



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ПІВНІЧНО-СХІДНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
ТРАНСПОРТНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ**

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Випуск 154

Харків 2015

УДК 656.2

До збірника увійшли матеріали науково-дослідних робіт магістрів Української державної академії залізничного транспорту, спеціалістів залізничного транспорту та промисловості, які присвячені вирішенню сучасних проблем з підвищення ефективності та удосконалення процесу перевезень вантажів, експлуатації та ремонту рухомого складу, інформаційної технології, зв'язку та телеуправління на залізничному транспорті і утримання споруд і колій залізниць України.

Збірник призначений для інженерно-технічних працівників залізничного транспорту та промисловості, науковців, аспірантів, магістрів та студентів.

З електронною версією збірника можна ознайомитися на сайті: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe.

Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (Польща). Реєстрацією збірника можна ознайомитися на сайті <http://jml2012.indexcopernicus.com/masterlist.php?page=127>

ISSN 1994-7852

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 8617 видане 06.04.2004 р. Друкується за рішенням Вченої ради академії від 26 травня 2015 р., протокол №4.

Збірник включено до переліку № 1 наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Постанова президії ВАК України № 1-05/4 від 26 травня 2010 р.)

РЕДАКЦІЙНО-ВИДАВНИЧА РАДА:

д.т.н., професор С.В. Панченко – голова Ради
д.т.н., професор С.І. Приходько – заступник голови
к.т.н., професор А.О. Каграманян – заступник голови
к.т.н., доцент С.В. Михалків – заступник голови
д.т.н., професор А.Б. Бойнік
д.т.н., професор Т.В. Буцько
д.т.н., професор В.С. Блиндюк
д.т.н., професор А.П. Фалендиш

д.т.н., професор С.В. Лістровий
д.т.н., професор Д.В. Ломотько
д.т.н., професор В.І. Мойсеєнко
д.т.н., професор А.А. Пługін
д.т.н., професор Е.Д. Тартаковський
д.т.н., професор Л.А. Тимофеева
д.т.н., професор Я.В. Щербак

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Експлуатація залізниць

д.т.н., професор Т.В. Буцько – головний редактор
д.т.н., професор Д.Г. Неволін УрДУШС (Росія)
д.т.н., професор В.Я. Негрей БелДУТ (Білорусь)
д.т.н., професор М.М. Бабаєв
д.т.н., професор А.Б. Бойнік
д.т.н., професор О.В. Лаврухін
д.т.н., професор О.Г. Шibaєв
д.т.н., професор В.Н. Бобровський
д.т.н., професор І.В. Жуковицький
д.т.н., професор Є.С. Альошинський

Теплові двигуни

д.т.н., професор А.П. Фалендиш - головний редактор
д.т.н., професор О.Є. Пудовиков МДУШС (Росія)
д.т.н., професор В.І. Мороз
д.т.н., професор В.М. Зайончковський
д.т.н., професор А.П. Марченко
к.т.н., професор А.О. Каграманян
к.т.н., професор В.І. Могила
д.т.н., професор Д.С. Жалкін
д.т.н., професор Н.Б. Білецька-Чернецька (Східноукраїнський нац. ун-т ім. В.І. Даля)

Рухомий склад залізниць

д.т.н., професор Е.Д. Тартаковський – головний редактор
д.т.н., професор В.І. Кисельов МДУШС (Росія)
д.т.н., професор О.М. Грищенко ПДУШС (Росія)
д.т.н., професор А.П. Фалендиш
д.т.н., професор О.Б. Бабанін
д.т.н., професор Я.В. Щербак
д.т.н., професор В.Г. Пузир
д.т.н., професор І.Е. Мартинов
д.т.н., професор Ю.Є. Калабухін

Будівельні матеріали, конструкції та споруди

д.т.н., професор А.А. Пługін – головний редактор
д-інж., професор Х.-Б. Фішер (Веймарський буд. ун-т, Німеччина)
д.т.н., професор В.С. Лесовик (Белгород. ДТУ ім. В.Г. Шухова, Росія)
д.т.н., професор А.Д. Омаров (Гуманітар.ун-т тр-та і права ім. Д.А. Кунаєва, Республіка Казахстан)
д.т.н., професор Д.А. Пługін
д.т.н., професор М.Ю. Ізбаш
д.т.н., професор Г.М. Шабанова
д.т.н., професор О.М. Даренський
д.т.н., професор Ю.О. Ландау
к.т.н., доцент Г.Л. Ватуля

За загальною редакцією к.т.н. А.О. Каграманяна

ISSN 1994-7852

Зареєстровано 2 червня 2007 р.
у ISSN International Centre 20. Rue
Vachautmont, 75002 PARIS, FRANCE

© Український державний університет залізничного транспорту, 2015

ЗМІСТ

Експлуатація залізниць

<i>Розсоха О.В., Солонець В.М.</i> Моделювання пасажирських поїздопотоків високошвидкісних залізничних магістралей	5
<i>Бутько Т.В., Висоцька К.П.</i> Удосконалення технології роботи вокзального комплексу в умовах впровадження швидкісного руху поїздів	14
<i>Ковальов А.О., Грищенко В.О.</i> Перспективи розвитку швидкісних пасажирських перевезень в Україні на основі світового досвіду	20
<i>Калашнікова Т.Ю., Биков М.В.</i> Аналіз досвіду якості обслуговування пасажирів в умовах високошвидкісного руху	24
<i>Обухова А.Л., Мар'юшкіна Є.Ю.</i> Удосконалення технології обслуговування вантажобагажів при здійсненні швидкісного руху	29
<i>Продащук С.М., Биковська Ю.В., Івахненко С.С.</i> Вплив високошвидкісних магістралей на інші види транспорту в сучасних умовах	34
<i>Ломотько Д.В., Марасіна І.Є.</i> Аналіз функціонування транспортно-пересадочних вузлів на високошвидкісних залізничних магістралях	39
<i>Лаврухін О.В., Мкртчян Д.І., Костенніков О.М., Іващенко А.Д.</i> Сучасний світовий досвід розвитку високошвидкісного руху пасажирських поїздів та дослідження перспектив його розвитку в Україні	48
<i>Долгополов П.В., Чікаров Р.В.</i> Удосконалення диспетчерського управління на дільниці в умовах швидкісного руху	53
<i>Запара Я.В., Биков О.В.</i> Дослідження та аналіз причин недостатнього розвитку швидкісного залізничного руху в Україні	58
<i>Альошинський Є.С., Подкользіна К.В.</i> Удосконалення технології роботи залізничних технічних станцій у межах ліній високошвидкісних магістралей	62
<i>Прохорченко А. В., Кравченко Д. О.</i> Аналіз наукових досліджень щодо проектування транспортних мереж високошвидкісного та звичайного руху	70
<i>Малахова О.А., Анікеєва О.М.</i> Розвиток швидкісного пасажирського руху в Україні на основі всесвітнього досвіду	75
<i>Кулешов В. В., Гронський Є. Л.</i> Удосконалення конструкції сортувальної станції при швидкісних перевезеннях в умовах змінення обсягів роботи	80
<i>Константинов Д.В.</i> Удосконалення моделей формування раціональних маршрутів прямування приміських пасажирських поїздів на залізницях України	88
<i>Саух К.С.</i> Проблеми та перспективи розвитку підприємств малого бізнесу в Україні	93
<i>Дикань В.Л., Корінь М.В.</i> Розвиток високошвидкісного руху в Україні на основі формування виробничо-логістичних кластерів	98
<i>Дейнека А.Г., Котик В.А.</i> Влияние трудового потенциала в модели распределения ресурсов в Украине	103

<i>Позднякова Л.А., Котик В.В.</i> Модель подготовки кадров в Украине	109
<i>Бабаев М.М., Блиндюк В.С., Богатырь Ю.И.</i> Имитационное моделирование временных зависимостей параметров асинхронных двигателей стрелочных электроприводов	120
<i>Ананьева О.М., Давиденко М.Г.</i> Временные зависимости сигнального тока локомотивного приемника числовых кодов АЛСН	126

Рухомий склад залізниць

<i>Зінківський А.М.</i> Аналіз розвитку технічного оснащення сучасних високошвидкісних рейкових поїздів	136
<i>Корогодский В.А., Стеценко О.Н., Ткаченко Е.А.</i> Влияние расслоения топливно-воздушного заряда на показатели сгорания двухтактного двигателя с искровым зажиганием	142

Будівельні матеріали, конструкції та споруди

<i>Даренський О.М., Беліков Е.А.</i> Аналіз розвитку теорій розрахунків залізничних колій	149
---	-----

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАЛІЗНИЦЬ

УДК 005:656.072

МОДЕЛЮВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДОПОТОКІВ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ МАГІСТРАЛЕЙ

Канд. техн. наук О.В. Розсоха, магістрант В.М. Солонець

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОПОТОКОВ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Канд. техн. наук А.В. Розсоха, магістрант В.Н. Солонец

THE MODELLING OF FLOWS OF PASSENGER TRAINS OF HIGH-SPEED RAILWAYS

Cand. of tehn. sciences A. Rozsokha, master student V. Solonets

У статті подано удосконалену математичну модель оптимального розподілу потоку пасажирських поїздів високошвидкісних магістралей на полігоні залізниці. У якості критерію оптимальності обрано максимальний прибуток пасажирської компанії при організації руху високошвидкісних поїздів на даному полігоні. Розроблена математична модель базується на комплексному підході з урахуванням пасажиропотоку, робочого парку вагонів у складах високошвидкісних поїздів, обмежень переробної спроможності проміжних станцій по маршруту руху поїздів.

Ключові слова: пасажирські перевезення, план формування пасажирських поїздів, оптимізація.

В статье представлена усовершенствованная математическая модель оптимального распределения потока пассажирских поездов высокоскоростных магистралей железных дорог на полигоне. В качестве критерия оптимальности выбрана максимальная прибыль пассажирской компании при организации движения высокоскоростных поездов на данном полигоне. Разработанная математическая модель базируется на комплексном подходе с учетом пассажиропотока, рабочего парка вагонов в складах высокоскоростных поездов, ограниченной перерабатывающей способности промежуточных станций по маршруту движения поездов.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, план формирования пассажирских поездов, оптимизация.

The article presents a mathematical model of optimal flow distribution of passenger trains of high-speed Railways on the ground of Railways. As optimality criterion selected maximum profit passenger company in the organization of high-speed trains on this site. A mathematical model was developed based on an integrated approach with regard to passenger traffic, the working fleet of cars in trains, high speed trains, constraints to capacity of the intermediate stations along the route of the trains.

Key words: passenger transport, plan for the formation of passenger trains, optimization.

Вступ. Значна економічна та соціальна ефективність високошвидкісних залізничних магістралей (ВШМ), їх невеликий негативний вплив на навколишнє середовище порівняно з іншими видами транспорту в розвинених країнах виробили думку суспільства на їхню користь. Висока ефективність високошвид-

кісного залізничного транспорту сприяє його розвитку як у Російській Федерації, так і в Україні.

Постановка проблеми. Сучасні тенденції на ринку транспортних послуг з перевезення пасажирів полягають у зменшенні ролі залізничного та підвищенні значення

автомобільного і повітряного транспорту. Тому важливо здійснювати заходи на рівні держави в питаннях підвищення привабливості залізничних перевезень пасажирів шляхом впровадження та удосконалення ВШМ.

Аналіз досліджень і публікацій. Значний вклад у розвиток теорії ефективної організації пасажирських перевезень внесли Н.І. Бещева, Т.В. Бутько, П.С. Грунтов, В.Я. Негрей, Ф.П. Кочнєв, М.В. Правдін, М.Я. Стефанов, М.П. Іхненко, Ю.О. Пазойський та ін. [1, 2].

Існуючі методи визначення розмірів руху пасажирських поїздів, розроблені вищезазначеними авторами, були спрямовані для поїздів звичайних магістралей залізниць. Оптимізаційним розрахункам щодо визначення поїздопотоків ВШМ увага майже не приділялась.

Формулювання мети (постановка завдання). Метою даних досліджень є підвищення ефективності функціонування пасажирських перевезень залізничним транспортом України при застосуванні ВШМ. Одним з багатьох напрямків цих заходів є удосконалення діючих математичних моделей з визначення оптимальних розмірів руху пасажирських поїздів в умовах функціонування ВШМ. У зв'язку з цим необхідно розглянути математичну модель вибору кількості, призначень і схем составів пасажирських поїздів за умови повного освоєння пасажиропотоку з моделюванням розподілу пасажиропотоку за типами вагонів з метою

отримання максимально можливого прибутку від перевезень.

Математична модель оптимального розподілу потоку пасажирських поїздів високошвидкісних магістралей на полігоні залізниці. Основними факторами, що впливають на вибір схеми формування, є дальність поїздки пасажирів; величина пасажиропотоку за напрямками; попит на категорію місць; рівень технічного оснащення пасажирських станцій; пропускна спроможність залізничних напрямків і ресурс вагонів пасажирського парку. Розглянемо розрахунковий полігон залізниць, що включає станції можливого формування і обороту швидкісних пасажирських поїздів дальнього сполучення, вузлові станції, а також ділянки залізничних ліній, обмежені цими станціями.

Призначення пасажирського поїзда визначається маршрутом його проходження від початкової станції до станції призначення, а також схемою його формування.

Нехай x_j – кількість поїздів j -го призначення в місяць максимальних перевезень, причому $x_j \geq 0$, $j = \overline{1, n}$.

Для освоєння заданого пасажиропотоку на кожній ділянці розрахункового полігону кількість місць у поїздах має відповідати потребам у перевезеннях. Тому умова освоєння пасажиропотоків на i -й ділянці полягає в тому, щоб надати таку кількість місць у вагонах різних типів, яка перевищила б або дорівнювала кількості пасажирів, які прямують на даній ділянці:

$$\sum_{j=1}^n \delta_{ij} \sum_{k=1}^q a_k x_{kj} \geq \Gamma_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де a_k – місткість вагона k -го типу;

x_{kj} – кількість вагонів k -го типу у складі поїзда j -го призначення в розрахунковий період, причому $x_{kj} \geq 0$.

У свою чергу δ_{ij} – елементи матриці інцидентів «призначення – дільниця»:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1; & \text{якщо поїзд } j\text{-го призначення} \\ & \text{прямує по } i\text{-й дільниці;} \\ 0; & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Γ_i – місячна густина пасажиропотоку на i -й ділянці розрахункового полігону (кількість пасажирів, які прямують на ділянці за місяць максимальних перевезень);

m – кількість дільниць на розрахунковому полігоні;

n – кількість призначень пасажирських поїздів.

Кількість вагонів у складі пасажирського поїзда прийнято рівною 9. Загальна кількість вагонів різних типів у поїздах кожного призначення не повинна перевищувати їхньої максимальної кількості:

$$\sum_{k=1}^q x_{kj} \leq m_{\max} x_j, \quad k = \overline{1, q}, \quad (2)$$

де m_{\max} – максимальна кількість вагонів всіх типів в складі поїзда j -го призначення (9 ваг);

q – кількість типів пасажирських вагонів, які використовуються при освоєнні пасажиропотоку на розрахунковому полігоні.

Для забезпечення максимального задоволення попиту на перевезення у вагонах різних типів, а також можливого перерозподілу пасажиропотоку у вагони відмінних від попиту типів введено обмеження

$$\sum_{l=1}^q d_{ikl} \leq \sum_{j=1}^n \delta_{ij} a_k x_{kj}, \quad (3)$$

де d_{ikl} – кількість пасажирів, які прямують на i -й ділянці у вагонах k -го типу і бажають скористатись вагонами l -го типу.

Загальна кількість пасажирів, які прямують на кожній ділянці, повинна відповідати попиту на місця у вагонах відповідного типу:

$$\sum_{k=1}^q d_{ikl} = \Gamma_{il}, \quad d_{ikl} \geq 0. \quad (4)$$

де Γ_{il} – кількість пасажирів, які бажають прямувати на i -й ділянці у вагонах l -го типу.

Очевидно, що сумарний попит на місця у вагонах різних типів повинен дорівнювати

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1; & \text{якщо поїзд } j\text{-го призначення формується} \\ & \text{або обертається на } t\text{-й станції,} \\ 0; & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

У якості величини переробної спроможності станції в даній роботі прийнято пропускну спроможність перонних колій (у поїздах), яка визначається як

$$N_t = \frac{m_t \cdot T_p - T_{\text{ноcm}}}{t_{\text{зан}} (1 + \rho)}, \quad (7)$$

загальному попиту на перевезення по кожній ділянці розрахункового полігону:

$$\sum_{l=1}^q \Gamma_{il} = \Gamma_i.$$

При розрахунку схем складів пасажирських поїздів необхідно враховувати ресурс вагонного парку. Обмеження по ресурсу вагонного парку визначаються за формулою

$$\sum_{j=1}^n x_{kj} \leq R_k, \quad (5)$$

де R_k – ресурс парку пасажирських вагонів k -го типу.

Заданий обсяг пасажиропотоку може бути освоєний поїздами різних призначень. При цьому виникає ряд проблем, пов'язаних з формуванням поїздів на станціях відправлення і організацією їх обробки на станціях обороту. Колійний розвиток і технічне оснащення цих станцій визначають кількість поїздів, яку може переробити станція:

$$\sum_{j=1}^n \delta_{ij} x_j \leq N_t, \quad (6)$$

де N_t – переробна спроможність станції, кількість пасажирських поїздів, яку спроможна переробити t -та станція за добу;

δ_{ij} – елементи матриці інцидентів «призначення – станція».

У свою чергу

де m_t – кількість перонних колій на станції;

T_p – розрахунковий період, за який визначається пропускну спроможність, хв;

$T_{\text{ноcm}}$ – сумарна тривалість зайняття приймально-відправних колій операціями, пов'язаними з пропусканням локомотивів, поїздів інших категорій, очищенням колій та ін., хв;

$t_{зан}$ – тривалість зайняття колії пасажирським поїздом, хв;
 ρ – коефіцієнт, що враховує внутрішньодобову нерівномірність руху, вплив суміжних пристроїв, виникнення відмов технічних пристроїв та ін. (0,2).

Тривалість зайняття перонної колії включає час на приймання і відправлення поїзда, на посадку і висадку пасажирів з вагонів, а також на їх прохід по платформі з урахуванням припинення посадки за 1-2 хв до відправлення поїзда. Якщо на коліях станції приймання наскрізного типу виконуються додаткові технічні операції і тривалість їх

більше, ніж посадка і висадка пасажирів, у розрахунок приймається найбільш тривала операція.

Від кількості і призначень пасажирських поїздів, що обертаються на розрахунковому полігоні, а також їх схем залежать не тільки доходи, які визначаються виручкою від продажу квитків, але і витрати на організацію перевезень, тому доцільно в якості критерію використати їх різницю.

Враховуючи викладене, задача знаходження оптимальної кількості, призначень і схеми складів пасажирських поїздів за умови отримання максимального прибутку буде виражена цільовою функцією

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^q b_{ik} \sum_{l=1}^q d_{ikl} - \sum_{i=1}^m c_j x_j - \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^q c_{kj} x_{kj} \rightarrow \max, \quad (8)$$

де b_{ik} – вартість місця у вагоні k -го типу на i -й дільниці;

c_j – витрати, пов'язані з розрахунком за користування інфраструктурою, що припадає на один поїзд j -го призначення;

c_{kj} – вартість введення в оборот одного вагона k -го типу в складі поїзда j -го призначення.

Обмеження цільової функції такі:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \delta_{ij} \sum_{k=1}^q a_k x_{kj} \geq \Gamma_i, i = \overline{1, m}, & j = \overline{1, n}; \\ \sum_{k=1}^q x_{kj} \leq m_{\max} x_j, k = \overline{1, q}; & \sum_{l=1}^q d_{ikl} \leq \sum_{j=1}^n \delta_{ij} a_k x_{kj}; \\ \sum_{k=1}^q d_{ikl} = \Gamma_{il}, & d_{ikl} \geq 0; \sum_{j=1}^n x_{kj} \leq R_k; \sum_{j=1}^n \delta_{ij} x_j \leq N_t(m_t). \end{cases} \quad (9)$$

Складові обмежень моделі позначено в поясненнях до формул (1)-(7). У цільовій функції (8) перша складова – доходи, що отримуються від продажу квитків на пасажирські поїзди різних призначень і у вагони різних типів. На рівень доходу впливає не тільки попит на місця у вагони різних типів, але і зручний час відправлення пасажирського поїзда з початкової станції та час прибуття на станцію призначення, незалежно від розташування пунктів формування та обороту пасажирського поїзда.

У якості складових витрат на здійснення перевізного процесу в моделі прийнято дві статті, які залежать від способу організації

перевезення пасажирів у дальньому сполученні. Перша стаття – витрати за користування інфраструктурою УЗ, які залежать тільки від вибраного маршруту прямування і виражаються у вартості виконаних поїздо-кілометрів $\left(\sum_{i=1}^m c_j x_j \right)$. Друга стаття – витрати

на утримання та експлуатацію рухомого складу УЗШК $\left(\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^q c_{kj} x_{kj} \right)$.

У нашому випадку топологія розташування станцій формування й обороту поїздів показана на рис. 1. Розрахунковий

полігон включає чотири станції можливого формування і обороту поїздів (рис. 2). Пасажиропотоки освоюються поїздами шести призначень в один бік і шести – у зворотному, схеми складів яких невідомі. До розрахунку приймаються два типи вагонів у складі поїздів – 1 та 2 класу.

На рис. 2 вказано кількість поїздів за розрахунковий період кожного призначення – x_j та y_j , а також кількість вагонів кожного типу у складі поїздів цих призначень – x_{kj} та y_k .

Переробна спроможність кожної станції буде визначатись залежно від потрібної кількості перонних колій.

Додаткові вихідні дані – вартість проїзду на дільницях розрахункового напрямку b_{ik} , густина пасажиропотоку на дільниці, сегментована за типами вагонів Γ_{ik} , місткість вагонів кожного типу a_k , ресурс вагонного парку R_k , оцінка витрат на вагони C_{kj} та поїзда C_j – наведено в табл. 1-3.

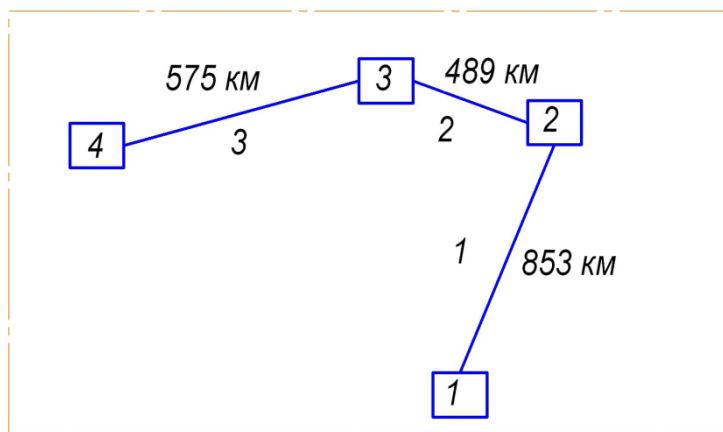


Рис. 1. Топологія розташування станцій формування й обороту високошвидкісних поїздів

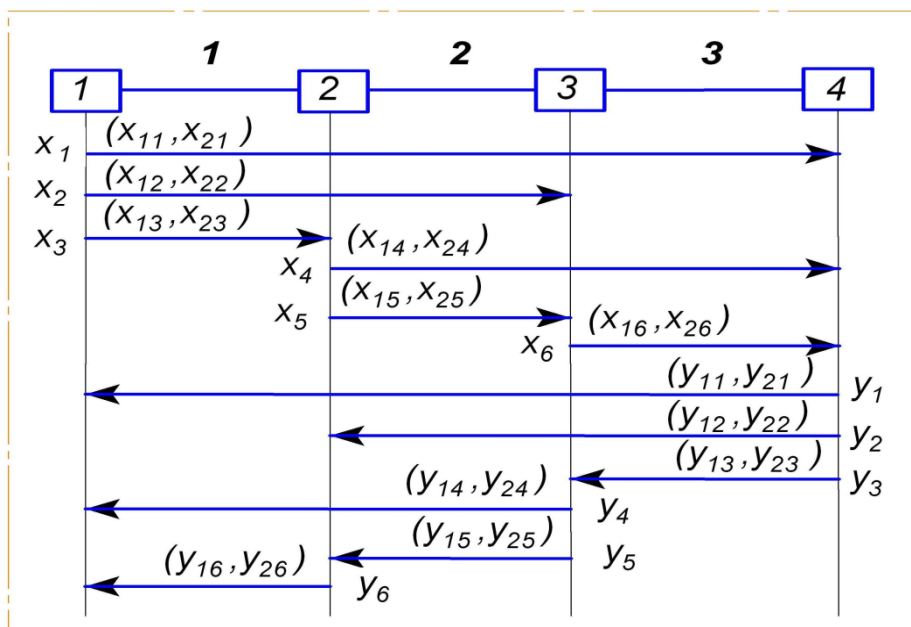


Рис. 2. Розрахункова схема напрямків прямування поїздів

Таблиця 1

Вартість проїзду на дільницях розрахункового напрямку, тис. грн

Номер дільниці	Тип вагона	
	1 клас	2 клас
1	b_{11}	b_{12}
2	b_{21}	b_{22}
3	b_{31}	b_{32}

Таблиця 2

Густота пасажиропотоку за розрахунковий період, місткість і ресурс вагонів за типами

Тип вагона		Густота пасажиропотоку, тис. люд			Місткість вагона, місьць	Ресурс вагонів, ваг
		номер дільниці				
		1	2	3		
Напрямок X						
1	1 клас	Γ_{X11}	Γ_{X21}	Γ_{X31}	a_1	R_{X1}
2	2 клас	Γ_{X12}	Γ_{X22}	Γ_{X32}	a_2	R_{X2}
Напрямок Y						
1	1 клас	Γ_{Y11}	Γ_{Y21}	Γ_{Y31}	a_1	R_{Y1}
2	2 клас	Γ_{Y12}	Γ_{Y22}	Γ_{Y32}	a_2	R_{Y2}

Таблиця 3

Витрати на курсування окремих вагонів та поїздів

Вид витрат	Поїзне призначення					
	1	2	3	4	5	6
Напрямок X						
Витрати на вагон 1 типу j -го призначення (ваг.км), тис. грн	C_{X11}	C_{X12}	C_{X13}	C_{X14}	C_{X15}	C_{X16}
Витрати на вагон 2 типу j -го призначення (ваг.км), тис. грн	C_{X21}	C_{X22}	C_{X23}	C_{X24}	C_{X25}	C_{X26}
Витрати на поїзд j -го призначення (поїзд.км), тис. грн	C_{X1}	C_{X2}	C_{X3}	C_{X4}	C_{X5}	C_{X6}
Напрямок Y						
Витрати на вагон 1 типу j -го призначення (ваг.км), тис. грн	C_{Y11}	C_{Y12}	C_{Y13}	C_{Y14}	C_{Y15}	C_{Y16}
Витрати на вагон 2 типу j -го призначення (ваг.км), тис. грн	C_{Y21}	C_{Y22}	C_{Y23}	C_{Y24}	C_{Y25}	C_{Y26}
Витрати на поїзд j -го призначення (поїзд.км), тис. грн	C_{Y1}	C_{Y2}	C_{Y3}	C_{Y4}	C_{Y5}	C_{Y6}

Умови освоєння пасажиропотоку на кожній дільниці розрахункового напрямку будуть мати вигляд

$$\begin{cases}
 a_1(x_{11} + x_{12} + x_{13}) + a_2(x_{21} + x_{22} + x_{23}) \geq \Gamma_{X11} + \Gamma_{X12}; \\
 a_1(x_{11} + x_{12} + x_{14} + x_{15}) + a_2(x_{21} + x_{22} + x_{24} + x_{25}) \geq \Gamma_{X21} + \Gamma_{X22}; \\
 a_1(x_{11} + x_{14} + x_{16}) + a_2(x_{21} + x_{24} + x_{26}) \geq \Gamma_{X31} + \Gamma_{X32}; \\
 a_1(y_{11} + y_{12} + y_{13}) + a_2(y_{21} + y_{22} + y_{23}) \geq \Gamma_{Y31} + \Gamma_{Y32}; \\
 a_1(y_{11} + y_{12} + y_{14} + y_{15}) + a_2(y_{21} + y_{22} + y_{24} + y_{25}) \geq \Gamma_{Y21} + \Gamma_{Y22}; \\
 a_1(y_{11} + y_{14} + y_{16}) + a_2(y_{21} + y_{24} + y_{26}) \geq \Gamma_{Y11} + \Gamma_{Y12}.
 \end{cases} \quad (10)$$

Обмеження по максимальній кількості вагонів у складах пасажирських поїздів можна виразити нерівностями

$$\begin{cases} x_{11} + x_{21} \leq m_{\max} x_1; x_{12} + x_{22} \leq m_{\max} x_2; \\ x_{13} + x_{23} \leq m_{\max} x_3; x_{14} + x_{24} \leq m_{\max} x_4; \\ x_{15} + x_{25} \leq m_{\max} x_5; x_{16} + x_{26} \leq m_{\max} x_6; \\ y_{11} + y_{21} \leq m_{\max} y_1; y_{12} + y_{22} \leq m_{\max} y_2; \\ y_{13} + y_{23} \leq m_{\max} y_3; y_{14} + y_{24} \leq m_{\max} y_4; \\ y_{15} + y_{25} \leq m_{\max} y_5; y_{16} + y_{26} \leq m_{\max} y_6. \end{cases} \quad (11)$$

Обмеження щодо розподілу пасажиропотоків за типами вагонів приймуть такий вигляд:

$$\begin{cases} d_{X111} + d_{X112} \leq a_1(x_{11} + x_{12} + x_{13}); d_{X121} + d_{X122} \leq a_2(x_{21} + x_{22} + x_{23}); \\ d_{X211} + d_{X212} \leq a_1(x_{11} + x_{12} + x_{14} + x_{15}); d_{X221} + d_{X222} \leq a_2(x_{21} + x_{22} + x_{24} + x_{25}); \\ d_{X311} + d_{X312} \leq a_1(x_{11} + x_{14} + x_{16}); d_{X321} + d_{X322} \leq a_2(x_{21} + x_{24} + x_{26}); \\ d_{Y111} + d_{Y112} \leq a_1(y_{11} + y_{12} + y_{13}); d_{Y121} + d_{Y122} \leq a_2(y_{21} + y_{22} + y_{23}); \\ d_{Y211} + d_{Y212} \leq a_1(y_{11} + y_{12} + y_{14} + y_{15}); d_{Y221} + d_{Y222} \leq a_2(y_{21} + y_{22} + y_{24} + y_{25}); \\ d_{Y311} + d_{Y312} \leq a_1(y_{11} + y_{14} + y_{16}); d_{Y321} + d_{Y322} \leq a_2(y_{21} + y_{24} + y_{26}). \end{cases} \quad (12)$$

Обмеження щодо попиту на місця у вагонах різних типів будуть такими:

$$\begin{cases} d_{X111} + d_{X112} = \Gamma_{X11}; d_{X121} + d_{X122} = \Gamma_{X12}; \\ d_{X211} + d_{X212} = \Gamma_{X21}; d_{X221} + d_{X222} = \Gamma_{X22}; \\ d_{X311} + d_{X312} = \Gamma_{X31}; d_{X321} + d_{X322} = \Gamma_{X32}; \\ d_{Y111} + d_{Y112} = \Gamma_{Y11}; d_{Y121} + d_{Y122} = \Gamma_{Y12}; \\ d_{Y211} + d_{Y212} = \Gamma_{Y21}; d_{Y221} + d_{Y222} = \Gamma_{Y22}; \\ d_{Y311} + d_{Y312} = \Gamma_{Y31}; d_{Y321} + d_{Y322} = \Gamma_{Y32}. \end{cases} \quad (13)$$

Обмеження по ресурсу вагонного парку виражаються нерівностями

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} \leq R_{X1}; \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \leq R_{X2}; \\ y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15} + y_{16} \leq R_{Y1}; \\ y_{21} + y_{22} + y_{23} + y_{24} + y_{25} + y_{26} \leq R_{Y2}. \end{cases} \quad (14)$$

Обмеження по переробній спроможності станцій

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + y_1 + y_4 + y_6 \leq N_1(m_1); \\ x_3 + x_4 + x_5 + y_2 + y_5 + y_6 \leq N_2(m_2); \\ x_2 + x_5 + x_6 + y_3 + y_4 + y_5 \leq N_3(m_3); \\ x_1 + x_4 + x_6 + y_1 + y_2 + y_3 \leq N_4(m_4). \end{cases} \quad (15)$$

Цільова функція в нашому випадку набуде вигляду

$$\begin{aligned}
 F = & b_{11}(d_{x111} + d_{x112} + d_{y111} + d_{y112}) + b_{21}(d_{x211} + d_{x212} + d_{y211} + d_{y212}) + \\
 & + b_{31}(d_{x311} + d_{x312} + d_{y311} + d_{y312}) + b_{12}(d_{x121} + d_{x122} + d_{y121} + d_{y122}) + \\
 & + b_{22}(d_{x221} + d_{x222} + d_{y221} + d_{y222}) + b_{32}(d_{x321} + d_{x322} + d_{y321} + d_{y322}) - \\
 & - C_{x1}x_1 - C_{x2}x_2 - C_{x3}x_3 - C_{x4}x_4 - C_{x5}x_5 - C_{x6}x_6 - C_{y1}y_1 - C_{y2}y_2 - C_{y3}y_3 - \\
 & - C_{y4}y_4 - C_{y5}y_5 - C_{y6}y_6 - C_{x11}x_{11} - C_{x21}x_{21} - C_{x12}x_{12} - C_{x22}x_{22} - C_{x13}x_{13} - \\
 & - C_{x23}x_{23} - C_{x14}x_{14} - C_{x24}x_{24} - C_{x15}x_{15} - C_{x25}x_{25} - C_{x16}x_{16} - C_{x26}x_{26} - \\
 & - C_{y11}y_{11} - C_{y21}y_{21} - C_{y12}y_{12} - C_{y22}y_{22} - C_{y13}y_{13} - C_{y23}y_{23} - C_{y14}y_{14} - \\
 & - C_{y24}y_{24} - C_{y15}y_{15} - C_{y25}y_{25} - C_{y16}y_{16} - C_{y26}y_{26} \rightarrow \max.
 \end{aligned} \tag{16}$$

В обмеженнях до цільової функції перевірено залежність пропускної спроможності перонних колій від їхньої

кількості. Для цього побудовано графік, з якого не виникає сумніву про лінійну залежність між цими двома величинами (рис. 3).

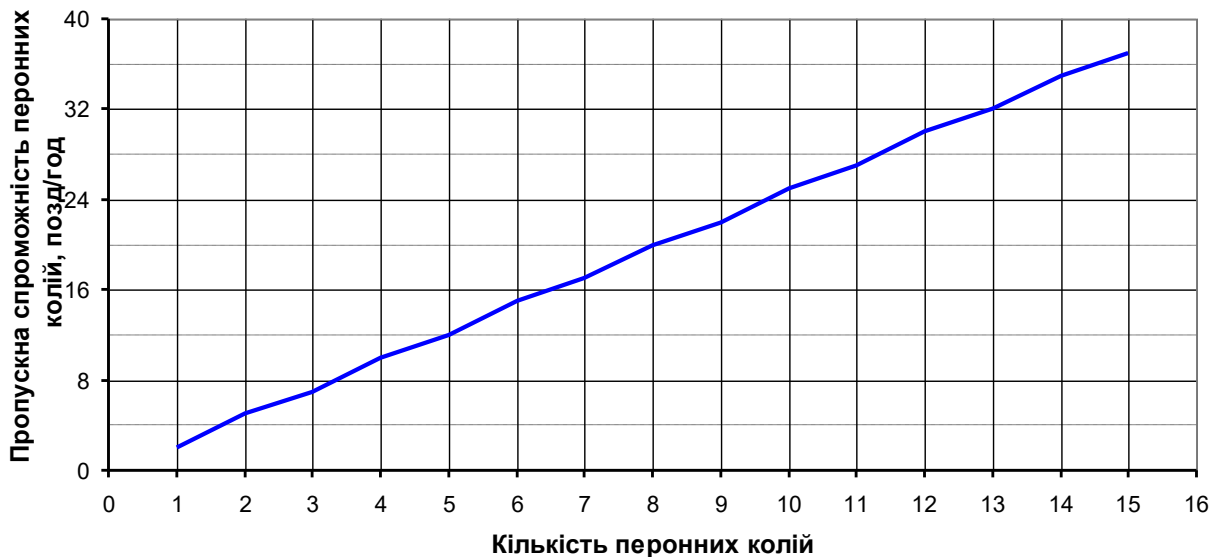


Рис. 3. Графік залежності пропускної спроможності перонних колій від їхньої кількості

При побудові цього графіка прийнято: кількість перонних колій на станції – від 1 до 15; розрахунковий період, за який визначається пропускна спроможність, – 240 хв; сумарна тривалість зайняття приймально-відправних колій операціями, пов’язаними з пропусканням локомотивів, поїздів інших категорій, очищенням колій та ін., – 60 хв; тривалість зайняття колії пасажирським поїздом – 20 хв; коефіцієнт, що враховує внутрішньодобову нерівномірність руху, вплив суміжних пристроїв, виникнення відмов технічних пристроїв та ін., – 0,2.

Отже, вищезазначена оптимізаційна задача належить до задач лінійного програмування, оскільки має цільову функцію та обмеження лінійного характеру.

При розв’язанні даної задачі найбільш доцільно застосувати симплекс-метод. Для цього обмеження (9) до цільової функції (8) приведено до канонічного вигляду [3-5], причому за роботами [6-9] використано відомі прийоми: заміна рівняння двома протилежними нерівностями, зміна знака в нерівностях

$$\left\{ \begin{array}{l} -\sum_{j=1}^n \delta_{ij} \sum_{k=1}^q a_k x_{kj} \leq -\Gamma_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}; \\ \sum_{k=1}^q x_{kj} - m_{\max} x_j \leq 0, \quad k = \overline{1, q}; \quad \sum_{l=1}^q d_{ikl} - \sum_{j=1}^n \delta_{ij} a_k x_{kj} \leq 0; \\ \sum_{k=1}^q d_{ikl} \leq \Gamma_{il}, \quad d_{ikl} \geq 0; \quad -\sum_{k=1}^q d_{ikl} \leq -\Gamma_{il}, \quad d_{ikl} \geq 0; \\ \sum_{j=1}^n x_{kj} \leq R_k; \quad \sum_{j=1}^n \delta_{ij} x_j - N_i(m_i) \leq 0. \end{array} \right. \quad (17)$$

Висновок. В удосконаленій математичній моделі в якості критерію оптимальності обрано максимальний прибуток пасажирської компанії при організації руху високошвидкісних поїздів на даному полігоні. Модель розроблено для чотирьох станцій можливого обороту та формування високошвидкісних поїздів Hyundai Rotem HRCS2. Розроблена математична модель базується на

комплексному підході з урахуванням пасажиропотоку, робочого парку вагонів у складах високошвидкісних поїздів, обмежень колійного розвитку станцій по маршруту руху поїздів. Дана математична модель дозволить обрати оптимальний план формування швидкісних поїздів з максимальним прибутком для компаній, що займаються високошвидкісними пасажирськими перевезеннями.

Список використаних джерел

1. Пазойский, Ю.О. Организация пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте (в примерах и задачах) [Текст] / Ю.О. Пазойский, Л.С. Рябуха, В.Г. Шубко; под ред. В.Г. Шубко. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
2. Грунтов, П.С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок [Текст]: учеб. для вузов / под. ред. П.С. Грунова. – М.: Транспорт, 1994. – 544 с.
3. Бакаев, А.А. Математические методы в планировании и экономических расчетах [Текст] / А.А. Бакаев, Ю.М. Ермольев, Ю.Н. Кузнецов, В.И. Кузубов. – К.: Наукова думка, 1968. – 224 с.
4. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций [Текст] / Хемди А. Таха. – 7-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
5. Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах [Текст] / И.П. Акулич. – М.: Высшая школа, 1986. – 319 с.
6. Зайченко, Ю.П. Исследование операций [Текст] / Ю.П. Зайченко. – К.: Вища школа, 1991. – 191 с.
7. Литвиненко, А.Е. Метод направленного перебора в системах управления и диагностирования [Текст] / А.Е. Литвиненко. – К., 2007. – 328 с.
8. Ковалев, М.М. Дискретная оптимизация (целочисленное программирование) [Текст] / М.М. Ковалев. – Минск: БГУ, 1997 – 192 с.
9. Вагнер, Г. Основы исследования операций [Текст] / Г. Вагнер. – М.: Мир, 1973. – Т.1. – 336 с.

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

Розсоха Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42.

Солонець Володимир Миколайович, магістрант кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42.

Rozsokha Olexandr, Associate Professor, Doctor of Science (Ph.D.), Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42.

Solonets Volodymyr, magistrand of Chair «Railway Stations and Junctions», Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42.

Наукова праця здана до друку 17.06.2015 року.

УДК [656.211.5+656.027]

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ
ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ**

Д-р техн. наук Т.В. Буцько, магістрант К.П. Висоцька

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В
УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ**

Д-р техн. наук Т.В. Буцько, магістрант Е.П. Высоцкая

**IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF PASSENGER TERMINALS OPERATION UNDER
CONDITIONS OF IMPLEMENTATION OF SPEED TRAINS**

Doct. of techn. Sciences T.V. But'ko, master student K.P. Vysotska

В умовах впровадження швидкісного руху відбувається збільшення поїздок пасажирів з пересадками, що обумовлює додаткове навантаження на вокзальний комплекс. У цих умовах нагальною потребою стають дослідження щодо організації руху пасажиропотоків, що у свою чергу обумовлює необхідність удосконалення технології роботи вокзалів.

Ключові слова: швидкісні пасажирські поїзди, вокзальний комплекс, пасажиропотоки.

В условиях внедрения скоростного движения происходит увеличение поездок пассажиров с пересадками, что обуславливает дополнительную нагрузку на вокзальный комплекс. В этих условиях насущной потребностью становятся исследования по организации движения пассажиропотоков, что в свою очередь обуславливает необходимость совершенствования технологии работы вокзалов.

Ключевые слова: скоростные пассажирские поезда, вокзальный комплекс, пассажиропотоки.

Under conditions of implementation of speed traffic the number of trips with transfers rises, which causes additional load on the passenger terminals. In these circumstances the urgent need is researches concerned with organization of passenger flows, which causes the necessity of improvement of the technology of passenger terminals operation.

Key words: speed passenger trains, passenger terminals, passenger flows.

Вступ. В умовах інвестиційно-інноваційного розвитку економіки України, який має забезпечити перехід до постіндустріального суспільства з характерною зміною структури транспортного ринку, необхідним є вдосконалення залізничної транспортної системи на концептуальному рівні, що дозволить залізницям надавати послуги нової якості, а отже, виграти конкурентну боротьбу між видами транспорту за сегмент ринку. Відповідно до впровадження програми швидкісного руху пасажирських поїздів між основними містами-мегаполісами необхідним є створення на базі існуючих залізничних вокзалів системи інтегрованих пересадочних комплексів, оскільки обмежена дальність прямування швидкісних поїздів передбачає організацію швидкісних сполучень між вузлами, так званими хабами (англ. hub), у

всіх регіонах країни та перевезення на коротких плечах в зоні тяжіння хабів. Така система організації перевезень призведе до збільшення навантаження на інфраструктуру залізничних вокзалів, що потребує удосконалення технології їхньої роботи.

