення:

k_L – коефіцієнт, що коригує вартість перевезення вантажу залежно від інтенсивності ван-

тажних операцій (зі збільшенням відстані перевезення коефіцієнт зменшується);

k – коефіцієнт, що коригує вартість за операцію руху залежно від відстані перевезення (зі збільшенням відстані перевезення коефіцієнт зменшується).

P – розрахункова маса вантажу (т), яка визначається на підставі округленої до повних тонн загальної маси вантажу;

L – середина відстань тарифного поясу (км), в який попадає тарифна відстань перевезення вантажу.

Таблиця 1

Розрахункові формули визначення тарифу на перевезення вантажів у власних універсальних вагонах та універсальних вагонах парку залізниць

За початково-кінцеві операції		За операції руху	
інфраструктурна (з урахуванням локомотивної тяги)	вагонна	інфраструктурна (з урахуванням локомотивної тяги)	вагонна
Універсальний парку залізниць при завантаженні до 72,5 т			
$(418,09773 + 30,9702k_L)$	$(108,41293 + 8,03059k_L)$	$(6,01477 + 0,44533k_L + P(0,02848 + 0,00211k_L))Lk$	$(1,30448 + 0,09663k_L)$
Універсальний парку залізниць при завантаженні понад 72,5 т			
$(4,74782 + 0,35169k_L)$	$(0,99498 + 0,0737k_L)$	$(0,06968 + 0,00542k_L)Lk$	$(0,00742 + 0,00055k_L)$
Універсальний власний при завантаженні до 72,5 т			
$(406,99274 + 30,14761k_L)$	–	$(5,65778 + 0,4191k_L + P(0,02201 + 0,00163k_L))Lk$	–
Універсальний власний при завантаженні понад 72,5 т			
$(4,59424 + 0,33731k_L)$	–	$(0,06154 + 0,00485k_L)Lk$	–

При перевезенні вантажів в універсальних вагонах базова ставка (БС) плати визначається по формулах, приведених в табл. 1:

– для вагонів парку залізниць – як сума інфраструктурної (І) та вагонної (В) складових тарифу:

$$БС = I + B ;$$

– для власних вагонів – інфраструктурна ($I_{вл}$) складова:

$$БС = I_{вл} .$$

Аналіз розрахунків базових тарифів на перевезення вантажів в універсальному рухомому складі парку залізниць і власному, з розподілом на складові, для різних відстаней перевезення і різної розрахункової маси вантажу показує наявність різниці інфраструктурних складових для вагонів парку залізниць і для власних вагонів (див. рис. 1).

Причому ця різниця зростає зі збільшенням відстані перевезення і збільшенні розрахункової маси вантажу. Значення різниці інфраструктурних складових зростає також по відношенню до вагонної складової вагону парку залізниць. Так при відстані перевезення 50 км і розрахунковій масі 50 тонн значення цієї різниці

по відношенню до вагонної складової має значення 26,2 %, а при відстані перевезення 2100 км і розрахунковій масі 70 т – 58,7 %, що більш ніж в два рази перевищує мінімальне значення. Такий рівень тарифів призводить до того, що погіршується ефективність використання власних вантажних вагонів, тобто перевезення вантажів власним рухомим складом стає не вигідним.

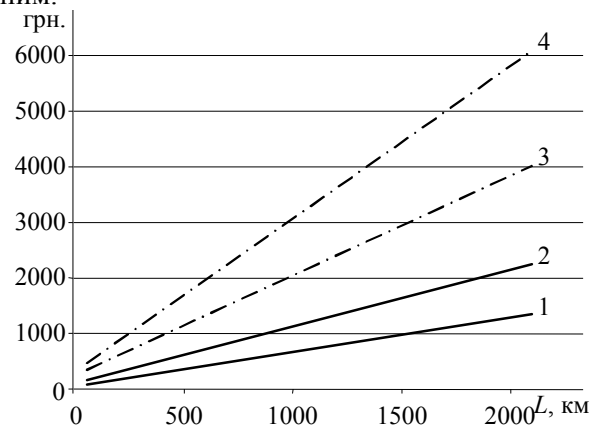


Рис. 1. Розрахунок базових тарифів на перевезення вантажів. 1, 3 – різниці інфраструктурних складових відповідно при розрахунковій масі вантажів $P = 50$ т та $P = 70$ т; 2, 4 – різниці базових тарифів на перевезення вантажів в універсальному рухомому складі парку залізниць і власному відповідно при розрахунковій масі вантажів $P = 50$ т та $P = 70$ т.