Постановка завдання. Для ефективного вирішення науково-прикладного завдання організації пасажирських перевезень швидкісними поїздами в умовах інтегрованих залізничних пересадочних комплексів необхідним є ув'язка їх роботи на сітьовому рівні з можливістю проведення досліджень завантаження інфраструктури пересадочних комплексів для удосконалення технологій управління пасажиропотоками та координації різних видів міського транспорту в зоні тяжіння вокзалу. Механізмом реалізації даного завдання є створення структури управління на

основі системи логістичних центрів з впровадженням сучасних інформаційно-керуючих систем, що пов'язано з необхідністю реалізації в об'єднаному комплексі автоматизованих робочих місць (АРМ) системи підтримки прийняття рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Всі питання з удосконалення пасажирських перевезень розвиваються і вивчаються, їм присвячено дослідження та публікації як наукового, так і прикладного характеру. Раціональне формування системи організації пасажирських перевезень на залізничному транспорті, а також її удосконалення засновано на дослідженнях області території організації пасажирських перевезень. Перші теоретичні та практичні дослідження щодо формування, близьких до сучасних, підходів організації залізничних пасажирських перевезень і технології роботи залізничних вокзалів почалися вже на початку 60-х років минулого сторіччя, зокрема в роботах Кочнева Ф.П., Федорова В.А., Плахова Г.Н.

Відповідно до них доведено необхідність науково обгрунтованого розв'язання технологічних задач моделювання і прогнозування пасажиро- і поїздопотоків за напрямками залізничної мережі, складання плану формування і схем обігу пасажирських поїздів, проведення аналізу завантаження пристроїв залізничних вокзалів та ув'язку розкладу поїздів у вузлах між собою та іншими видами транспорту. Вперше було закладено основи функціонування єдиної системи управління продажем квитків на мережі

залізниць, що дозволило в подальшому створити ідеологічну основу сучасної автоматизованої системи управління (АСУ) пасажирськими перевезеннями. На сьогодні значний внесок у розвиток технології роботи залізничних вокзалів в умовах впровадження швидкісного руху зробили такі вчені: Ferber J., Treuille A., Бутько Т.В., Прохорченко О.О., Журба О.О. та інші.

Визначення мети та задачі дослідження. Відповідно до наведеного вище метою наукового дослідження є формування автоматизованої технології управління пасажиропотоками при впровадженні швидкісного руху з пересадками на вокзальному комплексі. Досягнення цієї мети потребує вирішення наступних завдань: дослідження структури і параметрів пасажиропотоків, формування моделі процесу розповсюдження пасажиропотоків у межах вокзального комплексу, удосконалення інформаційно-керуючої системи (ІКС) управління вокзалом.

Основна частина дослідження. Однією з основних особливостей організації перевізного процесу на залізницях є високий рівень нерівномірності пасажирських потоків. Ці тенденції визначають змінне навантаження на транспортну систему залізниць України, а отже, ускладнюють технологію роботи та управління залізничними вокзалами. З метою оцінки нерівномірностей параметрів пасажиропотоків було зібрано відповідний статистичний матеріал в умовах станції Житомир і станції Коростень відповідно до схеми сполучень, що подана на рис. 1.



Рис. 1. Схема сполучень з відправлення зі ст. Житомир

На основі обробки статистичного матеріалу було побудовано динаміку розподілу кількості пасажирів по місяцях року за 2014 рік по станції Коростень (рис. 2) і діаграму

розподілу кількості відправлених пасажирів з вокзалу станції Житомир по напрямках за 2014 рік (рис. 3).

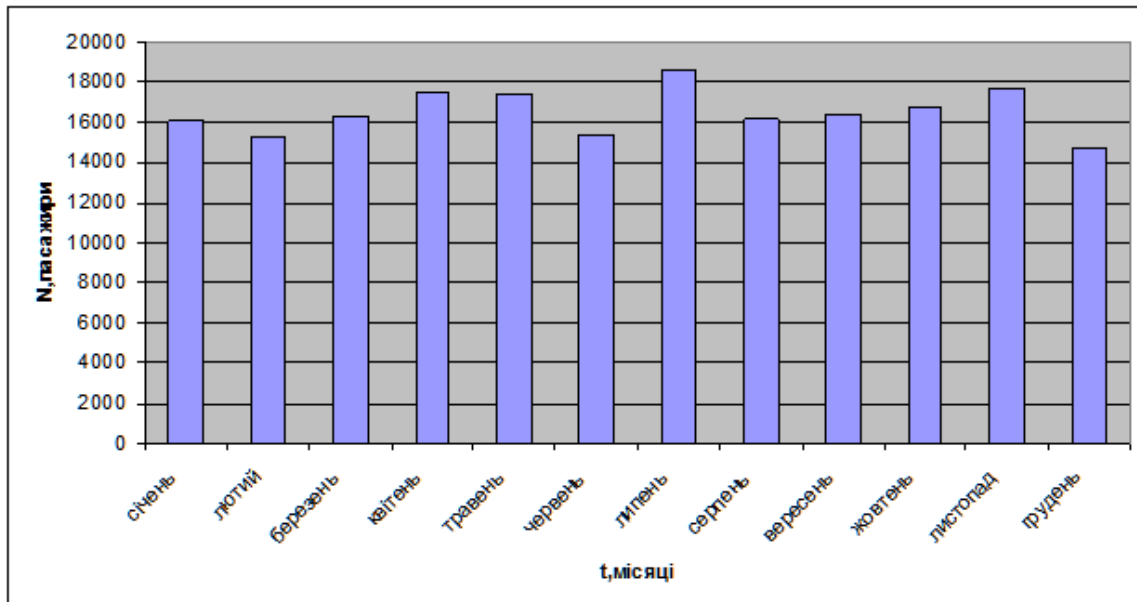


Рис. 2. Динаміка розподілу пасажиропотоку по станції Коростень за 2014 рік

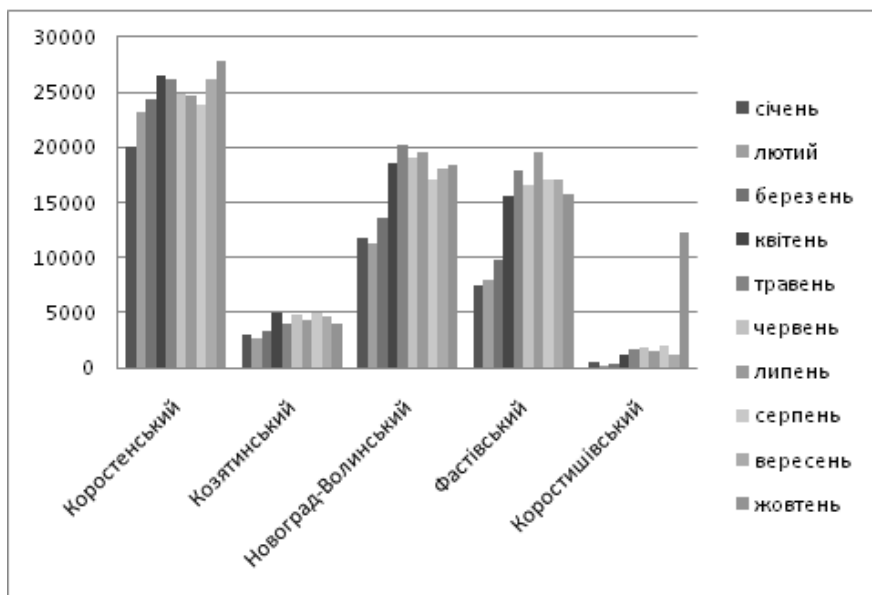


Рис. 3. Діаграма розподілу кількості відправлених пасажирів з вокзалу станції Житомир по напрямках і місяцях за 2014 рік

Аналіз отриманої динаміки кількості пасажирів (рис. 2) доводить існування нерівностей, що обумовлено впливом сезонного фактора та оцінено за допомогою

параметрів: математичне очікування $N_{пас} = \frac{\sum N}{12} = 1653'$ Зпас, середньоквадратичне

відхилення $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(N-N_i)^2}{12}} = 174'09\text{пас}$ та коефіцієнт нерівномірності $k = \frac{N_{max}}{N} = 1,12$.

Відповідний аналіз пасажиропотоків проведено по станції Житомир, тобто враховано пасажиропотоки, що перевозяться швидкісними поїздами Хундай і Шкода з пересадками, що у свою чергу збільшує навантаження на вокзальний комплекс. Такі передумови вимагають необхідність формування моделі організації пасажиропотоків на залізничному пересадочному комплексі. На концептуальному рівні в основі математичного опису процесу організації пасажиропотоків на залізничному вокзалі запропоновано використати гібридний підхід. Даний підхід дозволяє об'єднати процеси взаємодії часткового в межах індивідуальної поведінки пасажирів та загального при закономірності організації і руху пасажиропотоку в цілому. Як наслідок, потік пасажирів при здійсненні пересадки на залізничному вокзалі можна подати як мультиагентну систему у вигляді множини елементів [6]

$$P = \langle A, S, \zeta \rangle,$$

де A – агенти (пасажирів), що формують пасажиропотоки при здійсненні пересадки;

S – середовище (параметри пересадочного комплексу та просторове положення пасажирів на вокзалі);

ζ – зв'язки між середовищем і пасажиром, що включають візуальні та інформаційні повідомлення.

Кожен пасажир $a_i \in A$ описується множиною $a_i = \langle C_i, V_i, Pr_i \rangle$, де C_i – стан, тобто множина змінних, що визначають пасажирів в середовищі; підмножиною стану є пов'язані з середовищем S такі елементи: вхідна інформація (V_i) та вихідна (E_i) – результат прийняття рішення; Pr_i – процес прийняття індивідуального рішення, що виконує відповідні зміни над станом без будь-якого зовнішнього впливу.

У межах одного з принципів формування моделі слід враховувати, що пасажирів у потоці при здійсненні пересадки через пересадочний комплекс можна поділити на групи, у яких є

різна мета. Так, якщо розглянути варіант пересадки "пасажирський поїзд – міський транспорт", частина пасажиропотоку виконує пересадку на поїзд метрополітену, трамвай та автомобільний вид транспорту, деякі пасажирів звертаються до послуг залізничного вокзалу. Отже, загальний пасажиропотік можна описати умовою, пас,

$$P = \sum_{j=1}^m \eta_j,$$

де P – загальний пасажиропотік на залізничному пересадочному комплексі;

η_j – група пасажирів, що керуються метою j , ($j=1,2,\dots,m$).

Приймаючи за основу припущення, що пасажир при здійсненні пересадки чітко визначає свою глобальну мету j як умовну область простору, до якої необхідно рухатись, запропоновано представити технічні параметри пересадочного комплексу, як складову середовища S у вигляді статичної складової, що являє собою район пересадки пасажирів у вигляді двовимірного простору (2D) із заданими координатами глобальної мети, тоді як зміну позицій пасажирів в умовах руху до глобальної мети на основі індивідуальної поведінки та обліку зв'язків у потоці можна розглядати як динамічну складову середовища S .

Для реалізації в моделі індивідуальних зв'язків і колективної взаємодії між групами запропоновано представити пасажирів в потоці, як результат взаємодії сил відштовхування, узгодження і притягання (рис. 4). За дослідженнями [7], навколо пасажирів завжди існує зона дискомфорту на відстані 0,5-0,8 м, за нормальних умов пасажир виключає можливість знаходження в цій зоні інших пасажирів. У зоні узгодження або локальної орієнтації здійснюється уникнення локальних зіткнень з іншими пасажирів в зоні дії соціальних сил (зона притягання), у межах своєї видимості (~15 м) пасажир оцінює швидкість і напрямок руху лідерів груп і несвідомо коригує особистий напрямок руху для покращення свого просторового положення в потоці.

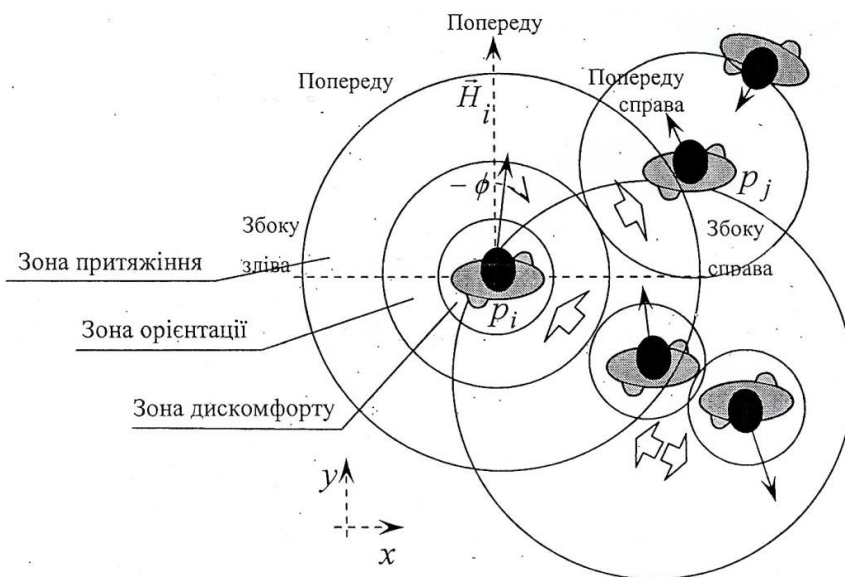


Рис. 4. Зони індивідуальних зв'язків і колективної взаємодії між групами в потоці

Приймаємо умову, що геометрія простору району пересадки та мета пасажирів не змінюються протягом всього сценарію здійснення пересадки. Для спрощення розрахунків можна визначити дану інформацію до початку моделювання динаміки руху пасажирів. Як внаслідок, з початку моделювання процесу пересадки в кожного пасажирів дана інформація повинна існувати підсвідомо, що дозволяє йому виконувати послідовність дій згідно з заданим глобальним маршрутом, що записується у скрипті сценарію поведінки пасажирів (існуюча система орієнтування на вокзалі).

Для реалізації зазначеної умови в роботі запропоновано представити мету пасажирів та район пересадки у вигляді картографічної інформації, яка може бути подана у вигляді статичного потенційного поля φ у двовимірному просторі. Таким чином, розповсюдження пасажиропотоку відбувається в інформаційному полі. Враховуючи фактори, яким надають перевагу пасажирів при виборі маршруту пересадки, умовою формування потенційної функції поля на всій області визначення району пересадки є найкоротша відстань до глобальної мети та відчуття дискомфорту біля перешкод. За роботою [8], така потенційна функція $\varphi(X, t)$ ($X=\{x, y\}$ – координати простору, t – час) у точці мети X_j дорівнює нулю, а на всьому іншому проміжку задовольняє рівнянню Ейконала

$$\|\nabla\varphi(X, t)\| = \frac{\alpha f + \gamma g}{f}, \quad (1)$$

де $\nabla\varphi(X, t)$ – градієнт функції $\varphi(X, t)$; f – вектор швидкості; g – статичне поле дискомфорту біля перешкод (стіни вокзалу, край платформ, турнікети, огорожі тротуару тощо); α, γ – вагові коефіцієнти факторів відстані до глобальної мети і відчуття дискомфорту біля перешкод.

Для розв'язання отриманого рівняння (1) доцільно використати чисельний метод Fast Marching Method, FMM [9].

На рис. 5 наведено схему розповсюдження хвилі в алгоритмі FMM.

Висновки. Запропонована модель організації пасажиропотоків на залізничному вокзалі дозволить дослідити маршрути переміщення пасажирів при виконанні пересадки, особливо в умовах курсування швидкісних поїздів. Визначення тривалості пересадки та рівня комфортності в різні періоди доби надасть можливість заздалегідь змінювати технологічні параметри пересадочного комплексу, розробляти графік руху поїздів з урахуванням типових пересадок пасажирів, визначених за моделлю, і формувати узгоджений графік прибуття і відправлення міського пасажирського транспорту у взаємодії з залізничним.

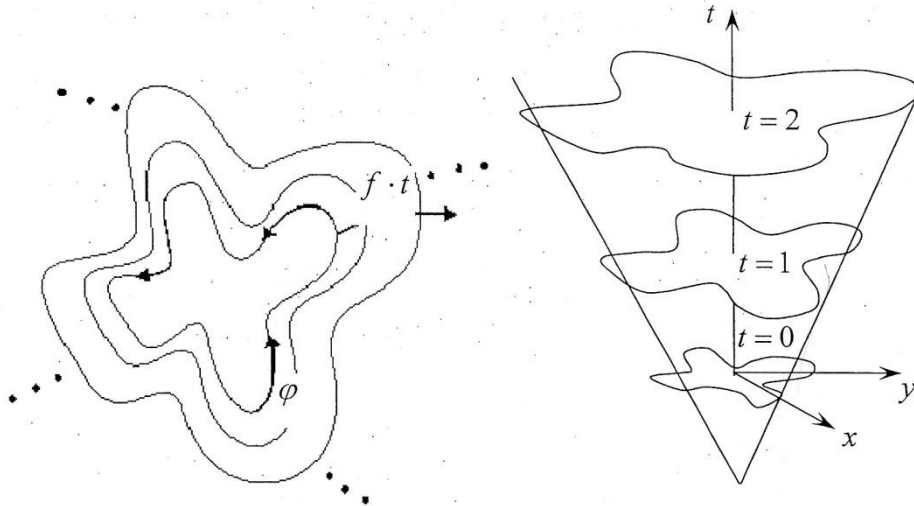


Рис. 5. Схема розповсюдження хвилі в алгоритмі швидкого маршрування FMM

Список використаних джерел

1. Кочнев, Ф.П. Пассажирские перевозки на железных дорогах [Текст]: учеб. пособие для интов инж. ж.-д. трансп. / Ф.П. Кочнев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Трансжелдориздат, 1959. – 351 с.
2. Плахов, Г.Н. Прогнозирование и планирование пассажирских перевозок [Текст] / Г.Н. Плахов // Железнодорожный транспорт. – 1972. – № 7. – С. 23-25.
3. Марчук, Б.Е. Типовая АСУ "Экспресс-2" [Текст] / Б.Е. Марчук // Железнодорожный транспорт. – 1976. – № 11. – С. 59-62.
4. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок [Текст] / под ред. П.С. Грунтова. – М.: Транспорт, 1994. – 544 с.
5. Бутько, Т.В. Формування мережі логістичних центрів пересадочних комплексів на основі використання розподіленої системи підтримки прийняття рішень з реалізацією колективної самоорганізації [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, О.О. Журба, Н.І. Хведорець // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип. 26. – С. 34-39.
6. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей [Текст]: монографія / за заг. ред. С.О. Субботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.
7. Moussaïd M., Perozo N., Garnier S., Helbing D., Theraulaz G. The walking behavior of pedestrian social groups and its impact on crowd dynamics / PLoS ONE, 2010, 5(4):e10047.
8. Treuille, A., Cooper, S., and Popovic, Z. 2006 / Continuum crowds. In ACM SIGGRAPH'06. ACM, New York, NY, 1160-1168.
9. Sethian J.A. Fast marching methods / J.A.Sethian // SIAM Review. – 1999. - V.41(2). - P. 199-235.

Бутько Тетяна Василівна, доктор технічних наук, професор, завідувача кафедрою управління експлуатаційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-88.
 Висоцька Катерина Петрівна, магістрант кафедри управління експлуатаційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (097) 87-48-382.

But'ko Tatiana Vasilevna, Professor, doctor of technical Sciences, head of the Department of eksplutacijne work, Ukrainian state University of railway transport. Tel (057) 730-10-88.
 Vysotska Katerine, master of the department of the management of operational work, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (097) 87-48-382.

Наукова праця здана до друку 17.06.2015 року

УДК 656.027

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ШВИДКІСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ СВІТОВОГО ДОСВІДУ

Канд. техн. наук А.О. Ковальов, магістр В.О. Грищенко

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В УКРАИНЕ НА ОСНОВАНИИ МИРОВОГО ОПЫТА

Канд. техн. наук А.А. Ковалев, магистр В.А. Грищенко

PROSPECTS OF DEVELOPMENT FOR HIGH-SPEED PASSENGER TRANSPORTATION IN UKRAINE BASED ON INTERNATIONAL EXPERIENCE

Cand. of techn. sciences A.A. Kovalov, master student V.A. Gryschenko

У статті розглянуто перспективи розвитку високошвидкісних залізниць України, заходи щодо впровадження швидкісного руху та можливий розвиток на основі світового досвіду.

***Ключові слова:** пасажирські високошвидкісні магістралі, будівництво високошвидкісних магістралей, залізничний транспорт, пасажирські перевезення, швидкісне сполучення.*

В статье рассмотрены перспективы развития высокоскоростных железных дорог Украины, мероприятия по внедрению скоростного движения и возможное развитие на основании мирового опыта.

***Ключевые слова:** пассажирские высокоскоростные магистрали, строительство высокоскоростных магистралей, железнодорожный транспорт, пассажирские перевозки, скоростное сообщение.*

The article considers the prospects for the development of high-speed Railways of Ukraine, the implementation of high-speed traffic and possible development on the basis of international experience.

Current trends in the market of transport services for passengers are in a relative decrease in the role of rail and increasing importance of road and air transport. Therefore, the necessary measures at the state level on strengthening the attractiveness of rail transport it to the public. This can only be achieved through the introduction of high-speed railways.

The paper presents several approaches to determining the economic feasibility of introduction in Ukraine of high-speed traffic, but still not determined how it will develop speed and high-speed movement in Ukraine.

***Key words:** high-speed passenger line, the construction of high-speed railways, railway transport, passenger transport, high-speed connection.*

Вступ. Сучасні тенденції на ринку транспортних послуг з перевезення пасажирів полягають у відносному зменшенні ролі залізничного та підвищенні значення автомобільного та повітряного транспорту. Тому необхідні заходи на рівні держави стосовно посилення привабливості саме залізничних перевезень для населення. Цього можна було досягти тільки через впровадження швидкісних магістралей.

В Україні завдяки геополітичному розташуванню історично сформувалися

сприятливі умови для формування та розміщення залізничної мережі. На сьогодні вона за загальною довжиною шляхів займає четверте місце у світі після США, Росії і Канади.

Будівництво окремих швидкісних магістралей за кордоном довело свою ефективність, проте аналіз світового досвіду свідчить про те, що це не завжди призводить до очевидних позитивних ефектів. Досвід країн Західної Європи та Японії показує, що найбільшу швидкість руху 200 – 350 км/год

можна досягти при організації високошвидкісного руху поїздів на спеціалізованих високошвидкісних магістралях. Однак їх будівництво та виробництво спеціалізованого рухомого складу вимагає великих капіталовкладень, що обчислюються мільярдами доларів.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Сучасні тенденції на ринку транспортних послуг з перевезення пасажирів полягають у відносному зменшенні ролі залізничного й підвищенні значення автомобільного й повітряного транспорту. Оскільки неможливо примусити людей користуватися тим чи іншим видом транспорту, необхідні заходи на державному рівні та рівні Укрзалізниці стосовно посилення привабливості саме залізничних перевезень для населення. Значного підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту можна досягти через впровадження швидкісних магістралей. Саме такий шлях дає можливість галузі залізничного транспорту зберегти й найбільш ефективно використовувати існуючий науково-технічний потенціал для здійснення структурних технологічних змін і для збереження конкурентних переваг перед іншими видами транспорту.

Впровадження в нашій державі швидкісного руху викликає необхідність вирішення нових досить складних питань:

- підвищення технічного рівня інфраструктури залізниць;
- виробництво швидкісного рухомого складу та різної залізничної техніки;
- створення нових автоматизованих систем і інформаційних технологій;
- розвиток машинобудування, металургії, будівельної індустрії та інших галузей економіки [1].

Невідповідність матеріально-технічної бази потребам залізничного транспорту, значний знос основних виробничих фондів, недосконала політика ціноутворення, загострення конкуренції з боку автомобільного транспорту, низька якість транспортних послуг призводять до збитків [2].

Аналіз останніх досліджень. Із західноєвропейського досвіду видно, що, незважаючи на наявність добре розвинутої мережі автомобільних доріг, широке охоплення

населення власними автомобілями, залізничний транспорт при проведенні відповідної роботи має переваги перед автомобільним транспортом (на відстанях 250-500 км), а також успішно конкурує з авіацією (на відстанях 500-1000 км) [1].

З метою вирішення проблеми підвищення швидкості руху на наших залізницях проведена робота щодо визначення потенційно придатних напрямків впровадження швидкісного руху:

- проаналізовано обсяги відправлення пасажирів;
- проаналізовано їх кореспонденції між обласними центрами;
- визначено основні пасажироутворюючі пункти, між якими передбачається організувати швидкісний рух пасажирських поїздів.

З метою визначення напрямків реконструкції залізничних ліній:

- виконано аналіз фактичних пасажиропотоків;
- проаналізовано тенденції змін обсягів перевезень і дано їм експертну оцінку;
- запрогнозовано перспективу пасажиропотоків.

Напрямки перспективного розвитку швидкісного руху встановлювалися з використанням основних категорій:

- обсяги пасажирських перевезень;
- відстань між пунктами організації високошвидкісного руху [1].

Мета та завдання дослідження

Завданням дослідження є:

- істотне підвищення провізної спроможності залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень;
- скорочення часу перебування пасажирів у дорозі і забезпечення на цій основі задоволення потреб населення у здійсненні поїздок до місця роботи, навчання, лікування, спілкування, відпочинку, а також інших поїздок особистого характеру протягом однієї доби (як правило, у денний час);
- зменшення собівартості пасажирських перевезень і витрат суспільства на усунення наслідків роботи транспорту;
- створення конкурентного середовища на ринку транспортних послуг;
- забезпечення інтеграції залізниць України в європейську транспортну систему

Для досягнення визначеної мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- здійснити реконструкцію та модернізацію інфраструктури основних залізничних ліній, забезпечивши можливість пропускання пасажирських поїздів із швидкістю до 200 км/год;

- забезпечити залізницю швидкісним рухомим складом;

- узгодити впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів з топологією швидкісних і високошвидкісних перевезень на напрямку Європа - Азія, визначеному Організацією співробітництва залізниць [5].

Основна частина дослідження. Залізничний транспорт є найрозвинутішим в Україні, за загальною довжиною колії він займає четверте місце у світі (після США, Росії та Канади). За пасажирооборотом є незаперечним лідером – на нього припадає 50-70 % загального обсягу перевезень. При великій розгалуженості колійної мережі, більша половина якої – колійна мережа підприємств і організацій, значний відсоток становлять електрифіковані ділянки (близько 40 %), дво- і багатоколійні дільниці (майже третина загальної довжини).

Разом з тим залізничний транспорт має високу частку зношеності основних фондів (з деяких головних видів 80-90 %), переважна частина колій змонтована на дерев'яних шпалах, з яких 15-17 % непридатні для дальшого використання [6].

Велика провізна спроможність залізниць, стабільність їхньої роботи і порівняна дешевизна перевезень сприяли тому, що залізничний транспорт був і залишається у країні основним перевізником пасажирів у міжміському (далекому) і приміському сполученні. Однак сьогодні залізниця вже не повною мірою відповідають сучасним вимогам, які висуваються до транспорту, насамперед щодо тривалості поїздок [4].

Створення високошвидкісних магістралей потребує корінної перебудови рейкової колії, створення і запровадження рухомого складу нового покоління з конструктивною швидкістю до 300-350 км/год. Враховуючи, що наявний парк локомотивів, електропоїздів і вагонів не дозволяє реалізувати швидкість вище 160 км/год, запровадження ВШМ на Україні можна здійснювати лише поетапно, звичайно за умови успішного

розвитку економіки та залучення відповідних інвестицій [3].

Для впровадження швидкісного руху необхідно:

- здійснити на головних коліях заміну стрілочних переводів для реалізації швидкості 200 км/год (у сучасних умовах забезпечується швидкість не більше 90 км/год);

- залізничні переїзди замінити на шляхопроводи;

- підсилити контактну мережу і пристрої автоматики, телемеханіки і зв'язку;

- протягом реформування залізниць здійснити розділення вантажного і пасажирського руху з метою скорочення експлуатаційних витрат.

На рівні Укрзалізниці тепер дії з впровадження швидкісного руху призупинені через необхідність:

- купівлі вантажних вагонів;

- купівлі електропоїздів;

- значної тривалості закупки нових електровозів (не менше двох років).

Досвіду створення швидкісного залізничного транспорту в Україні немає, тому треба приділити увагу історії її розвитку у світі [1].

На початку 80-х рр. ХХ ст. склалася ситуація, коли залізниця Європи втрачали обсяги не тільки вантажних, а й пасажирських перевезень через конкуренцію авіації та автомобільного транспорту.

З огляду на досвід Японії та конкретні європейські умови, основним напрямом підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту було визнано створення мережі високошвидкісних (понад 200 км/год) залізниць. Першу в Європі швидкісну лінію Париж - Ліон збудовано в 1981 р. У наступні роки мережа цих залізниць значно розширилася, відповідно зросли і обсяги перевезень.

Поряд з високошвидкісними в країнах Європи широко розвиваються і швидкісні (до 200 км/год) перевезення (Польща, скандинавські країни, Німеччина) [4].

На сьогодні в розвитку високошвидкісного та швидкісного руху пасажирських поїздів найбільших успіхів у технічному і технологічному плані досягнуто в Японії, Франції, Німеччині, Італії та Іспанії. Через різні історичні та інші причини кожна з цих країн ішла своїм шляхом і, як правило, їх системи мають свої особливості. У впровадженні

високошвидкісного руху умовно можна виділити три концептуальних підходи.

Японська та іспанська концепції передбачають, що колія високошвидкісних магістралей повністю ізолюється від загальної залізничної мережі, французька – високошвидкісні магістралі будуються у складі загальної залізничної мережі, але з призначенням для високошвидкісного рухомого складу, німецька та італійська концепції – здійснюється комплексна реконструкція залізниць з модернізацією і спрямленням існуючих ліній і будівництвом окремих високошвидкісних дільниць. Реалізація цих концепцій пов'язана здебільшого зі значними капітальними вкладеннями.

Враховуючи фінансові можливості держави і технічні характеристики вітчизняної залізничної мережі для залізниць України, рекомендується найбільш оптимальний варіант, який передбачає реконструкцію та модернізацію залізничних дільниць з підготовкою їх до впровадження швидкісного руху [5].

Відповідно до прийнятої в країнах Європи та СНД практики рух пасажирських поїздів із швидкістю до 140 км/год може здійснюватися на існуючих лініях поряд з вантажним рухом. У той же час дільниці, призначені для пропускання швидкісних поїздів із швидкістю 161-200 км/год повинні, як правило, звільнитися від вантажного руху з тим, щоб не допустити передчасного руйнування головної колії через надмірне навантаження на неї.

Потрібно буде максимально обмежити пропускання транзитних вантажопотоків через Київський залізничний вузол. З цією метою передбачається, зокрема, перевести на паралельні напрямки вантажний рух до портів Чорного моря та до західного кордону.

Що стосується дільниць швидкісних напрямків, де неможливо забезпечити

відхилення руху вантажних поїздів, необхідно визначити економічну доцільність будівництва додаткових спеціалізованих головних колій, а також використання на двоколіїних дільницях однієї колії для швидкісних пасажирських поїздів, а другої – для вантажних.

На деяких одноколіїних дільницях потрібно спорудити другу колію для того, щоб забезпечити відповідну пропускну спроможність цих дільниць, не обмежуючи швидкість руху. Хоча протягом певного часу, коли курсуватиме не більше 2-4 пар швидкісних поїздів на добу, одноколіїні дільниці можна зберігати. Це підтверджує і зарубіжний досвід, зокрема Фінляндії, де на напрямку швидкісного руху Гельсінкі - Турку 82 % перегонів одноколіїні [5].

Висновки. Українські залізниці поки далекі від японських, європейських і китайських швидкостей (понад 200 км/год), адже вони можливі тільки на виділених пасажирських коліях, які не мають перетинів, обов'язково обгороджені і технологія їх утримання зовсім інша (включаючи технології управління та роботи систем безпеки), а рухомий склад високошвидкісних поїздів – спеціальний, а не адаптований.

Вище було подано кілька наукових підходів щодо визначення економічної доцільності впровадження в Україні високошвидкісного руху, але досі Укрзалізницею не визначено, за яким сценарієм слід розвивати швидкісний і високошвидкісний рух в Україні.

Впроваджувати високошвидкісний рух в Україні необхідно, оскільки це нагальна потреба сьогодення. Але ця проблема досі не вирішується за відсутності необхідних коштів в Укрзалізниці та бюджеті країни.

Проблема впровадження високошвидкісного руху потребує розроблення нових наукових підходів, які б остаточно визначили економічну ефективність цих заходів в Україні як галузеву, так і суспільну.

Список використаних джерел

1. Перспектива швидкісного пасажирського руху в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://www.studopedia.info/1-31887.html](http://www.studopedia.info/1-31887.html).
2. Ансофф, И. Стратегическое управление [Текст] / И. Ансофф. – М.: Экономика, 1989. – 520 с.
3. Удосконалення технологічних процесів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://www.helpiks.org/1-91083.html](http://www.helpiks.org/1-91083.html).
4. Концепція Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005–2015 рр. [Електронний ресурс] / Розпорядження Кабінету Міністрів

України від 31 грудня 2004 р. № 979р. – Режим доступу: [www/URL: http://www.zakon2.rada.gov.ua/laws/show/979-2004-p](http://www.zakon2.rada.gov.ua/laws/show/979-2004-p).

5. Про схвалення Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (16.12.2009) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http:// zakon.nau.ua/doc/?uid=1095.5722.0](http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1095.5722.0).

6. П'ятаченко, Г.Г. Транспортна система України в контексті європейської інтеграції [Текст] / Г.Г. П'ятаченко. – К.: Наукова думка, 1998. – 35 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Огар

Ковальов Антон Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (096)410-67-26; e-mail: kovalovanton@mail.ru.

Грищенко Владислав Олександрович, магістрант ІППК. Тел.(095) 128-87-09 e-mail: all.history@mail.ru.

Kovalov Anton Aleksandrovich, Ph. D., associate Professor of the Office of freight and commercial work of the Ukrainian state University of railway transport. Tel. (096)410-67-26 e-mail: kovalovanton@mail.ru.

Gryshchenko Vladislav Oleksandrovich, Listener IPPK. Tel. (095) 128-87-09 e-mail: all.history@mail.ru.

Наукова праця здана до друку 17.06.2015 року

УДК656.224.003.077

АНАЛІЗ ДОСВІДУ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ В УМОВАХ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ

Канд. техн. наук Т.Ю. Калашнікова, магістрант М.В. Биков

АНАЛИЗ ОПЫТА КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

Канд. техн. наук Т.Ю. Калашникова, магистрант Н.В. Быков

AN ANALYSIS OF THE EXPERIENCE QUALITY SERVICE OF PASSENGERS IN CONDITIONS HIGT SPEED MOVEMENT

Cand. of tehn. sciences T.Y. Kalashnikova, master student M.V. Vykov

У статті розглядається питання щодо підвищення якості обслуговування пасажирів в умовах високошвидкісного руху. Проведено аналіз роботи УЗ, виявлено ряд недоліків в обслуговуванні пасажирів. Запропоновано заходи підвищення якості обслуговування за рахунок додаткового технічного оснащення вокзалів і станцій.

Ключові слова: *якість, пасажир, залізничний транспорт.*

В статье рассматривается вопрос о повышении качества обслуживания пассажиров в условиях высокоскоростного движения. Проведен анализ работы УЗ, выявлен ряд недостатков в обслуживании пассажиров. Предложены меры повышения качества обслуживания за счет дополнительного технического оснащения вокзалов и станций.

Ключевые слова: *качество, пассажир, железнодорожный транспорт.*

In the article the question of improving the quality of passenger service under conditions of high-speed traffic. The analysis of ultrasound revealed a number of shortcomings in passenger service. The measures service quality improvement through additional technical equipment stations.

Key words: *quality, passenger, railway transport.*

Вступ і постановка проблеми. Збитковість залізничних пасажирських перевезень у всіх видах сполучень спонукає залізниці до пошуку нових форм співпраці з пасажиром через пропонування їм широкого асортименту сервісних послуг (нових) з підвищенням їх привабливості, що в результаті призведе до зростання обсягів роботи і дохідних надходжень. Як свідчить практика, такий шлях підвищення ефективності та прибутковості пасажирських перевезень є найбільш реальним, тому що підвищення вартості проїзду та надання традиційних послуг суттєво не збільшує доходи залізниць.

Становлення і розвиток ринкових відносин у державі призводить до значних змін у всіх сферах життєдіяльності суспільства. Продовжується розшарування населення за рівнем доходів, з'явився клас дуже забезпечених громадян, продовжує розвиватися вітчизняний бізнес, що сприяє зростанню економічних зв'язків між підприємствами різних форм власності, різноманітними бізнесовими структурами і підприємствами.

Подальше поглиблення ринкових перетворень сприятиме зміцненню середнього та малого бізнесу, формуванню в суспільстві вітчизняного бізнесового прошарку. Завдяки цьому зростає потреба цих людей у здійсненні поїздок з метою задоволення, перш за все, власного економічного інтересу. У перспективі кількість таких поїздок буде зростати. Крім того, у такої категорії пасажирів виникають свої вимоги до переліку і якості обслуговування, за надання яких вони готові залізницям платити.

Вже зараз значна частина пасажирів має потребу в наданні нових послуг, які раніше залізницями не надавалися. Основними серед них є такі: доставка пасажирів і багажу на вокзал і назад, замовлення залізничних квитків за телефоном і електронною поштою, бронювання місць у поїздах і готелях, послуги мобільного зв'язку та інші.

Аналіз нормативної бази. Нормативною базою регулювання якості товарів у нашій державі є Закон України «Про захист прав споживачів». Але у сфері транспорту нормативний документ, який регулює відносини між виробником і споживачем, установлюючи стандарти якості пасажирських перевезень, до даного часу, на жаль, відсутній.

Поняття якості закріплено в стандартах багатьох країн світу. Так, у державному стандарті Росії (ГОСТ Р 51006-96. Услуги транспортные. Термины и определения) під «якістю» розуміють сукупність характеристик пасажирських, вантажних перевезень, які максимально забезпечують потреби пасажирів і вантажовідправників у процесі роботи [1].

Метою статті є аналіз роботи залізничних вокзалів з метою підвищення якості обслуговування пасажирів в умовах високошвидкісного руху.

Виклад основного матеріалу. Досвід роботи залізничного транспорту протягом трансформаційного періоду, який розпочався в 1991 р., показує, що зміцнення фінансового стану підрозділів залізниць, які займаються пасажирськими перевезеннями, можливо завдяки більш глибокому урахуванню індивідуальних вимог пасажирів. Це можна здійснити шляхом розширення сервісного обслуговування пасажирів.

Перший досвід роботи УЗ свідчить про правильно обраний залізницями напрям удосконалення пасажирських перевезень. Для проведення Євро-2012 проводилось переоснащення вокзальних комплексів в Україні. Залізничні вокзали мають у своєму складі такі приміщення: вестибюль; касові зали; зали очікування; кімнати матері і дитини; кімнати тривалого відпочинку; ресторани, кафе, буфети; багажні приміщення; камери схову ручної поклажі; кіоски, магазини; туалети, перукарні та інше. Технологічний процес роботи вокзалу повинен забезпечувати високу культуру обслуговування пасажирів протягом всього часу їх знаходження на вокзалі, скорочення тривалості виконання всіх операцій з обслуговування пасажирів. Він повинен передбачати таке [2]:

- ув'язку роботи всіх структурних підрозділів вокзалу з графіком руху поїздів і роботою місцевого транспорту;

- специфікацію вокзальних приміщень і раціональне їх розміщення з метою досягнення мінімальних тривалостей виконання технологічних операцій;

- раціональну організацію пасажиропотоків у приміщеннях вокзалу, на платформах, переходах і привокзальній площі;

- ефективну роботу квиткових і багажних кас, довідкової служби, камер схову;

- організацію роботи обслуговуючого персоналу з використанням передових методів обслуговування пасажирів;
- порядок прибирання приміщень вокзалу, платформ і площ;

- механізацію і автоматизацію технологічних операцій [3].

Пасажир повинен прямувати вокзалом найкоротшим шляхом, переходячи з одного приміщення в інше і вирішуючи всі питання, пов'язані з його поїздом (рис. 1).

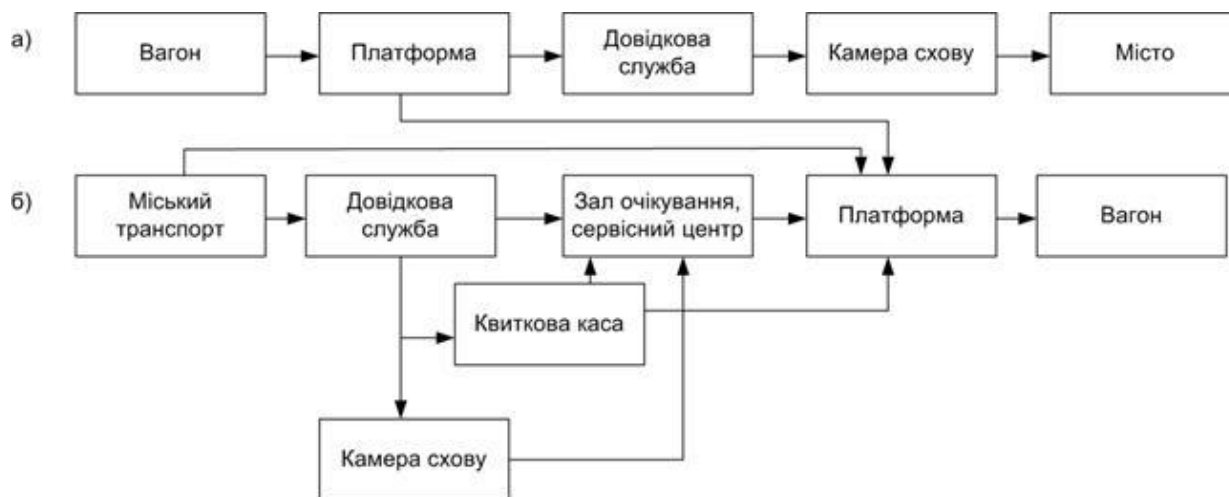


Рис. 1. Схема потоковості в обслуговуванні пасажирів на вокзалі:
а – відправлення; б – прибуття пасажирів [1]

Правильно поставлена робота довідково-інформаційної служби вокзалу призводить до мінімуму зайвих переходів пасажирів для з'ясування різних питань, пов'язаних з поїздом. Для цього інформація пасажирів повинна мати всі дані про поїзд; час початку і закінчення посадки; порядок розміщення вагонів у составі (їх нумерація); розміщення у вокзалі проходів для пасажирів [4].

Для регулювання переміщення пасажирів на платформах їх обладнують різними покажчиками. Останнім часом вони бувають світловими. Для доведення необхідної інформації до пасажирів використовують радіо, зорову довідку і бюро.

Крім того, на залізничних вокзалах широко використовуються різноманітні зорові довідки у вигляді покажчиків, плакатів, таблиць, розкладів, вартості проїзду, оплати багажу та інше [6].

Організація продажу квитків має важливе значення в забезпеченні високоякісного обслуговування пасажирів.

Квиткові каси поділяються на такі види:

- каси добового продажу квитків у день від'їзду (організують у вокзалах для пасажирів прямого і місцевого сполучень);

- приміські каси (для пасажирів приміського сполучення);

- каси попереднього продажу квитків улаштовуються, як правило, у містах.

Попередній продаж квитків здійснюється на підставі замовлень на квитки по телефону, поштою, Інтернетом, при особистому зверненні пасажирів із доставкою додому, на підприємства, бази відпочинку та інше [5].

Для комплексної автоматизації квитково-касових операцій розроблено і впроваджено в практику електронну систему „Експрес УЗ”.

Система „Експрес УЗ” визначає вартість проїзду, друкує проїзні документи, враховує вільні місця в поїздах, вказує їх за вимогою касирів автоматично, інформує пасажирів і касирів про вільні місця, підраховує суми від продажу квитків, складає статистичну і фінансову звітність.

Проаналізувавши послуги, які надаються пасажиром на залізницях України в якості обслуговування, виявлено основний недолік – відсутність достатньої інформативності.

З метою підвищення якості обслуговування пасажирів на залізницях і вокзалах УЗ проведено дослідження закордонного досвіду з цього питання.

Наприклад, французькі залізниці (SNCF) і їхня інфраструктура забезпечують високий рівень інформативності за рахунок [7]:

- численних табло і показчиків без гучномовного зв'язку;
- інформаційних кіосків на кожному кроці;
- безкоштовного надання інформації та карт міста, метро, рекламних буклетів (вокзал, станція метро, готелі).

Велика увага приділяється клієнтам з порушенням зору, слуху, інвалідам і людям з обмеженими розумовими здібностями. Для таких людей розміщено спеціальні термінали, за якими вони можуть отримати або необхідну інформацію, або викликати працівника, що забезпечує допомогу в придбанні квитка, посадці в поїзд і т. п. Для незрячих людей також обладнано рельєфні доріжки по основних напрямках прямування пасажирів (рис. 2, 3).



Рис. 2. Автомат для людей з обмеженими можливостями



Рис. 3. Рельєфні проходи для пасажирів з вадами зору

Раніше вокзал сприймався як порожнє крокування пасажирів, а самі пасажирів як безліка маса. Зараз існує підхід до кожного клієнта з пропозицією доставляння «від дверей до дверей». Транспортний оператор стає експертом з руху, який базується на логістичних підходах із пропозицією комплексу послуг.

У квиткових касах введено нову посаду – асистент менеджера, який перерозподіляє

пасажиропотік у касах. Проводиться вимірювання задоволеності клієнтів шляхом внутрішніх інспекцій (чорні покупці), а також опитуванням клієнтів на виході з кас. Час очікування в черзі є гострим питанням.

Тарифна політика у Європі є багаторівневою, що дозволяє врахувати окремі категорії клієнтів: вікова група, бізнесмени і т. д. Для них виділяються окремі віконця,

пропонуються бізнес-програми для випадкових клієнтів, окремо для звичайних відпочиваючих.

Період купівлі дешевого квитка може бути як напередодні відправлення, так і за три місяці. Ціна квитка не є постійною, а варіюється залежно від попиту (запозичено в авіатранспорту). Максимальна ціна може перевищувати мінімальну в 5 разів, таким чином враховується обслуговування пасажирів з різним рівнем доходів.

Висновок. У перспективі за рахунок розширення асортименту сервісних послуг, забезпечення комплексного сервісного обслуговування і супроводження пасажира від моменту виникнення в нього бажання здійснити поїздки до її завершення з чіткою взаємодією залізниць з іншими видами транспорту залізничні вокзали України можуть і повинні стати одним великим центром якісного обслуговування.

Список використаних джерел

1. Кочнев, Ф.П. Пассажи́рские перевозки на железнодорожном транспорте [Текст] / Ф.П. Кочнев. – М.: Транспорт, 1980. – 496 с.
2. Трихунков, М.Ф. Транспортное производство в условиях рынка: качество и эффективность [Текст] / М.Ф. Трихунков. – М.: Транспорт, 1993. – 256 с.
3. Аксенов, И.М. Основы маркетинга в сфере пассажирских перевозок [Текст] / И.М. Аксенов. – К.: КМУГА, 1999. – 185 с.
4. Иловайский, Н.Д. Сервис на транспорте (железнодорожном) [Текст]: учебник для вузов / Н.Д. Иловайский, А.Н. Киселев. – М.: Маршрут, 2003. – 59 с.
5. Про схвалення концепції Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів 2005-2015 рр. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://studopedia.info/1-31887.html>.
6. Сервіс та бізнес на ВСШН в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://studopedia.com.ua/1_36086_osnovi-tehnologii-roboti-zaliznichnih-vokzaliv.html.
7. Железные дороги мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zdmira.com>.
8. Sethian, J.A. Fast marching methods / J.A. Sethian // SIAM Review. – 1999. – V.41(2). – P. 199-235.
9. Резер, С.М. Логистика пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте [Текст] / С.М. Резер. – М.: ВИНТИ РАН, 2007. – 516 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Огар

Калашнікова Тетяна Юріївна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (066)441-50-42 e-mail: bulavina_ty@ukr.net.

Биков Микола Володимирович, магістрант ІППК. Тел.(099) 75-95-468 e-mail: nics1990@mail.ru.

Kalashnikova Tetyana Yurievna, PhD. Of tehn. Sciences, Associate Professor of Management of operational work of the Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (066)441-50-42 e-mail: bulavina_ty@ukr.net.
Bykov Mykola Volodumurov, Lichistener IPPK. Tel. (099) 75-95-468 e-mail: nics1990@mail.ru.

Наукова праця здана до друку 16.06.2015 року

УДК 656.072;656.027

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖОБАГАЖІВ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ШВИДКІСНОГО РУХУ

Канд. техн. наук А.Л. Обухова, магістрант Є.Ю. Мар'юшкіна

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОБАГАЖА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

Канд. техн. наук А.Л. Обухова, магистрант Е.Ю. Марьюшкина

THE IMPROVEMENT OF SERVICE TECHNOLOGY CARGO-LUGGAGE WHEN PERFORMING HIGH-SPEED TRAFFIC

Cand. of tehn. sciences A. Obukhova, master student E. Mariushkina

У статті висвітлено питання щодо впровадження швидкісного руху (як приклад розвитку швидкісного руху в Україні розглядається Державне підприємство «Українська залізнична швидкісна компанія») і якості обслуговування пасажирів на залізничному транспорті України. Розглянуто один з видів послуг, який загалом надає залізничний транспорт, - це обслуговування вантажобагажів при здійсненні швидкісного руху.

Ключові слова: пасажир, послуга, залізничний транспорт, швидкісний рух, багаж, вантажобагаж.

В статье освещены вопросы по внедрению скоростного движения (как пример развития скоростного движения в Украине рассматривается Государственное предприятие «Украинская железнодорожная скоростная компания») и качества обслуживания пассажиров на железнодорожном транспорте Украины. Рассмотрен один из видов услуг, который в целом оказывает железнодорожный транспорт, - это обслуживание грузобагажей при осуществлении скоростного движения.

Ключевые слова: пассажир, услуга, железнодорожный транспорт, скоростное движение, багаж, грузобагаж.

The article covering the issue of implementation of high-speed traffic (as an example of high-speed traffic in Ukraine, considered the State Enterprise "Ukrainian-speed railway company") and the quality of passenger service on the railway transport of Ukraine. Considered one of the services, which provides rail transport in general - a cargo service in the implementation of high-speed traffic.

Keywords: passenger, services, the railway transport, high-speed traffic, luggage, cargo luggage.

Вступ. Залізничний транспорт є однією з важливих галузей економіки України, є провідною галуззю в дорожньо-транспортному комплексі країни, який забезпечує 82 % вантажних і майже 50 % пасажирських перевезень, здійснюваних всіма видами транспорту.

Пасажирські перевезення відіграють важливу роль в економіці України тому зі зростанням пасажиропотоку підвищується культура обслуговування пасажирів, будується новий рухомий склад підвищеного комфорту, реконструюються залізничні лінії, застосовуються нові передові технології, використовуються машини для прибирання

приміщень, виконуються та удосконалюються роботи з багажем і вантажобагажем, оновлюється приміський парк поїздів, у такі поїзди ставлять вагони, які для більшої зручності поділяють на 3 класи. У зв'язку з тим, що Україна займає центральне положення в Європі, сучасні тенденції на ринку транспортних послуг з перевезення пасажирів полягають у відносному зменшенні ролі залізничного та підвищенні значення автомобільного та повітряного транспорту, необхідні заходи стосовно посилення привабливості саме залізничних перевезень для населення. Цього можна досягти через

впровадження швидкісних магістралей, тому розпочато запровадження швидкісних ліній і комфортних послуг пасажиром [8].

Постановка проблеми. Збитковість залізничних пасажирських перевезень у всіх видах сполучень (рисунок) спонукають залізниці до пошуку нових форм співпраці з пасажиром через пропонування їм широкого асортименту послуг з підвищенням їх привабливості, що в результаті дасть зростання обсягів роботи і дохідних надходжень. Як свідчить практика, такий шлях підвищення ефективності та прибутковості пасажирських перевезень є найбільш реальним, тому що підвищення вартості проїзду та надання традиційних послуг суттєво не збільшує доходи залізниць.

Становлення і розвиток ринкових відносин у державі призводить до значних змін у всіх сферах життєдіяльності суспільства. Продовжується розширення населення за рівнем доходів, продовжує розвиватися вітчизняний бізнес, що сприяє зростанню економічних зв'язків між підприємствами, підприємцями і різноманітними структурами. Завдяки цьому зростає потреба людей у здійсненні поїздок і послугах, які пропонує залізниця з метою задоволення, перш за все, власного економічного інтересу. На сьогоднішній день значна частина пасажирів має потребу в наданні нових послуг. Основним серед них є доставка пасажирів, багажу та вантажобагажу на вокзали і у пункти призначення [2].

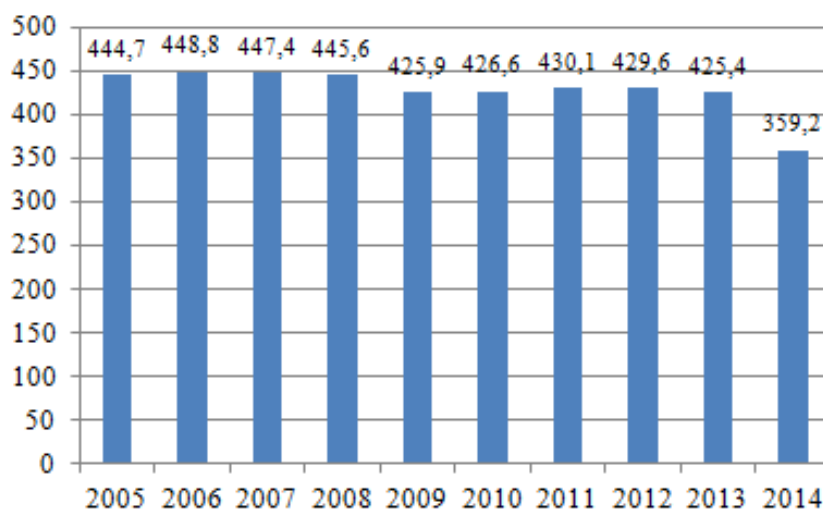


Рис. Обсяги пасажирських перевезень за 2005-2014 рр.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У середині ХХ ст. провідні вчені Радянського Союзу, такі як Б.Е. Пейзахсон, Н.І. Бешева, Н.В. Колодяжний, здійснили низку науково-дослідних і проектних робіт з впровадження спеціалізованих залізничних ліній для руху пасажирських поїздів зі швидкістю 250 км/год у напрямку Москва – Сімферополь. До 1990 року планувалося організувати рух від 30 до 93 таких пар пасажирських поїздів. Також було встановлено, що впровадження швидкісного руху дозволить збільшити пропускну й провізну спроможність залізничних ліній, пасажиропотік і рівень комфорту для пасажирів. Усе це сприяло б

підвищенню ефективності роботи залізниць. Проте через труднощі, пов'язані з необхідністю організації вантажних перевезень, обсяги яких значно збільшувались, відклали на певний час питання організації швидкісного руху.

У 2004 році консалтингова компанія «Systra» виконала дослідження для Укрзалізниці щодо можливості використання потягів зі швидкістю до 250 км/год на залізничних маршрутах Київ – Львів і Київ – Одеса. Для цього було запропоновано оновити колію і сигналізацію, але лише у випадку, якщо вантажні та звичайні пасажирські перевезення будуть відведені з магістралі або сконцентровані в певний час дня [3].

Останні 10 років в Україні здійснювалися заходи з впровадження швидкісних залізничних перевезень і послуг, пов'язаних з ними. Для цього було ухвалено низку нормативно-правових документів. Проведення в країні чемпіонату Європи з футболу у 2012 році значно прискорило цей процес [3].

Нормативно-правовою базою регулювання надання послуг пасажиром на Укрзалізницю є «Правила перевезення пасажирів, багажу, вантажобагажу та пошти» [6].

Визначення мети і завдання дослідження. Метою даної роботи, під час впровадження та розвитку швидкісних перевезень в Україні, є аналіз діяльності роботи залізниць з визначенням якості надання їх послуг, які надаються пасажиром на залізницях України. На сьогодні потрібно не тільки перевезти вантаж і витримати термін його доставки, але й здійснити транспортне обслуговування по різних класах якості, мінімізуючи втрати при перевезенні та обслуговуванні вантажобагажів і витрати на них.

Завданням роботи є дослідження створення сучасного, ефективно працюючого в ринкових умовах швидкісного пасажирського транспорту і технології обслуговування вантажобагажів і їх значущості не тільки заради прибутку, який буде зростати не лише від обсягів перевезень, а і завдяки раціональному їх використанню [5].

Основна частина досліджень. Підготовка до впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів в Україні тривала не один рік. У 2009 р. Кабінетом Міністрів України було схвалено Стратегію розвитку залізничного транспорту на період до 2020 р. [10]. У цьому документі визначено основні напрямки реалізації Стратегії, а саме стосовно технічного переоснащення об'єктів інфраструктури залізниць:

- модернізація об'єктів інфраструктури залізничних ліній за напрямками Київ – Коростень – Шепетівка, Київ – Полтава – Харків – Донецьк, Київ – Львів, Київ – Миронівка;

- забезпечення залізниць рухомим складом вітчизняного виробництва, здатним істотно підвищити техніко-технологічні показники, зокрема щодо підвищення швидкості руху вантажних поїздів до 100-120 км/год і пасажирських – до 160-200 км/год;

- удосконалення технології організації перевезень шляхом організації руху поїздів за напрямками, які будуть орієнтовані переважно на один вид перевезень (пасажирські або вантажні);

- створення системи логістики та мережі логістичних структур;

- організація руху денних пасажирських поїздів;

- поетапне впровадження швидкісних пасажирських поїздів, насамперед за напрямками Київ – Донецьк, Київ – Харків, Київ – Одеса, Київ – Дніпропетровськ, Київ – Львів, Дніпропетровськ – Сімферополь;

- надання державної підтримки у вирішенні питань щодо закупівлі пасажирського рухомого складу, будівництва і реконструкції об'єктів інфраструктури залізниць, що мають соціальне значення.

Усе це призвело до створення Державного підприємства «Українська залізнична швидкісна компанія», яке є новим потужним гравцем на ринку пасажирських перевезень України та першопрохідцем у напрямку розвитку абсолютно нового сегмента пасажирських перевезень – денних швидкісних перевезень. Основними перевагами послуг, які надаються пасажиром поїздами Української залізничної швидкісної компанії, є:

- тривалість подорожі: час подорожі між центрами міст поїздами ІНТЕРСІТІ+ та ІНТЕРСІТІ є співрозмірним з аналогічним і ненабагато більшим, ніж при подорожі літаком;

- вартість перевезень: незважаючи на те, що час подорожі суттєво скорочено, вартість перевезень залишається на рівні, типовому для наземного транспорту;

- доступність для пасажирів: поїздами ІНТЕРСІТІ+ та ІНТЕРСІТІ вже сьогодні сполучено найбільші міста України, між якими існують найбільші пасажиропотоки;

- точність і надійність: рух поїздів здійснюється за чітко розрахованим графіком. Погодні умови та інші фактори не мають такого значного впливу на дотримання графіка руху, як на інші види транспорту;

- комфорт: подорожі поїздами ІНТЕРСІТІ+ та ІНТЕРСІТІ є комфортними та зручними для пасажирів, що досягається за рахунок сучасного рухомого складу з комфортним інтер'єром та ергономікою, а також високого рівня сервісу для пасажирів;

- зручний розклад руху: розклад руху розроблено з урахуванням максимальної кількості потреб пасажирів. Зокрема вдалось уникнути надто пізнього прибуття ранкових поїздів і надто раннього відправлення вечірніх поїздів, що дозволяє пасажиром більш оптимально спланувати свій день;

- сервіс: орієнтований підхід до перевезень.

ДП «Українська залізнична швидкісна компанія» вперше в Україні запроваджує сервіс, орієнтований на здійснення перевезень, який полягає у формуванні комплексного продукту для пасажирів, що зробить подорож швидкою, комфортною та приємною [3].

За період впровадження швидкісного залізничного руху в Україні у внутрішньому сполученні збільшилася кількість їх маршрутів та обсяги перевезень пасажирів. Загалом від початку курсування швидкісних поїздів квитки на них купили 5 млн 895 тис. пасажирів, а квітень 2015 року продемонстрував найвищий показник – 260 тис. подорожувальників обрали поїзди категорії Інтерсіті та Інтерсіті+, які курсують зі швидкістю до 160 км/год.

Переваги поїздів Інтерсіті оцінили не лише громадяни України, а й гості держави. Рівень сервісу постійно адаптується до потреб мандрівників. Зараз територією України курсує 12 пар швидкісних поїздів за напрямками: Київ – Харків, Дарниця – Львів, Дарниця – Трускавець, Київ – Дніпропетровськ, Красноармійськ, Київ – Запоріжжя, Київ – Костянтинівка, Київ – Кривий Ріг, Дарниця – Тернопіль, Дарниця – Одеса. У планах Української залізничної швидкісної компанії та Укрзалізниці – подальший розвиток мережі регулярного швидкісного руху, зокрема розроблення та впровадження нових маршрутів, а також збільшення інтенсивності руху на вже існуючих [5].

Основним завданням роботи залізничного транспорту є повне та своєчасне задоволення потреб населення країни в перевезеннях і наданні послуг. Тому підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів – одне з найважливіших завдань підвищення рівня обслуговування пасажирів. Удосконалення швидкісного руху полягає не тільки в скороченні часу в дорозі, а й у підвищенні їх комфортності і надання ними послуг [4]. Послуги, які виконуються на залізниці, є різноманітними, і навіть незначні

поліпшення надання послуг у результаті можуть дати величезні вигоди. Якщо розглядається швидкісний рух, то необхідно пам'ятати, що обслуговування пасажирів полягає не тільки в їхньому швидкому проїзді, але і в комфортному наданні послуг. Одним з видів послуг, які надає залізниця, – це зручне переміщення, збереження та відправлення багажу та вантажобагажу за призначенням.

Відправити речі залізницею може будь-яка фізична чи юридична особа: обмежень немає. При цьому магістраль здійснює перевезення двох типів вантажів – багажу та вантажобагажу. Багаж оформлюється лише пасажиром за наявності квитка на поїзд, а для транспортування вантажобагажу клієнту не потрібно жодних документів.

Процедура відправлення вантажу:

по-перше, при користуванні багажним відділенням залізниць потрібно переконатись, що речі не підпадають під список заборонених для транспортування;

по-друге, товар повинен бути упакований належним чином. За Правилами перевезення пасажирів, багажу, вантажобагажу та пошти, залізничним транспортом України речі приймаються лише в надійній упаковці, яка забезпечує їх схоронність на всьому шляху прямування до видачі пасажиру.

На місці клієнт заповнює заяву на відправлення вантажобагажу/багажу. Для цього приймальник зважує речі і рахує кількість місць. На основі заяви клієнт у касі оформлює проїзний документ і оплачує перевезення. Оплата за відправку залежить від кілометражу і тоннажу. Отримавши проїзний документ, працівники багажного відділення вантажать речі у вагон чи на склад за допомогою спеціальної техніки. Загалом оформлення займає 15-30 хв залежно від кількості вантажобагажу. Зазвичай користувачі багажного відділення перевозять домашні речі, меблі, дитячі товари, велосипеди тощо.

На залізницях України функціонує 29 багажних відділень. Найбільші з них розташовані на вокзалах станцій Дніпропетровськ, Львів, Харків, Івано-Франківськ, Донецьк, Луганськ, Київ, Одеса - Головна. За останні 2 роки було закрито 8 багажних відділень через їх збитковість [1].

Однак при створенні сприятливих умов для користувачів послугами багажного відділення, яке буде функціонувати в поєднанні

з послугою транспортування швидкісними поїздами, можливо зробити відправлення вантажобагажу/багажу привабливим. Розширення видів супутніх послуг при відправлення багажу та вантажобагажу, доставка за схемою «від дверей до дверей», привабливі тарифи – напрями, що дозволять зробити даний вид послуги рентабельним.

Висновки. Розвиток ринкових відносин у державі сприяє зростанню і зміцненню економіки, представники цих відносин користуються послугами залізничного транспорту в різних видах пасажирських

сполучень. Досвід роботи залізничного транспорту протягом трансформаційного періоду, який розпочався в 1991 році, показує, що зміцнення фінансового стану підрозділів залізниць, які займаються пасажирськими перевезеннями, можливо завдяки більш глибокому урахуванню індивідуальних вимог пасажирів. Це можна здійснити шляхом розширення обсягу послуг, що здійснюються залізницями та надаються пасажирам, а саме комфортне переміщення пасажирів, багажу та вантажобагажу територією України [2].

Список використаних джерел

1. Багажний «помічник» [Електронний ресурс]: [стаття від 26.05.2015 року]. – Режим доступу: <http://magistral-uz.com.ua>.
2. Сервіс центри з обслуговування пасажирів на залізничному транспорті [Електронний ресурс]: [стаття]. – Режим доступу: <http://jrn1.nau.edu.ua>.
3. Напрямки впровадження швидкісних пасажирських перевезень в Україні [Електронний ресурс]: [стаття]. – Режим доступу: <http://pre.diiit.edu.ua>.
4. Удосконалення організації пасажирських перевезень в умовах конкуренції [Електронний ресурс]: [стаття]. – Режим доступу: <http://vestnik2079-5459.khpi.edu.ua>.
5. За 3 роки впровадження швидкісного руху поїздами скористалося майже 5 млн пасажирів [Електронний ресурс]: [стаття]. – Режим доступу: <http://magistral-uz.com.ua>.
6. Правила перевезення пасажирів, багажу, вантажобагажу та пошти [Електронний ресурс]: наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 27 грудня 2006 р. №1196. – Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua>.
7. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
8. Технологія роботи вокзалу [Електронний ресурс]: [дипломна робота]. – Режим доступу: <http://br.com.ua/diplom/technical/64385.htm>.
9. Впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів крок за кроком [Електронний ресурс]: [стаття]. – Режим доступу: <http://magistral-uz.com.ua>.
10. Стратегія розвитку залізничного транспорту на період до 2020 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.

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

Обухова Анна Леонідівна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-85. E-mail: anya.obukhova@gmail.com.

Мар'юшкіна Євгенія Юріївна, магістрант ІППК Тел.: (097) 280-16-68. E-mail: nastya.1411@mail.ru.

Obukhova Anna, Cand. of techn. science, lecturer department of management of freight and commercial work, Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-85. E-mail: anya.obukhova@gmail.com.
Mariushkina Evgeniya Yurievna master IPPK Tel.: (097) 280-16-68 E-mail: nastya.1411@mail.ru

Наукова праця здана до друку 17.06.2015 року

УДК 656.027. 656.025.2

ВПЛИВ ВИСОКОШВИДКІСНИХ МАГІСТРАЛЕЙ НА ІНШІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Канд. техн. наук С.М. Продащук, Ю.В. Биковська, С.С. Івахненко

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ НА ДРУГИЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Канд. техн. наук С.Н. Продащук, Ю.В. Быковская, С.С. Івахненко

THE IMPACT OF HIGH-SPEED LINES FOR OTHER MODES OF TRANSPORT IN MODERN CONDITIONS

Cand. of tehn sciences S.M. Prodaschuk, master student Y.V.Bykovs'ka, S.S. Ivakhnenko

У даній роботі було описано чинники, що мають вплив на конкуренцію за ринок перевезення пасажирів при впровадженні високошвидкісних магістралей (ВШМ) з іншими видами транспорту в Україні. Проведено огляд досвіду у світі з цього питання, виконано аналіз існуючих методів визначення доцільності введення додаткових маршрутів прискорених поїздів в Україні.

***Ключові слова:** високошвидкісні магістралі, швидкісні поїзди, транспортна мережа України, пасажирооборот, конкуренція, мобільність населення.*

В данной работе были описаны факторы, влияющие на конкуренцию рынка перевозки пассажиров при внедрении высокоскоростных магистралей (ВСМ) с другими видами транспорта в Украине. Проведен обзор опыта в мире по этому вопросу, выполнен анализ существующих методов определения целесообразности введения дополнительных маршрутов ускоренных поездов в Украине.

***Ключевые слова:** высокоскоростные магистрали, скоростные поезда, транспортная сеть Украины, пассажирооборот, конкуренция, мобильность населения.*

In this paper we described the factors affecting the market competition carriage of passengers, the introduction of high-res with other modes of transport in Ukraine. Clarified the importance of implementation The review of the experience in the world on this issue, the analysis of existing methods for determining the appropriateness of additional routes express trains in Ukraine.

***Keywords:** high-speed highways, high-speed trains, the transport network of Ukraine, passenger traffic, competition, the growth of population mobility.*

Вступ і постановка проблеми.

Створення високошвидкісних магістралей в Україні є одним з найважливіших напрямів розвитку залізниці [1]. Впровадження швидкісного та високошвидкісного руху дасть можливість підвищення рівня конкурентоспроможності залізничного транспорту, прискорення науково-технічного процесу та принципового покращення обслуговування пасажирів.

Важливим питанням у проекті ВШМ є його вплив на роботу інших видів транспорту, при його вирішенні треба враховувати світовий досвід.

На сучасному етапі інтегрування України в Європу збільшення швидкості пасажирських

поїздів є актуальним напрямом розвитку залізниць, бо обслуговування пасажирів повинно відповідати європейському рівню сервісу. При розвитку мережі залізниць для швидкісного пасажирського сполучення необхідно враховувати цілий спектр різних чинників, таких як соціально-економічних, транспортно-логістичних. Для успішного функціонування ВШМ потрібно вивчити конкуренцію на ринку пасажирських перевезень і ввести в експлуатацію таку кількість швидкісних поїздів, щоб повністю задовольнити потреби пасажирів, і поєднати найбільші міста для розвитку ділових і культурного зв'язків усієї країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемами розвитку високошвидкісного залізничного транспорту займались С.С. Жабров, Е.А. Сотников [2], В.Ю. Козлов [3], А.В. Момот [4]. Дослідження щодо встановлення раціональної кількості швидкісних пасажирських поїздів і їхніх максимальних швидкостей за умови суміщеного руху вантажних і пасажирських поїздів було проведено в роботі В.Ю. Козлова. Це дуже актуально для сучасних умов українських залізниць, адже недостатнє фінансування та досить великий обсяг роботи з реформування інфраструктури задля впровадження окремих ліній курсування швидкісних поїздів є неможливим. А.В. Момот у своїх працях використовував методичний підхід до визначення раціональних швидкостей руху пасажирських поїздів і раціональних зон їх курсування. Але питання щодо визначення перспективної мобільності населення України, оптимальних зон курсування вказаних поїздів ще досконально не досліджено.

Мета статті. Аналіз світового досвіду впровадження ВШМ та взаємодії з іншими

видами транспорту, дослідження введення нових сполучень швидкісними поїздами між великими містами України.

Основна частина. Україна має потужну транспортну мережу, до якої входять залізничний, автомобільний, річковий, морський, повітряний і трубопровідний транспорт. 22 лютого 2012 р. для організації швидкісного руху на теренах України було створено Українську залізничну швидкісну компанію. Це державне підприємство, яке підпорядковане Державній адміністрації залізничного транспорту України (Укрзалізниця). Мережа маршрутів Української залізничної швидкісної компанії має досить широкий спектр. Зараз вона об'єднує Київ з найбільшими промисловими центрами України: Запоріжжя, Дніпропетровськ, Харків, а також культурними центрами історичного регіону Галичини: Львовом і Тернополем, поєднує Трускавець та Одесу. Схема курсування швидкісних поїздів територією України наведена на рис. 1.



Рис. 1. Схема курсування швидкісних поїздів територією України

Слід зазначити, що курс Української залізничної швидкісної компанії повністю узгоджується зі стратегією реформування галузі — сегментування залізничного транспорту за окремими напрямками діяльності. Українська залізнична швидкісна компанія створена з метою розширення та покращення комплексу послуг, що надаються пасажиром під час поїздки у швидкісних поїздах.

Українська залізнична швидкісна компанія на сьогодні експлуатує 12 пар швидкісних поїздів категорії Інтерсіті+ та Інтерсіті: 10 швидкісних електропоїздів Hyundai Rotem HRSC 2 і 2 швидкісні електропоїзди ЕКр-1 «Тарпан» виробництва ПрАТ «КВБЗ». Увесь рухомий склад компанії має робочі швидкості руху до 160 км/год [5].

За час існування компанії попит на залізничні перевезення швидкісними поїздами

постійно підвищується. Наприклад, за період з початку 2015 року середня населеність у всіх поїздах Інтерсіті+ за чотири місяці сягнула 61 %, а у травні вона вже становила 68 %. Тоді як у цілому в 2014 р. цей показник становив 54 %.

Але існують перепони на шляху розвитку ВШМ в Україні. Внаслідок поганого стану інфраструктури існують обмеження, що стосуються швидкості для поїздів Інтерсіті+, часті відмови обладнання поїздів «Hyundai Rotem» через недостатню адаптацію до умов клімату загострюють конкуренцію основних видів транспорту, що перевозять пасажирів.

Дані про кількість перевезених пасажирів і пасажирооборот за 2014 рік [6] залізничним, автомобільним та авіаційним транспортом наведено в таблиці.

Таблиця

Статистичні дані пасажирських перевезень за 2014 р. у межах України

Транспорт	Пасажирооборот		Перевезено пасажирів	
	млн пас.км	% до 2013 р.	млн	% до 2013 р.
залізничний	35623,5	78,3	389,1	96,4
автомобільний	42696,9	92,5	2915,3	91,2
авіаційний	11583,7	95,1	6,5	83,2

Аналізуючи пасажирооборот, можна зробити висновок, що автомобільний транспорт є найбільшим конкурентом залізниць в Україні. Конкуренція залежить від вибору пасажиром, який користується такими критеріями:

- комфорт під час поїздки;
- вартість квитка;
- зручність придбання квитка;
- час поїздки;
- відсутність пересадок.

Основними чинниками, що дають перевагу швидкісному залізничному руху перед автомобільним, є поганий стан автошляхів, подорожчання пального і відповідно зростання цін на автобусні перевезення.

В авіаперевізників магістраль забере пасажиропотік, але цю частку сьогодні прогнозувати складно. На відстані 500-800 кілометрів пасажир вибирає між поїздом і літаком виходячи з міркувань комфорту, розкладу, ціни та особистих уподобань.

Аналіз ринку транспортних послуг за кордоном показує, що основним конкурентом високошвидкісних залізничних перевезень є авіаційний транспорт.

Високошвидкісні залізничні сполучення відіграють домінуючу роль, якщо час поїздки не перевищує двох годин. Їх частка може досягати 85 % і в тих випадках, коли час поїздки складає 2 год 30 хв, навіть якщо повітряний транспорт на відповідних маршрутах пропонує високу частоту рейсів літаків великої місткості. При часі поїздки, що становить 3 год, частка високошвидкісних залізничних сполучень утримується на рівні 60 %. Прикладом є міжнародні ВШМ зі сполученням Париж – Лондон, Париж – Бордо, Стокгольм – Гетеборг.

Залізниці в ряді випадків зберігають свої позиції на ринку і при часі поїздки, що перевищує 3 год. Їх частка становить 40-50 % на маршрутах Париж - Амстердам, 20-30 % на

маршрутах Париж - Тулон, Париж - Тулуза (5 год); 10-20 % на маршрутах з часом поїздки 6-6,5 год. Частка високошвидкісного транспорту на ринку пасажирських перевезень

залежно від часу поїздки наведена на рис. 2. Визначено, що чим менший час подорожі, тим більше пасажирів обирають високошвидкісний залізничний рух.

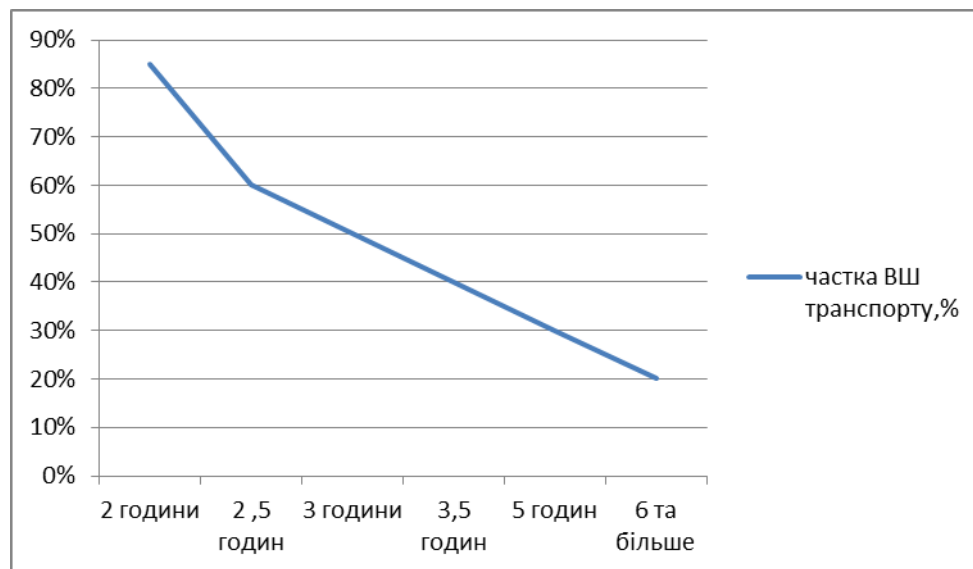


Рис. 2. Частка високошвидкісного транспорту на ринку пасажирських перевезень залежно від часу поїздки

Що стосується відстаней, то природною нішею повітряного транспорту залишаються сполучення на відстанях більше 1000 км. Тут авіаперевезення мають беззаперечну перевагу, навіть незважаючи на те, що деяку частину пасажиропотоків можуть взяти на себе нічні поїзди підвищеного рівня комфорту.

На відстанях у 500-1000 км має місце інтенсивна конкуренція між залізничним і повітряним транспортом, і вирішальну роль при виборі пасажиром одного з них відіграє скоріше не тривалість поїздки або польоту, а набір і якість додаткових послуг.

Світовий досвід показує, що високошвидкісний залізничний транспорт за швидкістю доставки пасажирів, економічністю та екологічною чистотою займає нішу перевезень на відстані 400-800 км. Використання повітряних суден на маршрутах такої дальності, як правило, економічно і з міркувань безпеки не вигідно.

Покращення інфраструктури, сервісу та обслуговування пасажирів на існуючих сполученнях швидкісних поїздів України та розроблення нових маршрутів їх курсування зможе підвищити частку залізничного

транспорту на ринку пасажирських перевезень. Доцільно було розробити додаткові сполучення між великими містами, наприклад Ужгород - Запоріжжя. На сьогодні залізничний транспорт України не може запропонувати пасажиром поїзд, який би поєднав ці міста.

Для визначення доцільності введення нових сполучень необхідно враховувати ряд чинників:

- населеність міст;
- обсяги існуючих пасажирських перевезень;
- кількість високошвидкісних поїздів з урахуванням графіка їх руху та кількість проміжних зупинок;
- наявність ремонтних підрозділів (депо та заводи);
- вартість об'єктів інфраструктури високошвидкісного транспорту;
- ефективність або можлива збитковість перевезень пасажирів у напрямку, що реконструюється під високошвидкісний рух.

Обсяг перевезень по новому маршруту можна визначити за методикою розрахунку французької компанії SYSTRA [7]. Компанія

пропонує виконувати розрахунок за допомогою формули

$$P_{AB} = k \frac{H_A \cdot H_B}{f(L_M \cdot T_M)} \quad (1)$$

де P_{AB} – обсяг перевезень між двома кінцевими містами А і В, тис. люд;

k, f – відповідно коефіцієнт моделі і частота поїздок;

H_A, H_B – населення двох кінцевих міст відповідно А та В, тис. люд;

L_M – довжина маршруту, км;

T_M – час поїздки високошвидкісним поїздом по маршруту між місцями А та В, год.

Також для розрахунку перспективних перевезень використовується формула [4]

$$P_{AB} = 2 \frac{(H_A + T_A) \cdot (H_B \cdot T_B)}{(H_{ВШМ} \cdot T_{ВШМ})} \cdot R \cdot K_1 \cdot K_{пас} \quad (2)$$

де P_{AB} – прогнозна річна кількість перевезених пасажирів між двома містами А та В, тис. люд;

H_A, H_B – населення міст відповідно А та В, тис. чол.;

T_A, T_B – транзитний пасажиропотік з країн СНД по станції А та у зворотному русі зі станції В, тис. люд;

$H_{ВШМ}$ – загальна кількість населення на всіх станціях високошвидкісної магістралі, тис. люд;

$T_{ВШМ}$ – транзитний пасажиропотік з країн СНД по всіх станціях високошвидкісної магістралі, тис. люд;

R – частка рухливості населення України по ВШМ;

K_1 – коефіцієнт, що враховує термін поїздки пасажирів на заданій ділянці;

$K_{пас}$ – коефіцієнт, що враховує додатково частоту поїздки пасажирів на заданій ділянці.

На основі аналізу наведених методик можна зробити висновок, що формула (1) є менш ефективною, оскільки не враховується транзитний пасажиропотік, який доцільно перевести на швидкісне сполучення. Методика за формулою (2) дозволяє розподілити пасажирів по окремих ділянках з урахуванням рухливості населення, враховує транзитний пасажиропотік, а це дуже важливо для умов географічного розташування України. Враховує особливості міст, що будуть поєднані швидкісними поїздами, і термін поїздок.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Стрімкий розвиток ділових, культурних, економічних і туристичних зв'язків, викликаний розвитком інтеграційних процесів, є постійно діючим чинником, що обумовлює зростання потреб у швидкісних пасажирських перевезеннях як у даний час, так і в перспективі. Враховуючи європейський досвід, основним завданням при введенні нових швидкісних ліній і магістралей для Української залізничної швидкісної компанії є визначення місткості ринку для всієї мережі або для поїздок між окремими пунктами. Щоб створені маршрути користувались попитом, необхідно розрахувати обсяг майбутніх перевезень, враховуючи багато чинників (рухливість населення, терміни поїздок, населення міст і їх особливості) і зіставити з загальним обсягом далеких пасажирських перевезень залізниць або з обсягами перевезень інших видів транспорту. При цьому для збільшення конкурентоспроможності з іншими видами транспорту необхідно визначити відстані подорожі, на яких швидкісний рух зможе отримати збільшення потоку пасажирів. Це є можливим при застосуванні досвіду впровадження ВШМ у світі.

Список використаних джерел

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року [Електронний ресурс]: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. № 2174. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>. – Назва з екрана.
2. Жабров, С.С. Скоростной и высокоскоростной транспорт [Текст] / С.С. Жабров, Е.А. Сотников, В.И. Ковалев // Железнодорожный транспорт. – 1998. – №4. – С. 39-42.
3. Козлов, В.Ю. Обоснование экономически рационального числа скоростных пассажирских поездов [Текст] / В.Ю. Козлов // Труды МИИТ. – 1982. – Вып.715. – С. 90-94.
4. Момот, А.В. Методичний підхід до визначення раціональних швидкостей руху пасажирських поїздів та раціональних зон їх курсування [Текст] / А.В. Момот // Пробл. економіки трансп.: зб. наук.

пр. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2013. – Вип. 5. – С. 80-89.

5. Українська залізнична швидкісна компанія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://www.intersity.uz.gov.ua](http://www.intersity.uz.gov.ua).

6. Звітні дані Державної служби статистики України за 2014 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://www.ukrstat.gov.ua/](http://www.ukrstat.gov.ua/).

7. Предварительное технико-экономическое обоснование проекта высокоскоростных железных дорог в Украине «SYSTRA». – К., 2002. – 213 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Огар

Продашук Світлана Миколаївна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057)-730-10-26; e-mail: sp7728@mail.ru.

Биковська Юлія Вікторівна, магістрант ІППК. Тел (050) 59-78-965; e-mail: yuliya.bykovskaya@mail.ru.

Івахненко Сергій Сергійович, магістрант ІППК. Тел (067) 52-70-435; e-mail: sergun-ivahnenko@ya.ru.

Prodaschuk Svitlana, Cand. of tehn sciences, associate Professor of the Office of freight and commercial work of the Ukrainian state University of railway transport. Tel. (057)-730-10-26 e-mail: sp7728@mail.ru.

Bykovska Yuliya, listener IPPK. e-mail: yuliya.bykovskaya@mail.ru.

Ivakhnenko Serhii, listener. Tel. (067) 52-70-435 e-mail : sergun-ivahnenko@ya.ru.

Наукова праця здана до друку 17.06.2015 року

УДК 656.223

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛІВ НА ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ МАГІСТРАЛЯХ

Д-р техн. наук Д.В. Ломотько, магістрант І.Є. Марасіна

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЯХ

Д-р техн. наук Д.В. Ломотько, магістрант І.Є. Марасіна

ANALYSIS OF THE FUNCTIONING OF TRANSPORT HUBS AT RAILWAY HIGH-SPEED HIGHWAYS

Doct. of techn. Sciences D.V. Lomotko, master student I.E. Marasina

У даній статті подано необхідні критерії для створення ефективної, рентабельної комплексної транспортної системи великих міст. Крім того, виявлено основні напрямки розвитку сервісу пасажирських перевезень у великих транспортних вузлах, серед яких: розвиток інтелектуальних транспортних систем; інтеграція рішень в області проїзних документів і тарифної політики, збільшення провізної і пропускнує спроможності магістралей і т.д. Крім характеристик для ТПВ з участю швидкісного залізничного транспорту запропоновано використовувати додаткові критерії – планувальне рішення ТПВ, наявність і розміщення сервіс-центру, наявність перехоплювального паркування. У якості прикладу проектування планувальної структури багатofункціональних ТПВ швидкісного залізничного транспорту розглянуто комплексну модернізацію транспортної інфраструктури на базі вокзального комплексу «Токійський вокзал», що проводиться в Японії в останні роки, яка дозволила досягти глибокої інтеграції систем міжрегіонального, регіонального залізничного, автомобільного і міських видів пасажирського

транспорту. У результаті запропоновано розглядати ТПВ як складний інфраструктурний комплекс, що включає в себе земельні ділянки з розташованими на них, над ними чи під ними об'єктами транспортного та іншого призначення і призначений для забезпечення безпечного й комфортного обслуговування пасажирів в місцях пересадок з одного виду транспорту на інший.

Ключові слова: транспортно-пересадочний вузол (ТПВ), сервіс пасажирських перевезень, інфраструктурний комплекс, тарифна політика, модернізація.

В данной статье представлены необходимые критерии для создания эффективной, рентабельной комплексной транспортной системы крупных городов. Кроме того, выявлены основные направления развития сервиса пассажирских перевозок в крупных транспортных узлах, среди которых развитие интеллектуальных транспортных систем; интеграция решений в области проездных документов и тарифной политики, увеличение провозной и пропускной способности магистралей и т.д. Кроме характеристик для ТПУ с участием скоростного железнодорожного транспорта, предложено использовать дополнительные критерии: планировочное решение ТПУ, наличие и размещение сервис-центра, наличие перехватывающей парковки. В качестве примера проектирования планировочной структуры многофункциональных ТПУ скоростного железнодорожного транспорта рассмотрена комплексная модернизация транспортной инфраструктуры на базе вокзального комплекса «Токийский вокзал», проводимая в Японии в последние годы, которая позволила достигнуть глубокой интеграции систем межрегионального, регионального железнодорожного, автомобильного и городских видов пассажирского транспорта. В результате предложено рассматривать ТПУ как сложный инфраструктурный комплекс, включающий в себя земельные участки с расположенными на них, над ними или под ними объектами транспортного и другого назначения и предназначенный для обеспечения безопасного и комфортного обслуживания пассажиров в местах пересадок с одного вида транспорта на другой.

Ключевые слова: транспортно-пересадочный узел (ТПУ), сервис пассажирских перевозок, инфраструктурный комплекс, тарифная политика, модернизация.

This article presents the necessary criteria for creating efficient, cost-effective integrated transport system in the major cities. Furthermore identified the main directions of development of passenger transportation services in major transport hubs, including: the development of intelligent transport systems; integration of solutions in the field of travel documents and tariff policy, increase freight capacity and throughput of highways, etc. In addition to characteristics for TPU involving high speed rail is proposed to use additional criteria – planning decision TPU, availability and placement service center, the availability of bike Parking. As an example, the design of the planning structure of the multifunctional TPU speed rail transport is considered a comprehensive modernization of the transport infrastructure on the basis of the station complex "Tokyo station", held in Japan in recent years, which has enabled it to achieve a deep integration of systems of interregional, regional rail, road and urban types of passenger transport. As a result invited to consider the TPU as a sophisticated infrastructural facility which includes land located on them, over them or under them the objects of transport and other purposes, and designed to provide safe and comfortable passenger services in the field transfers from one vehicle to another.