У введеному в дію з 15 квітня 2009 року Тарифне керівництво № 1 зберегло гіперболічний характер залежності дохідної ставки тарифу у коп./10 т-км від відстані перевезення (рис. 2) як при перевезенні вантажів в універсальному рухомому складі парку залізниць так й у власному рухомому складі. Такий характер залежності спричиняє надто високий рівень тарифів на невеликих відстанях перевезення (до 100 км) і відтак, повну не конкурентоспроможність залізничного транспорту на цих відстанях.

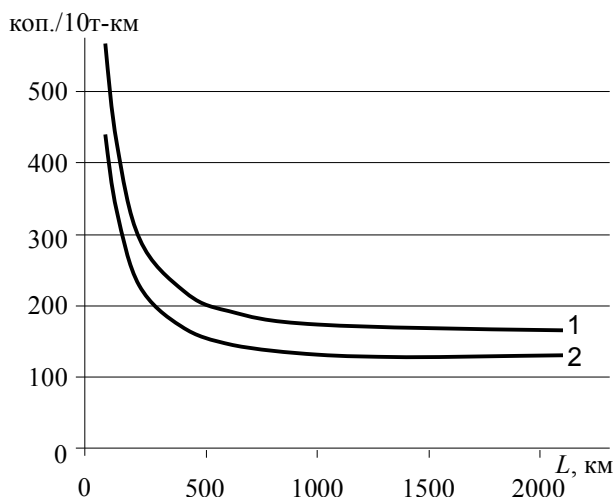


Рис. 2. Залежність дохідної ставки тарифу від відстані перевезення. 1 – при перевезенні вантажів в універсальному рухомому складі парку залізниць; 2 – при перевезенні у власному рухомому складі.

При зближенні технологій використання власних вантажних вагонів і вагонів парку залізниць ліквідація різниці інфраструктурних складових може стати одним із факторів підвищення ефективності використання власних вантажних вагонів.

Таким чином по результатам дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Кожна залізнична адміністрація держав-учасниць Союзу Незалежних Держав, Грузії, Латвії, Литви і Естонії повинні розробити правила використання власних вантажних вагонів на своїй території з врахуванням побажань вла-

сників вагонів, конкретних умов експлуатації, з метою підвищення ефективності використання власних вагонів.

2. Після аналізу запропонованих кожною залізничною адміністрацією правил використання власних вагонів можливе прийняття загальних правил експлуатації власних вагонів на території всіх чи більшості держав – учасниць Союзу Незалежних Держав, Грузії, Латвії, Литви і Естонії.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Протокол заседания экспертов рабочей группы по вопросам эксплуатации грузовых вагонов в новых условиях при комиссии по вопросам реформирования и структурных преобразований от 5-6 ноября 2009, г. Москва, ОСЖД.

2. Укрзалізниця окреслює шляхи оптимізації вагонного парку. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://wap.uz.gov.ua/index.php?m=info.news&f=Doc.View&p=news_3271.0.news&lng=ru

3. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки затверджена наказом Міністерство транспорту та зв'язку України № 1259 від 14.10.2008. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://uz.gov.ua>.

4. Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом України та пов'язані з ними послуги. Київ, 2009, Укрзалізниця. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://uz.gov.ua/?lng=uk>.

5. Офіційний веб-сайт Укрзалізниці. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://uz.gov.ua/?lng=uk>.

6. Залізничники розроблять єдину систему керування парком вантажних вагонів [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://www.uz.gov.ua/index.php?f=Doc.View&p=news_5317.0.news&lng=uk

Надійшла до редколегії 05.02.2011.