Keywords: hub, service, passenger transportation, infrastructure complex, tariff policy, modernization.

Вступ. Одна з найважливіших незручностей великих міст і мегаполісів визначається необхідністю комплексної модернізації та нової структуризації транспортних мереж та інфраструктури транспорту шляхом формування і розвитку транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ), що забезпечують найбільш ефективну взаємодію всіх елементів транспортної системи.

Постановка проблеми. Основною проблемою пасажирського залізничного транспорту є повне задоволення потреб населення в перевезеннях. Незважаючи на вдосконалення процесів проектування і експлуатації транспортних систем пасажирського транспорту великих міст, тривалість переміщення пасажирів з початкового пункту до кінцевого в них залишається значною і

коливається залежно від розмірів міста в межах 35-90 хвилин. Час перебування пасажирів в ТПВ становить приблизно чверть загального часу переміщення [1, 2].

Аналіз досліджень і публікацій. Виконані раніше наукові дослідження в даній сфері недостатньо враховували специфіку ринкової економіки, що впливає на функціонування і розвиток ТПВ [5, 6], а також зарубіжний досвід формування ТПВ [3, 4], їх проектування і розвиток у зв'язку з подальшим розвитком великих міст у взаємодії з різними видами пасажирського транспорту. Недостатньо використовувалися методологічний і математичний аналіз для прогнозування і моделювання динаміки та взаємодії пасажиропотоків у ТПВ [7, 8]. Питання функціонування, формування і розвитку ТПВ стали широко розглядатися в науковій спеціалізованій літературі з середини 60-х років ХХ століття до сьогодення [10, 11].

Формулювання мети (постановка завдання). Метою даних досліджень є визначення необхідних критеріїв для створення ефективної, рентабельної комплексної транспортної системи великих міст; а також не тільки виявлення основних напрямків розвитку сервісу пасажирських перевезень у великих транспортних вузлах, а і врахування причин, що визначають вибір пасажиром способу переміщення і виду транспортних засобів.

Основна частина дослідження. При формуванні комплексної транспортної системи великих міст слід враховувати причини, що визначають вибір пасажиром спосіб переміщення і вид транспортних засобів: соціальні, психологічні і демографічні. У першу чергу пасажир великого міста при виборі маршруту пересування прораховує, скільки витрачається на поїздку часу. Тому фактор часу є одним з основних параметрів, що впливають на вибір виду транспорту, за умови, що пасажир задовольняє вартість поїздки цим видом транспорту і якість обслуговування в ньому.

Скорочення часу поїздки в межах міста можливо за рахунок збільшення швидкостей руху транспортних засобів при організації швидкісних внутрішньоміських і приміських перевезень залізничним або іншим видом транспорту з мінімальною кількістю зупинок [5]. Для організації швидкісних міських і приміських перевезень, як правило, необхідним

є спорудження додаткових головних колій на головних ділянках і розв'язок.

Істотне скорочення часу поїздки пасажирів з початкового пункту до кінцевого за рахунок збільшення швидкості руху транспортних засобів на окремих ділянках спільного шляху може не відбутися через тривалий час перебування пасажирів ТПВ при пересадці між взаємодіючими видами транспорту. У більшості випадків цей час безпосередньо визначається нераціональною планувальною організацією ТПВ і недостатньою координацією в роботі взаємодіючих у ТПВ видів транспорту. Тому одним з головних завдань, вирішення якого дозволить скоротити загальний час поїздки пасажирів, є вибір раціональних параметрів ТПВ як центрів взаємодії швидкісного залізничного та інших видів пасажирського транспорту.

Вирішення завдання вибору параметрів ТПВ, що формуються за участю швидкісного залізничного транспорту, є складовою частиною наукового завдання раціоналізації структури ТПВ на основі закономірностей формування пасажиропотоків, спрямованого на підвищення ефективності управління пасажирськими перевезеннями та поліпшення рівня сервісу на високошвидкісних залізничних магістралях.

Сьогодні ТПВ – багатовимірний за параметрами і багатфункціональний за функціями і структурою транспортний об'єкт. Таким чином, проблеми формування, функціонування і розвитку ТПВ великих міст перебувають у сфері функціонування окремих їх груп подаються як:

- пункти взаємодії різних видів пасажирського транспорту як зовнішніх, так і внутрішніх;
- елементи швидкісного пасажирського комплексу залізничного транспорту.

Структура, характер і напрям транспортних потоків являють собою головні фактори, що визначають транспортно-планувальну структуру ТПВ. В даний час пасажирів, які користуються транспортом, можна поділити на три групи залежно від їхніх пріоритетів, що визначають привабливість того чи іншого виду транспорту:

- вартість поїздки від пункту відправлення до пункту призначення;

- час, що витрачається на поїздки від пункту відправлення до пункту призначення пасажирів (з урахуванням часу на пересадку між видами транспорту та очікування транспорту);

- рівень сервісу.

У сучасних умовах до основних напрямів розвитку сервісу пасажирських перевезень у великих транспортних вузлах відносять:

- розширення транспортної мережі внутрішньоміських перевезень;

- розширення мережі метрополітену;

- створення системи «перехоплюючих» парковок;

- розвиток таксомоторних послуг;

- розвиток інтелектуальних транспортних систем (встановлення детекторів руху, адаптивних інформаційних табло, засобів дистанційної діагностики);

- інтеграція рішень у сфері проїзних документів і тарифної політики (створення єдиного інтермодального квитка та автоматизація системи продажів);

- збільшення провізної і пропускнув спроможності магістралей;

- спорудження ТПВ з метою стимулювання використання громадського транспорту в межах міста;

- розвиток нових швидкісних магістральних видів транспорту;

- впровадження сучасних методів, техніки і технологій для аналізу і прогнозування транспортних ситуацій;

- прискорена доставка дрібних вантажів і багажу швидкісним залізничним транспортом.

Всі рішення повинні бути спрямовані на загальне завдання підвищення популярності швидкісного залізничного транспорту. У зарубіжній практиці проектування планувальної структури багатофункціональних ТПВ швидкісного залізничного транспорту накопичено багатий досвід. Наприклад, комплексна модернізація транспортної інфраструктури, що проводиться в Японії в останні роки, дозволила досягти глибокої інтеграції систем міжрегіонального, регіонального залізничного, автомобільного і міських видів пасажирського транспорту. ТПВ на базі вокзального комплексу «Токійський вокзал», де взаємодіють різні види міського (позавуличного швидкісного і наземного пасажирського транспорту), регіонального (приміські електропоїзди) і зовнішнього (поїзди швидкісні системи «Синкансен») транспорту, що забезпечують транспортну доступність об'єктів практично з усієї території Японії. Планувальне рішення вузла пересадки пасажирів з одного виду транспорту на інший у вигляді ТПК з розподільним рівнем, розташованим у надземному або підземному просторі, – основне планувальне рішення, характерне для великих ТПВ в Японії. Компактність планувальної організації, що досягається за рахунок багаторівневого рішення, використано, наприклад, у ТПВ «Одайбо» (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд ТПВ «Одайбо»

Аналіз співвідношення часток площ ТПВ подано на рис. 2. Досвід експлуатації ТПВ показує необхідність зниження частки комерційних площ, віддавши перевагу пішохідним і транспортним зонам, сервіс-центрам, що забезпечує виконання основної функції – швидка, зручна, безпечна пересадка пасажирів з одного виду транспорту на інший.

Отже, ТПВ можна визначити як складний інфраструктурний комплекс, що включає в себе земельні ділянки з розташованими на них, над ними чи під ними об'єктами транспортного та іншого призначення і призначений для забезпечення безпечного й комфортного обслуговування пасажирів у місцях пересадок з одного виду транспорту на інший [9].

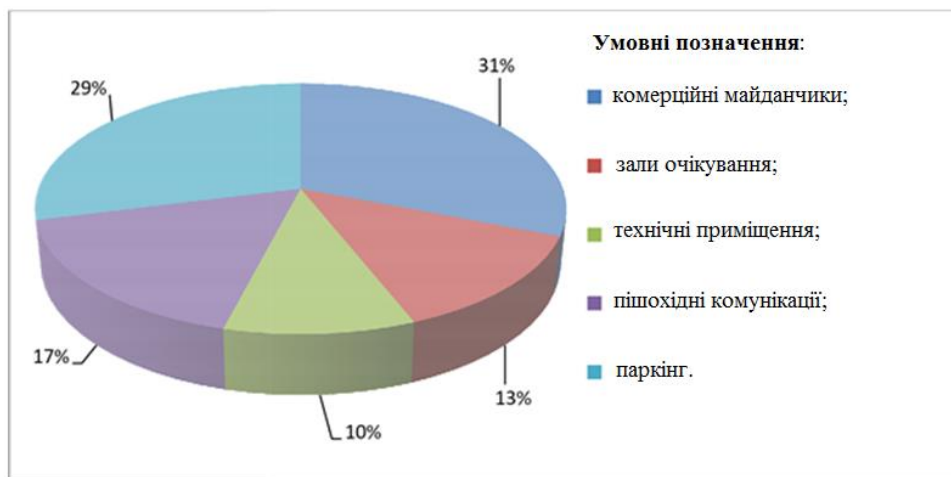


Рис. 2. Співвідношення основних часток площ ТПВ

Вдосконалена порівняно з роботою [5] класифікація ТПВ у вигляді структурної схеми включає транспортну та містобудівну складову (рис. 3). Крім згаданих характеристик для ТПВ за участю швидкісного залізничного транспорту, запропоновано використовувати додаткові критерії – планувальне рішення ТПВ, наявність і розміщення сервіс-центру, наявність перехоплювального паркування.

Підвищення рівня сервісного обслуговування передбачає надання додаткових послуг пасажиром і відвідувачам ТПВ. У зоні додаткового обслуговування пасажирів і відвідувачів організуються супутні об'єкти сервісного обслуговування, що надають послуги, які, з одного боку, доповнюють основну транспортну послугу, а з іншого – підвищують комерційну та інвестиційну привабливість всього ТПВ. Головний напрям розвитку супутніх бізнесів у ТПВ – здача в оренду площ громадських зон, що забезпечує збалансовану структуру портфеля супутніх продуктів і послуг. Аналіз ТПВ, наведений у роботах [5, 9], дозволив сформулювати перелік можливих додаткових послуг, що надаються пасажиром і відвідувачам ТПВ (рис. 4).

Важливим моментом у формуванні раціональної планувальної структури ТПВ є вирішення питання зонування площ ТПВ за видами послуг, що надаються пасажиром і відвідувачам. Аналіз показав, що з усього різноманіття критеріїв можна виділити три основні критерії ефективності зонування площ ТПВ:

1. Задоволеність користувачів дозволяє оцінити ефективність використання приміщень ТПВ з точки зору його користувачів. При цьому ступінь насичення товарами і послугами повинна відповідати обсягам потреб користувачів ТПВ.
2. Рентабельність додаткових видів послуг, що надаються в ТПВ, дозволяє зробити висновок про необхідність і доцільність надання окремих видів додаткових послуг.
3. Дохід на 1 м² дозволяє оцінити ефективність використання приміщень, зробити висновки про найбільш прибуткові види послуг і ефективність зонування приміщень ТПВ згідно з переліком наданих послуг.

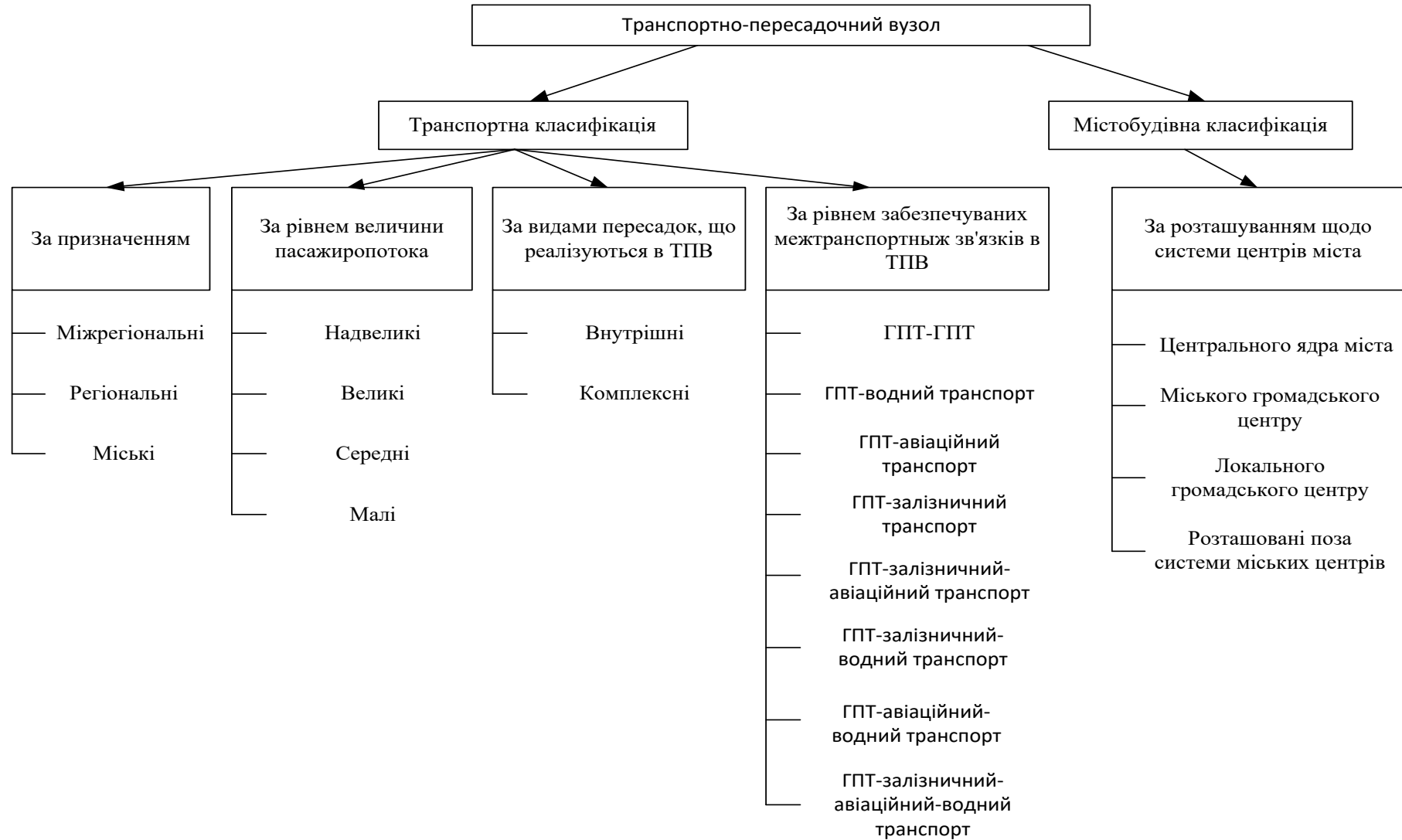


Рис. 3. Класифікація транспортно-пересадочних вузлів

Громадська зона ГПВ	Культурно-розважальні об'єкти	Бібліотеки	Виставки	Кінотеатри	Клуби	Музеї	Театри	
	Об'єкти торгівлі	Агенства нерухомості	Кіоски	Книги і канстопари	Спортивні магазини	Автомати з газетами	Магазини електротехніки	
		Аптеки	Магазини косметика	Одяг	Оптика	Сувеніри	Торгові центри	
		Галантерея	Вендингові	Магазини оптової торгівлі	Авіа. та ж.д. каси	Супермаркети	Ювелірні магазини	
		Автомати з компакт-дисками	Автомати з предметами особистої гігієни	Магазини побутової хімії	Театральні каси	Продовольчі товари	Філії великих фірмових магазинів	
		Автомати з чаєм, кавою, бульйонами	Автомати з гарячими обідами	Магазини швидкого харчування	Автомати з напоями	Пункти експрес обслуговування	Автоматами з морозивом	
	Об'єкти харчування	Ресторани	Кафе	Фуд-корти	Солові	Бари	Піцерії	
		Об'єкти обслуговування	Платіжні системи	Автомати для копіювання	Салони зв'язку	Перукарські	Платні туалети	Інтернет-кафе
			Пункти обміну валют	Медичні центи	Страхові агенства	Фото-готель	Тренажерні зали	Пральня
			Банкомати	Ломбард	Пошта	Тур-агенства	Хімчистки	Готелі
			Камери зберігання	Пункти юридических послуг	Пункти ремонту (взуття, годинники)	Флористичні магазини	Спортивні зали	Телефонні апарати

Рис. 4. Додаткові сервісні послуги, що надаються пасажиром і відвідувачам ГПВ

Одним з основних якісних параметрів функціонування ТПВ за участю швидкісного залізничного транспорту є відстань, яку необхідно подолати пасажиру, щоб здійснити пересадку з одного виду транспорту на інший. При цьому досвід показує, що максимальна дальність пішого проходу при пересадці не повинна перевищувати 100-150 м, а час на пересадку 3-5 хвилин. Отже, при розрахунку

параметрів ТПВ, що формуються за участю швидкісного залізничного транспорту, може бути також використаний особливий показник – площа, яка припадає на одного пасажирів p ($m^2/пас$) у процесі руху. Графік залежності щільності пасажиропотоку D ($пас/m^2$) і пропускної спроможності одного метра ширини комунікаційних шляхів Q залежно від значень p наведено на рис. 5.

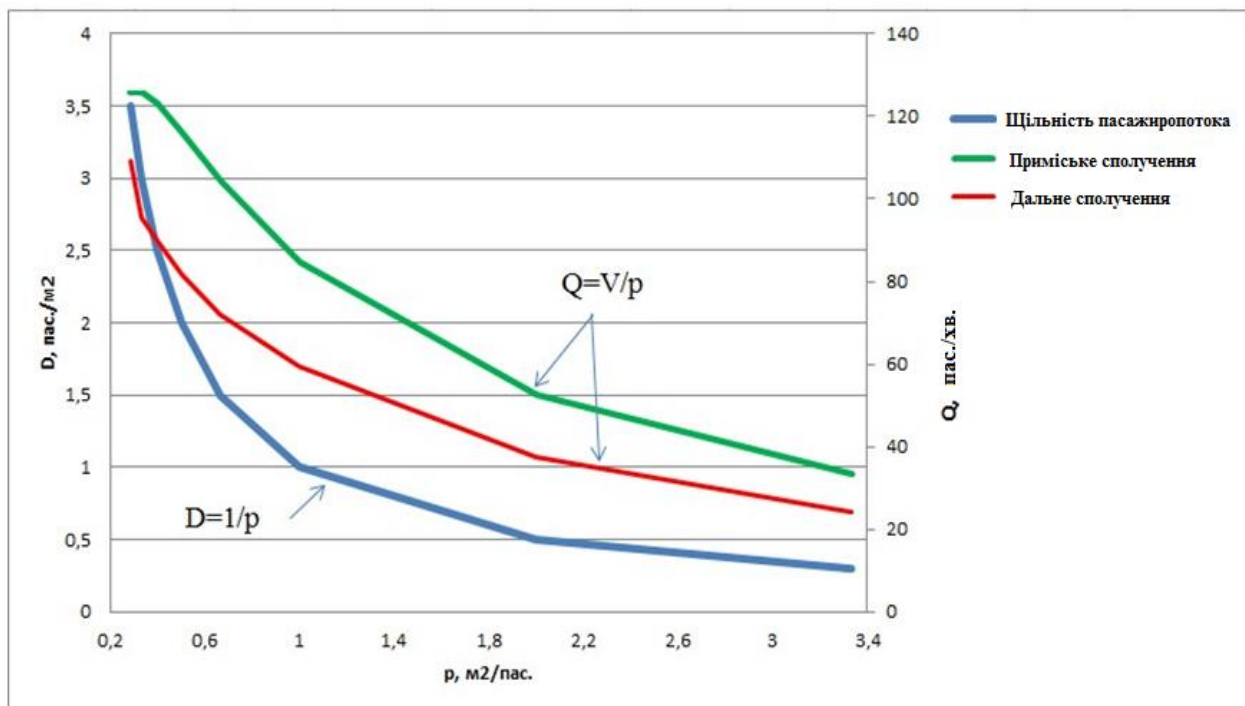


Рис. 5. Залежність щільності пасажиропотоку пропускної спроможності одного метра ширини комунікаційних шляхів від значень p

Висновок. Великі ТПВ характеризуються значною нерівномірністю пасажиропотоків за періодами доби. Найбільший потік спостерігається в ранкові та вечірні години пік. Пояснюється це тим, що обсяги максимальних добових пасажиропотоків утворюються саме в цей період і зазвичай їх частка складає до 50 % добового потоку пасажирів ТПВ.

Таким чином, аналіз зарубіжного досвіду формування та розвитку ТПВ виділив основні

тенденції, пов'язані з формуванням комплексних ТПВ, у яких взаємодіють швидкісний залізничний, автомобільний і внутрішні види транспорту. Крім того, встановлено необхідність концентрації та оптимізації кількості ТПВ в містах з метою раціоналізації використовуваних міських територій і зменшення кількості пересадок пасажирів.

Список використаних джерел

1. Артынов, А.П. Управление взаимодействием транспортных систем [Текст] / А.П. Артынов, Г.А. Кондратьев. – М.: Наука, 1986. – 198 с.
2. Каретников, А.Д. Координация работы различных видов транспорта [Текст] / А.Д. Каретников, А.В. Комаров. – М.: Транспорт, 1964. – 200 с.
3. Helbing, D. Socialforcemodelforpedestriandynamics [Text] / D. Helbing // Physicalreview E, May 1995.
4. Alonso, W. LocationandLandUse [Text] / W. Alonso // Cambridge (Mass), Harvard University Press, 1964.
5. Вакуленко, С.П. Формирование транспортно-пересадочных узлов в зонах тяготения пассажиропотоков пригородных зон [Текст] / С.П. Вакуленко, Н.Ю. Евреенова // Труды Междунар. научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспорта». – М.: МИИТ, 2012. – С. 90-92.
6. Скалов, К.Ю. Методика технико-экономических расчетов при развитии транспортных узлов [Текст] / К.Ю. Скалов, Э.Е. Островский, Г.С. Молярчук. – М.: Транспорт, 1972. – 567 с.
7. Сорокин, А.А. Моделирование городских пассажирских перевозок [Текст]: дисс... канд. экон. наук: 08.00.13 / А.А. Сорокин. – Ставрополь: Ставропольский государственный университет, 2005. – 198 с.
8. Торопов, Б.И. Развитие пассажирских комплексов на основе закономерностей формирования пассажиропотоков [Текст]: дисс... канд. техн. наук: 05.22.00 / Б.И. Торопов. – К., Киевский институт железнодорожного транспорта, 2000. – 154 с.
9. Евреенова, Н.Ю. Выбор параметров транспортно-пересадочных узлов, формируемых с участием железнодорожного транспорта [Текст]: дисс... канд. техн. наук: 05.22.08 / Н.Ю. Евреенова. – М.: Московский государственный университет путей сообщения, 2014. – 255 с.
10. Резер, С.М. Логистика пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте [Текст] / С.М. Резер. – М.: ВИНТИ РАН, 2007. – 516 с.
11. Угрюмов, А.К. Оперативное управление движением на железнодорожном транспорте [Текст] / А.К. Угрюмов. – М.: Транспорт, 1983. – 239 с.

Ломотько Денис Вікторович, д-р техн. наук, професор кафедри управління вантажною та комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-05.

Марасіна Ірина Євгенівна, магістрант кафедри управління вантажною та комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-05.

Lomotko Denis Viktorovich, doctor of technical Sciences, Professor of Department of management of freight and commercial work, Ukrainian state University of railway transport. Tel.: (057) 730-10-05.

Marasina Irina Yevhenivna, magistrand of Department of management of freight and commercial work, Ukrainian state University of railway transport. Tel.: (057) 730-10-05.

Наукова праця здана до друку 22.06.2015 року

УДК 656.022

СУЧАСНИЙ СВІТОВИЙ ДОСВІД РОЗВИТКУ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ ЙОГО РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ

Д-р техн. наук О.В. Лаврухін, кандидати техн. наук Д.І. Мкртчян, О.М. Костенніков, магістрант А.Д. Івашенко

СОВРЕМЕННЫЙ МИРОВОЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОСКОРОСНОГО ДВИЖЕНИЯ ПАСАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ЕГО РАЗВИТИЯ В УКРАИНЕ

Д-р техн. наук А.В. Лаврухин, кандидаты техн. наук Д.И. Мкртычян, А.М. Костенников, магистрант А.Д. Иващенко

CURRENT WORLD EXPERIENCE OF HIGH-SPEED PASSENGER TRAINS AND RESEARCH PERSPECTIVES OF ITS DEVELOPMENT IN UKRAINE

Dr. of techn. sciences O.V. Lavruhin, Ph.D D.I. Mkrtychyan, Ph.D O.M. Kostennikov, master student A.D. Ivashchenko

Сучасні тенденції на ринку транспортних послуг з перевезення пасажирів полягають у відносному зменшенні ролі залізничного й підвищенні значення автомобільного й повітряного транспорту. У зв'язку з цим виникає необхідність проведення державних заходів стосовно посилення привабливості саме залізничних перевезень для населення за рахунок упровадження швидкісних магістралей.

Ключові слова: залізничний транспорт, пасажирські перевезення, високошвидкісні магістралі, інфраструктура.

Современные тенденции на рынке транспортных услуг по перевозке пассажиров заключаются в относительном уменьшении роли железнодорожного и повышении значения автомобильного и воздушного транспорта. В связи с этим возникает необходимость проведения государственных мероприятий по усилению привлекательности именно железнодорожных перевозок для населения за счет внедрения скоростных магистралей.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, пассажирские перевозки, высокоскоростные магистрали, инфраструктура.

The world experience of the implementation of the high-speed railway traffic by rail of Western Europe and Japan, Great Britain, France, Germany, Belgium, Holland, Spain, Italy, France and China is considered. Considering the international experience we can conclude that the development of high-speed transport in Ukraine should be based on already known success and broad interest to high-speed traffic on the part of politicians and society. Future network development is increasingly linked with international transport for which European countries are developing special marketing concept in order to gain a foothold in the market. A necessary condition for solving this problem in Ukraine is the fastest completion of infrastructure development provided the participation of all stakeholders and attract investors and creditors. This way makes it possible to preserve the railway industry and the most efficient use of existing scientific and technical potential for structural and technological changes to conserve competitive advantage over other modes of transport.

Key words: rail, passenger transport, high-speed highway, infrastructure.

Вступ і постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Інтеграційні процеси у світі та

участь в них України спричиняють подальший розвиток єдиного європейського ринку товарів і послуг узагалі і транспортного ринку зокрема, що служить важливою основою зростання

обсягів не тільки вантажних, а й пасажирських перевезень. У таких умовах висуваються принципово нові вимоги до якості транспортного обслуговування, що пов'язано в першу чергу із підвищенням швидкості доставки пасажирів. Майбутнє пасажирських перевезень на залізничному транспорті України пов'язане з реалізацією стратегічних рішень, серед яких реформування галузі та впровадження великомасштабних інноваційних проектів залежить від подальшого розвитку і вдосконалення швидкісних магістралей, а надалі – створення високошвидкісних магістралей.

Україна має високорозвинену мережу залізниць. З її загальної експлуатаційної протяжності (22,05 тис. км) 67,5 % становлять одноколіїні ділянки, 32,5 – дво- і триколіїні. Електрифіковано 42,3 % протяжності залізниць, 60,7 – обладнано пристроями автоматичного регулювання руху поїздів, 62 – мають безстикovu колію, системами електричної централізації обладнано 72,9 % всіх стрілок. Велика провізна спроможність залізниць, стабільність їх роботи та порівняна дешевина перевезень сприяли тому, що залізничний транспорт був і залишається у країні основним перевізником пасажирів у міжміському (далекому) та приміському сполученні [5].

Згідно зі звітом про глобальну конкурентоспроможність (The Global Competitiveness Report 2013-2014), за критерієм оцінки залізничної інфраструктури наша країна займає 25-те місце у світі [1]. Але хронічна нестача грошей на модернізацію з кожним роком робить вітчизняні залізничні перевезення все менш конкурентоспроможними. Значно підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту можна, впроваджуючи та розвиваючи так званий пришвидшений рух (до 160 км/год) на основі наявних шляхів.

Визначення мети та задачі дослідження. Основною метою статті є аналіз розвитку швидкісних пасажирських перевезень у світі та їх стан упровадження в Україні.

Аналіз останніх досліджень. Проблемами розвитку високошвидкісних пасажирських перевезень в Україні займалися фахівці Укрзалізниці та вчені Г.М. Кірпа, В.Л. Дикань, Т.В. Буцько, А.В. Момот та ін. [3,4,6].

Основна частина дослідження. Через жорстку конкуренцію з боку інших видів

транспорту (особливо авіаційного) радикальним і ефективним заходом у підвищенні швидкостей перевезень пасажирів у внутрішньому та міжнародному сполученнях є створення мережі швидкісних залізничних магістралей (МШЗМ) із з'єднанням з європейськими залізницями і залізницями країн СНД. Вони призначаються для вирішення комплексу соціальних, економічних і екологічних проблем. Завдяки збільшенню швидкостей руху до 160-200 км/год і більше, а також більшої точності, надійності і комфортності поїздок підвищується конкурентоспроможність у ринкових умовах залізничного транспорту. Він стає основним засобом перевезень людей територією України та із сусідніми державами.

Європейські та міжнародні стандарти визначають, що *швидкісний рух* – це такий рух, який забезпечує поїздки між двома пунктами зі швидкостями в інтервалах 141-160 і 161-200 км/год. Українські відомчі нормативи представляють швидкісний рух пасажирських поїздів як рух пасажирських поїздів із швидкостями в інтервалах [9]:

- 141-160 км/год – пришвидшений рух;
- 161-200 км/год – швидкісний рух;
- понад 200 км/год – високошвидкісний рух.

Досвід країн Західної Європи та Японії показує, що найбільшій швидкості руху – 200-350 км/год можна досягти, організовуючи високошвидкісний рух поїздів на спеціалізованих високошвидкісних магістралях. Проте їх будівництво і виробництво спеціалізованого рухомого складу потребує великих капіталовкладень, бо їм має передувати будівництво окремих швидкісних магістралей.

Зміцнення конкретних позицій авіаційного та автомобільного транспорту на ринку транспортних послуг на початку 80-х років ХХ сторіччя в державах Західної Європи призвели до зменшення обсягів вантажних і пасажирських перевезень. Тому постало питання, яким чином зміцнювати конкурентні позиції залізниць на транспортному ринку. Ефективним заходом стало створення на підставі досвіду Японії високошвидкісної мережі залізниць (ВШМЗ). Уперше в Європі було збудовано у 1981 році швидкісну лінію Париж - Ліон. Європейські держави стали співпрацювати по створенню ВШМЗ.

Результатом такої співпраці стала підготовка у 1985 р. концепції створення ВШМЗ, а у 1989 р. європейська нарада міністрів розглянула „Пропозиції щодо європейської високошвидкісної мережі”. Після цього державами розпочато реалізацію названих пропозицій.

Мережі швидкісних сполучень різних країн поступово інтегруються, утворюючи єдину європейську мережу. Вона має такі ланки:

- сполучення Eurostar – за допомогою цих сполучень Великобританія отримала постійний “сухопутний” зв'язок залізниця з країнами континентальної Європи через тунель під Ла-Маншем;

- сполучення Thalys – ці сполучення пов'язують великі міста чотирьох країн: Париж, Лілль (Франція), Брюссель, Антверпен, Льєж (Бельгія), Амстердам, Гаагу, Роттердам (Нідерланди), Ахен, Кельн, Дюссельдорф (Німеччина);

- сполучення Rbealys – високошвидкісний напрямок з Парижа у Страсбург, Люксембург та інші великі німецькі міста.

На відстанях між 500 і 1000 км існує інтенсивна конкуренція між залізничним та повітряним транспортом, і вирішальну роль при виборі пасажиром виду транспорту меншою мірою відіграють тривалість поїздки або польоту, а більшою – набір і якість послуг, що надаються, а також можливість адаптації до постійно змінюваних умов перевезень.

Найбільш розвинутими ВШМЗ в Японії, Франції, Німеччині, Італії й Іспанії, у кожній з яких такі системи розвивались своїм шляхом з урахуванням характерних їм особливостей. Незважаючи на суттєві відмінності в розвитку ВШМЗ ці держави можна поділити на три групи за характерними однаковими ознаками розвитку систем:

- в Японії й Іспанії система ВШМЗ повністю ізольована від іншої мережі залізниць;

- у Франції будуються нові ВШМЗ у складі загальної мережі залізниць;

- у Німеччині й Італії здійснюється комплексна реконструкція залізничних напрямків, яка передбачає будівництво високошвидкісних дільниць у поєднанні з модернізацією і спрямленням існуючих ліній для організації високошвидкісного руху.

Будівництво нових ВШМЗ (досвід Японії й Іспанії) потребує значних капітальних вкладень. Через значну обмеженість фінансових ресурсів і наявність високорозвиненої і незавантаженої мережі залізниць, найбільш доцільно скористуватись досвідом Німеччини й Італії з модернізації і спрямлення існуючих магістралей для реалізації швидкісного руху. ВШМЗ в державах Західної Європи стала серйозним конкурентом для авіатранспорту, а в деяких випадках – особистих легкових автомобілів. Значна частина загального обсягу пасажирських перевезень (до 90 %) при відстанях поїздок менше 500 км, при їх тривалостях до 2,5 год виконується ВШМЗ. При відстанях перевезень більше 1000 км відбувається конкуренція між залізницями та авіатранспортом. Переможцем у цій боротьбі за першість на транспортному ринку вийде той вид транспорту, який надасть пасажиром більш широкий сервісний спектр послуг вищої якості.

У західних державах паралельно створенню високошвидкісних магістралей (ВШМ) проводиться робота з підвищення швидкості пасажирського руху на лініях, де здійснюється разом рух вантажних і пасажирських поїздів. Як свідчить досвід залізниць таких держав, на лініях із суміщеним рухом вантажних і пасажирських поїздів швидкість руху пасажирських поїздів через значні відмінності технічних параметрів для різних видів руху має обмеження. Вона, як правило, не перевищує 200-220 км/год. Схема мережі транс'європейських високошвидкісних залізниць довжиною 12600 км, затверджена Європейською радою, буде введена в експлуатацію у 2010 році.

Із західноєвропейського досвіду видно, що, незважаючи на наявність добре розвинутої мережі автомобільних доріг, широке охоплення населення власними автомобілями, залізничний транспорт при проведенні відповідної роботи має переваги перед автомобільним транспортом (на відстанях 250-500 км), а також успішно конкурує з авіацією (на відстанях 500-1000 км).

До впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів в Україні підготовка тривала не один рік. Відповідно до Транспортної стратегії України на період до 2020 року та Концепції впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на

залізницях України у 2004-2015 роках [3,5] до Євро-2012 було впроваджено швидкісний рух на окремих напрямках між містами-учасниками футбольних змагань. Для цього впроваджено цілий комплекс необхідних заходів: від розроблення потрібної документації, прийняття державних програм до підготовки залізничної інфраструктури, закупівлі та випробування нової техніки та навчання персоналу.

Усе це привело до створення Державного підприємства «Українська залізнична швидкісна компанія», яке є новим потужним гравцем на ринку пасажирських перевезень України та першопроходцем у напрямку розвитку абсолютно нового сегмента пасажирських перевезень – денних швидкісних перевезень.

Основною діяльністю ДП «Українська залізнична швидкісна компанія» є швидкісні пасажирські залізничні перевезення. На сьогоднішній день парк рухомого складу компанії складається з 10 електропоїздів категорії ІНТЕРСІТІ+ виробництва «Hyundai Rotem» та із 2 електропоїздів категорії ІНТЕРСІТІ виробництва компанії «Skoda». Компанія має основні технічні бази з

обслуговування рухомого складу в Києві (станція Дарниця) та Харкові [8]. Таким чином, проблеми впровадження швидкісного пасажирського руху та прискорення існуючого лежать як у площині техніко-технологічних, так і важливих організаційно-економічних завдань, тільки комплексний підхід на базі системи науково обґрунтованих принципів та подальших управлінських рішень забезпечить їх ефективне вирішення.

Сучасні тенденції на ринку транспортних послуг з перевезення пасажирів полягають у відносному зменшенні ролі залізничного й підвищенні значення автомобільного й повітряного транспорту. Виходячи з аналізу обсягів перевезення пасажирів за трьома видами транспорту [7] (рисунок) можна зробити висновок, що від 4 % до 5 % населення України будуть і надалі користуватися авіатранспортом, а збільшення обсягів швидкісних залізничних перевезень можливе за рахунок переорієнтації користувачів з автомобільного транспорту, але за умови підвищення платоспроможності населення та будівництва швидкісних та високошвидкісних залізничних магістралей.

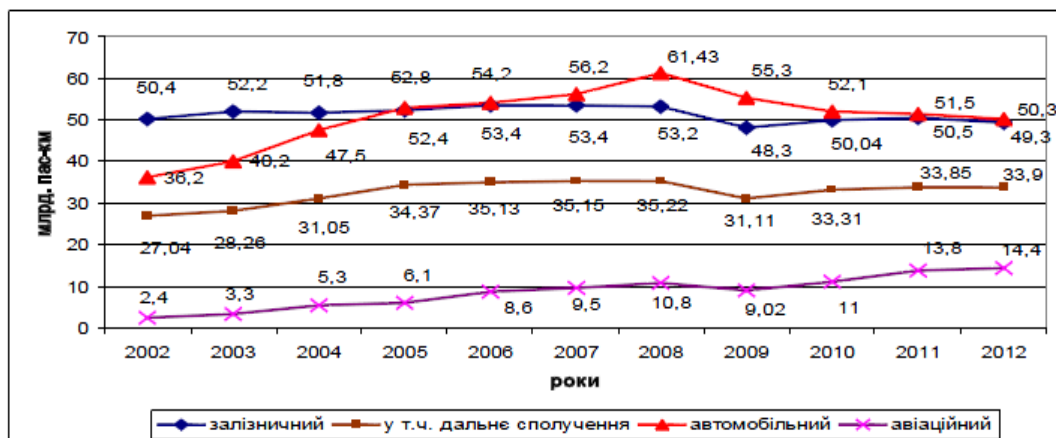


Рис. Динаміка пасажирообороту за трьома видами транспорту

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Розглядаючи світовий досвід можна зробити висновок, що розвиток високошвидкісних перевезень в Україні повинен базуватися на вже відомих успіхах, а також з широкою зацікавленістю до високошвидкісних перевезень зі сторони політиків та суспільства. Майбутній розвиток мережі значною мірою

буде пов'язано з міжнародними перевезеннями, для яких країни Європи розробляють спеціальні концепції маркетингу з метою закріпитися на ринку. Необхідною умовою вирішення даної задачі в Україні є максимально швидке завершення робіт з розвитку інфраструктури за умови участі всіх зацікавлених сторін та залучення інвесторів та кредиторів. Саме такий шлях дає можливість

галузі залізничного транспорту зберегти й найбільш ефективно використовувати існуючий науково-технічний потенціал для

здійснення структурних технологічних змін та для збереження конкурентних переваг перед іншими видами транспорту.

Список використаних джерел

1. Аналіз індексу конкурентоспроможності України в 2013-2014 рр. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://infolight.org.ua/content/analiz-indeksu-konkurentospromozhnosti-ukrayini-v-2013-2014-rr>.
2. Формування моделі розвитку залізничної системи швидкісних перевезень на основі принципів самоорганізації [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Л.О. Пархоменко [та ін.] // Вісник Національного технічного університету "ХПІ": зб. наук. праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2011. – № 54. – С. 67-70.
3. Дикань, В.Л. Скоростное движение железнодорожного транспорта в мире и перспективы его развития в Украине [Текст] / В.Л. Дикань, И.В. Корнилова // Вісник економіки транспорту та промисловості. – 2010. – № 32. – С. 15-25.
4. Кірпа, Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України в Європейську транспортну систему [Текст]: монографія / Георгій Кірпа. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2004. – 248 с.
5. Концепція Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 роки [Електронний ресурс]: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 31 грудня 2004 р. № 979-р. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/979-2004-p>
6. Момот, А.В. Методичний підхід до визначення раціональних швидкостей руху пасажирських поїздів та раціональних зон їх курсування [Текст] / А.В. Момот // Проблеми економіки транспорту: зб. наук. праць. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2013. – Вип. 5. – С. 80-89.
7. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua.
8. Офіційний сайт Укрзалізниці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uz.gov.ua>.
9. Тимчасова інструкція з організації швидкісного руху пасажирських поїздів. Вимоги до інфраструктури та рухомого складу [Текст]: ВНД 32.1.07.000-02. Укрзалізниця. – К., 2002. – 51 с.
10. Транспортна стратегія України на період до 2020 року [Електронний ресурс]: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174-р. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-p>.

Лаврухін Олександр Валерійович, д-р техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою. Тел.: 057-730-10-85.

Мкртичян Дмитро Ігорович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою. Тел.: 057-730-10-11.

Костенніков Олексій Михайлович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою. Тел.: 057-730-19-89, e-mail: alexeykostennikov@yandex.ru.

Івашченко Альона Дмитрівна, слухач групи МЗ-ОПУТ-14-Т.

Olexander Valerievich Lavruhin, Dr., professor of the chair “Management of freight and commercial operation”. Tel.:057-730-10-85.

Dmitry Igorovich Mkrtychyan, Ph. D, associate professor of the chair “Management of freight and commercial operation”. Tel.: 057-730-10-11.

Kostennikov Olexiy Mikhaylovich, Ph. D, associate professor of the chair “Management of freight and commercial operation”. Tel.:057-19-89, e-mail: alexeykostennikov@yandex.ru.

Ivashchenko Alena Dmitrievna, student of the group M3-ROM-14-T.

Наукова праця здана до друку 15.07.2015 року

УДК 656.254.5

УДОСКОНАЛЕННЯ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ НА ДІЛЬНИЦІ В УМОВАХ ШВИДКІСНОГО РУХУ

Канд. техн. наук П.В. Долгополов, магістрант Р.В. Чікаров

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА УЧАСТКЕ В УСЛОВИЯХ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

Канд. техн. наук П.В. Долгополов, магистрант Р.В. Чикаров

IMPROVEMENT OF THE DISPATCH CONTROL AT THE RAILWAY DISTRICT IN CONDITIONS OF HIGH SPEED MOVEMENT

Cand. of techn. sciences P.V.Dolgoplov, master student R.V. Chikarov

Для розвитку високошвидкісного руху на залізницях розроблено заходи з розширення складу функціональних задач диспетчерських систем управління. Запропонована модель розрахунку прогнозного графіка руху поїздів з урахуванням оперативних змін у перевізному процесі, яка дає змогу ефективно адаптувати вантажну роботу на ділянці під розклади високошвидкісних поїздів.

Ключові слова: диспетчерське управління, прогнозний графік руху поїздів, безпека руху, обмеження швидкості, високошвидкісний рух.

Для развития высокоскоростного движения на железных дорогах разработаны меры по расширению состава функциональных задач диспетчерских систем управления. Предложена модель расчёта прогнозного графика движения поездов с учётом оперативных изменений в перевозочном процессе, позволяющая эффективно адаптировать грузовую работу на участке под расписание высокоскоростных поездов.

Ключевые слова: диспетчерское управление, прогнозный график движения поездов, безопасность движения, ограничение скорости, высокоскоростное движение.

For the development high-speed railways developed measures to expand the composition of the functional tasks of dispatching control systems. A model of the calculation the forecast traffic schedule, considering operational changes in the transportation process, which can effectively adapt the cargo work at the railway district under the schedule high-speed trains.

Keywords: dispatching control, projected schedule of trains, traffic safety, speed limit, high speed movement.

Вступ. Велика провізна спроможність залізниць, стабільність їх роботи та порівняна дешевина перевезень сприяли тому, що залізничний транспорт був і залишається основним перевізником пасажирів та вантажів у дальньому сполученні.

Однак сьогодні залізниці вже не повною мірою відповідають сучасним вимогам, які висуваються до транспорту, насамперед щодо тривалості поїздок. Радикальним заходом, який дасть залізницям змогу зберегти передові позиції у сфері пасажирських перевезень, є створення мережі високошвидкісних магістралей (ВШМ), що забезпечить значне зростання обсягів залізничних перевезень, у

тому числі за рахунок залучення пасажирів з інших видів транспорту.

ВШМ дають змогу підвищити мобільність пасажирів, а також формують нові мультимодальні транспортні системи спільно з авіасполученням, приміськими поїздами і громадським міським транспортом. ВШМ займають чітко виражену нішу в діапазоні відстаней 200-700 км, де високошвидкісні поїзди (зі швидкістю понад 200 км/год) забезпечують більш високий рівень комфорту і безпеки, ніж автомобільні і повітряні транспортні засоби [1].

Постановка задачі дослідження. Метою цієї роботи є побудова системи диспет-

черського управління, яка дасть змогу створити максимальні умови для оптимізації маршрутів прямування та безперервного контролю за безпекою руху поїздів з боку оперативно-диспетчерського персоналу.

Основна частина дослідження. Для реалізації безпечного та ефективного руху на дільницях в умовах високошвидкісного руху при дослідженні проаналізовано існуючі та перспективні мікропроцесорні системи диспетчерської централізації (МСДЦ), зокрема «Сетунь», «Каскад», «Дон», «Тракт», «Діалог» та ін.

Застосування цих МСДЦ на залізницях дає змогу:

- автоматизувати та максимально спростити операції з управління рухом поїздів;
- оперативно надавати якісну інформацію про поїзний стан та стан пристроїв контролю;
- зменшити вплив суб'єктивного фактора при прийнятті рішень та підвищити рівень безпеки руху тощо.

Кожна система має свої переваги та недоліки, проте, як показали дослідження уваги, перш за все заслуговує МСДЦ «Каскад» за рахунок таких її інтелектуальних функцій:

- телеуправління пристроями автоматики з автоматизованого робочого місця поїзного диспетчера (ДНЦ) з можливістю постановки маршрутів у чергу;
- автоматизована побудова графіків виконаного та прогнозного рухів поїздів з відображенням плану поїзної роботи на дільниці;
- прогнозне управління рухом поїздів, що формує маршрути поїздам по прогнозних нитках графіка руху поїздів (ГРП).

Проте реалізації всіх цих функцій перешкоджають такі його недоліки, які необхідно усунути під час дослідження:

- у МСДЦ «Каскад» не відображаються попередження в місцях зменшення швидкості;
- побудова прогнозного графіка руху поїздів здійснюється тільки за нормативними елементами ГРП, не враховуючи такі тимчасові фактори перевізного процесу, як наявність попередження, наявність пасажирських платформ та ін.;
- МСДЦ «Каскад» не відображає з'єднання поїздів на дільниці, що перешкоджає введенню модульного руху поїздів [2].

Для того, щоб створити максимальні умови для оптимізації маршрутів прямування та безперервного контролю за безпекою руху поїздів, необхідно усунути недоліки МСДЦ «Каскад».

Для досягнення мети потрібно враховувати нижченаведені вимоги. При попутному русі відстань між сусідніми поїздами (міжпоїзний інтервал) безперервно змінюється. Так, при підході першого поїзда якої-небудь пари сусідніх поїздів до станційної платформи, де він повинен зупинитися, його швидкість знижується, другий поїзд починає наздоганяти його і, як наслідок, відстань між поїздами скорочується. Аналогічна ситуація наявна і при позапланових змінах швидкостей поїздів через відмови елементів колії, рухомого складу та інших технічних засобів. Міжпоїзні відстані змінюються також тому, що поїзди переміщуються дуже часто по ділянках з різними планами і профілями. Разом з тим у всіх випадках вони повинні бути достатніми для запобігання зіткнень поїздів, особливо це актуально в умовах високошвидкісного руху [3,4].

Коли перший поїзд знижує швидкість до нуля внаслідок необхідності зупинки, а другий змушений знижувати швидкість для виключення зіткнення з ним, при цьому припускається, що гальмівний шлях другого поїзда S_2 більше гальмівного шляху першого – S_1 . Другий поїзд встигне знизити швидкість і його локомотив зупиниться перед хвостовим вагоном першого тільки у випадку, якщо в момент початку гальмування першого поїзда відстань $L_{ХГ}$ між його хвостовим вагоном і локомотивом другого поїзда буде не менше різниці гальмівних шляхів поїздів S_1, S_2 . Отже, для виключення зіткнення двох сусідніх попутних поїздів система управління рухом повинна забезпечити виконання умови

$$L_{ХГ} > S_{T1} - S_{T2} . \quad (1)$$

При цьому $L_{ХГ}$ розраховується як

$$L_{ХГ} = x_{x1} - x_{x2} , \quad (2)$$

де x_{x1} - координата хвостового вагона першого поїзда;

x_{x2} - координата локомотива другого поїзда.

Забезпечення нерівності (1) є першою найважливішою задачею управління рухом поїздів.

Відстань між поїздами прийнято визначати не через координати хвоста першого поїзда і голови другого, а через координати середин поїздів:

$$L = x_1 - x_2 = (x_{x1} + 0.5l_{п1}) - (x_{x2} - 0.5l_{п2}) . \quad (3)$$

Через те, що завжди є похибки вимірювань координат поїздів, довжин їх складів і розрахунків гальмівних шляхів, мінімальна за умовами безпеки руху відстань між поїздами, яку прийнято називати розрахунковою, визначається за формулою

$$L_p = S_2 - S_1 + 0.5(l_{п1} + l_{п2} + \Delta l_{п1} + \Delta l_{п2}) + \sum_{i=1} \Delta l_{пi} , \quad (4)$$

де L_p - розрахункова відстань між поїздами, м;
 $l_{п1}, l_{п2}$ - довжина поїздів, м;
 $\Delta l_{п1}, \Delta l_{п2}$ - похибки визначень довжин составів, м.

Таким чином, завдання запобігання зіткненню попутних поїздів зводиться до завдання забезпечення рівняння

$$L > L_p . \quad (5)$$

На рис. 1 показано рух поїзда при наявності обмеження швидкості до величини $V_{ог}$. Величина $V_{ог}$ встановлюється такою, щоб запобігти сходженню рухомого складу поїзда з рейкової колії при русі по цій ділянці.

Наприклад, швидкість руху по ділянці може бути обмежена через погіршення параметрів залізничної колії.

Система управління рухом повинна забезпечити фактичну швидкість входу локомотива на ділянку, фактичну швидкість руху поїзда по ділянці і фактичну швидкість виходу хвостового вагона поїзда з ділянки V_{ϕ} не вище $V_{ог}$.

$$t_{X}^{AB} = t_{до} + t_y + t_{огр} + t_p + t_{посл} , \quad (6)$$

де t_y - час на гальмування поїзда;
 t_p - час на розгін.

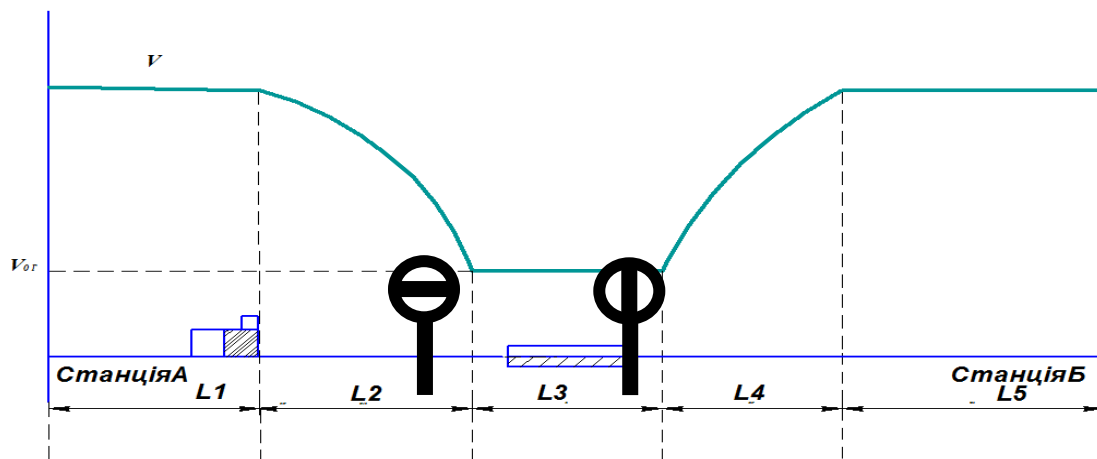


Рис. 1. Графік руху поїзда при русі по ділянці з обмеженою швидкістю

При цьому $t_{до}, t_{посл}$ розраховується як

$$t_{до} = \frac{L_{до}}{V_{до}} , \quad (7)$$

$$t_{посл} = \frac{L_{посл}}{V_{посл}} . \quad (8)$$

У свою чергу t_y, t_p визначено як

$$t_y = 2pL, p > 0 , \quad (9)$$

$$t_p = 2pL, p > 0 .$$

Тоді як $t_{огр}$ розраховується як

$$t_{огр} = \frac{L_{огр} + L_{п}}{V_{огр}} \quad (10)$$

Таким чином, другим завданням управління рухом поїзда є забезпечення виконання умови

$$V < V_{огр} \quad (11)$$

Для виключення зіткнення поїзда з транспортним засобом іншого виду на переїзді система управління повинна своєчасно сформувати команду пристроям, які огорожують переїзд, на заняття положень, при яких був би виключений в'їзд транспортного засобу на залізничний переїзд перед самим поїздом. Це є третім завданням системи управління.

Таким чином, завданнями забезпечення безпеки при управлінні рухом поїздів є запобігання:

- зближенню поїздів на відстань менше допустимого за умовами безпеки руху (запобігання зіткнення поїздів);
- руху поїздів зі швидкостями вище допустимих за умовами безпеки (запобігання сходу поїзда);
- заняття залізничного переїзду транспортним засобом будь-якого виду, якщо

воно не зможе його звільнити до входу на переїзд поїзда.

Успішність вирішення цих завдань залежить від функціональних властивостей і технічних параметрів систем керування рухом.

Також необхідно максимально підвищити дільничну швидкість. Для цього дільнична швидкість може бути розрахована за формулою

$$V_y = \frac{\sum_i l_i}{\sum_i t_i + \sum_j t_j^{ps} + \sum_k t_{ck}} \quad (11)$$

- де l_i – довжина i -го перегону, км;
 t_i – час ходу поїзда по i -му перегону, год;
 t_j^{ps} – час j -го розгону та сповільнення, год;
 t_{ck} – середній час k -ї стоянки, год.

Підвищення дільничної швидкості завжди актуальне, тому що сприяє зниженню собівартості перевезень. Тому потрібно завжди прагнути так управляти рухом, щоб дільнична швидкість була максимальною.

З (11) випливає, що V_y поїзда збільшується в міру зменшення його часу ходу t_i по кожному i -му перегону ділянки [5,6].

Розраховані в залежності від різних швидкостей руху прогнозні нитки ГРП запропоновано відображати у вигляді інтерфейсу ГРП на АРМ ДНЦ, як показано на рис. 2.



Рис. 2. Приклад інтерфейсу виконаного ГРП на АРМ ДНЦ

На прогновному ГРП нитка поїзда 3252 розрахована з урахуванням обмеження швидкості у період дії попередження.

Висновки. Розширення складу функціональних задач МСДЦ «Каскад» дає змогу скласти прогнозний графік руху поїздів, враховуючи оперативні зміни в перевізному

процесі. З урахуванням запропонованих заходів в умовах високошвидкісного руху на дільниці МСДЦ «Каскад» розраховує та пропонує поїзному диспетчеру план поїзної роботи з урахуванням діючих попереджень та інших обмежень швидкості на дільницях.

Список використаних джерел

1. Концепція Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 роки [Електронний ресурс]: розпорядження Кабінету Міністрів України від 31 грудня 2004 р. № 979-р. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/979-2004-p>.
2. Данько, М.І. Мікропроцесорна диспетчерська централізація “КАСКАД” [Текст]: навч. посібник / М.І. Данько, В.І. Мойсеєнко, В.З. Рахматов [та ін.]. – Харків, 2005. – 176 с.
3. Манзуля, В.П. Удосконалення перевізного процесу на транспортному полігоні на основі моделі диспетчерського управління [Текст] / В.П. Манзуля, А.О. Роженко, П.В. Долгополов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2014. – Вип. 145. – С. 11-17.
4. Системы управления движением поездов на перегонах [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. транспорта: в 3 ч. / В.М. Лисенков, П.Ф. Бсстемьянов, В.Б. Леушин [и др.]. — М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009.
5. Інструкція зі складання графіка руху поїздів на залізницях України [Текст]: ЦТ-0040. – К., 2002. – 159 с.
6. Інструкція з ведення графіка виконаного руху поїздів на залізницях і дирекціях залізничних перевезень [Текст]: ЦТ-0076. – К., 2009. – 45 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Огар

Долгополов Петро Віталійович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. 730-10-88. e-mail: pit2013@mail.ru.
Чікаров Ростислав В'ячеславович, магістр ІППК. Тел.(095) 533-90-60 e-mail: rosst1992@mail.ru.

Dolgoplov Peter, PhD. Of tehn. Sciences, Associate Professor of Management of operational work of the Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. 730-10-88. e-mail: pit2013@mail.ru.
Chikarov Rostyslav, Lichistener IPPK. Tel. (095) 533-90-60 e-mail: rosst1992@mail.ru.

Наукова праця здана до друку 22.06.2015 року.

УДК 656.224.003.077

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПРИЧИН НЕДОСТАТНЬОГО РОЗВИТКУ ШВИДКІСНОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХУ В УКРАЇНІ

Канд. техн. наук Я.В. Запара, магістрант О.В.Биков

ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ ПРИЧИН НЕДОСТАТОЧНОГО РАЗВИТИЯ СКОРОСТНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В УКРАИНЕ

Канд. техн. наук Я.В. Запара, магистрант А.В.Быков

RESEARCH AND ANALYSIS OF SHVIDKISNOHO DUE TO INSUFFICIENT RAIL TRAFFIC IN UKRAINE

Candidate of techn. sciences Y. Zapara, master student O. Bykov

У статті описано світові моделі реформування залізничного транспорту та ймовірність розвитку однієї з моделей на залізничному транспорті України. Розглянуто і проаналізовано роботу швидкісних поїздів. Окреслено аспекти, за умовами яких швидкісний рух Україні набуде подальшого розвитку.

Ключові слова: пришвидшений рух, швидкісний рух, реформування, конкурентоспроможність, модель, швидкість руху.

В статье описаны мировые модели реформирования железнодорожного транспорта и вероятность развития одной из моделей на железнодорожном транспорте Украины. Рассмотрена и проанализирована работа скоростных поездов. Очерчены аспекты, по условиям которых скоростное движение на Украине получит дальнейшее развитие.

Ключевые слова: ускоренное движение, скоростное движение, реформирование, конкурентоспособность, модель, скорость движения.

Rail Ukraine is one of the most important branches of production infrastructure of the national economy - the basis of the transport system of Ukraine. Future of Railway Transport of Ukraine connected with the implementation of strategic decisions, including reforming and implementing large-scale innovative projects. One of the most relevant today is the organization of high-speed passenger traffic.

The future of passenger rail transportation in Ukraine depends on the further development and improvement of highways and the future - high-speed highways. This will help increase the competitiveness of rail transport in the transport market posluh.

V article describes the global model railway reform and the likelihood of one of the models in rail transport Ukraine. Considered and analyzed the work of high-speed trains. Outlined aspects, under which high-speed movement in Ukraine will take further development.

Keywords: accelerated motion, movement speed, reform, competitiveness, model, speed.

Вступ. Залізничний транспорт України є однією з найважливіших галузей виробничої інфраструктури національної економіки – основою транспортної системи України. Майбутнє залізничного транспорту України пов'язане з реалізацією стратегічних рішень, серед яких реформування галузі та впровадження широкомасштабних інноваційних проектів. Одним з найбільш актуальних на сьогодні є організація швидкісного пасажирського руху.

Майбутнє пасажирських перевезень на залізничному транспорті України залежить від подальшого розвитку й удосконалення швидкісних магістралей, а надалі – створення високошвидкісних магістралей [1]. Це допоможе підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту на ринку транспортних послуг.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Україна на

шляху розвитку швидкісного залізничного руху значно відстає від розвинених країн (Польща, Німеччина, Росія, Китай та ін.). Початком роботи швидкісних поїздів в Україні є 2012 рік, коли рух розпочато на основних ділянках залізниць, які з'єднували міста проведення Євро-2012 (Харків, Донецьк, Київ, Львів). Денні швидкісні поїзди стали реальними конкурентами авіаційному транспорту як за часом переміщення, так і за вартістю проїзду. Отже, розвиток швидкісного залізничного транспорту є перспективним, має достатньо переваг на ринку пасажирських перевезень, але потребує значних капіталовкладень [2].

Відповідно до впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України у 2004-2015 роках, за рахунок модернізації та реконструкції основних напрямків залізниць України впроваджено швидкісний рух, який потребує розвитку та постійного переоснащення в межах сучасних технічних, технологічних, організаційних та інформаційних рішень [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки достатньо уваги було приділено питанням розвитку високошвидкісного руху в Україні. У наш час розроблено наукові підходи до ефективності функціонування швидкісного рухомого складу, які спрямовані на раціональне його використання. Слід відзначити напрацювання останніх років таких учених та практиків: Барабаш Ю.С., Бутько Т.В., Кірпа Г.М., Манжола В.А., Прохорченко А.В., Філіпенко А.С. та ін. [1].

Аналіз публікацій указує на можливість подальшого розвитку швидкісного залізничного руху в Україні, враховуючи світовий досвід з цього питання.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою роботи є дослідження світового досвіду впровадження швидкісного залізничного руху та можливість його подальшого розвитку в Україні. Задачі дослідження полягають в аналізі основних моделей світового розвитку швидкісного залізничного руху та наданні відповідних пропозицій щодо розвитку його в Україні [4].

Основна частина. Значно підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту можна, впроваджуючи та розвиваючи так званий пришвидшений рух (до 160 км/год) на основі наявних колій. Саме

такий шлях дає можливість галузі залізничного транспорту зберегти й найефективніше використовувати існуючий науково-технічний потенціал для структурних і технологічних змін та збереження конкурентних переваг перед іншими видами транспорту [5].

Розвиток залізничного транспорту спрямований на забезпечення зростаючих потреб у перевезеннях вантажів та пасажирів в умовах функціонування економіки України за дотримання високих стандартів якості в обслуговуванні споживачів. Це можливо на основі ефективного функціонування й модернізації залізничного транспорту, постійного оновлення техніки, упровадження сучасних технологій обслуговування, удосконалення процесів організації праці й управління на залізничному транспорті тощо [6].

Досвіду створення швидкісного залізничного транспорту в Україні немає. Тому під час упровадження швидкісного руху враховано досягнення Західної Європи, а також Японії, США, Росії та інших країн. Існують нижченаведені світові моделі швидкісного залізничного руху [4].

Перша модель – європейська – передбачає, що вагонами і локомотивами володіють приватні компанії, що конкурують між собою. Коліями, вокзалами та іншою інфраструктурою володіє держава або держкомпанія, така як Укрзалізниця. Оператори-приватники платять за використання державної інфраструктури. З 1991 року в Європейському Союзі послідовно проводилася лібералізація ринку залізничних перевезень. Від 2010 року вільну конкуренцію встановлено на ринку пасажирських перевезень. Тоді ж почали з'являтися перші приватні пасажирські поїзди і почалося проникнення на сусідні ринки (наприклад німецьких перевізників – у Польщу та Францію). Перевізники самі встановлюють тарифи і залучають клієнтів. Наглядає за свободою конкуренції держава. Однак, враховуючи українські реалії, є ризик дискримінації одних компаній на користь інших [4].

Друга модель передбачає, що держава володіє й інфраструктурою і рухомим складом, але на ринок залізничних перевезень допускаються приватні компанії, щоб завдяки конкуренції підвищити якість обслуговування.

Третя модель реалізована у США, Канаді, Бразилії та Мексиці. Вона передбачає існування кількох залізничних компаній, подібних Укрзалізниці. Тобто в їхньому володінні перебувають шляхи і поїзди, а конкурують вони між собою внаслідок того, що пропонують перевезення за альтернативними маршрутами (з точки А в точку Б можна проїхати різними залізничними лініями) [4].

Найперспективніше для залізничного транспорту України розвивати так званий пришвидшений рух (до 160 км/год) на основі наявних шляхів. Йдеться про поступове впровадження швидкісного руху з адаптацією до нових вимог нинішньої інфраструктури. Перші поїзди для пришвидшеного руху з'явилися в Україні до Євро-2012 і, незважаючи на всі несправності і труднощі на початку експлуатації, успішно почали конкурувати з авіакомпаніями на найбільш привабливих маршрутах: Київ – Донецьк, Київ – Харків, Київ – Львів. Станом на 1 січня 2014 року в Україні курсують 10 швидкісних поїздів «ІНТЕРСІТІ+», з рухомим складом корейського виробництва HYUNDAI та двома поїздами «ІНТЕРСІТІ» чеського виробництва «SKODA». Максимальна швидкість обох видів рухомого складу становить 160 км/год. Найбільшим попитом користуються поїзди «ІНТЕРСІТІ+», що курсують між Києвом та Харковом. На цьому напрямку курсують 3 швидкісні поїзди [7].

Висока середня населеність поїздів пояснюється малим терміном поїздки (4 год 36 хв – 4 год 48 хв) та зручним графіком руху. Найменшим попитом користувалися поїзди «ІНТЕРСІТІ+», що курсували між Києвом та Донецьком. Низька середня населеність поїздів між Києвом та Донецьком пояснюється великим терміном поїздки – майже 7 год, ціна квитків за цим напрямом на поїзди категорії «ІНТЕРСІТІ+» була найвищою, що пояснюється відстанню курсування. Ураховуючи ергономічні особливості вагонів та втомлюваність пасажирів, можна сказати, що люди віддають перевагу зручнішому та дешевшому нічному поїзду. На напрямку Київ – Дніпропетровськ – Київ поїзд «ІНТЕРСІТІ+» їде швидше, ніж нічний швидкий поїзд у 1,5 рази [7].

Основними аспектами, за умов яких не розвивається швидкісний рух на залізницях України, є: кардинальне підвищення технічного

рівня інфраструктури залізниць, організація виробництва швидкісного рухомого складу та іншої залізничної техніки, створення нових комп'ютерних систем, засобів передачі енергії, інформації, освоєння нових матеріалів та інші проблеми, що зумовлює потребу у розвитку не тільки транспортної, а й інших галузей економіки і насамперед машинобудування, металургії, виробництва засобів автоматики та обчислювальної техніки, будівельної індустрії [8].

Удосконалення швидкісного руху полягає не тільки в скороченні кількості n та часу зупинок t_z на проміжних станціях, а й у підвищенні ходової швидкості руху поїзда:

$$V_x = \frac{\sum NL}{\sum Nt_x}, \quad (1)$$

де $\sum NL$ – сумарні поїздо-кілометри на дільниці;
 $\sum Nt_x$ – сумарні поїздо-години в русі на дільниці без урахування зупинок поїздів та часу, затраченого при цих зупинках на розгін та гальмування,

$$t_x = \frac{L_{пер}}{V_x} + t_p + t_y, \quad (2)$$

де $L_{пер}$ – довжина перегону, км;

V_x – ходова швидкість поїзда, км/год;

t_p – час на розгін, год;

t_y – час на уповільнення, год.

Підвищити ходову швидкість поїзда V_x можливо за рахунок удосконалення верхньої будови колії V_{K1} та закупівлі нового рухомого складу V_{K2} (рисунок).

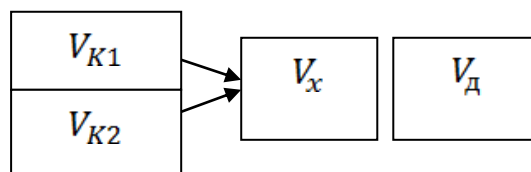


Рис. Схема залежності дільничної швидкості V_d від конструкційних V_{K1} , V_{K2} параметрів

Як бачимо, V_{K1} та V_{K2} взаємодоповнюють один одного і при відсутності однієї складової неможливо досягти бажаного результату. Завдяки V_{K1} та V_{K2} підвищиться V_x та V_d відповідно зміниться. Тому укладання «оксамитового шляху» та закупівля швидкісного рухомого складу дасть змогу

скоротити час прямування та підвищити рівень комфорту в дорозі [9].

Після реконструкції дільниці «оксамитовим шляхом» та закупівлі нового швидкісного рухомого складу корейського або чеського виробництва з'явиться можливість ефективніше використовувати швидкісний режим, який досягатиме 200 км/год, та відчувати себе комфортно пасажиром при використанні даного виду послуг.

Головними етапами реконструкції колії є:

– упровадження технології для створення суцільнозварної безстикової колії на перегонах від станції до станції;

– упровадження нових конструкцій стрілочних переводів та зварювання їх з рейковими конструкціями.

З 50-х років на залізницях колишнього СРСР вводилася в роботу безстикова колія, яка виготовлялась за допомогою електрозварювання окремих рейок по 25 м між собою. Довжина таких рейкових ниток, як правило, складала від 250 м та до 800 м. На сьогоднішній день нові вітчизняні технології дають змогу прокласти безстикову колію необмеженої довжини. Це стало можливим завдяки створенню в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона технології контактного стикового зварювання рейок пульсуючим оплавленням з натягом зварювальних рейкових плітей. Укладання безстикової колії, так званого «оксамитового шляху», дасть змогу знизити опір руху поїздів на 12-15 %, що приведе до підвищення швидкості руху поїздів до 160-200 км/год, покращення плавності та комфортності поїздки, зниження витрат електроенергії на тягу поїздів на 15-18% за рахунок зменшення опору руху поїздів, скоротить витрати на ремонти колії та рухомого складу до 35 %, збільшить строк служби елементів верхньої будови колії і

зменшить витрати на стикові скріплення від 5 до 7 т на 1 км [9].

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Розглядаючи світовий досвід для підвищення ефективності функціонування швидкісного залізничного руху в Україні, у теперішній час потрібно:

1. Розвивати пришвидшений рух (до 160 км/год) на основі наявних колій.

2. Підвищити швидкість руху пасажирських поїздів до 200 км/год, для чого необхідно технічно переоснастити колійне господарство з подальшою механізацією його технологічних процесів.

3. Упроваджувати високошвидкісний рух, для чого потрібно побудувати окрему нову колію, яка передбачає можливість руху пасажирських поїздів зі швидкістю 200-350 км/год. Для цього мають бути задіяні потужності як підприємств залізничного транспорту, так і сторонніх організацій.

4. Розділити вантажні і пасажирські потоки. Для підвищення конкурентоспроможності швидкісних поїздів «ІНТЕРСІП+» необхідно:

– зниження часу подорожі;

– оптимізування графіка руху швидкісних поїздів;

– розширення мережі швидкісних магістралей по всій території України;

– оптимізування величини тарифів з метою залучення до швидкісних перевезень додаткових пасажирів;

– упровадження високошвидкісного руху на території України.

Головним напрямом розвитку залізничного транспорту України є створення, а надалі й удосконалення швидкісних, а згодом і високошвидкісних магістралей. Це створить ряд конкурентних переваг не лише для залізничного транспорту, а й усієї економіки країни внаслідок збільшення пасажирообігу [10].

Список використаних джерел

1. Босов, А.А. Формирование вариантов рациональной сети линий высокоскоростного движения поездов в Украине [Текст] / А.А. Босов, Г.Н. Кирпа. - Днепропетровск: Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2004. – 144 с.

2. Пегов, Д.В. Высокоскоростное движение: начало положено [Текст] / Д.В. Пегов // Железнодорожный транспорт. – 2010. - №6. – С. 50-51.

3. Концепція Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 роки [Електронний ресурс]: розпорядження Кабінету Міністрів

Україні від 31 грудня 2004 р. № 979-р. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/979-2004-p>.

4. П'ятаченко, Г.Г. Транспортна система України в контексті європейської інтеграції [Текст] / Г.Г. П'ятаченко. – К.: Наукова думка, 1998. – 35 с.

5. Перспектива швидкісного пасажирського руху в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL:http://www.studopedia.info/1-31887.html](http://www.studopedia.info/1-31887.html).

6. Ковалев, В.И. Скоростной и высокоскоростной железнодорожный транспорт [Текст] / В.И. Ковалев; под общ. ред. В.И. Ковалева. — СПб., 2001. – Т. 1. – 320 с.

7. Про схвалення Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1095.5722.0](http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1095.5722.0).

8. Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1390-2009-p>.

9. Предварительное технико-экономическое обоснование проекта высокоскоростных железных дорог в Украине «SYSTRA» [Текст]. – К., 2002.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.В. Лаврухін

Запара Ярослав Вікторович, канд. техн.наук, доцент кафедри Управління вантажною та комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-85. E-mail: y.zapara@gmail.com.

Биков Олексій Володимирович, магістрант кафедри управління вантажною та комерційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. E-mail: nics!990@mail.ru.

Zapara Yaroslav, Ph.D., lecture of management of freight and commercial work, Ukrainian State University of Railway Transport, tel.: (057) 730-10-85. E-mail: y.zapara@gmail.com.

Bykov Olexiy, master student of the management of trucks and commercial work Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: nics!990@mail.ru.

Наукова праця здана до друку 24.06.2015 року

УДК 656.233.2:656.027

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ У МЕЖАХ ЛІНІЙ ВИСОКОШВИДКІСНИХ МАГІСТРАЛЕЙ

Д-р техн. наук Є.С. Альошинський, магістрант К.В. Подкозьзіна

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В ГРАНИЦАХ ЛИНИЙ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Д-р техн. наук Е.С. Алёшинский, магістрант Е.В. Подкозьзіна

THE IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY WORK IN THE TECHNICAL RAILWAY STATIONS WITHIN CONDITIONS OF HIGH-SPEED RAILWAY LINES

Dr. of tehn. sciences E.S. Aleshinsky, master student K.V. Podkolzina

Обґрунтовано актуальність упровадження швидкісного руху на даному етапі розвитку українських залізниць. Проведено аналіз існуючих моделей експлуатації високошвидкісних магістралей у світі. Запропоновано варіанти вдосконалення процесу організації місцевої роботи на станціях в умовах введення швидкісних перевезень.

***Ключові слова:** високошвидкісні магістралі, швидкісні поїзди, модель експлуатації ВШМ, ворожість маршрутів, конкуренція, міжопераційні прості вагонів, реконструкція.*

Обоснована актуальность внедрения скоростного движения на данном этапе развития украинских железных дорог. Проведен анализ существующих моделей эксплуатации высокоскоростных магистралей в мире. Предложены варианты усовершенствования процесса организации местной работы на станциях в условиях введения скоростных перевозок.

Ключевые слова: высокоскоростные магистрали, скоростные поезда, модель эксплуатации ВСМ, враждебность маршрутов, конкуренция, межоперационные простои вагонов, реконструкция.

In this article had been urgency of the introduction of high-speed. This issue is relevant at this stage of development of Ukrainian Railways. In past research in this direction had be analyzed of existing models of high-speed operation in the world. Had been proposed options to improve the process of organizing local work on the ststions under the introduction of high-speed traffic.

Keywords: high speed highways (HSR), high-speed trains, exploitation model HSR, hostility routes, competition, interoperable downtime wagons, reconstruction.

Вступ та постановка проблеми. У всіх розвинених країнах залізничний пасажирський транспорт відіграє важливу роль у житті суспільства. У сучасних умовах актуальним є введення швидкісного руху на залізницях України. У зв'язку з цими потребами виникає ряд проблем, пов'язаних з реконструкцією станцій, колій, підготовкою спеціалістів, закупівлею нового рухомого складу, нових пристроїв СЦБ та ін.

Такий проект є дуже масштабним, тому для України оптимально було б перейти до швидкісного пасажирського руху поступово. Під час Євро-2012 була спроба ввести швидкісні пасажирські поїзди Hyundai та Scoda. У роботі була окремо взята станція Лозова, як модернізована під швидкісний пасажирський рух, через яку пролягали маршрути цих поїздів.

Окрім основного завдання з упровадження швидкісного руху на станції Лозова залишається (хоч й незначний за обсягом) вантажний рух та значний обсяг місцевої роботи з обслуговування під'їзних та тракційних (вагонного та локомотивного господарств) колій, тому необхідно розглянути проблеми можливості організації місцевої роботи після реконструкції станції (в т.ч. простою локомотивів і вагонів під час обслуговування під'їзних колій, ворожості поїзних та маневрових маршрутів, безпеки пасажирів та ін.) [1,15].

Обсяги навантаження/вивантаження на під'їзних коліях взяті зі статистичних даних роботи [15], аналіз результатів яких подано на рис. 1.

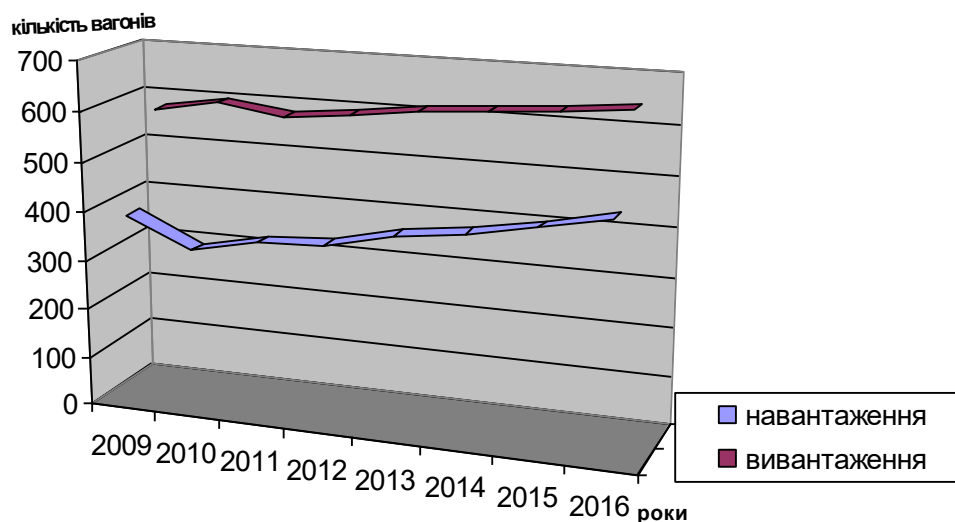


Рис. 1. Аналіз результатів прогнозування середньорічних обсягів роботи під'їзних та тракційних колій ВЧД-2 та ТОВ «Агропромперспектива» станції Лозова на період 2012-2016 рр.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання доцільності впровадження швидкісного руху на існуючих залізничних лініях вивчали багато вчених. У працях Козлова В.Ю. [2] було проведено дослідження щодо досягнення максимальних швидкостей за умови суміщеного руху вантажних і пасажирських поїздів та встановлення раціонального числа швидкісних пасажирських поїздів.

У роботі проф. І.Т. Козлова [5] проведено аналіз можливих реконструктивних заходів щодо збільшення пропускної спроможності залізниць, установлені аналітичні залежності, що визначають капітальні вкладення й експлуатаційні витрати при різних схемах розвитку залізничних ліній, розроблені алгоритми вибору оптимальної схеми етапного розвитку ліній з використанням методів математичного аналізу (метод ітерації, метод градієнтного спуску, метод спуску по координатній сітці).

Проф. І.В. Турбіним був запропонований метод [6,7] поетапної реалізації заходів щодо зняття обмежень швидкості руху поїздів з урахуванням виділених на кожен рік матеріальних засобів.

Передача частини поїздопотоків на кружний рух є одним із способів підвищення пропускної спроможності лінії. У дослідженні Н.А. Воробйова, Б.В. Лашутіна і В.К. Суворова [8] подана методика оптимального розподілу пасажирських і вантажних потоків на паралельних залізничних лініях, основана на методі динамічного програмування.

Мета статті. Аналіз взаємодії під'їзних колій зі станцією Лозова після її реконструкції при впровадженні швидкісного пасажирського руху.

Основна частина. Підвищення швидкостей вантажних та пасажирських перевезень – один із перспективних напрямів науково-технічного прогресу на залізничному транспорті. За існуючими прогнозами [14] в Україні швидкісний рух у найближчому майбутньому охопить значно більш широкий сектор пасажирських перевезень, ніж високошвидкісний. Це пов'язано з рядом факторів: звичайні лінії не вичерпали своїх пропускних спроможностей, ціна квитків на швидкісні поїзди значно лояльніша, організація руху не пов'язана з будівництвом нових ліній,

хоча й потребує суттєвих витрат на реконструкцію існуючих.

Курсування швидкісних поїздів у світовій практиці, як правило, організовуються на існуючих лініях із змішаним вантажним і пасажирським рухом. Для підвищення швидкостей руху колії повинні бути реконструйовані. Завдання реконструкції – забезпечити безпеку і комфортабельність поїздки пасажирів при високих швидкостях руху, а також збільшити можливу провізну спроможність лінії, щоб зменшити зняття вантажних поїздів пасажирськими.

Частина часу доби, яка через прямування поїздів зі швидкісним режимом руху, відмінним від основної категорії поїздів, не може бути використана для пропуску поїздів основної категорії, називається часом зняття. А коефіцієнтом зйому є число, що показує, скільки поїздів основної категорії (швидкісних) знімає з графіка один (вантажний) поїзд, відмінний від основної категорії поїздів. Реконструкція існуючих ліній у залежності від рівня підвищення швидкості здійснюється двома способами:

- часткова зміна траси лінії, удосконалення її технічного оснащення пристроями автоматизації, телемеханіки та зв'язку, електрифікацією при швидкості до 160 км/год;
- докорінна зміна траси лінії, збільшення кількості колій на вже існуючих лініях при швидкостях від 160 до 200 км/год і більше.

Перед кожною країною, яка має намір ввести високошвидкісні магістралі (ВШМ), стає вибір, який тип експлуатаційної моделі застосувати, і кожна з них обирає свою концепцію будівництва або модернізації (порівнюючи витрати) виходячи з власних потреб. Розрізняють 4 типи експлуатаційних моделей [13].

1. Ексклюзивна модель експлуатації характеризується повним відокремленням ВШМ від традиційних магістралей. Використовується в Японії, де основною причиною розвитку системи високошвидкісної залізниці було те, що звичайні лінії досягли своїх меж потужності.

2. Змішана високошвидкісна модель. Характеризується тим, що швидкісний поїзд може працювати на спеціально побудованих нових лініях або на модернізованих сегментах звичайних ліній. Витрати на будівництво значно знижені. Застосовується на французьких

лініях у поїздах TGV, де високошвидкісні поїзди в основному йдуть по нових високошвидкісних лініях, але і використовуються на звичайних лініях у районах, де дублювання було недоцільним (при підходах до вокзалів у центрі міста).

3. Змішана традиційна модель. Передбачає пропуск деяких звичайних поїздів по ВШМ (Іспанія).

4. Повністю змішана модель. Ця модель використовується для системи ICE (Німеччина), де високошвидкісні поїзди використовують модернізовані звичайні лінії, а вантажні поїзди використовують резервну пропускну здатність на високошвидкісних лініях у нічний час, тобто високошвидкісні і звичайні поїзди користуються інфраструктурою один одного.

Кожна модель експлуатації має свої переваги і недоліки. Ексклюзивна та змішана високошвидкісні моделі дають змогу більш інтенсивно використовувати інфраструктуру ВШМ, у той час як інші моделі повинні враховувати, що (за винятком багатоколієвих ділянок ліній) звичайні поїзди займають більше часу для проходження ділянки, що зменшує її пропускну спроможність [13].

Значне підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів збільшить пасажиропотік на залізницях та підвищить їх конкурентоспроможність. Основними конкурентами міжміських залізничних пасажирських перевезень є автомобільний та авіаційний транспорт, причому це більше зумовлено економією часу, ніж вартістю.

Хоча залізниця є конкурентоспроможними з точки зору вартості, ринок великих відстаней (більше 300 км) стає все більш чутливим до тривалості поїздки, і тому перевезення зі звичайною швидкістю значно знижують частку ринку залізниць у співвідношенні з автомобільним і авіатранспортом [13].

Щоб протистояти цій тенденції, європейські країни приступили до впровадження перевезень швидкісними та високошвидкісними поїздами, що рухаються зі швидкістю понад 200 км/год на звичайних магістралях із змішаним рухом, а в подальшому – на окремо побудованих колях нового призначення з більшою швидкістю.

Таким чином, доцільність швидкісних перевезень обумовлюється значною мірою

затраченим часом. Оптимальна тривалість подорожі людини не повинна перевищувати 6-7 год, оскільки збільшення часу поїздки збільшує навантаження на людину, котра вимушена лише сидіти.

Європейський Союз розглядає швидкісну залізницю як ключовий компонент своєї стратегії щодо скорочення викидів вуглекислого газу та зменшення негативного впливу транспорту на довкілля, і активно заохочує перерозподіл перевезень з автомобільного та повітряного транспорту на залізничний, сприяючи зростанню швидкісних перевезень.

Для України денне прискорене пасажирське сполучення дає змогу покрити своєю мережею майже всю територію держави.

Відстань між обласними та промисловими центрами складає в середньому трохи більше 200 км, а сполученням радіусом у 400-650 км можна зв'язати з Києвом більшість головних міст країни. По-друге, воно дає можливість дістатися з одного пункту в інший за 4-5 год.

Будівництво ліній ВШМ – дуже складне завдання, тому, як уже зазначалося раніше, для України легше перейти до будівництва таких масштабів поступово, починаючи з реконструкції ліній під швидкісний рух. Дослідження показали [5], що реконструкція існуючих залізничних ліній зі змішаним рухом вантажних та пасажирських поїздів дає змогу підняти швидкість до 200 км/год. Для досягнення більш високих швидкостей необхідне спорудження спеціалізованих високошвидкісних магістралей. По мірі того, як швидкісні перевезення перестануть задовольняти потреби населення та збільшиться попит на високошвидкісний рух, можна буде говорити про доцільність ВШМ та будувати нові відокремлені магістралі.

В Україні вже є приклади впровадження швидкісного руху – запуск на залізницях придбаного рухомого складу у Південної Кореї (Hyundai Rotem) і Чехії (Scoda). Але якість швидкісних перевезень в Україні значно поступається рівню перевезень у Європі.

Введення швидкісного руху в Україні пов'язано з Євро-2012. Саме з того періоду почали курсувати поїзди Hyundai та Scoda. При встановленні швидкісного пасажирського руху на пасажирському коридорі Гребінка – Полтава – Красноград – Харків – Лозова необхідно було

провести електрифікацію, модернізацію колій та реконструкцію залізничних станцій.

Розглянемо станцію Лозова, через яку пролягали маршрути курсування швидкісних поїздів. У дослідженнях [1,15] запропоновано реконструювати станцію Лозова із сортувальної позакласної у вузлову пасажирську. Схема станції наведена на рис. 2.

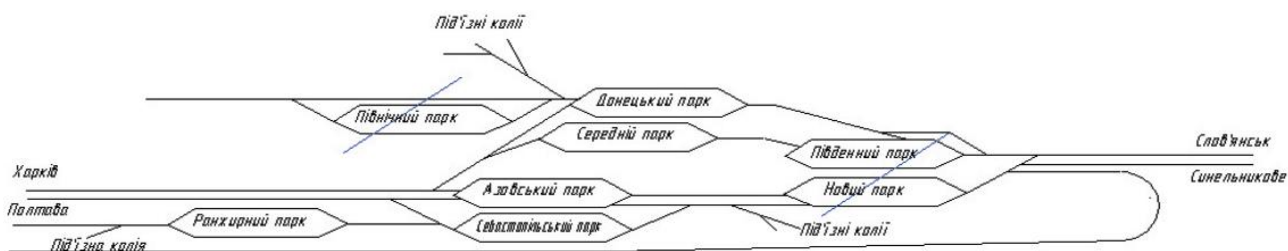


Рис. 2. Схема колійного розвитку станції Лозова ($\langle \rangle$ – демонтовані парки та колії)

Таким чином, для вантажного руху залишається лише 2 парки із загальним колійним розвитком 11 колій.