Прийнята до друку 17.02.2011.

В. З. ЯНЕВИЧ, С. М. ЦЕРКОВНИЙ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРИ АНАЛІЗІ РОБОТИ СТАНЦІЙ І ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ ПІДПРИЄМСТВ

В статті викладена методика визначення найбільш реальних умов для аналізу взаємодії залізничних станцій та прилеглих до них під'їзних колій підприємств, в тому числі інтенсивності у часі прибуття поїздів з вагонами в адресу підприємств. Ці дані найбільш об'єктивні, тому що базуються на результатах статистичного аналізу і подальшого моделювання і можуть бути використані для розрахунків по взаємодії станцій залізниць і примкнених до них під'їзних колій підприємств. Виконані дослідження підтвердили достовірність вказаної методики по визначенню відповідальних реальності з високою адекватністю вихідних даних для оцінки взаємодії в транспортно-вантажних комплексах і розробки єдиних технологічних процесів (ЕТП).

В статье изложена методика определения наиболее реальных исходных данных для последующего анализа взаимодействия железнодорожных станций и примыкающих к ним подъездных путей предприятий, в том числе интенсивности во времени прибытия поездов с вагонами в адрес предприятий. Эти данные наиболее объективны потому, что базируются на результатах статистического анализа и дальнейшего использования моделирования и могут быть использованы для расчетов по взаимодействию станций железных дорог и примыкающих к ним подъездных путей предприятий. Выполненные исследования подтвердили целесообразность указанной методики по определению отвечающих реальности высокой адекватности исходных данных для оценки взаимодействия в транспортно-грузовых комплексах и разработки единых технологических процессов (ЕТП).

Аналіз роботи вантажних станцій і під'їзних шляхів, що примикають до них, промисловості показує, що ефективність транспортно-вантажної роботи цього комплексу залежить від цілого ряду факторів, основними з яких є:

1. Постійно змінюючі ситуація, по підходу вантажів і порожніх вагонів на станцію примикання і під'їзну колію;
2. Змінні об'єми відвантаження готової продукції, що залежать, у свою чергу, від багатьох технологічних і інших факторів;
3. Стан вантажно-розвантажувальних пристроїв і механізмів;
4. Організація роботи і стан локомотивного парку;
5. Конфігурація транспортної схеми під'їзної колії і станції;

Вплив всіх цих факторів, крім першого, залежить, в основному, від внутрішньої організації роботи станції примикання й промислового підприємства і у деякій мірі піддається регулюванню шляхом удосконалювання технологічного процесу роботи транспорту і основного виробництва.

Вплив же першого фактора залежить від роботи прилягаючих до станції примикання магістральних ділянок, сортувальних станцій, постачальників сировини й матеріалів для конк-

ретного підприємства, організації по забезпеченню його порожніми вагонами для відвантаження готової продукції. Тому його вплив на роботу станції примикання і під'їзної колії найбільш істотний.

Оцінка роботи станції примикання й транспорту під'їзної колії промислового підприємства при розробці Єдиних технологічних процесів (ЕТП) по середньодобових обсягах завантаження без врахування реально виникаючих характерних експлуатаційних ситуацій в часі і кількості поїздів, що прибувають (а значить і вантажів) не є об'єктивною й всебічною.

Тому для аналізу роботи під'їзної колії при розробці ЕТП пропонується методика формування розрахункового вхідного на вантажну станцію вагонопотоку на основі імовірнісної математичної моделі.

Як приклад розглянемо складання ЕТП для аналізу роботи залізничного транспорту під'їзної колії одного із заводів.

Оскільки при розробці ЕТП виконується перевірка відповідності перероблювальної спроможності всього комплексу транспортно - вантажних пристроїв, то розміри його завантаження варто встановлювати по величині, що перебуває між середнім і максимальним рівнями.

Функціонування розглядаємого комплексу залежить не тільки від розмірів завантаження транспортно-вантажною роботою, тому необхідно враховувати також розподіл її і за часом.

Зроблений якісний аналіз надходження й відправлення вантажів на завод за окрему добу показав, що є значна нерівномірність як обсягів роботи за добу в цілому, так і нерівномірність надходження й відправлення вантажів по окремих видах номенклатури вантажів.

Тому для обліку близьких до реальної обстановки експлуатаційних ситуацій і відображення різного виду нерівномірностей необхідно спочатку встановити період аналізу роботи транспорту під'їзної колії і станції примикання.

Під характерним періодом роботи транспортно-вантажного комплексу й характерним обсягом його завантаження при аналізі варто розуміти найбільше що часто зустрічаються, прибуття поїздів або передач по кількості й часу доби. Для виявлення їх використовується спеціальна методика, заснована на математичних методах - теорії ймовірностей, дослідження операцій і математичної статистики, яка дозволяє імітувати надходження вантажів на під'їзну

колію. З обліком як нерівномірності, так і впливу емпіричного графіка їхнього прибуття.

Як вихідні матеріали для аналізу вагонопотоку по прибутті (передач) були використані відомості прибуття передач на один із заводів за найбільш характерні місяці його роботи. Дані про розклад передач із цих відомостей були переписані в таблиці, де виконане їх групування в залежності від типу рухомого складу, установленної попередньо номенклатури вантажів і їх одержувачів. Крім цього, у ній були враховані номери передач, час і інтервал прибуття між ними й загальна кількість вагонів у передачах. Підсумкові результати цих таблиць дали можливість виконати декілька видів аналізу.

Відповідно до зазначеної методики, першим був проведений аналіз, що дозволив визначити тривалість найбільш характерного періоду, що охоплює основні експлуатаційні ситуації по розмірах прибуття вантажів на завод. Для цього дані про кількість прибулих передач були зведені в статистичні ряди окремо по напрямках прибуття, оскільки вантажі на адресу заводу надходять із двох напрямків (західного й східного, див. табл. 1).

Таблиця 1

Статистичний ряд надходження передач на завод за 2 місяці

3 західного напрямку	Кількість передач за добу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Всього			
	Кількість днів з таким прибуттям передач	9	13	19	25	11	10	3	1	0	92			
	Емпіричні частоті	0,0978	0,1413	0,2065	0,2826	0,1195	0,1086	0,0326	0,0108	-	1,0			
	Загальна емпірична частість				0,858									
	Теоретична кількість передач	5,59	13,09	20,80	22,44	16,43	8,17	2,75	0,63	0,1	90,0			
3 східного напрямку	Кількість передач за добу	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Всього
	Кількість днів з таким прибуттям передач	1	1	2	9	10	11	23	14	11	5	4	1	92
	Емпіричні частоті	0,0109	0,0109	0,0218	0,0978	0,1085	0,1195	0,256	0,1522	0,1195	0,0543	0,0435	0,0109	1,0
	Загальна емпірична частість							0,75						
	Теоретична кількість передач	0,48	0,88	2,60	6,01	10,95	15,76	17,74	15,78	11,06	6,10	2,65	1,03	90,4

Результати статистичного аналізу зазначених рядів показали, що прибуття передач на завод підчиняється нормальному закону розпо-

ділу, що описується диференціальною функцією:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\delta^2}}$$

де a – математичне очікування;

δ – середнє квадратичне відхилення нормального розподілу.

На рис. 1 наведені багатокутники спостережуваних частот і теоретичні криві розподілу.