Для приймання та відправлення пасажирських, поштово-багажних і приміських поїздів, а також для відстою составів приміських поїздів станція має три пасажирські парки:

- Севастопольський парк (7 колій);
- Азовський парк (5 колій);
- Ранжирний парк (3 колії).

Хоча великі обсяги вантажної роботи відводяться від станції та пропуск вантажних поїздів відбувається по варіантних (кружних) маршрутах, у вузлі все ще сконцентрована значна місцева робота з обслуговування залізничних під'їзних колій та залишається (менший за обсягом) вантажний рух. Отже, важливим завданням є встановлення можливих варіантів взаємодії під'їзних колій зі станцією після реконструкції, можливість організації місцевої роботи при швидкісному русі, яка виконується з витягуванням вагонів через головні колії при існуючих і прогнозованих розмірах вантажного та пасажирського руху. Перехрещення пасажирського та вантажного напрямів у південній горловині станції відбувається при виконанні маневрових робіт з вагонами ВЧД-2 та під'їзної колії ТОВ «Агропромперспектива» [11,12]. Тому актуальним є завдання відокремлення пасажирського руху від вантажного.

Проаналізувавши варіанти перебудови станції Лозова, було виявлено, що була здійснена повна ліквідація Нового та Південного парків, призначених під вантажний рух (загалом 20 колій).

У Донецькому парку планується залишити 6 колій з 12 існуючих, у Середньому парку планується залишити по 5 колій з 10 та гірку.

Проаналізувавши колійний розвиток під'їзних колій, що примикають до станції Лозова, було виявлено, що місця примикання розташовуються в чотирьох пунктах: з боку напрямку на Полтаву, з боку ПЧ-4, стрілкою № 221 та з боку ВЧД-2. При існуючому колійному розвитку відбувається оптимальна система взаємодії. Після реконструкції змінюються місця примикання під'їзних колій незначно зміщуючись, але маршрути подавання-забирання стають значно коротшими за рахунок ліквідації Нового й Південного парків та реконструкції всіх інших.

Порівняно два варіанти взаємодії під'їзних колій зі станцією Лозова: перший варіант з урахуванням існуючого колійного розвитку і другий – з перебудовою. Перший виключає необхідність капітальних вкладень і більш доцільний за існуючих умов.

Реконструкція станції по другому варіанту передбачає:

1) спорудження додаткової тупикової колії корисною довжиною 200 м, що буде примикати до південної горловини станції Лозова (рис. 3);

2) об'єднання в Донецькому парку тупикових 6-ї та 7-ї колій в одну суцільну для використання її як резервної для накопичення місцевих вагонів з подальшим їх відправленням або поданням до розформування на сортувальну гірку (рис. 4).

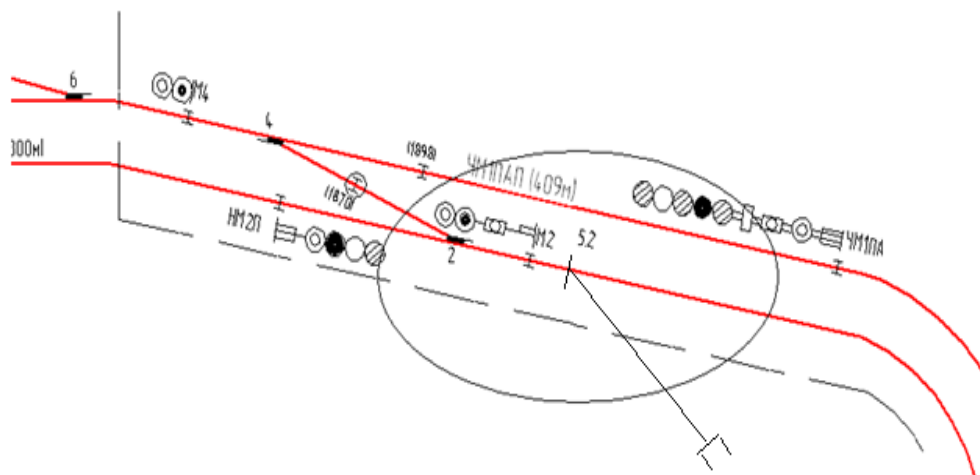


Рис. 3. Схема варіанта розташування місця примикання додаткової тупикової колії за СП №2

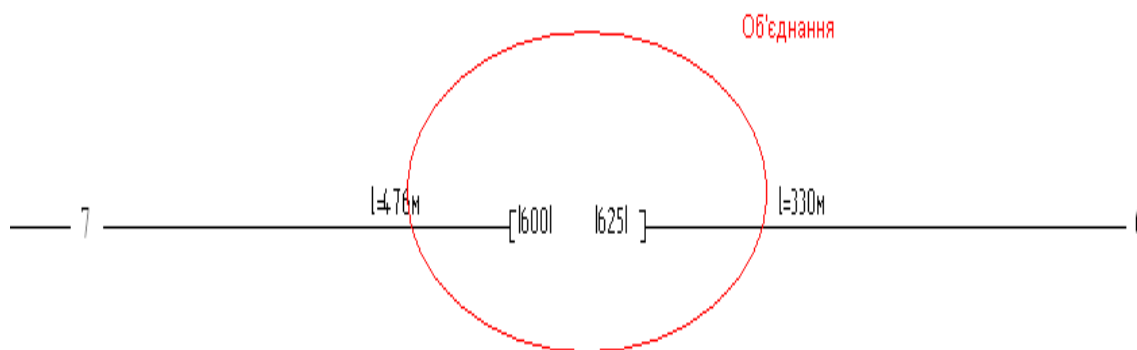


Рис. 4. Схема варіанта перебудови колійного розвитку Донецького парку станції Лозова (проектний варіант об'єднання 6-ї та 7-ї колій Донецького парку)

Додаткова тупикова колія необхідна для скорочення загального часу невикористаних простоїв вагонів та маневрового локомотива при виконанні подавань-прибирань та розвантаження точок перехрещення.

Відповідно до існуючої схеми колійного розвитку експлуатація 6-ї та 7-ї тупикових колій Донецького парку є нераціональною, бо їх можна використовувати лише для відстою рухомого складу, а при подальших маневрових операціях це призводить до зайвого пробігу маневрового локомотива станції. При об'єднанні цих колій об'єднану колію 6 можливо буде використовувати для: подавання-забирання вагонів на/з під'їзних та тракційних колій, накопичення вагонів та відправлення сформованого поїзда, подавання складу на

сортувальну гірку, виконання маневрових операцій у межах станції.

Згідно з прогнозом [15] на наступні п'ять років визначено тенденцію збільшення обсягів вантажної роботи під'їзних колій (рис. 1). Результати прогнозування підтверджують стабільність зростання перспективних обсягів вантажної роботи та відповідно можливу доцільність упровадження варіанта об'єднання 6-ї та 7-ї тупикових колій Донецького парку.

Також при обсягах вантажної роботи, що зростають, доцільним є впровадження варіанта збільшення колійного розвитку в Південній горловині станції – використання тупикової витяжної колії для місцевої роботи.

Згідно з варіантами технології обслуговування ВЧД-2 та ТОВ «Агропромперспектива» існує два варіанти маршруту подавання-

забирання вагонів, один з яких передбачає добудову додаткової тупикової колії.

В обох випадках довжина маршруту при виконанні маневрової роботи буде однаковою. При виконанні маневрових переміщень на території станції зі швидкістю 10 км/год тривалість зайняття колій складатиме 15 хв. Виходячи з цього зайнятість колій станції ворожим маршрутом складе 15 хв два рази на добу, бо згідно з технологією обслуговування під'їзних та тракційних колій один раз відбувається подавання вагонів і один раз забирання.

Якщо використовувати додаткову тупикову колію, цей час можливо розбити на два інтервали (локомотив із вагонами заїжджатиме на тупикову колію, звільнивши головну ходову, та буде там перебувати до моменту можливості виділення вікна), що полегшить підготування маршруту черговим по станції та узгодить з пасажирським рухом при наданні вікон.

Це дасть змогу зробити ворожий маршрут безпечнішим для пасажирського руху та більш імовірним при настанні моменту часу для вікна. Але при такому варіанті маневрової локомотив буде мати додатковий час простою на тупиковій колії. Тому при незначних розмірах руху у північній горловині можна використовувати існуючий колійний розвиток, ураховуючи, що зараз майже всі поїзди направлені через полтавський напрямок, а при зростанні обсягів руху відбувається збільшення зайнятості колій. У такому разі було б доцільно використати тупикову вантажну колію та, незважаючи на капітальні вкладення, приведе до більш раціонального використання колій для головного ходу та зменшення простоїв при

маневровій роботі з обслуговування під'їзних і тракційних колій ВЧД-2 та ТОВ «Агропромперспектива» [11], що забезпечить безпеку пасажирському швидкісному руху.

Проблеми ворожості маршрутів ускладнюють місцеву роботу при високих розмірах руху (особливо, якщо у вузлі розвинуті приміські перевезення, які обертаються по тій же парі головних колій) не лише по станції Лозова. Дуже часто головні колії магістральних ліній, які мають високе навантаження, перетинаються з внутрішньостанційними маршрутами подачі і прибирання вагонів на вантажні райони, під'їзні колії промислових підприємств, передачі вагонів з однієї сортувальної системи (або парку) в іншу, подачі і прибирання локомотивів і т. п., через що місцева робота станцій ускладнюється, виникають додаткові міжопераційні простої вагонів і локомотивів.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Проведено аналіз стану українських залізниць на можливість упровадження швидкісного руху та обумовлено необхідність підвищення швидкостей пасажирських перевезень для конкурентоспроможності залізниць на транспортному ринку. Розглянуто експлуатаційні моделі будівництва (модернізації) ВШМ, які використовуються у світі, на основі чого зроблено висновок, що доцільність будівництва ВШМ на залізницях України не обґрунтована, тому перехід на високошвидкісний рух необхідно здійснювати поступово, починаючи з упровадження швидкісного руху по мірі зростання попиту на швидкісні перевезення.

Список використаних джерел

1. Аналіз можливості організації місцевої роботи на залізничних станціях в умовах впровадження швидкісного пасажирського руху [Текст] / Є.С. Альошинський, О.С. Губачова, Г.О. Сіваконева [та ін.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 3(56), Т.2. – С. 127.
2. Козлов, В.Ю. Обоснование экономически рационального числа скоростных пассажирских поездов [Текст] / В.Ю. Козлов // Тр. МИИТ. – 2012. – Вып. 715. – С. 90-94.
3. Савельев, В.Г. Организационно-экономические условия формирования системы скоростного движения пассажирских поездов на железных дорогах [Электронный ресурс]. – М., 1997. – Режим доступа: <http://economy-lib.com/disser/61563/a/?#?page=13>.
4. Батурич, А.П. Усиление пропускной способности железнодорожной линии [Текст]: методические указания к дипломному проектированию / А.П. Батурич, А.Н. Минаков. – М.: МИИТ, 1984.

5. Козин, Б.С. Выбор схем этапного развития железнодорожных линий [Текст] / Б.С. Козин, И.Т. Козлов. – М.: Транспорт, 1964. – 155 с.
6. Турбин, И.В. Развитие метода формирования оптимальных схем овладения перевозками [Текст] / И.В. Турбин // Тр. МИИТ. – 1984. – Вып. 750. – С. 15-22.
7. Турбин, И.В. Поэтапное повышение скоростей [Текст] / И.В. Турбин, С.И. Матвеев, М.И. Карпов // Железнодорожный транспорт. – 1990. – №3. – С. 15-16.
8. Воробьев, Н.А. Методика распределения грузовых и пассажирских потоков на параллельных линиях [Текст] / Н.А. Воробьев, Б.В. Лашутин, В.К. Суворов // Тр. ВНИИЖТ. – 1969. – Вып. 403. – С. 37-42.
9. Технологічний процес роботи вантажної станції Лозова Південної залізниці [Текст]: рукопис. ДН, 2010. – 216 с.
10. Техніко-розпорядчий акт вантажної станції Лозова Південної залізниці [Текст]: рукопис. ДН, 2010. – 166 с.
11. Інструкція про технологію обслуговування і організацію руху на під'їзній колії ТОВ «Агропромперспектива» та станції Лозова Південної залізниці з вагонами даної під'їзної колії [Текст]. – Лозова, 2007. – 7 с
12. Інструкція про технологію обслуговування і організацію руху на під'їзній колії ВЧД-2 та станції Лозова Південної залізниці з вагонами даної під'їзної колії [Текст]. – Лозова, 2007. – 29 с.
13. Ginés de Rus Economic Analysis of High Speed Rail in Europe/ Ginés de Rus, Ignacio Barrón, Javier Campos, Philippe Gagnepain, Chris Nash, Andreu Ulled, Roger Vickerman [Текст] // Fundación BBVA, 2009 Plaza de San Nicolás, 4. 48005 Bilbao.
14. Харина, Е.В. Выбор рациональных мер по повышению скорости движения пассажирских поездов в условиях растущего объема грузовых и пассажирских перевозок [Электронный ресурс]. – М, 2004. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/vybor-ratsionalnykh-mer-po-povysheniyu-skorosti-dvizheniya-passazhirskikh-poezdov-v-usloviya#ixzz3d4XTD7fC>.
15. Впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на дільниці Гребінка – Полтава – Красноград – Харків – Лозова. Станція стикування постійного 3,3 кВ та змінного 27, 5 кВ видів тягового струму по ст. Лозова. Розробка технології обслуговування під'їзних і тракційних колій залізничних та промислових підприємств Лозовського вузла (ДР0112U000423) [Текст] / Є.С. Альошинський, О.М. Огар, М.Ю. Куценко [та ін.]. – Харків, 2012. – 378 с.

Альошинський Євгеній Семенович, д-р техн. наук, професор кафедри транспортних систем та логістики Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (067)-417-47-21; e-mail: aes-upp@mail.ru. Подкозьіна Катерина Віталіївна, магістр ІППК. Тел (050) 744-25-05 e-mail: katyapodkolzina@yandex.ru.

Aleshinsky Eugene Semenovich, Doctor of technical Sciences, Professor of the Chair of transport systems and logistics of the Ukrainian state University of railway transport. Tel. (067)-417-47-21 e-mail: aes-upp@mail.ru. Podkolzina Kateryna Vitalievna, master IPPK. Tel. (050) 744-25-05 e-mail :katyapodkolzina@yandex.ru.

Наукова праця здана до друку 25.06.2015 року

УДК 656.2.001.63+656.027

АНАЛІЗ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ТА ЗВИЧАЙНОГО РУХУ

Канд. техн. наук А.В. Прохорченко, магістр Д.О. Кравченко

АНАЛИЗ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО И ОБЫЧНОГО ДВИЖЕНИЯ

Канд. техн. наук А.В. Прохорченко, магистр Д.А. Кравченко

ANALYSIS RESEARCH ON TRANSPORT NETWORKS DESIGN OF HIGH-SPEED AND CONVENTIONAL MOVEMENT

Cand. of tehn sciences A. Prokhorchenko, master student D. Kravchenko

Робота присвячена аналізу наукових досліджень щодо пошуку раціональної топології транспортних мереж в умовах реалізації високошвидкісного та звичайного руху поїздів. Досліджено еволюцію підходів до принципів побудови математичної моделі для проектування транспортних мереж. Сформульовано принципи для побудови математичної моделі, яка дасть змогу визначити топологію залізничної мережі, що відповідає реальним умовам функціонування залізниць України.

Ключові слова: транспортна система, топологія, залізнична мережа, поїздопотік, високошвидкісні магістралі.

Работа посвящена анализу научных исследований по поиску рациональной топологии транспортных сетей в условиях реализации высокоскоростного и обычного движения поездов. Исследована эволюция подходов относительно принципов построения математической модели для проектирования транспортных сетей. Сформулированы принципы для построения математической модели, которая позволит определить топологию железнодорожной сети, соответствующей реальным условиям функционирования железных дорог Украины.

Ключевые слова: транспортная система, топология, железнодорожная сеть, поездопоток, высокоскоростные магистрали.

Work devoted to the research for finding rational topology transport networks in terms of implementing high-speed and conventional trains. The evolution of approaches to principles of mathematical models for the design of transport networks. Detailed research in the design of transport networks based on the analysis of spatio-topological and geometrical properties of networks. Analyzed studies that examine forming topology as the interaction between network users with simple rules based on individual agent-based approach. The results of recent studies based on statistical analysis of the macro properties of complex networks. Proved that the macro characteristics of complex transport system is not formed on the basis of central planning from the top down, as defined by the rising of the interaction of the components of the simple rules leads to hierarchy, which is a consequence of the existence of self-organization in the system. The principles for building a mathematical model that will determine the topology of the railway network that meets the real terms of railways of Ukraine.

Keywords: transport system, topology, railway network, trains flow, high-speed rail.

Вступ. В умовах підвищення вимог до якості здійснення вантажних перевезень та впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів для залізниць України є важливим знайти раціональну топологію залізничної мережі для задоволення потреб ринку транспортних послуг. Для вирішення

поставленої наукової проблеми необхідним є теоретичне обґрунтування підходів до принципів побудови математичної моделі для пошуку раціональної мережі залізниць.

Визначення мети та задачі дослідження. Дана робота має на меті аналіз сучасного стану досліджень у галузі проблем

проектування мереж (англ. Network Design Problems), критичний огляд існуючих підходів, узагальнення результатів та формулювання принципів для побудови математичної моделі, яка дасть змогу визначити топологію мережі, що відповідає реальним умовам функціонування залізниць України.

Основна частина дослідження. Перші теоретичні дослідження проблем проектування мереж почалися з появою наукових робіт Леонарда Ейлера у 1736 року в галузі топології та стрімкого розвитку теорії графів. Уже у 1891 році Е. Лілль [1], застосувавши статистичний підхід, дослідив залежність кількості поїздок від дальності та сформулював так званий закон подорожей (закон Лілля), що став основоположним для потенціальної теорії пасажирських потоків [2]. Майже до кінця 1950-х років весь напрямок досліджень був спрямований на закономірності, що виникають на окремих сполученнях у транспортній мережі.

Уперше у 1924 році Френк Найт, а в подальшому інші вчені звернули увагу на виникаючу рівновагу при розподілі транспортних потоків у мережі [3, 4]. Це дало змогу у 1952 році Джону Уордропу сформулювати так звані поведінкові принципи користувачів транспортної мережі [5]. Дані принципи отримали назву перший та другий принцип Вардропа [4]. Згідно з принципами Вардропа в транспортній мережі користувачі взаємодіють між собою спираючись на повний егоїзм – кожен прагне вибрати маршрут руху в мережі з позиції особистих критеріїв вибору, а конкурентна взаємодія між користувачами призводить до рівноважного стану в мережі. У другому принципі Вардроп стверджував, що при централізованому управлінні рухом також досягається системна рівновага в мережі.

З 1960 року, після так званої "кількісної революції", у роботах представників школи просторового аналізу з'явилися комплексні дослідження розвитку транспортних мереж. У 1963 році Е. Тааффе, Р. Моррілл та П. Гульд запропонували чотириетапну модель процесу розвитку топології дорожньої мережі в нерозвиненому місті [6]. В. Гарісон та Д. Марбл провели дослідження щодо моделювання еволюції топології залізничної мережі Північної Ірландії між 1830 і 1930 роками із використанням методу Монте-Карло [7]. Паралельні дослідження провів Р. Моррілл у

1965 році для залізничних мереж центральної Швеції [8]. У 1969 році К. Канський запропонував кількісну прогнозну модель розвитку структури мережі, яку застосував до моделювання розвитку сицилійської залізниці [9]. Ці дослідження ґрунтувалися на спробах описати топологічні перетворення в мережі на основі інтуїтивних механізмів, що копіюють зміни у геометрії мережі. Такий підхід не враховував демографічні та поведінкові механізми, що впливають на еволюцію мережі. Причому дослідження суттєво обмежувались існуючими на той час обсягами даних, обчислювальними потужностями і відомими методами моделювання.

З 1970-х років виникли наукові роботи [10, 11], у яких почали досліджувати, як прогнозний попит та поведінкові принципи користувачів впливають на розвиток топології транспортних мереж. Набувають поширення математичні моделі прогнозування попиту на поїздки [4]. З'явилася можливість прогнозувати транспортні потоки, що дало змогу наблизитись до реалістичного розподілу транспортних потоків у мережах та знаходити оптимальні структури транспортних мереж, які максимізують ефективність поїздок. Спираючись на дослідження щодо пошуку рівноважних потоків у мережі у 1968 році С. Дафермос та Ф. Сперроу вперше для пошуку розподілу потоку в мережі застосували алгоритм Франк-Вольфа [12]. У результаті досліджень з 1966 року А. Вільсон для розрахунку кореспонденцій пасажирів у місті запропонував застосувати підхід на основі концепції ентропії транспортної системи [13]. В основі даного підходу запропонована гіпотеза про те, що стан рівноваги в макросистемі досягається при максимумі її ентропії, але при цьому повинні виконуватись деякі додаткові умови, що враховують обмеженість ресурсу, який міститься в системі. Вищезазначені дослідження зводяться до оптимізаційних задач пошуку оптимальних структур транспортних мереж, тобто в задачах існує цільова функція ефективності всієї системи, що призводить до знаходження топології мережі з позиції централізованого управління. Такий підхід не дає змоги врахувати складну взаємодію постачальників і користувачів на мікрорівні системи. Слід зазначити, дослідження на основі оптимізації не втратили своєї актуальності, так як аналіз емпіричних даних розвитку багатьох

транспортних мереж показав, що у короткостроковій перспективі планування відіграє важливу роль, і транспортна система еволюціонує за допомогою процесу оптимізації. Тоді як у довгостроковій перспективі більшість систем у результаті додавання послідовних шарів, і навіть якщо кожен з цих шарів є результатом процесу оптимізації, то загальна топологія мережі довгий час є неоптимальною [14].

На початку 1990 років з'являються дослідження, які розглядають формування топології мережі як процес взаємодії користувачів мережі з простими індивідуальними правилами. У 1993 році Л. Лем та Р. Почі запропонували так звану активно-пішохідну модель (англ. active-walker model, AWM) на основі агентно-орієнтованого підходу [15]. Д. Хелбінг, Й. Келтч та П. Молнар у 1997 році також запропонували агентну модель пішохідної динаміки [16]. Агентно-орієнтовані моделі імітаційного моделювання дали змогу формалізувати процес еволюції транспортної мережі на основі принципів колективної самоорганізації. Даний підхід дає можливість підвищити реалістичність моделювання процесів, що відбуваються при еволюції топології мережі, але не дає змоги знаходити оптимальні рішення. Даний напрямок досліджень не втратив актуальності та інтенсивно розвивається [17].

Останніми роками дослідження в галузі проектування транспортних мереж змістили акцент з аналізу просторово-топологічних і геометричних властивостей до статистичних макровластивостей складних мереж, зокрема транспортних. У 1998 році Д. Воттс та С. Стратт статистично довели, що в реальних просторових мережах існує ефект малого світу (англ. small world effect) [18]. Дослідження топологічної динаміки мереж з позиції статистичної фізики довели існування властивості масштабної інваріантності в складних мережах. Так, у 1999 році Л. Барабаші та Р. Альберт вперше довели, що емпіричний розподіл степеня вершин підпорядковується степеневому закону, а отже, даний експериментальний результат спростовує розподіл зв'язків у мережі за законом Пуассона [19]. Це підтверджує, що граф мережі не є випадковим, а його розвиток лежить в основі процесів самоорганізації складних нелінійних систем. Мережі, що мають такі властивості,

отримали назву так званих безмасштабних мереж (англ. free-scale networks).

Отже, останні дослідження в галузі проблем проектування мереж підтверджують, що макрохарактеристики складної транспортної системи не формуються на основі централізованого планування зверху вниз, а визначаються шляхом висхідного процесу взаємодії компонентів системи за простими правилами, що призводить до виникнення ієрархії, яка є наслідком існування самоорганізації в системі [20, 21]. Запропонований А. Барабаші принцип переважного приєднання (англ. preferential attachment), по суті, є джерелом виникнення ієрархії в мережі. Складна мережа розвивається в результаті взаємодії з навколишнім середовищем, спираючись на "успішних" агентів системи, посилюючи їх, у той час як менш успішні агенти стають застарілими або навіть відмирають (дегенерують). У 2005 році Бхану Йєрра та Д. Левінсон довели, що транспортні мережі з фіксованою структурою можуть диференціюватися у вигляді ієрархічної структури з будь-яким випадковим або однорідним станом [22]. Причому аналіз показав, що не з причин оптимізації структури мережі, а при утворенні ієрархії залізниць виникають властивості мережі та динаміка транспортного потоку.

Аналіз досліджень щодо проектування мереж саме для залізничного транспорту показав існування великої кількості робіт, що присвячені пошуку топологій комплексних залізничних систем з централізованим управлінням. Так, у роботі Р.К. Ахаджа та ін. [23] запропоновано комплексний підхід до проектування залізничної мережі для вантажних перевезень у США. Д. Мідделкуп та М. Бауман запропонували комплексну систему планування для Голландської залізничної мережі [24]. Дослідженням щодо пошуку раціональної топології мережі високошвидкісних пасажирських перевезень на залізницях присвячені роботи [25, 26]. Набагато менше наукових робіт щодо проектування залізничних мереж, у яких розділені функції інфраструктури та експлуатації. Окремі питання для проектування такого класу мереж розглянуті в роботах [27, 28].

Висновок. Проведений аналіз показав ряд недоліків існуючих підходів до пошуку раціональної топології транспортної мережі:

відомі дослідження, що базуються на оптимізаційному підході формують структуру мережі за принципом “зверху вниз”, тим самим нехтуючи процесом самоорганізації, який лежить в основі еволюції топології мережі; багато досліджень присвячено пошуку топологій комплексних транспортних систем з централізованим управлінням, тоді як майже не існує підходів до проектування залізничних мереж, у яких розділені функції інфраструктури та експлуатації. Існує єдина компанія, що управляє залізничною інфраструктурою, яка має глобальний критерій ефективності функціонування мережі та багато компаній-перевізників, які конкурують між

собою і мають різні критерії ефективності свого функціонування; відомі дослідження не враховують статистичний аналіз макровластивостей реальних залізничних мереж, що дало б змогу підвищити точність пошуку раціональної топології мережі, що відповідає реальним умовам функціонування. Урахування вищезазначених недоліків при побудові математичної моделі проектування залізничної мережі для високошвидкісного та звичайного руху поїздів дасть змогу підвищити ефективність пошуку топології залізничної мережі, що відповідає реальним умовам функціонування залізниць України.

Список використаних джерел

1. Lill, E. Das Reisegesetz und seine Anwendung auf den Eisenbahnverkehr (The Trip Law and its Use for Railway Traffic) [Text]. Spielhagen & Schurich. German, Wien. – 1891. – 41 p.
2. Поттгофф, Г. Учение о транспортных потоках [Текст] / перевод с нем. Шейко В.И. и Воскресенского В.Н.; под ред. Е.П. Нестерова. – М.: Транспорт, 1975. – 344 с.
3. Knight, F.H. Some fallacies in the interpretation of social cost [Text] / F.H. Knight // The Quarterly Journal of Economics. – 1924. – V. 38(4). – P. 582-606.
4. Введение в математическое моделирование транспортных потоков [Текст]: учеб. пособие / А.В. Гасников, С.Л. Кленов, Е.А. Нурминский [и др.]; Приложения: М.Л. Бланк, Е.В. Гасникова, А.А. Замятин [и др.]; под ред. А.В. Гасникова. — М.: МФТИ, 2010. – 362 с.
5. Wardrop, J. C. Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research [Text] / J.C. Wardrop // Proceedings, Institution of Civil Engineers Part 2. – 1952. – 9. – P. 325-378.
6. Taaffe, E. Transportation expansion in underdeveloped countries: A comparative analysis [Text] / E. Taaffe, R. L. Morrill, P. R. Gould // Geographical Review. – 1963– 53(4). – P. 503-529.
7. Garrison, W.L. The structure of transportation networks [Text] / W. L. Garrison, D.F. Marble // U.S. Army Transportation Command, Technical Report 62-II. – 1962.
8. Morrill, R. L. Migration and the growth of urban settlement [Text] / Richard L. Morrill // Lund Studies in Geography Series B Human Geography. – 1965. – 26. – P. 65–82.
9. Kansky, K. Structure of transportation networks: Relationships between network geometry and regional characteristics [Text] / K.J. Kansky // Chicago: University of Chicago. – 1969. – Research Paper No. 84.
10. LeBlanc, L.J. An algorithm for the discrete network design problem [Text] / L. J. LeBlanc // Transportation Science. – 1975. – 9(3) . – P.183–199.
11. Newell, G.F. Traffic Flow on Transportation Networks [Text]. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press Series in Transportation Studies. – 1980. – 276 p.
12. Dafermos, S.C. The Traffic Assignment Problem for a General Network [Text] / Stella. C. Dafermos, F.T. Sparrow // J. of Res. of the National Bureau of Standards. – 1969. – 73B. – P. 91-118.
13. Вильсон, А.Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем [Текст]: пер. с англ. / А.Дж. Вильсон. – М.: Наука, 1978. – 248 с.
14. Barthélemy, M. Spatial networks [Text] / M. Barthélemy // Physics Reports. – 2010. – Vol.499(1). – 101 p.
15. Lam, L. Active-walker models: Growth and form in nonequilibrium systems [Text] / L. Lam, R. Pochy // Computation Simulation. – 1993. – Vol.7. – 534-541.
16. Helbing, D. Modeling the evolution of human trail systems [Text] / D. Helbing, J. Keltsch, P. Molnár // Nature. – 1997. – Vol.388. – P. 47-50.

17. Yamins, D. Growing urban roads [Text] / D. Yamins, S. Rasmussen, D. Fogel // *Networks and Spatial Economics*. – 2003. – Vol.3. – P. 69–85.
18. Watts, D.J. Collective dynamics of 'small-world' networks [Text] / D.J. Watts, S.H. Strogatz // *Nature*. – 1998. – 393. – P. 440-442.
19. Barabási, A.L. Emergence of scaling in random networks [Text] / A. L. Barabasi, R. Albert // *Science*. – 1999. – Vol.286. – P. 509-512.
20. Albert, R. Statistical mechanics of complex networks [Text] / Reka Albert, Albert-Laszlo Barabási // *Reviews Of Modern Physics*. – 2002. – Vol. 74. – P. 47-97.
21. Newman, M.E.J. The structure and function of complex networks [Text] / M.E.J. Newman // *SIAM REVIEW*. – 2003. – 45. – P. 167-256.
22. Yerra, B. The emergence of hierarchy in transportation networks [Text] / B. Yerra, D. Levinson // *Annals of Regional Science*. – 2005. – Vol.39(3) . – P. 541–553.
23. Ahuja, R.K. Solving real-life railroad blocking problems [Text] / R.K. Ahuja, K.C. Jha, J. Liu // *Interfaces*. – 2007. – 37. – P. 404-419.
24. Middelkoop, D. Train network simulator for support of network wide planning of infrastructure and timetables [Text] / D. Middelkoop, M. Bouwman // *In Computers in Railways*. – 2000. – VII. – P. 267-276.
25. Wang, L. A two-layer optimization model for high-speed railway line planning [Text] / Li Wang, Li-min Jia, Yong Qin, Jie Xu, Wen-ting Mo // *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A (Applied Physics & Engineering)*. – 2011. – Vol. 12. – Is. 12. – P. 902-912.
26. Бараш, Ю.С. Аналіз наукових підходів щодо обґрунтування економічної доцільності будівництва в Україні високошвидкісних магістралей [Текст] / Ю.С. Бараш, А.В. Момот // *Проблеми транспортного комплексу України. Вісник економіки транспорту і промисловості*. – 2012. – № 40 – С. 83-86.
27. Niekerk, F. Impact assessment for infrastructure planning: some dutch dilemmas [Text] / F. Niekerk, H. Voogd // *Environmental Impact Assessment Review*. – 1999. – 19. – P.21-36.
28. Borndörfer, R. Railway Track Allocation - Simulation, Aggregation, and Optimization [Text] / Ralf Borndörfer, Thomas Schlechte, Elmar Swarat // *Proceedings of the 1st International Workshop on High-Speed and Intercity Railways Lecture Notes in Electrical Engineering*. – 2012. – Vol. 148. – P. 53-69.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Огар

Прохорченко Андрій Володимирович, канд. техн. наук, доцент, кафедра управління експлуатаційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-88. E-mail: railwayhub@yandex.ua.

Кравченко Дмитро Олександрович, студент гр. МЗ-ОПУТ-14, магістр, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-88. E-mail: uer_mp@ukr.net.

Prokhorchenko Andrii Ph.D., Associate Professor, Department of Management of operational work, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-88. E-mail: railwayhub@yandex.ua.

Kravchenko Dmitrii, st. gr. MZ-OPUT-14, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-88. E-mail: uer_mp@ukr.net.

Наукова праця здана до друку 26.06.2015 року

УДК 656.224

РОЗВИТОК ШВИДКІСНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО РУХУ В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ ВСЕСВІТНЬОГО ДОСВІДУ

Канд. техн. наук О.А. Малахова, магістр О.М. Анікєєва

РАЗВИТИЕ СКОРОСТНОГО ПАСАЖИРСКОГО ДВИЖЕНИЯ В УКРАИНЕ НА ОСНОВЕ ВСЕМИРНОГО ОПЫТА

Канд. техн. наук Е.А. Малахова, магистр О.Н. Аникеева

THE DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED PASSENGER MOVEMENT IN UKRAINE BASED WORLD EXPERIENCE

Cand. of tehn sciences O. Malakhova, master student O. Anikeeva

Вирішення питання підвищення швидкості руху поїздів при перевезеннях пасажирів має найважливіше значення як для залізниці, так і для клієнтів. Розвиток рейкового високошвидкісного транспорту позитивно впливає на інфраструктуру великих міст, призводить до скорочення кількості транспортних подій, шкідливого впливу на навколишнє середовище, підвищує конкурентоспроможність залізничного транспорту.

Ключові слова: транспорт, пасажиропотік, швидкісний рух, залізничні лінії, перевезення.

Решение вопроса повышения скорости движения поездов при перевозках пассажиров имеет важнейшее значение как для железной дороги, так и для клиентов. Развитие рельсового высокоскоростного транспорта положительно влияет на инфраструктуру крупных городов, приводит к сокращению количества транспортных происшествий, вредного воздействия на окружающую среду, повышает конкурентоспособность железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: транспорт, пассажиропоток, скоростное движение, железнодорожные линии, перевозки.

Solution of the question increasing speed of trains for passengers is central importance for the railway, as well as for customers. The development of high-speed rail transport infrastructure has a positive effect on major cities, leading to a reduction in the number of accidents, harmful effects on the environment, improves the competitiveness of rail transport.

Keywords: transportation, passenger, high-speed traffic, railways, transportation.

Вступ. Тенденції до збільшення мобільності населення, усвідомлення негативних наслідків нестримної автомобілізації, особливо в екологічному відношенні, необхідність економії енергетичних ресурсів нафтового походження – ці й інші фактори визначають необхідність розвитку швидкісних і високошвидкісних пасажирських перевезень рейковим транспортом. Воно сприяє розширенню зон тяжіння великих міст, зниженню транспортних подій, шкідливого впливу на навколишнє середовище, пришвидшує науково-технічний прогрес на залізничному транспорті, у транспортному будівництві й транспортному машинобудуванні, підвищує конкурентоспроможність залізничного транспорту [1].

Швидкісний рух пасажирських поїздів дає змогу скоротити витрати часу пасажирів на поїздку й тим самим підвищити якість транспортних послуг. Завдяки цій та іншим перевагам у порівнянні з іншими видами транспорту швидкісні й високошвидкісні напрямки руху стають економічно й екологічно чистою складовою частиною світової транспортної системи [2].

Прискорення дальніх пасажирських перевезень було й залишається однією з основних проблем розвитку залізниць у всіх індустріально розвинених країнах світу й насамперед у країнах Західної Європи і Японії, що викликано рядом причин:

– прагненням забезпечити масові перевезення пасажирів у регіонах з високою

щільністю населення й вирішити проблему освоєння швидко зростаючих перевезень на малі й середні відстані, ліквідувавши незадоволеність попиту;

– бажанням створити умови для зведення до мінімуму тривалості поїздок, що при досить високому рівні комфорту залучає пасажирів на залізничний транспорт і поліпшує його економічні показники;

– необхідністю збільшення перевізної здатності існуючих залізничних ліній;

– економією енергетичних ресурсів, у першу чергу нафтопродуктів, шляхом переключення пасажирських потоків з авіаційного й автомобільного транспорту на залізничний;

– усвідомленням негативних наслідків невтримної автомобілізації, особливо в екологічному відношенні.

Постановка проблеми. В умовах різкого падіння обсягу можливих інвестицій підвищується актуальність удосконалення всього процесу управління інвестиційною діяльністю, у тому числі всебічний техніко-економічний аналіз вибору варіантів будівництва таких високошвидкісних магістралей або реконструкції існуючих ліній для збільшення швидкостей руху поїздів. Високошвидкісні магістралі в нинішній ситуації гострої нестачі коштів у нас будуть побудовані не скоро. Будуть потрібні величезні капітальні вкладення, які не окупляться в найближчі десятиліття. Тому тільки реконструктивні заходи створять можливість високошвидкісного руху до 200-250 км/год на діючих лініях. Але вивчення всесвітнього досвіду допоможе уникнути помилок у виборі маршрутів курсування швидкісних поїздів та скоротити непродуктивні експлуатаційні витрати.

Мета і задачі дослідження. Процес вирішення поставленої проблеми включає розгляд таких завдань:

– аналіз поточного стану у сфері швидкісного та високошвидкісного руху пасажирських поїздів на закордонних залізницях та в Україні;

– аналіз пасажиропотоку та пасажирообороту, зокрема на основних напрямках при виділенні ключових сполучень та пілотних маршрутів;

– постановка та вирішення задачі раціоналізації маршрутів руху швидкісних пасажирських поїздів.

Виклад основного матеріалу. У розвитку високошвидкісної мережі зацікавлені як залізничні компанії країн Європи, так і Європейський Союз (ЄС), ухвалені рішення якого визначили напрямки розвитку транс'європейської залізничної мережі. Початок європейської високошвидкісної залізничної мережі було покладено в 1981 р. будівництвом високошвидкісної лінії Париж - Ліон (TGV Sud-Est) довжиною 470 км, розрахованої спочатку на максимальну швидкість руху 260 км/год, що у 2001 р. була підвищена до 300 км/год. Міжнародних масштабів високошвидкісна залізнична мережа набула з моменту появи проекту РВКАІ (скорочено за першими буквами Париж-Брюссель-Келн-Амстердам-Лондон) [2].

Наприкінці 1980-х рр. ряд європейських залізничних адміністрацій на чолі з Національним товариством залізниць Франції й Німеччини підготували перші пропозиції щодо розвитку європейської високошвидкісної залізничної мережі, які в грудні 1990 р. після дороблення були надані європейській комісії. Пропозиція європейської комісії в 1990 р. по високошвидкісних пасажирських залізничних магістралях стала відправною точкою для процесу планування розвитку високошвидкісної залізничної мережі в Європі.

Ці ініціативи ґрунтуються на таких офіційних документах [3]:

– директива 91/440/ЄЕС, яка визначає параметри розвитку залізниць країн - членів ЄС із подальшим розвитком концепції в директиві 2001/12/ЄЕС;

– рішення 1692/96/ЄС Європейського парламенту й Ради по розвитку транс'європейської залізничної транспортної мережі;

– директива 96/48/ЄС з експлуатаційної сумісності на транс'європейській мережі високошвидкісних залізничних магістралей;

– директива 2001/16/ЄС з експлуатаційної сумісності на транс'європейській мережі звичайних залізничних ліній.

За цими директивами було розпочато розроблення й прийняття технічних вимог з техніко-експлуатаційної сумісності (TSI) і нових європейських стандартів (EN). При цьому високошвидкісні системи виступили в ролі піонера в галузі стандартизації [2].

Залізниці почали самостійні спроби з організації й розвитку високошвидкісного пасажирського руху з перетинанням кордонів держав Європи до появи ініціативи на високому рівні. Першим стало порівняльне дослідження високошвидкісних залізничних систем у межах франко-німецької угоди 1978 р. У галузі рухомого складу в дослідженні розглядалися тоді ті високошвидкісні пасажирські поїзди TGV (Франція), ICE (Німеччина) і Transrapid 07 (Німеччина), що перебували ще в стадії розроблення. В інфраструктурній частині дослідження розглядалася гіпотетична тоді ще залізнична лінія Франкфурт-Париж, що проектувалася тільки на папері й використовувалася лише для порівняння інженерних параметрів французької й німецької систем розвитку високошвидкісних залізничних магістралей.

За підсумками зустрічі міністрів транспорту Франції й Німеччини в Ла-Рошелі 22 травня 1992 р. був запропонований новий варіант траси високошвидкісної залізничної лінії з Парижа через східну Францію на південний захід Німеччини. Основними частинами нового варіанта були нова високошвидкісна лінія LGV Est European між Парижем і Страсбургом, реконструйоване продовження лінії POS North у напрямку Саарбрюкен-Мангейм і далі до Франкфурта-на-Майні, продовження POS South у напрямку Кельн-Штутгарт, на яких планували експлуатувати пасажирські поїзди серій TGV POS (Франція) і ICE-3M (Німеччина), тобто поїзди нових поколінь із підвищеними швидкостями руху [4]. Динаміка пасажирообороту за період з 1965 по 2012 рр. наведена на рис. 1.

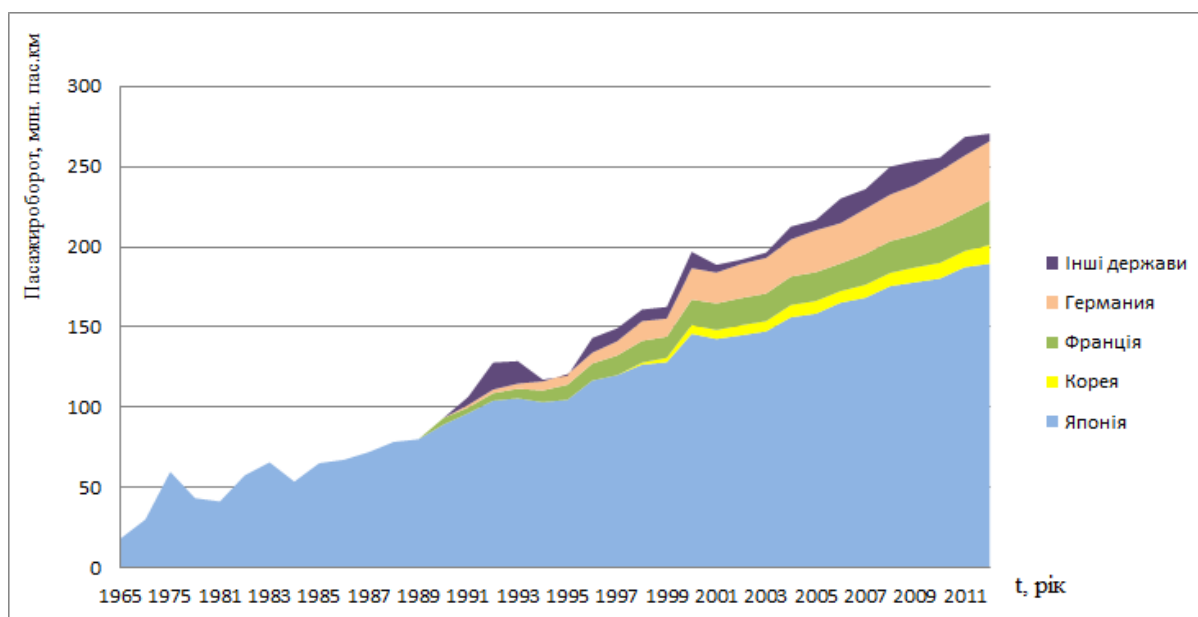


Рис. 1. Динаміка пасажирообороту за період з 1965 по 2012 рр.