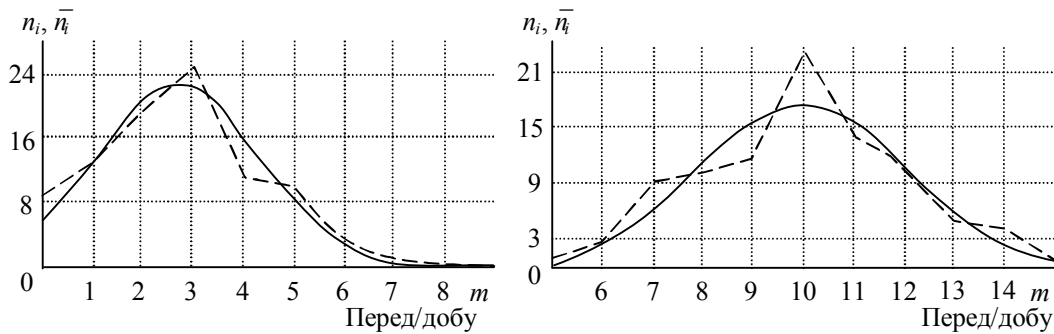


Рис. 1. Багатокутники спостережуваних частот і теоретичні криві розподілу

Як показав аналіз, розбіжність спостережуваних і теоретичних частот носить випадковий характер, а оцінка збіжності за критерієм Романовського підтверджує правильність прийнятої гіпотези про нормальність розглянутих розподілів.

Згідно з даними табл. 1, найбільш характерним для заводу є надходження 1 + 5 передач з вагонями, що прибули із західного, і 8 + 10 передач із східного напрямку. Із цієї ж таблиці слідує, що з достовірністю не нижче 0,86 для західних і 0,75 для східних передач у період п'яти діб з розмірами прибуття відповідно 15 і 50 передач досить точно відображає характерні умови роботи під'їзної колії.

На підставі встановленої в такий спосіб глибини характерного періоду виконується й весь подальший аналіз роботи транспортного комплексу.

У зв'язку з тим, що прибуваючі поїзди на станцію примикання чи передачі на під'їзну колію мають різну довжину по числу вагонів, для визначення довжини розрахункових поїздів робиться відповідний статистичний аналіз.

Для визначення розкладання розрахункових поїздів була використана структура поїздів, що прибувають, за тривалий період.

На підставі емпіричного розподілу довжин поїздів, що прибувають, обчислювалися порозрядні емпіричні частоти їхнього прибуття. Множення кожної з порозрядних частот на загальну кількість поїздів за розрахунковий період дає (з наступним округленням до цілих числових значень) ряд прибуття поїздів з розподілом їх по довжині за розрахунковий період.

Згідно з даними, за розглянутий період (92 доби) на завод із західного напрямку надійшло 3142 умовних вагони. Для виявлення закономі-

рності розподілу кількості вагонів у передачах, що прибувають, дані первинних таблиць були згруповані в допоміжних таблицях з інтервалом через п'ять умовних вагонів у діапазоні змінюваності їх по кількості в передачах. На підставі допоміжних таблиць були складені таблиці ймовірностей прибуття передач по кількості вагонів у передачі (табл. 2)

Однак, таке надходження передач із західного напрямку характеризувало б теперішній момент розрахункового періоду. Але оскільки технологія роботи транспорту під'їзної колії розроблялася на найближчу перспективу - то необхідно скорегувати і надходження вагонів у передачах.

Згідно з даними перспективного вантажообігу, у середньому за добу на завод повинно надходити 69, а за 5 доби 345 вагонів.

Аналіз прибуваючих у переробку поїздів показав, що як по довжині, так і по вазі, вони значно менше, ніж встановлено ваговою нормою по ділянках. Тому було прийнято, що ріст надходження вагонів на завод з західного напрямку буде реалізований не за рахунок більшого числа поїздів, що прибувають, а за рахунок збільшення їхньої довжини й ваги.

Після визначення кількості й довжини розрахункових передач необхідно скласти їх розклад з обліком типу рухомого складу, типу вантажу або одержувача. Оскільки прибуття того або іншого роду вантажу в межах розглянутої номенклатури на той або інший вантажний фронт є подією випадкового характеру, то для визначення складу передач із врахуванням згаданих вище вимог використаний ймовірнісний спосіб його складання - метод статистичного моделювання.

Ряд розподілення кількості вагонів в прийнятих на завод передачах

Кількість вагонів в передачі	Кількість передач по звітним даним за 2 місяці	Емпіричні частоти надходження передач	Розрахункова кількість передач	Кількість передач за 5 діб	Кількість вагонів в передачах
1...5	44	0,1774	2,6610	3,0	9
6...10	60	0,2419	3,6275	4,0	32
11...15	41	0,1653	2,4785	3,0	39
16...20	45	0,1814	2,7210	1,0	54
21...25	13	0,0524	0,7865	1,0	23
26...30	20	0,0806	1,2090	-	28
31...35	7	0,0282	0,4230	-	-
36...40	8	0,0322	0,4830	-	-
41...45	6	0,0241	0,3210	-	-
46...50	3	0,0120	0,1800	-	-
51...55	1	0,0040	0,0600	-	-
Всього 248		1.0000	15,0000	15,0	185

У якості вихідних даних для складання розрахункового розкладання передач використаний емпіричний розподіл прибуття вантажів з урахуванням роду рухомого складу.

На підставі складених таблиць імовірності прибуття вантажів, розрахункових накопичених емпіричних частотностей і випадкових рівномірно розподілених чисел з використанням процедури статистичних випробувань (методу Монте-Карло) був отриманий склад рахункових передач.

У зв'язку із громіздкістю зазначеної процедури визначення самого складу передач виконувалось по програмі, яка включала в себе і підпрограму одержання випадкових чисел.

Факт влучення випадкового числа в певний розряд прирівнювався до прибуття конкретного типу вагону з тим або іншим видом вантажів на певний вантажний фронт.

Тут слід зазначити, що у випадку прибуття окремих видів вантажів не одиночними вагонами, а групами вагонів або маршрутами, при обчисленні емпіричних частотностей їхнього прибуття варто оперувати не кількістю вагонів, що прибули за період, по якому зробили вибірку, а по кількості прибуття груп вагонів або маршрутів із цими видами вантажів. Кількість же вагонів по кожній із розрахункових груп, що прибувають, може бути встановлена по емпіричному розподілу числа вагонів у групах (або маршрутах)

Немаловажним фактором для об'єктивності розрахунку показників роботи розглянутого комплексу є облік впливу фактичного графіка прибуття поїздів на станцію примикання, а значить і прибуття тих або інших вантажів у випадковій кількості в даному поїзді для конкретної під'їзної колії.

Для відображення впливу цього фактора було складено рівняння кореляційної залежності між інтервалами прибуття поїздів і кількістю вагонів у поїздах.

У результаті виконаних розрахунків отримане рівняння залежності між кількістю вагонів у передачах і інтервалами їхнього прибуття, що з достатнім ступенем точності описується поліномом четвертого порядку:

$$t = 9,1727424 - 1,0057392n + 0,1022576n^2 - 0,0035168n^3 + 0,0000384n^4,$$

де n – кількість вагонів у передачі;

t – інтервал надходження передачі від попередньої.

За результатами проведених розрахунків був побудований графік (див. рис. 2), на якому наведені зазначені статистичні й теоретична кореляційні залежності.

Для складання графіка прибуття розрахункових поїздів, який би відображав вплив фактичного графіка, за допомогою методу статистичних випробувань складалася спочатку черговість прибуття розрахункових поїздів, тобто проводилася їхня нумерація, а потім по отриманій кореляційній залежності між суміжними парами поїздів, що прибувають, визначалися відповідні міжпоїзні інтервали.

При складанні черговості прибуття передач була прийнята умова, відповідно до якої прибуття кожної з передач є рівномірним. Тому черговість їхнього надходження на завод була отримана також за допомогою процедури статистичних випробувань - по інтегральній функ-

ції розподілу за допомогою псевдовипадкових рівномірно розподілених чисел.

Фрагмент результатів розрахунку по визначенню прибуття передач на завод наведений у табл. 3.