У січні 2008 р. стали можливими високошвидкісні пасажирські сполучення на всіх ділянках високошвидкісної магістралі Кельн-Париж-Брюссель-Кельн/Амстердам з уведенням в експлуатацію нової високошвидкісної лінії HSL Zuid між Амстердамом і Антверпеном. Залізнична

мережа високошвидкісних пасажирських сполучень у Центральній Європі наведена на рис. 2. Завдяки високошвидкісним пасажирським поїздам тривалість поїздки в межах європейської мережі істотно скоротилася.

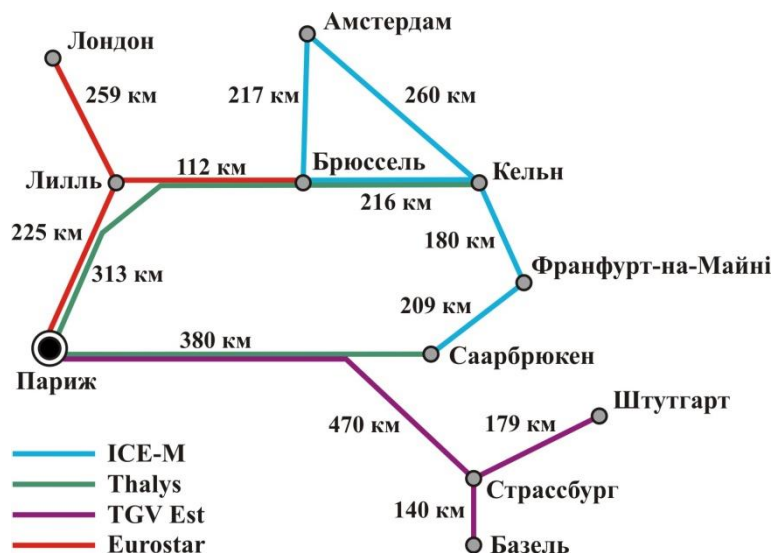


Рис. 2. Мережа високошвидкісного сполучення в Центральній Європі

За останні 15 років за замовленням МСЖД франко-німецький консорціум у складі незалежних інститутів прогнозів провів два масштабних дослідження відносно ймовірних обсягів пасажирських перевезень високошвидкісними пасажирськими поїздами з урахуванням відтоку перевезень пасажирів з автомобільного й авіаційного транспорту. Результати цих досліджень показують, що пасажирооборот високошвидкісним залізничним рухомим складом складе 226 млрд пас.км до 2020 р.

Останнім часом набули розповсюдження, у тому числі і в Україні, поїзди категорії ІнтерСіті та ІнтерСіті+ [5]. InterCity (ІнтерСіті) – це клас швидкісних міжміських поїздів у ряді європейських країн, відмітною особливістю яких є те, що вони роблять проміжні зупинки на шляху прямування тільки у великих містах країни або на вузлових станціях. Саме це відрізняє поїзди класу ІнтерСіті від приміських і пасажирських поїздів [6].

В Україні поїзди ІнтерСіті й ІнтерСіті+ з'явилися завдяки підготовці країни до чемпіонату Євро-2012 незважаючи на те, що Укрзалізниця планувала впровадження швидкісних поїздів такого класу ще на початку минулого десятиліття. Так, однією зі спроб став поїзд «Столичний Експрес», що поєднав Київ з Харковом і з Дніпропетровськом, а пізніше і з Львовом. Час у дорозі становив 5-7 год, що на той момент було значною економією часу для пасажирів. Укрзалізниця прийняла рішення

ввести швидкісні міжміські поїзди і для інших напрямків, однак до 2006 р. цей напрямок розвивався дуже повільно. У 2007 р., коли стало відомо, що Україна прийме матчі Євро-2012, розвиток швидкісного руху поїздів було включено в стратегічний план підготовки до чемпіонату.

При розвитку швидкісного руху на залізницях України необхідним є техніко-економічне обґрунтування проектів швидкісних магістралей. Слід виходити з того, що ефект, отриманий в інших галузях і сферах суспільства від організації швидкісного руху, багаторазово перевершує галузеву вигоду самого транспорту.

З огляду на специфіку основних технологічних процесів на транспорті є перспективним використання математичного апарату теорії графів. Характерними прикладами може служити і робота з визначення оптимальних маршрутів руху швидкісних поїздів на залізницях України. Разом з тим багатокритеріальність зазначених завдань управління, а також їх програмно-математичне забезпечення не повною мірою враховує специфіку деяких завдань, підвищує ймовірність помилкових дій з боку людини-оператора і, як наслідок, імовірність збоїв у роботі пасажирських станцій, зривів графіків руху поїздів і неправильного використання пропускнуої спроможності залізниць. У зв'язку з цим формалізація (математичний опис) завдань управління транспортними системами на основі

використання задачі комівояжера [4] актуальна, оскільки дає змогу використовувати розроблені автоматизовані методи прийняття обґрунтованих рішень.

Висновок. Проблема підвищення швидкості руху пасажирських поїздів на залізницях України повинна стати одним з найважливіших аспектів соціальної політики держави, а транспортні проекти та програми у сфері пасажирських перевезень повинні сприйматися не як комерційні підприємства, а

як проекти макроекономічного рівня. На сьогоднішній день головною метою є створення умов для підвищення мобільності населення, розвитку міжрегіональних економічних і культурних зв'язків на основі реалізації програми розвитку високошвидкісного і швидкісного сполучення в Україні в першу чергу між найбільшими центрами країни, що дає змогу скоротити час на шляху прямування.

Список використаних джерел

1. Аветикян, А.Л. Высокоскоростное движение: достижения, проблемы, перспективы [Текст] / А.Л. Аветикян // Железнодорожный транспорт. – 1968. - № 9. – С. 74-79.
2. Анисимов, П.С. Высокоскоростные железнодорожные магистрали и пассажирские поезда [Текст]: монография / П.С. Анисимов, А.А. Иванов. – М.: ФГОУ "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2011. – 542 с.
3. Лакот, Ф. Французский опыт создания высокоскоростных магистралей [Текст] / Ф. Лакот // Инженер путей сообщения. – 1998. - № 2. – С. 24-25.
4. Элин, В.В. Скоростные железнодорожные линии в Западной Европе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://commi.narod.ru/txt/1990/0317.htm>. - Загл. с экрана.
5. Понятие «Интерсити». Начало курсирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://intercity.kiev.ua/o-poezdah-intercity>. - Загл. с экрана.
6. Макаров, И.П. Модели проектирования сети маршрутов городского пассажирского транспорта. Моделирование управления транспортными системами [Текст] / И.П. Макаров, В.В. Ямпільський. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. – 439 с.
7. Задача о коммивояжере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gendocs.ru/v35168>. - Загл. с экрана.

Рецензент д-р техн. наук, профессор О.М. Огар

Малахова Олена Анатоліївна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057)730-10-89; e-mail: alena_mal@mail.ru.

Анікеєва Оксана Миколаївна, магістр ІППК. Тел. (067) 530-87-55; e-mail: julyjul64@gmail.com.

Malakhova Olena Anatoliivna, PhD. Of tehn. Sciences, Associate Professor of Management of operational work of the Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (057)730-10-89; e-mail: alena_mal@mail.ru.
Anikeeva Oksana Mikolaevna, Listener IPPK. Tel.(067) 530-87-55 e-mail: julyjul64@gmail.com.

Наукова праця здана до друку 30.06.2015 року

УДК 656.212:656.225

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ШВИДКІСНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ В УМОВАХ ЗМІНЕННЯ ОБСЯГІВ РОБОТИ

Канд. техн. наук В.В. Кулешов, магістр Є.Л. Гронський

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ ПРИ СКОРОСТНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМОВ РАБОТЫ

Канд. техн. наук В.В. Кулешов, магистр Е.Л. Гронский

IMPROVEMENTS IN THE DESIGN OF THE MARSHALLING YARD FOR HIGH-SPEED TRANSPORT IN A CHANGING WORKLOAD

Cand. of tehn sciences V. Kuleshov, master student E. Gronskiy

Розглянуто технічний розвиток сортувальної станції Коростень та виконано аналіз роботи за 2011-2014 роки. Показані умови оперативного планування роботи сортувальної станції. Наведена схема одержання інформації і планування роботи станції Коростень.

Синтез нейроконтролера роботи сортувальної станції при швидкісних перевезеннях, на прикладі станції Коростень, в умовах змінення обсягів перевезень можливо виконати на базі тришарової прямонаправленої мережі. Така технологія забезпечує скорочення тривалості перебування вагонів на сортувальній станції, тобто має ресурсозберігаючу направленість. В окремі періоди місяця економія експлуатаційних витрат має коливання 6,1-7,8%, у середньому 4,42% від їх фактичних витрат.

Ключові слова: вагон, генетичний алгоритм, модель технології вантажних перевезень, штучні нейронні мережі.

Рассмотрено техническое развитие сортировочной станции Коростень и выполнен анализ работы за 2011-2014 годы. Показаны условия оперативного планирования работы сортировочной станции. Приведена схема получения информации и планирования работы станции Коростень.

Синтез нейроконтролера работы сортировочной станции при скоростных перевозках, на примере станции Коростень, в условиях изменения объемов перевозок возможно выполнить на базе трехслойной прямонаправленной сети. Такая технология обеспечивает сокращение продолжительности нахождения вагонов на сортировочной станции, т.е. имеет ресурсосберегающую направленность. В отдельные периоды месяца экономия эксплуатационных расходов имеет колебание 6,1-7,8%, в среднем 4,42% от фактических расходов.

Ключевые слова: вагон, генетический алгоритм, модель технологии грузовых перевозок, искусственные нейронные сети.

Considered technical development yard Korosten and the analysis of work for 2011-2014. The conditions of the operational planning of the marshalling yard. The scheme of information and planning of the station Korosten.

Synthesis neyrokontrolera yard work at high-speed traffic, as an example: the station Korosten, under changing traffic volumes may be performed on the basis of a three-layer pryamonapravlennoї network. This technology provides a reduction in length of stay on the wagon yard, ie It is resource-oriented. In some periods of the month savings in operating costs has swings 6,1-7,8%, on average, 4.42% of the actual costs.

Keywords: car, genetic algorithm, the model of freight traffic technology, artificial neural networks.

Вступ. Залізничний транспорт України є складною системою технологічних підрозділів і технічних засобів, які повинні забезпечити перевезення вантажів із максимально

можливою продуктивністю, мінімальною собівартістю, гарантованою безпекою руху.

Одним із основних напрямків забезпечення конкурентоспроможності

залізничного транспорту в умовах транспортного ринку та інтеграції до Європейської співдружності є впровадження ресурсозберігаючих технологій в усі ланки перевізного процесу.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. При структурних змінах і зростанні економіки виникає необхідність адекватно розвивати транспортну систему, для того, щоб вона забезпечувала всі потреби держави й одночасно мала необхідні резерви. Тому необхідно удосконалювати технології роботи сортувальних станцій, а саме станції Ясинувата, в умовах приведення потужності існуючих пристроїв у відповідність до розрахункових обсягів перевезень. Питання удосконалення системи управління парком вантажних вагонів є важливим для подальшого реформування залізничної галузі України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У нормативних документах [1, 2] при організації перевезень докладно не враховані застосування методів моделювання роботи сортувальної станції при швидкісних перевезеннях в умовах змінення їх обсягів. У попередніх дослідженнях [3 - 6] були розглянуті сучасні підходи до вдосконалення технології перевезень парком вагонів операторських компаній. Але потребують розв'язання питання удосконалення технології роботи сортувальних станцій в умовах розвитку інформатизації при застосуванні методів моделювання технології вантажних перевезень, яка ґрунтується на основі використання технічних засобів вирішальних сортувальних вузлових станцій з оптимізацією їх основних параметрів. Адже основні кількісні та якісні показники погіршилися унаслідок неефективних технологій перевезень.

Визначення мети та задачі дослідження. Мета та задачі дослідження – удосконалення конструкції сортувальної станції при швидкісних перевезеннях на прикладі станції Коростень, в умовах змінення обсягів роботи.

Основна частина дослідження. Станція Коростень за характером виконуваної роботи є сортувальною, за обсягом роботи віднесена до позакласної станції, з особливостями технології роботи міждержавної передавальної (прикордонної) сортувальної станції.

Із загального вагонопотоку, що надходить на станцію, транзитний вагонопотік з переробкою складає 67,4 %, без переробки 28,2 %, місцевих 4,4 %. Добове навантаження складає 43 ваг, вивантаження – 38 ваг. Кількість вагонів у подачі на під'їзні колії: ВАТ «Коростенський комбінат хлібопродуктів», АТЗТ «Коростенський фарфор», ВАТ «Коростенський завод шляхових машин «Жовтнева кузня», ТОВ «Сокіл», ВАТ «Житомироблпаливо», ВАТ «Хіммаш», ТОВ «Фактор Нафтогаз», «ПП Петренко В.М.», ТОВ «Елізіум пласт», ВАТ «Коростенський завод залізобетонних шпал».

До станції примикає чотири перегони: у непарному напрямку – Коростень - Коростень-Житомирський - одноколіїний; Коростень - блок-пост Південний – чотириколіїний; у парному напрямку – Коростень - Шатрище - двоколіїний; Коростень – Коростень-Подільський – одноколіїний.

Через станцію Коростень проходить 16 пар пасажирських поїздів дальнього прямування, у т. ч.: 12 пар курсують протягом року, 2 пари пасажирських поїздів курсують в літній період, 2 пари прямують транзитом без зупинки. Із 16 пар: 10 пар належать до категорії швидких поїздів і 6 пар – пасажирські, у тому числі 5 пар поїздів – це пасажирські поїзди міждержавного сполучення (СНД), 2 пари поїздів міжнародного сполучення, 5 пар поїздів підвищеного комфорту. Для приймання-відправлення і пропускання пасажирських та приміських поїздів на станції Коростень передбачено 2 головні колії станційного парку та 4 колії приміського парку.

Станція має парки: станційний, сортувально-відправний, приміський, Ковельський та вантажний район.

Станційний парк має 11 колій: 10 – для приймання, відправлення, пропускання пасажирських, приміських та вантажних поїздів в обох напрямках, 1 – для відстою недіючих локомотивів, вагонів.

Сортувально-відправний парк складається із 17 колій: 4 – сортувально-відправні для вантажних поїздів у напрямі Сходу та Заходу, 8 – для вантажних поїздів у напрямі Заходу, 2 – витяжні, 1 – гіркова, 1 – для відстою вагонів з вантажами класу небезпеки 1 (ВМ), затриманих контролюючими службами, 1 – вагова.

Приміський парк має 11 колій: 1 – для приймання, відправлення, безупинного

пропускання пасажирських, приміських поїздів в обох напрямках та маневрових складів, локомотивів, 3 – для приймання, відправлення пасажирських, приміських поїздів та пропускання маневрових складів в обох напрямках, 2 – відстійні для приміських поїздів, електровозів, 1 – ходова для пропускання пасажирських поїздів, приміських поїздів в обох напрямках, 1 – для відстою приміських поїздів, службових вагонів, 1 – для відстою відбудовного поїзда, 1 – для відстою пожежного поїзда, 1 – з'єднувальна для пропускання приміських дизель-поїздів в обох напрямках та їх відстою.

Ковельський парк у своєму складі має 10 колій: 1 – головна для приймання, відправлення, безупинного пропускання пасажирських, приміських, вантажних поїздів в обох напрямках, 1 – приймально-відправна для приймання, відправлення, пропускання вантажних поїздів в обох напрямках та відстою електропоїздів, 4 – приймально-відправні для безупинного пропускання пасажирських та приміських поїздів, приймання, відправлення, пропускання вантажних поїздів в обох напрямках, 1 – ходова для пропускання локомотивів, відстою електровозів, 2 – відстійна для відстою спецвагонів, 1 – запобіжна.

Сортувальна робота з формування та розформування поїздів виконується зі східного боку Сортувально-відправного парку на гірці малої потужності з двома гальмовими позиціями. З західного боку Сортувально-

відправного парку маневрова робота виконується на витяжній колії.

Відправлення з переробкою сортувальної станції Коростень у липні 2014 р. по відношенню до липня 2011 р. зменшилося на 0,8 %. Відправлення без переробки збільшилося на 16 %, відправлення місцевих вагонів збільшилося на 22,4 %, навантаження зменшилося на 6,9 %, статичне навантаження збільшилося на 8,5 %, вивантаження збільшилося на 42,3 %, середньодобова остача під вивантаженням збільшилась на 3,4 %, відправлення важковагових поїздів зменшилося на 22,9 %, кількість перероблених вагонів зросла на 8 %, простій місцевого вагона зріс на 15,5 %, простій місцевого вагона під однією вантажною операцією зменшився на 13,8 %, простій транзитного вагона з переробкою збільшився на 19,2 %, простій транзитного вагона без переробки зменшився на 45,1 %, простій транзитного вагона у навантаженому стані з переробкою зменшився на 6,8 %. Аналіз показників відправлення вагонів сортувальної станції Коростень за липень 2011-2014 р.р. наведено на рис. 1. Аналіз простою вагонів сортувальної станції Коростень за липень 2011-2014 р.р. наведено на рис. 2.

Оперативне планування роботи станції здійснюється з метою виконання завдання з приймання і відправлення поїздів і вагонів, навантаження і вивантаження, виконання графіка руху, плану формування поїздів і якісних показників роботи станції.

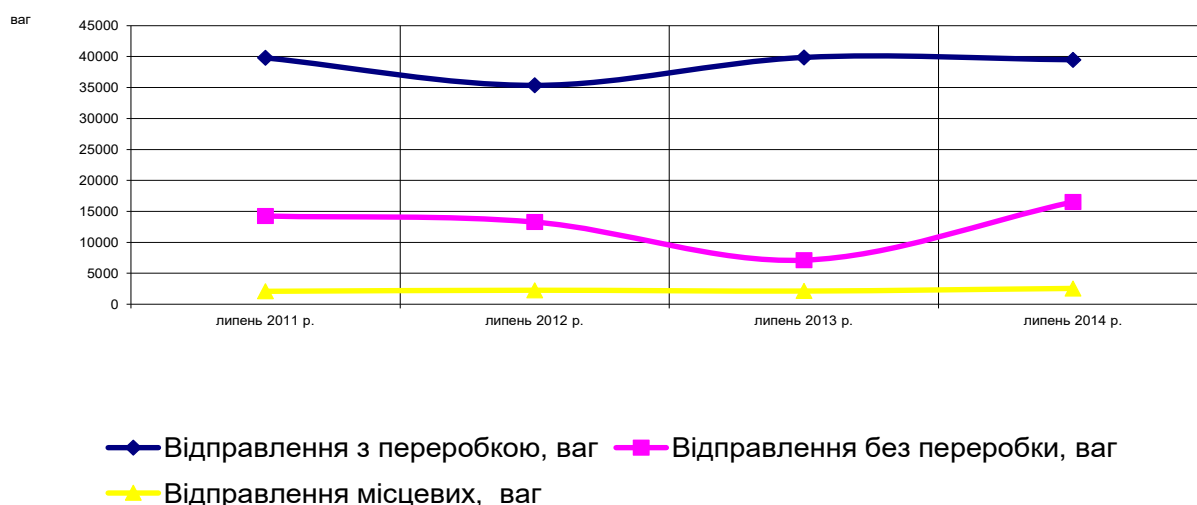


Рис. 1. Аналіз показників відправлення вагонів сортувальної станції Коростень за липень 2011-2014 років

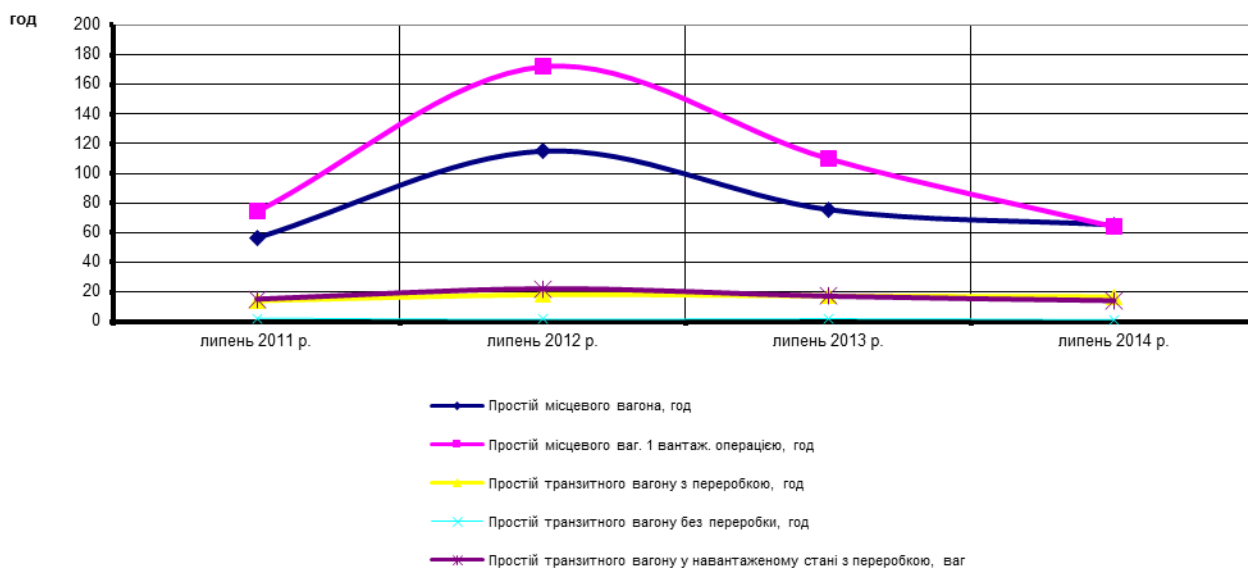


Рис. 2. Аналіз простою вагонів сортувальної станції Коростень за липень 2011-2014 років

Оперативне планування роботи станції здійснюється на добу, зміну і по 4-6 годинних періодах упродовж зміни. Підставою для змінного і поточного планування є інформація про підхід поїздів, вагонів, локомотивів і розрахунок їх наявності, що допускається, на станції до початку планованого періоду.

Умови оперативного планування роботи сортувальної станції:

- оперативне планування поїзної і маневрової роботи станції (на добу і зміну);
- ефективне використання технічних засобів станції, дотримання заходів із забезпечення безпеки руху, маневрової роботи й охорони праці працівників зміни;
- обробка документів у системі АСК ВП УЗ-Є;
- формування поїздів відповідно до встановленого плану формування поїздів і встановлених норм ваги і довжини;
- ефективне використання маневрових засобів і розподіл їх за районами роботи;
- контроль обліку і звітності роботи станції за основними показниками;
- упровадження нової техніки і технології, направлених на ефективне використання технічних засобів;
- оперативний контроль за використанням і вдосконалення технічних засобів;
- виконання завдань з навантаження і вивантаження вантажів;

- здійснення оперативного планування вантажної і комерційної роботи станції;

- виконання завдань з простою вагонів під вантажними операціями;

- оперативне керівництво обробкою поїздів і составів у парках станції;

- оперативне керівництво маневровою роботою з розформування і формування поїздів, з прибирання і подавання вагонів до вантажно-вивантажувальних пунктів, пунктів ремонту вагонів;

- виконання змінного плану з приймання, відправлення, пропуску і технічної обробки поїздів, розформування і формування составів;

- виконання технологічних норм з обробки поїздів і вагонів, максимальне поєднання технологічних операцій розформування, формування і технічної обробки составів у парках станції;

- раціональне розділення роботи між гіркою і сортувальним парком;

- організація роботи станційного технологічного центру обробки інформації і перевізних документів.

Автоматизовані системи керування (АСК) призначені для:

- автоматизації технологічних процесів роботи станції;

- надання оперативної інформації з метою прийняття управлінських рішень персоналом станції;

- підвищення рівня достовірності вхідної інформації, станційних звітів, оперативної довідкової інформації, переданої у системи верхнього рівня, за рахунок комплексного логічного контролю.

АСК є системою організаційного управління. Вона функціонує на базі інформації, що

вводиться користувачами – працівниками станції (операторами при ДСП, маневрових диспетчерах, СТЦ і товарної контори), а також на базі інформації з інших станцій, яку можна отримати з АСК. Схема отримання інформації та планування роботи сортувальної станції Коростень наведено на рис. 3.

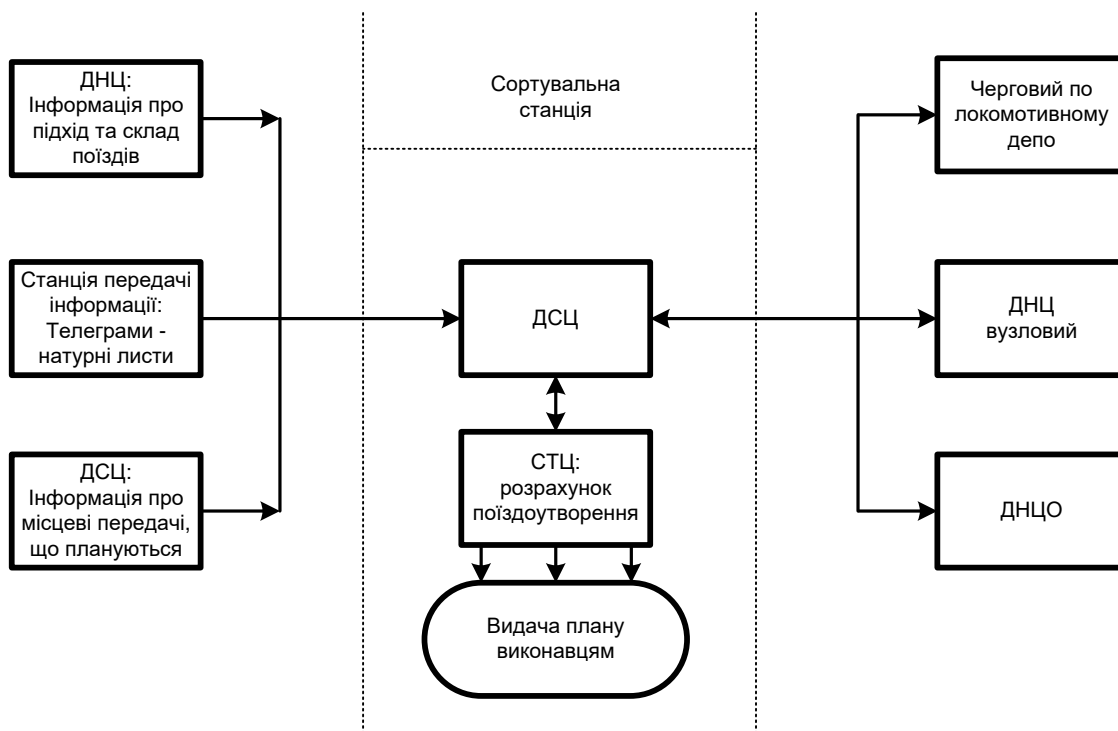


Рис. 3. Схема отримання інформації та планування роботи сортувальної станції Коростень

На станції ведеться два види обліку (звітності): оперативний і статистичний. Оперативний облік ведуть працівники, пов'язані з рухом поїздів у процесі виконання змінних і добових планів перевезень з використанням засобів оперативного зв'язку і персональних комп'ютерів. Статистичний облік на основі документів про виконану роботу вагонного парку, норм ваги і довжини поїздів здійснюють працівники відділу обліку станції.

Нейронні мережі являють собою альтернативний напрямок у теорії автоматичного керування, що пропонує інший спосіб відбиття та перетворення дійсності, у якому можна виявити і подібні і різні риси із класичною парадигмою [8].

У системах керування штучні нейронні мережі (ШНМ) можуть застосовуватися у вигляді нейроконтролерів, нейроемуляторів, що

імітують динамічне поведіння об'єкта керування в цілому або на його окремих характеристиках, які важко піддаються математичному моделюванню.

Синтез нейроконтролера роботи сортувальної станції при швидкісних перевезеннях, на прикладі станції Коростень, в умовах змінення обсягів перевезень можливо виконати на базі тришарової прямонаправленої мережі. Як об'єкт керування можливо вибрати інерційну коливальну ланку другого порядку з передатною функцією виду

$$W = \frac{k}{T^2 s^2 + 2T\zeta s + 1} \quad (1)$$

Мета керування – заглушення коливань обсягів перевезень при роботі сортувальної станції при швидкісних перевезеннях при

східчастому вхідному впливі (значення постійних коефіцієнтів $k=1$; $T=0,5$; $\zeta=0,1$ підібрані так, щоб коливальні властивості в об'єкта були виражені досить чітко).

Структура нейроконтролера: три ретранслявальних вузли у вхідному шарі, чотири схованих вузли із сигмоїдними

активаційними функціями та один вихідний. На вхідні нейрони подається різниця між вхідним впливом u_r і виходом об'єкта x_1 , її інтеграл і похідна, а на виході мережі формується керуючий вплив u (рис. 4).

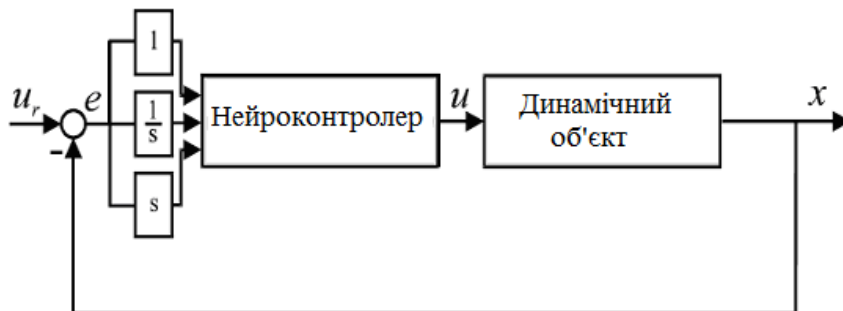


Рис. 4. Робота з нейроконтролером, що апроксимує коефіцієнти пропорційно-інтегро-диференціюючого (ПІД)-регулятора

Для тренування мережі використовують генетичні алгоритми (ГА). Алгоритм зворотного поширення помилки потребує інформації про помилку на ефекторному шарі ШНМ. Для одержання такої інформації в схемі навчання необхідно передбачити обернений

нейроемулятор об'єкта, роль якого зводиться до перетворення помилки на виході об'єкта у вихідний сигнал на виході нейроконтролера, що істотно ускладнює процедуру тренування (рис. 5).

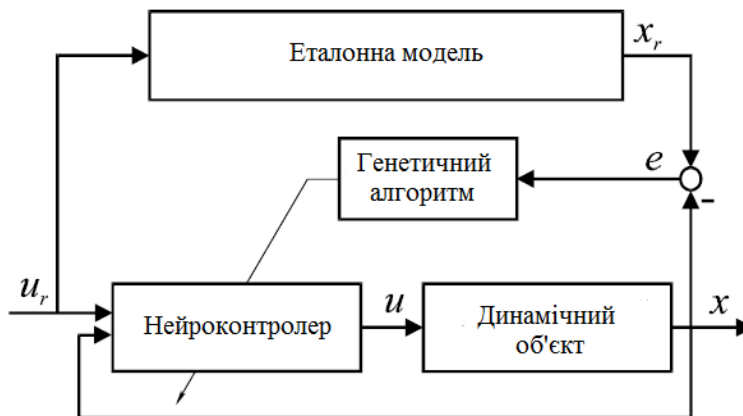


Рис. 5. Застосування ГА для настроювання параметрів нейроконтролера

Генетичний же алгоритм набудовує параметри нейроконтролера не помилково в керуванні u , а помилково на виході об'єкта, порівнюючи його з виходом еталонної моделі. Остання втілює в собі уявлення про бажане поведіння об'єкта, тобто відіграє приблизно

ту ж роль, що і бібліотека тренувальних шаблонів у процедурі тренування.

Після декодування хромосом у вектори змінних оцінювалась здатність кожного варіанта мережі дотримуватись еталонної моделі. Перевірка здійснюється шляхом

послідовної подачі на керуючий вхід нейроконтролера одиничного позитивного, нульового та одиничного негативного вхідного впливу й обчислення середньоквадратичної помилки вихідної координати об'єкта. Попередньо передатна функція об'єкта керування перетворюється в систему звичайних диференціальних рівнянь у формі Коші [9]

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2; \\ \dot{x}_2 = \frac{-2T\zeta x_2 - x_1 + kU}{\sqrt{T}}. \end{cases} \quad (2)$$

Функціональні цілі при цьому будуть, порівняно з типовою технологією, поширені і стосуватимуться, порівняно з іншими роботами, енергетичних витрат на не передбачувані маневрові пересування маневрових локомотивів.

Порівняльні діаграми змодельованих та фактичних показників роботи станції Коростень (1-ша декада травня 2015 р.) подано на рис. 6.

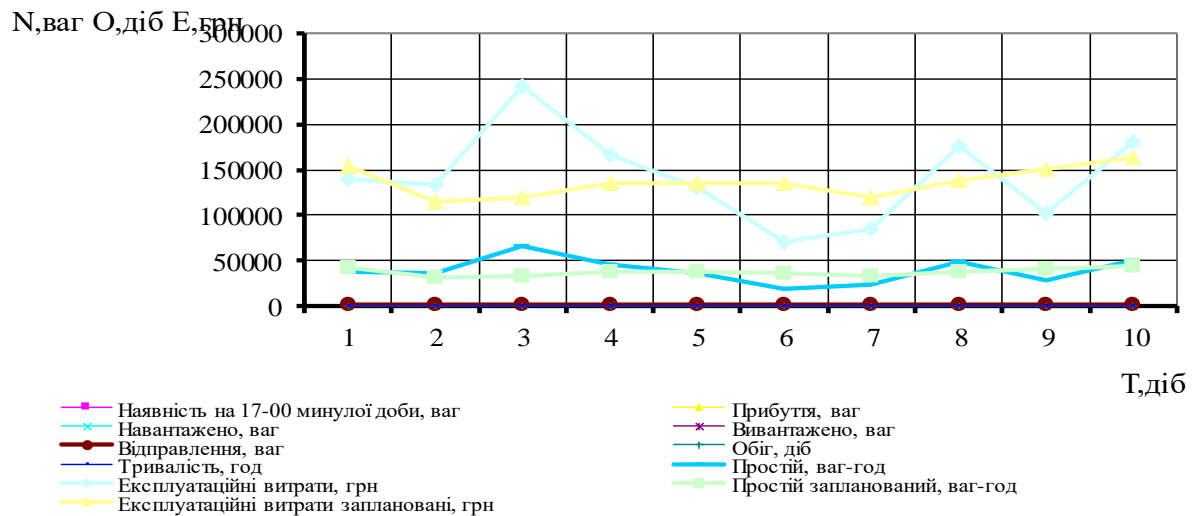


Рис. 6. Порівняльні діаграми змодельованих та фактичних показників роботи станції Коростень (1-ша декада травня 2015 р.)

Така технологія забезпечує скорочення тривалості перебування вагонів на сортувальній станції, тобто має ресурсозберігаючу направленість. В окремі періоди місяця економія експлуатаційних витрат має коливання 6,1-7,8 %, у середньому 4,42 % від їх фактичних витрат.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Наявність непродуктивного простою вагонів в очікуванні виконання операцій на сортувальних станціях погіршує ефективність роботи та призводить до додаткових витрат палива, електроенергії та коштів на утримання

додаткового рухомого складу, що є неприпустимим в умовах ринкової економіки.

Одним з основних резервів подальшого нарощування обсягів перевезень є впровадження нових інформаційних технологій на рівні залізниці, дирекції залізничних перевезень (регіонального центру управління перевезеннями), станцій з метою впровадження єдиного технологічного процесу роботи всіх дільниць.

Прискорення обігу вагонів, скорочення тривалості перебування вагонів на сортувальних станціях значно впливає на прискорення доставлення вантажів і

задоволення потреб користувачів та операторів перевезень.

Заходи щодо вдосконалення сортувальних станцій повинні максимально забезпечити безпеку руху, ресурсозбереження. Завдяки оновленню основних фондів необхідно ліквідувати «вузькі місця» в пропускній та переробній спроможності станції.

Модернізація засобів механізації та автоматизації сортувальної роботи,

упровадження інтелектуальних систем управління, а в кінцевому підсумку створення «інтелектуальних сортувальних станцій» повинні базуватися на нових передових технологіях і сучасних розробках. Порівняльні діаграми змодельованих та фактичних показників даватимуть змогу знайти резерви скорочення експлуатаційних витрат на проектування та організацію роботи сортувальних станцій.

Список використаних джерел

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року [Електронний ресурс]: схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1555-р. – Режим доступу: <http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/> 10.12.2009. – Загол. з екрану.

2. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки [Електронний ресурс]: в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 р. № 1106. – Режим доступу: [www/URL: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1106-2011-p](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1106-2011-p). – Загол. з екрану.

3. Данько, М.І. Визначення парку вагонів операторських компаній для забезпечення перевезень вантажів залізничним транспортом [Текст] / М.І. Данько, В.В. Кулешов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 57. – С. 121-128.

4. Данько, Н.И. Разработка организационно-технологической модели управления парком грузовых вагонов разной формы собственности [Текст] / Н.И. Данько, Д.В. Ломотько, В.В. Кулешов // Инновационный транспорт. Научно-публицистическое издание. – 2012. – №4(5). – С. 8-13.

5. Кулешов, В.В. Удосконалення технології перевезень парком вагонів операторських компаній на станціях вузла [Текст] / В.В. Кулешов, О.Ю. Толбатов, Т.Р. Чурилик // Зб. наук. праць ІППК УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 135. – С. 107-113.

6. Кулешов, В.В. Удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускної спроможності залізничних транспортних систем [Текст] / В.В. Кулешов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124. – С. 83-90.

7. Кулешов, В.В. Формування Єдиної технології процесу перевезень операторів рухомого складу на інфраструктурі залізниць [Текст] / В.В. Кулешов // Вагонний парк. – 2014. – № 7(88). – С. 4-7.

8. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности [Текст] / Г.К. Вороновский, К.В. Махотило, С.Н. Петрашев, С.А. Сергеев. – Харьков: ОСНОВА, 1997. – 112 с.

9. Шикин, Е.В. Математические методы и модели в управлении [Текст] / Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили. – М.: Дело, 2004. – 437 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Огар

Кулешов Валерій Вячеславович, канд. техн. наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42. E-mail: kharkov-kuleshov@mail.yandex.ua.

Гронський Євгеній Леонідович, слухач Навчально-наукового інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42.

Kuleshov Valeriy Vaycheslavovich, PhD. Sc., assistant professor of railway stations and junctions Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42. E-mail: kharkov-kuleshov@mail.yandex.ua.

Hronskyy Eugene Leonidovich, Listener Training and Research Institute of retraining and advanced training of Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42.

Наукова праця здана до друку 01.07.2015 року

УДК 656.222.1(477)

УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ПРЯМУВАННЯ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

Канд. техн. наук Д.В. Константинов

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ СЛЕДОВАНИЯ ПРИГОРОДНЫХ ПАСАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ УКРАИНЫ

Канд. техн. наук Д.В. Константинов

IMPROVE THE MODEL FORMATION OF RATIONAL ROUTE COMMUTER TRAINS ON THE RAILWAYS OF UKRAINE

Ph. Doct. D.V. Konstantinov

У роботі було розглянуто питання про раціоналізацію організації маршрутів приміських поїздів на залізницях України. Розроблено модель, за допомогою якої можна здійснювати формування оптимальних маршрутів прямування приміських поїздів на основі використання еволюційного моделювання та генетичних алгоритмів.

***Ключові слова:** приміські поїзди, приміські перевезення, генетичний алгоритм, моделювання маршрутів, оптимальний маршрут.*

В работе был рассмотрен вопрос про рационализацию организации маршрутов пригородных поездов на железных дорогах Украины. Разработана модель, с помощью которой можно осуществлять формирование оптимальных маршрутов следования пригородных поездов на основе использования эволюционного моделирования и генетических алгоритмов.

***Ключевые слова:** пригородные поезда, пригородные перевозки, генетический алгоритм, моделирование маршрутов, оптимальный маршрут.*

In this paper we addressed the issue of streamlining the organization of routes commuter trains on the railways of Ukraine. We developed a model with which to carry out the formation of optimal routes for commuter trains using evolutionary modeling and genetic algorithms.

***Keywords:** commuter trains, commuter transportation, genetic algorithm, simulation routes, the best route.*

Вступ. Однією з найважливіших задач підвищення якості роботи транспорту є удосконалення роботи підсистем планування та управління. Необхідність обробки великого обсягу інформації, що потрібна для прийняття ефективних управлінських рішень на різні періоди часу, потребує використання сучасних інформаційних технологій, які можуть функціонувати як системи підтримки прийняття рішень (СППР) на основі сучасних науково-математичних методів.

У сучасних умовах в основі залізничних приміських пасажирських перевезень лежать незмінні впродовж кількох десятиріч технології перевізного процесу, які обмежують здатність пасажирського комплексу гнучко реагувати на

коливання попиту споживачів ринку приміських пасажирських перевезень. Виходячи з цього, для зниження збитковості приміських пасажирських перевезень необхідним є застосування організаційних технологій, в основу яких покладені концепції гнучкого адаптивного регулювання перевізного процесу оперативного та довгострокового характеру відповідно до принципів пасажирської логістики.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Запропоновані раніше в [1-4] моделі формування адаптивної системи приміських перевезень для взаємного узгодження та

практичної реалізації потребують ув'язки їх роботи. Це можливо здійснити шляхом створення загальної моделі організації приміських перевезень, завданням якої буде розробка маршрутів приміського руху на основі збору звітних даних щодо оперативно-регулювальної роботи на станціях та результатів визначення доцільності вибору подальшого напрямку слідування. Результатом роботи такої системи буде створення найбільш економічно та технологічно доцільних маршрутів прямування приміських поїздів на певних приміських мережах, що дозволить надати системі приміських перевезень ще більшої гнучкості в роботі за рахунок розвитку та узагальнення механізмів адаптації. Розробку такої системи доцільно реалізувати на основі еволюційних методів моделювання з використанням генетичних алгоритмів [4].

Згідно з Концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту від 27 грудня 2006 р. № 651-р та Програмою реструктуризації галузі одним із основних напрямків розвитку організації приміських пасажирських перевезень є формування та подальше удосконалення гнучких технологій управління перевізним процесом, що є одним з напрямків вирішення проблеми значної збитковості та покращення ресурсозбереження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останніх роботах, присвячених питанню формування адаптивної системи організації приміських перевезень [1-3], було сформовано моделі удосконалення організації приміських перевезень, що спрямовані на вирішення задач оперативного регулювання складів та управління процесом просування приміських поїздів. Однак зазначені моделі розроблені здебільше для подальшого формування на їх основі СППР, що обмежує їх використання локальним характером застосування в межах станції і незручність при формування на їх основі комплексних рішень.

В роботі [4] було запропоновано використання генетичного алгоритму для моделювання системи формування оптимальних маршрутів прямування

приміських поїздів, яка дозволяє формувати комплексні замкнені маршрути з урахуванням вимог безпеки руху технічного та технологічного характеру. Однак подана в [4] модель є відокремленою за своєю структурою від [1-3] та потребує ув'язки з ними.

Визначення мети та задачі дослідження. Отже, метою дослідження є формування загальної моделі організації приміських маршрутів з використанням математичних апаратів нечіткої логіки, нейронних мереж та генетичного алгоритму на основі раніш запропонованої в [4]. Завданням дослідження є взаємна функціональна ув'язка структур моделей для отримання комплексної моделі, що може бути в перспективі основою СППР.

Основна частина дослідження. Моделювання маршрутів прямування приміських поїздів полягає в пошуку оптимальних варіантів їх курсування в межах певної мережі, моделлю якої може бути зв'язаний граф $G(v,r)$, де вагами ребер є гени h_{ij}^k [4].