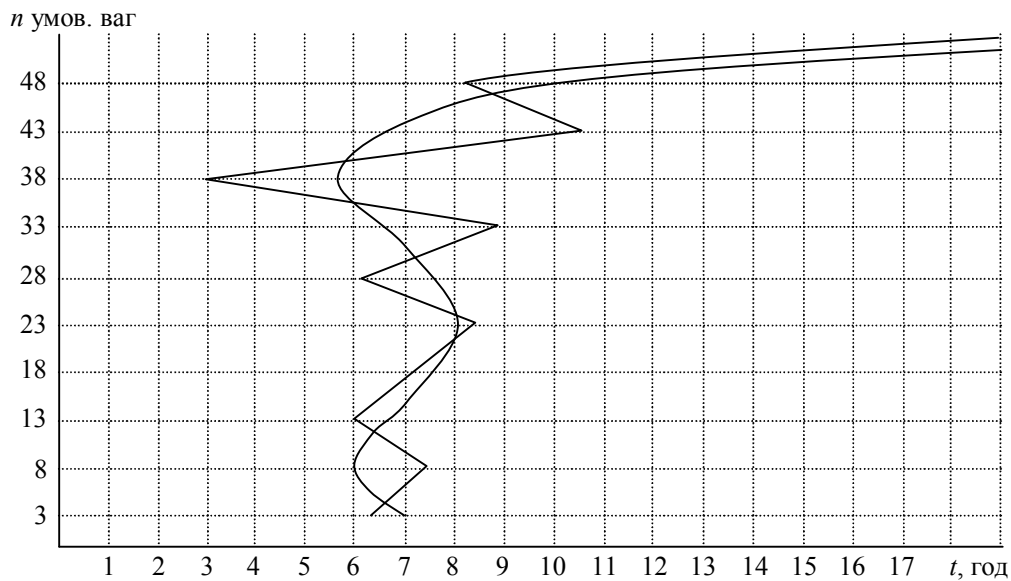


Рис. 2. Статистичні й теоретична кореляційні залежності

Таблиця 3

Фрагмент результатів розрахунку по визначенню прибуття передач на завод

№ п/п	Кількість передач за 5 дб	Ймовірність прибуття передач	Накопичена ймовірність інтегральної функції розподілення прибуття передач	Порядок прибуття передач	Розрахункова кількість вагонів в передачі	Інтервали прибуття передач	Прийнята кількість вагонів в передачі	Час прибуття передач	Нумерація дб
1	1	0,0666	0,0666	1	3	-	6	330	I
2	1	0,0666	0,1332	8	13	6,75	12	1015	
3	1	0,0666	0,1998	2	3	7,00	6	1715	
...									
11	1	0,0666	0,7326	12	18	7,70	15	112	IV
12	1	0,0666	0,7992	13	18	7,70	15	854	
13	1	0,0666	0,8658	10	13	6,75	12	1557	
14	1	0,0666	0,9324	3	3	7,00	6	2306	V
15	1	0,0666	1,0000	7	8	6,00	9	506	
Всього	15						173		5

Перевірка описаної методики формування вхідного поїзду і вагонопотоків на вантажні станції, що є пунктами примикання під'їзних колій, при складанні ряду Єдиних технологічних процесів показала високий ступінь збіжності вагонопотоків отриманого шляхом моделювання прибуття вантажів по номенклатурі й кількості з їхнім фактичним надходженням за тривалий період функціонування розглянутих комплексів.

Аналіз роботи станції примикання й під'їзної колії з відображенням фактичного підходу поїздів, що імітують реальні складні експлуатаційні ситуації по підходу вантажів і порож-

нього рухомого складу, дозволяє більш повно й об'єктивно оцінити характерні експлуатаційні умови роботи розглянутого транспортно-вантажного комплексу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Митропольский, А. К. Техника статистических вычислений [Текст] / А. К. Митропольский. – М.: Физматгиз, 1970.

Надійшла до редколегії 04.02.2011.

Прийнята до друку 17.02.2011.

Для нотаток

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 1
(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 60 x 84¹/₈. Ум.друк.арк.13,02. Тираж 150 пр. Зам. № 525

Віддруковано у Видавництві Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003.

Адреса редакції, видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10, 49010, Україна
Тел.: +38 (0562) 33-19-13, *e-mail:* trans_sys@upp.diit.edu.ua