Завдання пошуку оптимального маршруту курсування приміського поїзда в межах певної мережі полягає у знаходженні деякої сукупності дільниць прямування поїзда від i -х станцій відправлення до j -х станцій призначення, послідовне проходження яких поїздом формує загальний маршрут, який порівняно з іншими варіантами є більш ефективним відносно критерію оптимізації, враховуючи, що станції i та j є станціями обороту приміських поїздів на певних напрямках. Тому враховуючи необхідність формування генотипу (набору оптимальних маршрутів) певної мережі в умовах моделювання на основі генетичного алгоритму згідно із завданням пошуку певної оптимальної комбінації маршрутів доцільно подати в ролі хромосоми деякий маршрут, що складається з певної сукупності дільниць $i-j$ залізничного вузла, де кожний ген відповідно моделює дільницю прямування між певною парою станцій $i-j$. Структуру хромосоми подано у вигляді [4]

$$H = \sum_{i,j=1}^v h_{ij} \in \{h_{ij}^1, h_{ij}^2, \dots, h_{ij}^k, h_{ij}^{k+1}, \dots, h_{ij}^m\} \quad h_{ij}^k = \begin{cases} 1 - \text{можливий} \\ 0 - \text{неможливий} \end{cases}, \quad (1)$$

де v - кількість станцій у вузлі, що моделюється;

h_{ij}^k - ген, що моделює певний варіант слідування від станції відправлення i до станції призначення j і набуває значення 1 або 0;

m - загальна кількість генів у певному маршруті;

k - певний ген маршруту із загальної сукупності m , $k \in m$.

Отже, генотипом графу $G(R)$ буде набір хромосом $H \in \{h_{ij}^1, h_{ij}^2, \dots, h_{ij}^k\}$, кожна з яких відповідно моделює один певний маршрут для приміського поїзда. При цьому гени в кожному певному маршруті розташовуються іншим чином, моделюючи послідовність дільниць прямування у маршруті [4].

Початковим етапом вирішення завдання пошуку оптимальної комбінації в моделі генетичного алгоритму є формування вихідної популяції, що здійснюється шляхом випадкового перебору та розстановки генів і їх значень в заданій сукупності хромосом з поданням їх як двійникової послідовності фіксованої довжини. Кожен ген в хромосомі моделює певну дільницю слідування від станції відправлення i до станції призначення j та може набувати значення 1 або 0. Таким чином, в комбінації генів кожної хромосоми подано певний маршрут слідування, гени якого розташовуються послідовно у порядку слідування дільницями маршруту [4].

Оцінювання пристосованості хромосом в популяції або вибір найкращих варіантів здійснюється за допомогою фітнес-функції для кожної хромосоми вихідної популяції. Завдання пошуку оптимального маршруту прямування полягає у визначенні варіанта слідування у вузлі з мінімальними експлуатаційними витратами, що вказує на необхідність спрямування задачі фітнес-функції на винайдення мінімального рішення, яке буде

відповідати мінімальним витратам на прямування приміського поїзда.

При цьому необхідно врахувати деякі особливості формування маршрутів в умовах використання генетичного алгоритму:

1. Кінцевою станцією прибуття j в останньому гені h_{ij}^m кожного обраного маршруту має бути початкова станція відправлення i в першому гені h_{ij}^1 , що вказує на необхідність формування замкнутих кільцевих маршрутів.

2. Станція прибуття j кожного певного гена h_{ij}^k має збігатися зі станцією відправлення i наступного гена h_{ij}^{k+1} .

3. Сумарна довжина дільниць прямування обраних генів кожного маршруту $\sum_{i,j=1}^n l_{ij}^k h_{ij}^k$ не повинна перевищувати максимальну відстань руху між двома суміжними технічними операціями ТО-2 з приміським рухомим складом – L_{\max}^{TO-2} .

4. Сумарний час прямування по i - j дільницях обраних генів згідно зі сформованим маршрутом $\sum_{i,j=1}^n t_{ij}^k h_{ij}^k$ не повинен перевищувати тривалості прямування до встановленого графіком руху поїздів пункту зміни локомотивних бригад $T_{\max}^{лб}$.

Визначені умови формують систему обмежень, яка має бути закладена у фітнес-функцію і потребує її структуризації. Ці умови є основою для обмеження сукупності змодельованих маршрутів шляхом перевірки на їх виконання та відсіювання тих, що їх не пройшли, тобто найменш пристосованих хромосом [4].

$$FF1(H) = \begin{cases} \min, & \text{якщо } i \in h_{ij}^1 = j \in h_{ij}^{1+m} \text{ та } j \in h_{ij}^k = i \in h_{ij}^{k+1} \text{ при } h_{ij}^k = 1, \\ \max & \text{в іншому випадку} \end{cases}, \quad (2)$$

$$FF2(H) = \begin{cases} \min, & \text{якщо } \sum_{i,j=1}^n l_{ij}^k h_{ij}^k \leq L_{\max}^{TO-2} \text{ та } \sum_{i,j=1}^n t_{ij}^k h_{ij}^k \leq T_{\max}^{лб} \text{ при } h_{ij}^k = 1, \\ \max & \text{в іншому випадку} \end{cases}. \quad (3)$$

Завданням моделювання є пошук оптимального маршруту з сукупності змодельованих випадковим чином і перевічених в системі обмежень згідно з (2) та (3). Критерієм пошуку є мінімальні сумарні витрати від слідування змодельованого хромосою маршруту, що складаються з суми витрат на прямування по кожній ділянці відповідно обраних генів

$$FF3(H) = \min \sum_{i,j=1}^n c_{ij}^k h_{ij}^k, \quad (4)$$

де c_{ij}^k - рівень витрат на прямування згідно з геном h_{ij}^k , що визначається витратами на оперативне регулювання по станції відправлення та витратами на шляху прямування через неповне використання населеності згідно з [3].

$$c_{ij}^k = \sum_{n=1}^p x_{ij}^n (C_{ij}^n + N_{ij}^n), \quad (5)$$

де C_{ij}^n - еквівалент витрат на підготовку певного приміського поїзда до відправлення на один з можливих напрямків, що визначається фізичною кількістю вагонів, які необхідно причепити або відчепити відповідно до завдання оперативного регулювання;

N_{ij}^n - еквівалент витрат на шляху прямування через неповне використання населеності, що визначається фізичною кількістю вагонів, які залишаються порожні.

$$N_{ij}^n = \sum_{n=1}^p B_n^{\text{факт}} - \sum_{n=1}^p B_n^{\text{факт}} \cdot H_{ij}^n / 100\%, \quad (6)$$

де $\sum_{n=1}^p B_n^{\text{факт}}$ - кількість секцій в приміському поїзді по відправленні зі станції обороту на n -й напрямку;

$$FF(H) = (FF1(H) + FF2(H) + FF3(H)) \Rightarrow \min. \quad (9)$$

Якщо відомо або задано мінімальне значення функції пристосованості, зупинка алгоритму може бути здійснена після

H_{ij}^n - населеність приміського поїзда по відправленні;

x_{ij}^n - параметр, що визначає рівень доцільності відправлення приміського поїзда на n -й напрямку за результатом роботи моделі [3] і визначається як

$$x_{ij}^n = 100 - X, \quad (7)$$

де X - відповідно до [3] визначає задачу визначення рівня доцільності відправлення приміського поїзда на n -й напрямку.

$$X = (C_{ij}^n, H_{ij}^n) \rightarrow D \in \{d_1, d_2, \dots, d_k\}, \quad (8)$$

- де d_1 - доцільність призначення 99,9%;
- d_2 - доцільність призначення 87,5%;
- d_3 - доцільність призначення 75%;
- d_4 - доцільність призначення 62,5%;
- d_5 - доцільність призначення 50%;
- d_6 - доцільність призначення 37,5%;
- d_7 - доцільність призначення 25%;
- d_8 - доцільність призначення 12,5%;
- d_9 - доцільність призначення 0,1%.

Визначення значення параметра X здійснюється за результатом роботи нейро-нечіткої моделі, структура якої подана в [3].

Таким чином, оцінювання пристосованості хромосом в популяції здійснюється шляхом перевірки їх на виконання трьох зазначених умов. Отже, фітнес-функція має складатися з трьох частин, кожна з яких здійснює обчислення значення виконання певної вимоги згідно з (2), (3) та (4). При цьому загальне рішення, що складається з суми значень згідно з рішенням кожної умови, спрямовується на винайдення найменшої величини

досягнення цього значення, що буде означати винайдення оптимального рішення. Винайдення на даному етапі оптимального

рішення, що відповідає найменшим витратам на прямування певного маршруту, є завершенням роботи моделі генетичного алгоритму у зв'язку з виділенням найкращої хромосоми.

Якщо ж у сукупності отриманих рішень жодне не відповідає оптимальному значенню, наступним етапом моделювання є селекція хромосом, яка являє собою вибір, згідно розрахованих при оцінюванні пристосованості хромосом в популяції значень фітнес-функції, тих хромосом які будуть задіяні у створенні нащадків для наступної популяції. Цей вибір здійснюється за принципом природного відбору, згідно з яким найбільші шанси на участь у створенні нових осіб мають хромосоми з найкращими, відповідно до поставленого завдання значеннями фітнес-функції. В даній задачі в процесі селекції хромосом виділяються ті, що мають мінімальні значення $FF(H)$. Вони формують батьківську популяцію.

Наступним етапом до хромосом, відібраних за допомогою селекції, застосовуються генетичні оператори. В класичному генетичному алгоритмі використовують два основних генетичних оператори – оператор схрещування та оператор мутації. В процесі використання оператора схрещування хромосоми з батьківської популяції об'єднуються в пари випадковим шляхом з вірогідністю 0,5, після чого для кожної відібраної пари випадковим чином визначається точка схрещування l_k в діапазоні $[1, k-1]$. В результаті схрещування пари батьківських хромосом хромосома нащадка складається на позиціях від 1 до l_k з генів одного з батьків, а на позиціях від l_k до $k-1$ з генів іншого.

При використанні оператора мутації відбувається зміна значення гена в хромосомі

на протилежне з певною вірогідністю. Хромосоми, отримані в результаті використання генетичних операторів до тимчасової батьківської популяції, включаються у склад нової початкової популяції, яка бере участь у новій ітерації генетичного алгоритму, для якої знову обчислюється оцінювання пристосованості хромосом в популяції. Наведений цикл операцій повторюється, доки не буде винайдено хромосому з найкращим значенням фітнес-функції. Результатом вирішення завдання пошуку оптимального маршруту певного приміського поїзда у вузлі є винайдення хромосоми з мінімальним значенням $FF(H)$ відносно інших.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Реалізація на основі запропонованої моделі системи підтримки прийняття рішення на рівні відділу управління приміських перевезень дозволить автоматизувати процес формування приміських маршрутів на напрямках слідування приміських поїздів та удосконалити існуючі графіки руху та обороту приміських поїздів. Використання запропонованої моделі у комплексі з моделями прогнозування приміських пасажиропотоків, оперативного регулювання составів приміських поїздів та визначення оптимальних напрямків слідування по станціях відправлення [1-3] на основі створення розподіленої СППР дозволить якісно покращити інформаційне забезпечення і рівень автоматизації приміських перевезень. Це надасть можливість знизити експлуатаційні витрати та реалізувати на даній основі перспективну технологію організації руху приміських поїздів за модульним принципом в умовах використання нових зразків рухомого складу.

Список використаних джерел

1. Константинов, Д.В. Удосконалення технології організації приміських перевезень [Текст] / Т.В. Бутько, Д.В. Константинов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 102. – С. 15-23.
2. Константинов, Д.В. Розробка системи підтримки прийняття рішень з застосуванням нейронечіткого моделювання для реалізації оперативного регулювання композиції составів у приміському сполученні [Текст] / Д.В. Константинов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 111. – С. 68-81.

3. Константинов, Д.В. Моделирование оперативного регулирования маршрутами приміського руху на основі нечіткої логіки та нейронних мереж [Текст] / Т.В. Бутько, Д.В. Константинов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – №1(80). – С. 13-19.

4. Константинов, Д.В. Удосконалення організації маршрутів прямування приміських пасажирських поїздів на залізницях України [Текст] / Д.В. Константинов, Д.О. Бурлакова // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 131. – С. 149-157.

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

Константинов Денис Володимирович, канд-т техн. наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-88. E-mail: kdv1984@ukr.net.

Konstantinov Denis Vladimirovych, Ph. Doct. docent department of upravlinya ekspluatacijnoyu robotoyu Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-88. E-mail: kdv1984@ukr.net.

Наукова праця здана до друку 14.07.2015 року

УДК 334.012.64

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ МАЛОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ

Магістрант К.С. Саух

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО БИЗНЕСА В УКРАИНЕ

Магистрант К.С. Саух

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF SMALL BUSINESS IN UKRAINE

master student K.S. Saukh

У статті розкрито особливості діяльності підприємств малого бізнесу в Україні із врахуванням специфіки економічної, соціальної та політичної ситуації. Виділені причини неефективної діяльності малих підприємств. Зазначено, що існує нагальна потреба кардинальних змін у підходах до розв'язання накопичених проблем у малому підприємстві. Запропоновано практичні підходи до вирішення проблем підприємств малого бізнесу, які дозволять їм ефективно функціонувати в економічній системі нашої держави.

Ключові слова: малі підприємства, бізнес, підприємницька діяльність, економічна система, ефективність.

В статье раскрыты особенности деятельности предприятий малого бизнеса в Украине с учетом специфики экономической, социальной и политической ситуации. Выделены причины неэффективной деятельности малых предприятий. Отмечено, что существует насущная необходимость кардинальных изменений в подходах к решению накопившихся проблем в малом предпринимательстве. Предложены практические подходы к решению проблем предприятий малого бизнеса, которые позволят им эффективно функционировать в экономической системе нашего государства.

Ключевые слова: малые предприятия, бизнес, предпринимательская деятельность, экономическая система, эффективность.

The need to ensure economic development of our country puts forward new requirements to the system of management. Small and medium sized enterprise allows you to quickly implement the restructuring of the

economy, contributes to the saturation of the market with goods and services, and builds the middle class. In Ukraine the development and effective functioning of small business is a vital issue because the complex political situation, corruption, contradictory and ambiguous legislation, high tax burden and the like result in significant shadow economy. And so the overall efficiency is low because for the development of entrepreneurship is needed full assistance of the state in both the legislative and the financial plan. Today in Ukraine the formation of state policy of support of small business, definition of ways of its implementation should be a net'capacious part of the national policy in the sphere of socio-economic changes, which, in turn, will contribute to the formation of numerous middle class of society, which is the basis of market changes and the guarantor of the irreversibility of economic processes. Despite the fact that the formation of public policy small business development, the creation of an integrated system of state and public support is lengthy and complicated process, already today it is possible and it is necessary to improve legal and economic foundations of public policy. Because the implementation of measures to ensure small business development will help to solve socio-political problems; the formation of a broad layer of small property owners (middle class), which is the basis of socio-economic reforms, the guarantor of political stability and democratic development of society, and, consequently, the weakening of tendency to social differentiation of the population.

Keywords: *small businesses, business, entrepreneurship, economic system, efficiency.*

Постановка проблеми та її зв'язки з науковими чи практичними завданнями.

Потреба у забезпеченні економічного розвитку нашої країни висуває нові вимоги і до системи господарювання. Адже сучасний розвиток світової економіки, яка перебуває на етапі спаду, потребує нового поштовху для подальшого зростання і важливим аргументом її динамічного та гнучкого розвитку виступають підприємства, які можуть швидко реагувати на зміни в економічному середовищі. І, як показує досвід країн з провідною економікою, такими є підприємства малого бізнесу. Адже саме мале та середнє підприємство дає змогу в найкоротший термін здійснити структурну перебудову економіки, сприяє насиченню ринку товарами та послугами і формує середній клас.

Мале підприємництво є однією з найбільш соціально важливих, перспективних, інноваційних і демократичних форм ведення підприємницької діяльності, яке об'єднує індивідуальні та суспільні економічні інтереси на основі використання ринкових механізмів.

На сучасному етапі розвитку економічних відносин діяльність малих підприємств створює сприятливі умови для оздоровлення економіки, оскільки розвивається конкурентне середовище, створюються додаткові робочі місця, активніше йде структурна перебудова, розширюється споживчий сектор. Крім того, розвиток малого бізнесу веде до насичення ринку товарами і послугами, підвищення експортного

потенціалу, кращого використання місцевих сировинних ресурсів та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій та виділення невирішених частин загальної проблеми. Дослідження проблем підприємств малого бізнесу розкрито у працях Л.Д. Буряка, З.С. Варналія, В.К. Збарського, М.П. Канінського, Н. Бега, А.І. Бутенка, Є.В. Лазарева, Н.Л. Шлафмана [1-5] та ін., де акцентована увага на різних підходах до вирішення проблем розвитку малих підприємств. Але все-таки не повністю розкрито аспекти ведення підприємницької діяльності малими підприємствами із врахуванням специфіки економічної та політичної ситуації в нашій державі.

Таким чином, **метою статті** є розгляд проблем функціонування підприємств малого бізнесу в Україні та пропозиції щодо подолання негативних факторів малого бізнесу в сучасних умовах господарювання.

Виклад основного матеріалу дослідження. В Україні розвиток та ефективне функціонування малого бізнесу є надзвичайно гострою проблемою, адже складна політична ситуація, корупція, суперечливе та неоднозначне законодавство, високе податкове навантаження тощо призводять до значної тінізації економіки. І тому загальна його ефективність є низькою, оскільки для розвитку підприємницької діяльності потрібна всебічна допомога держави як у законодавчому, так і у фінансовому плані.

Сьогодні в Україні формування державної політики підтримки малого бізнесу, визначення шляхів її реалізації має стати невід'ємною частиною загальнодержавної політики у галузі соціально-економічних перебудов, що, у свою чергу, сприятиме формуванню чисельного середнього класу суспільства, який є основою ринкових змін та гарантом незворотності економічних процесів.

Сьогодні серед основних причин слабого розвитку малого підприємництва в Україні та її регіонах можна виділити такі [6]:

- в основному декларативний характер державної підтримки підприємства, що супроводжується неоднозначністю та суперечливістю існуючої нормативно-правової бази;

- організаційно-правові труднощі започаткування бізнесу, особливо на стадії переходу від реєстрації до початку діяльності;

- обмеженість матеріальних, фінансових ресурсів;

- недосконалість системи обліку та статистичної звітності малого підприємництва, обмеженість інформаційного та консультативного забезпечення, недосконалість системи навчання та перепідготовки персоналу для підприємницької діяльності;

- доволі громіздка система бухгалтерського обліку та фінансової звітності, що спричиняє додаткові витрати для підприємств;

- загроза виникнення кризи неплатежів та проблеми з формуванням нових взаємозв'язків, каналів збуту тощо;

- складність пошуку фінансових ресурсів для інвестиційного розвитку, а значить і сповільнення розвитку інвестиційних процесів, які є рушійною силою економічного зростання;

- обмежені можливості конкурентної боротьби з представниками середнього і великого бізнесу, необхідність захисту від протиправних посягань та ін.

Сьогодні не можна не враховувати той факт, що на тенденції розвитку малого підприємництва в Україні безпосередньо впливає й негативна динаміка основних макроекономічних показників. Зокрема, спад ВВП призвів до зменшення внутрішніх фінансових ресурсів держави, обігових коштів у суб'єктів підприємницької діяльності, зниження купівельної спроможності населення тощо.

Відзначимо, що реальну допомогу малим підприємствам можна надати не лише в межах

універсальної програми для всієї країни, а й в рамках конкретних територій – з урахуванням їх "вузьких місць", специфіки потреб місцевого населення тощо [7]. Наприклад, для підтримки малих підприємств на рівні галузі необхідно створити нові структури з прив'язкою до галузі: спілки малих підприємств при відповідних міністерствах, фонди підтримки на рівні галузі, субпідрядні форми організації відносин малих підприємств із великими.

Ще одним з головних напрямків підтримки малого бізнесу має бути система податкових пільг. Законодавством України не передбачено додаткових пільг для малого бізнесу. Пільги при сплаті податків є єдиною перевагою для підприємств незалежно від організаційно-правових форм.

Важливим напрямком непрямої підтримки має стати надання малим підприємствам на пільгових умовах кредитів. Нині кредити на пільгових умовах надає лише Фонд підтримки малого бізнесу без встановлених вимог щодо ефективного їх використання і наявності ризику їх повернення. Тому доцільним було б надавати пільгові кредити за умови, що обсяг виробництва по головному напрямку діяльності становить не менш як 70 % його загального обсягу.

Варто зазначити, що кредитування малого підприємства висуває на перший план проблеми гарантій. Нині поручатися за мале підприємство може передусім засновник, страхова організація чи зацікавлений великий замовник (покупець). Інших гарантів в особі регіональних органів, спеціальних компаній, Антимонопольного комітету та його відділень немає.

Також важливим напрямком розвитку матеріально-технічної бази малих підприємств як основи зростання виробництва може стати відповідна державна політика щодо прискореної амортизації. Так, з метою посилення конкурентоспроможності малих підприємств необхідно законом надати їм право додатково списувати вартість основного капіталу залежно від обсягу реалізації продукції (робіт, послуг). При цьому має бути встановлена базова ставка амортизації, а на доповнення до неї треба встановити визначений процент від суми реалізації [8].

Отже, до основних практичних дій, які дозволять підприємствам малого бізнесу

ефективно функціонувати в економічній системі нашої країни, можна віднести [9]:

- удосконалення діючої нормативно-правової бази як основи процесу розвитку малого підприємництва;

- організаційне забезпечення малого підприємництва шляхом забезпечення дієвості цільових і регіональних програм розвитку та підтримки малого підприємництва з відповідним ресурсним забезпеченням;

- узгодження дій органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування, розробка єдиної системи реєстрації та легалізації суб'єктів підприємництва;

- удосконалення мережі та підвищення дієвості роботи громадських об'єднань, які сприяють розвитку малого підприємництва;

- запровадження практики використання державних кредитних ліній для підтримки малого підприємництва із зазначенням середнього розміру позики, процентної ставки та секторів кредитування за умови створення нових робочих місць;

- створення спеціалізованої банківської установи або установи з кредитування малого підприємництва або впровадження порядку його кредитування комерційними банками під гарантії бюджетних коштів;

- перегляд механізмів цільового використання коштів фонду сприяння зайнятості населення на розвиток малого підприємництва;

- організація інформаційного, консультативного та кадрового забезпечення та ін.

Таким чином, існує нагальна потреба кардинальних змін у підходах до розв'язання накопичених проблем у малому підприємстві, що потребує пошуку нових шляхів його реформування й здійснення таких заходів:

- визначення фінансування пріоритетних напрямів розвитку малого підприємництва та оптимізації використання ресурсів за галузями, сферами господарської діяльності й територіями з урахуванням сучасного високо-технологічного товаровиробничого сектора;

- визначення економічних і соціальних проблем в аспекті підтримки і розвитку малого підприємництва на районному та регіональному рівнях, з урахуванням того, що діяльність малих підприємств орієнтована, головним чином, на місцевий ринок. Заходи щодо їх розв'язання мають здійснюватися за

рахунок обсягів регіональних джерел фінансових і матеріально-технічних ресурсів. Це вписується в загальну концепцію розвитку господарської і фінансової самостійності територіальних утворень;

- розробки державної системи підтримки малого підприємництва на умовах широкого залучення позабюджетних ресурсів, нових позабюджетних схем відтворення капіталу, самофінансування малого бізнесу (наприклад, через кредитні спілки, товариства взаємного страхування). Централізовані кошти на пріоритетні напрями розвитку регіону надавати тільки під конкретний проект на умовах співфінансування. Це знизить навантаження на бюджети різних рівнів;

- формування ринку продукції малих підприємств шляхом розміщення на них установленої законом на конкурсній основі частки державного замовлення щодо поставок продукції для регіональних потреб;

- сприяння розширенню виробничо-технологічної та інноваційної кооперації малих підприємств із великим виробництвом і використанню потенціалу малого підприємництва при здійсненні заходів щодо підприємств-банкрутів;

- інтеграція прогресивних фінансових механізмів малого підприємництва в загальну кредитно-фінансову систему України;

- реалізація схеми пайової участі бюджетних і позабюджетних коштів для підтримки пріоритетних напрямів розвитку цієї сфери;

- систематизація через інформаційну мережу й створення бази даних із використання коштів, спрямованих на підтримку малого бізнесу в Україні, з подальшим аналізом ефективності їх використання.

Виконання зазначених заходів дасть можливість не лише залучити нові фінансові ресурси, а й забезпечити їх прибутковість, і в результаті капіталізувати малий бізнес. Головне, буде сформовано платоспроможний попит населення, який є суттєвим чинником накопичення фінансових ресурсів на місцевому, регіональному і державному рівнях.

Висновки. Таким чином, незважаючи на те, що формування державної політики розвитку малого підприємництва, створення цілісної системи його державно-громадської підтримки – досить складний і тривалий процес, вже сьогодні можливо і необхідно

удосконалювати організаційно-правові та економічні засади відповідної державної політики. Адже виконання заходів щодо забезпечення розвитку малого підприємництва допоможе розв'язанню соціально-політичних завдань; формуванню широкого прошарку

дрібних власників (середнього класу), який є основою соціально-економічних реформ, гарантом політичної стабільності та демократичного розвитку суспільства, і, відповідно, послаблення тенденції до соціальної диференціації населення.

Список використаних джерел

1. Буряк, Л.Д. Фінансовий менеджмент у малому бізнесі [Текст]: навч. посібник / Л.Д. Буряк. – К.: КНЕУ, 2007. – 423 с.
2. Варналій, З.С. Мале підприємництво: основи теорії і практики [Текст] / З.С. Варналій. – К.: Т-во «Знання», КОО, 2001. – 277 с.
3. Збарський, В.К. Тенденції розвитку малого підприємництва [Текст] / В.К. Збарський, М.П. Канінський // Економіка АПК. – 2009. – №8. – С. 50-53.
4. Бех, Н. Особливості розвитку та функціонування малого і середнього бізнесу в Україні [Текст] / Н. Бех // Галицький економічний вісник. — 2010. — № 1(26). — С. 16-18.
5. Бутенко, А.І. Потенціал малого підприємництва в парадигмі сталого розвитку [Текст] / А.І. Бутенко, Є.В. Лазарєва, Н.Л. Шлафман. – ІПРЕЕД НАН України. – Одеса: Інтерпрінт, 2012. – 108 с.
6. Проблемы развития малого и среднего бизнеса на Украине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://divitis.uaprom.net/a30165-problemmy-razvitiya-malogo.html>.
7. Украинский опыт развития малого и среднего бизнеса: ошибки и достижения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://research.by/pdf/Seminars/2003/20030924/01Liarin.pdf>.
8. Державна служба України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dkrp.gov.ua>.
9. Загальнодержавна програма розвитку малого і середнього підприємництва на 2014 -2024 рр. Урядовий портал. 2013. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua/control/publish>.

Рецензент д-р техн. наук, професор В.Л. Дикань

Саух Карина Сергіївна, слухач НН ІППК Українського державного університету залізничного транспорту.
Тел. 095-423-84-64.

Saukh Karina Sergeevna, the listener NN Institute Ukrainian state University of railway transport, hairdresser, Tel. 095-423-84-64.

Наукова праця здана до друку 06.07.2015 року

УДК 656.027

РОЗВИТОК ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ ФОРМУВАННЯ ВИРОБНИЧО-ЛОГІСТИЧНИХ КЛАСТЕРІВ

Д-р екон. наук В.Л. Дикань, канд. екон. наук М.В. Корінь

РАЗВИТИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ В УКРАИНЕ НА ОСНОВЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ

Д-р екон. наук В.Л. Дикань, канд. екон. наук М.В. Корінь

DEVELOPMENT IN UKRAINE HIGH SPEED FORMATION BASED INDUSTRIAL CLUSTERS AND LOGISTICS

Doct. of econ. sciences V. Dykan, cand. of econ. sciences M. Korin

У статті визначено, що розвиток високошвидкісного руху в Україні є масштабною програмою технологічної модернізації інфраструктури залізниць, що пов'язана з освоєнням новітніх технологій будівництва та якісно новою організацією процесів транспортування пасажирів і вантажів. Встановлено негативні фактори, що стримують організацію високошвидкісного руху на залізницях країни. Запропоновано застосування специфічного підходу до розбудови високошвидкісних залізничних магістралей, заснованого на взаємозалежності та взаємообумовленості розвитку виробничого та логістичного комплексу країни, основною формою взаємодії яких має стати виробничо-логістичний кластер.

Ключові слова: розвиток, високошвидкісний рух, залізничний транспорт, виробничо-логістичний кластер, фактори.

В статье определено, что развитие высокоскоростного движения в Украине выступает масштабной программой модернизации инфраструктуры железных дорог, связанной с освоением новейших технологий строительства и организации процессов транспортировки пассажиров и грузов. Установлены негативные факторы, сдерживающие организацию высокоскоростного движения на железных дорогах страны. Предложено применение специфического подхода к развитию высокоскоростных железнодорожных магистралей, основанного на взаимозависимости и взаимообусловленности развития производственного и логистического комплекса страны, основной формой взаимодействия которых должен стать производственно-логистический кластер.

Ключевые слова: развитие, высокоскоростное движение, железнодорожный транспорт, производственно-логистический кластер, факторы.

The article stipulates that the development of high-speed movement in Ukraine is a large-scale program of technological modernization of the railway infrastructure that is connected with the development of new technologies and organization building processes transporting passengers and cargo. Grounded negative factors that hinder the organization of high-speed railways in the country. The specific operating conditions Ukrainian railways which prevent the organization of high-speed railways in the country identified: the presence of mixed trains, much larger volumes of transport work, increased axial loading of the rolling stock and the intense movement of trains. An application specific approach to building high-speed rail lines, based on interdependence and interdependence of production and logistics systems of the country. The main form of interaction of these complexes defined industrial and logistics cluster, as modern forms of enterprise integration, which involves the pooling of resources, capabilities and competencies to achieve a common strategic goal - ensuring the implementation of development projects of high-speed rail traffic in the country. The basic provisions creating industrial and logistics clusters in terms of ensuring the development of high-speed movement in Ukraine.

Keywords: development, high traffic, rail, industrial and logistics cluster, factors.

Вступ. Економічне майбутнє України в значній мірі залежить від рівня використання її транзитного й інтелектуального потенціалів, реалізації масштабних проектів розвитку транспортної системи країни. Адже в умовах формування єдиного світового транспортного простору та інтенсифікації товаротранспортних потоків у напрямку Європа-Азія саме вигідне географічне положення нашої держави та проходження її територією Пан'європейських МТК служить основою для інтенсифікації не тільки обсягів перевезення транзитних вантажів, але й збільшення пасажиропотоку через країну.

Однак, за існуючого стану інфраструктури залізничного транспорту та невідповідності якості транспортних послуг встановленим європейським стандартам остаточно не втратити статус транзитної держави та підвищити конкурентоспроможність залізничної галузі на європейському транспортному ринку допоможе реалізація проектів розвитку високошвидкісного залізничного руху в Україні як масштабної програми технологічної модернізації інфраструктури з освоєнням новітніх технологій будівництва і організації процесів транспортування пасажирів і вантажів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій довів достатню актуальність вирішення проблем розвитку високошвидкісного руху в Україні. Зокрема, розробці концептуальних положень розвитку високошвидкісного залізничного сполучення в країні присвячено праці Альошинського Є.С., Бараша Ю.С., Богомолової Н.І., Бутько Т.В., Кірдіної О.Г., Момот А.В., Пащенко Ю.Є. та ін. [1-6]. Ці вчені доводять, що саме впровадження високошвидкісного залізничного сполучення в Україні має вирішальне значення для залучення нашої країни у світові інтеграційні процеси та виступає основним критерієм конкурентоспроможності Укрзалізниці на міжнародному ринку перевезень. Не знижуючи значення попередніх надбань науковців-транспортників, автори статті мають власне бачення вирішення проблеми розвитку високошвидкісного руху в Україні, яке полягає в застосуванні специфічного підходу, заснованого на взаємозалежності та взаємообумовленості розвитку виробничого та логістичного комплексу країни шляхом формування

виробничо-логістичних кластерів. Відповідно до цього **метою статті** є обґрунтування значення виробничо-логістичних кластерів у забезпеченні реалізації проектів розвитку високошвидкісного руху в Україні.

Основна частина дослідження.

Створення швидкісних залізничних магістралей в Україні законодавчо розпочато ще в 2004 році прийняттям Концепції Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 роки, якою передбачалося забезпечити швидкісне залізничне сполучення столиці України (м. Київ) з великими обласними та промисловими центрами, а також країнами Західної Європи та СНД. Для досягнення даної мети було заплановано реалізацію ряду крупномасштабних заходів, спрямованих як на реконструкцію і модернізацію інфраструктури основних залізничних ліній (будівництво нових залізничних станцій, випрямлення траси руху поїздів зі збільшенням радіусу кривих, модернізація колій, контактної мережі, тягових підстанцій та пристроїв енергопостачання тощо), так і оновлення рухомого складу залізниць шляхом придбання восьми одиниць швидкісних пасажирських поїздів [7].

Аналіз виконання Програми впровадження швидкісного пасажирського руху в Україні дозволив встановити, що її реалізація забезпечила часткову адаптацію існуючих об'єктів транспортної інфраструктури до нових вимог споживачів транспортних послуг та сприяла поступовому впровадженню прискореного руху пасажирських поїздів на залізницях України. Нині на залізничних магістралях України курсує 10 прискорених пасажирських поїздів, що рухаються зі швидкістю в 160 км/год, забезпечуючи скорочення тривалості поїздки пасажирів більш ніж на половину.

Однак, поряд з великою кількістю переваг від організації курсування прискорених поїздів, більшу привабливість для пасажирів та залізничної галузі мають високошвидкісні залізничні магістралі як з позиції комфортності здійснення поїздки для перших, так і з точки зору завоювання конкурентних переваг та залучення додаткового обсягу пасажиропотоку з боку авіаційного транспорту для залізничного транспорту в цілому.

Високошвидкісні залізничні магістралі трактуються Міжнародним союзом залізниць (МСЗ) як стандартні залізничні лінії, до дозволяють здійснювати курсування поїздів зі швидкістю понад 200 км/год по модернізованих залізничних коліях, або нові спеціальні колії, розраховані на швидкість руху понад 250 км/год. Відповідно до цього на сьогоднішній день сформувалася така класифікація швидкісних залізниць для перевезення пасажирів за трьома категоріями максимальної швидкості руху поїздів: перша – 200-250 км/год; друга – 250-350 км/год; третя – понад 350 км/год [8].

Вивчення тенденцій розвитку залізничного транспорту в світі дозволило встановити, що саме організація високошвидкісного залізничного руху є найсучаснішою закономірністю розвитку залізниць, що дозволяє забезпечити економію часу та оборотних коштів, скорочення тривалості виробничого циклу (процесу перевезень) та підвищення ефективності роботи транспортної галузі.

Провідними технологіями організації руху високошвидкісних поїздів на сьогоднішній день володіють Китай і Японія, Франція та Німеччина, Італія, Бельгія, Швейцарія, Угорщина, США, Великобританія, Південна Корея та інші розвинуті країни світу. Швидкість руху поїздів на залізницях цих країн подекуди перевищує 350 км/год, а на окремих ділянках досягає швидкості 486,1 км/год (магістраль Пекін-Шанхай). Активно залучається до проектів будівництва високошвидкісних залізничних магістралей і Росія, керівництво якої бачить головні цілі розвитку високошвидкісних залізничних перевезень у поліпшенні транспортних зв'язків між найбільшими містами та регіонами країни, підвищенні транспортної мобільності населення та якості послуг, які пропонуються пасажирам [9]. З грудня 2009 року швидкісний і високошвидкісний рух по модернізованій інфраструктурі з'єднує такі регіони Російської Федерації, як Московська, Тверська, Новгородська, Ленінградська, Володимирська і Нижегородська області. Досить успішно курсують високошвидкісні поїзди «Сапсан» у сполученні Москва – Санкт-Петербург і Москва – Нижній Новгород, «Алегро» - між Санкт-Петербургом і Хельсинки та швидкісні поїзди "Ласточка" - між Санкт-Петербургом і

Великим Новгородом, Москвою і Нижнім Новгородом, розвиваючи швидкість руху до 400 км/год [10].

Саме підвищений інтерес світової спільноти до можливості безперешкодного та швидкого пересування забезпечив реалізацію ряду Програм з будівництва високошвидкісних залізничних ліній. В даний час загальна протяжність високошвидкісних залізничних магістралей у світі складає 7000 км, у тому числі 3750 км в Європі, причому високошвидкісні поїзди обслуговують також полігон протяжністю близько 20 тис. км звичайних залізничних ліній, реконструйованих під швидкісний рух [8].

В Україні ж через відмінні від загальноєвропейських умови експлуатації залізниць, що полягають в наявності змішаного руху поїздів, значно більших обсягах перевізної роботи, підвищених осьових навантаженнях рухомого складу та інтенсивнішому руху поїздів, запровадження високошвидкісного руху й досі залишається лише стратегічним завданням розвитку галузі.

Вивчення тенденцій функціонування залізничного транспорту України дозволило встановити, що розбудова високошвидкісних залізничних магістралей в нашій державі обмежується дією ряду негативних факторів, найвагомішими з яких є:

- наявність змішаного руху поїздів, що передбачає курсування по одній і тій самій залізничній колії вантажних та пасажирських поїздів;

- незадовільний стан об'єктів колійної інфраструктури, що проявляється у високому рівні зносу колійного господарства та незадовільному стані залізничного полотна, складності плану та профілю залізничної колії, наявності величезної кількості колій з простроченим терміном виконання ремонтних робіт;

- відсутність сучасних технологій виконання колійних робіт та автоматизованих програмних комплексів з діагностики колії і моніторингу роботи пересувних засобів;

- низькі темпи оновлення рухомого складу, невідповідність технічних характеристик існуючих його зразків вимогам високошвидкісного руху. На сьогоднішній день рівень фізичного зносу тепловозів складає 95,1 %, електровозів – 90,7 %, вантажних вагонів – 88,2 % [11]. При цьому рухомий склад

українських залізниць не лише зношений, але й технічно, конструктивно і морально застарілий. Станом на кінець 2013 року більше половини одиниць рухомого складу Укрзалізниці експлуатується понад 15 років і відповідає технічним вимогам 60-70-х років (див. таблицю);

- відсутність вільних фінансових ресурсів та поганий інвестиційний клімат в галузі,

нерозвинутість сучасних форм залучення інвестиційних коштів;

- низький рівень державної підтримки проектів розвитку залізничного транспорту;

- високий рівень плинності кадрів та низький рівень продуктивності праці;

- відсутність механізмів міжгалузевої інтеграції, що задовольняли потреби галузі у високих технологіях тощо.

Таблиця

Розподіл рухомого складу залізничного транспорту за роками випуску станом на кінець 2013 року [12]

Вид рухомого складу	Усього	у тому числі за роками випуску				
		до 8 років	9-15 років	16-25 років	26-40 років	більше 40 років
Тепловози	100	6,7	47,7	43,1	2,5	-
Електровази	100	5	2,1	18,1	24,3	50,5
Паровози	100	-	-	-	-	100
Вантажні вагони	100	5,6	2,5	40,4	49,7	1,8
Пасажирські вагони	100	5,3	2,8	24,8	14,8	52,3

Отже, питання розбудови високошвидкісних залізничних магістралей в Україні є складним, однак стратегічно значимим для реалізації транзитного потенціалу завданням, що вимагає застосування специфічного підходу, заснованого на взаємозалежності та взаємообумовленості розвитку виробничого та логістичного комплексу країни. В аспекті реалізації проектів розвитку високошвидкісного руху в Україні основною формою взаємодії даних комплексів має стати виробничо-логістичний кластер як сучасна форма інтеграції підприємств, що передбачає об'єднання ресурсів, можливостей і компетенцій для досягнення єдиної стратегічної мети – забезпечення реалізації проектів розвитку високошвидкісного залізничного сполучення в країні.

Активізація світових процесів інтеграції підприємств різних галузей економіки і формування на цій основі кластерних структур вказує на неабияку соціально-економічну значимість даної форми партнерства та їх дієвість при реалізації інноваційних перетворень. В цьому аспекті значущою перевагою кластерного підходу є формування ефективного інструментарію розвитку, що

забезпечує доступ до інновацій, інформації та знань, робочої сили та постачальників, а також сприяє залученню інвестицій.

Організація високошвидкісного залізничного руху в Україні неможлива без розмежування вантажного і пасажирського руху, а відповідно, потребує: по-перше, будівництва нового залізничного полотна, розрахованого на більш високу пропускну спроможність; по-друге, введення в експлуатацію новітніх зразків рухомого складу і колійної техніки; по-третє, впровадження сучасних технологій управління процесом перевезень і виконання колійних робіт; по-четверте, активізації науково-дослідної сфери країни та залучення нових знань у сферу діяльності залізничного комплексу. Саме тому виробничо-логістичні кластери в аспекті реалізації проектів розвитку високошвидкісного руху залізницями України покликані задовольнити потреби галузі в розробці та інноваційних рішеннях, одночасно забезпечивши об'єднання наукового і промислового комплексу з транспортною галуззю країни.

Відповідно до цього створення виробничо-логістичних кластерів в аспекті забезпечення розвитку високошвидкісного руху

в Україні повинно базуватись на таких основних положеннях:

1) основа діяльності кластера має бути інноваційного характеру. Це означає те, що комплекс промислового виробництва повинен задовольняти потреби галузі в інноваціях шляхом розробки новітніх технологій, рухомого складу та нових зразків матеріалів, відповідно стимулюючи власний економічний розвиток;

2) технологічну структуру кластера мають сформувати науково-дослідні інститути та інноваційні центри, промислові підприємства та підприємства металургійного виробництва, що складуть каркас для реалізації інноваційних перетворень на залізничному транспорті країни;

3) основна ідея формування виробничо-логістичного кластера полягає в тому, щоб на основі науково-обґрунтованих і технологічно реалізованих інноваційних рішень створити умови для інноваційної модернізації залізничної галузі та розвитку високошвидкісного руху в країні;

4) успіх функціонування виробничо-логістичних кластерів визначається станом бізнес середовища в країні та рівнем державної підтримки через механізми державного регулювання і стимулювання процесів створення кластерних структур або шляхом безпосередньої участі держави в структурі даного кластера.

Висновок. Таким чином, розвиток високошвидкісного руху в Україні є стратегічним напрямком розвитку не тільки залізничного транспорту, але й в цілому промислового комплексу, який забезпечить активізацію ряду інноваційних перетворень в країні. Формування виробничо-логістичних кластерів має стати тим фундаментом, який створить умови для генерації нових знань і втілення їх результатів у новітні технології для забезпечення інноваційного розвитку залізничної галузі, підвищення конкурентоспроможності Укрзалізниці на міжнародному ринку перевезень.

Список використаних джерел

1. Альошинський, Є.С. Аналіз можливості організації місцевої роботи на залізничних станціях в умовах впровадження швидкісного пасажирського руху [Текст] / Є.С. Альошинський, О.С. Губачова, Г.О. Сіваконева [та ін.] // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 2/3. – С. 42-46.

2. Бараш, Ю. С. Удосконалена методика визначення економічної ефективності будівництва та експлуатації високошвидкісної магістралі в Україні [Текст] / Ю.С. Бараш, А.В. Момот // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна. – 2013. – Вип. 1(49). – С. 33-50.

3. Богомолова, Н.І. Організаційно-економічні умови та принципи прискорення залізничних перевезень [Текст]: автореф. дис... д-ра економ. наук спец. 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)» / Н.І. Богомолова. – К., 2010. – 38 с.

4. Бутько, Т.В. Удосконалення підходів щодо розвитку швидкісного і високошвидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України [Текст] / Т.В. Бутько, Л.О. Пархоменко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – № 4(Дод.). – С. 14.

5. Кірдіна, О.Г. Концептуальний підхід до створення інтегрованого об'єднання «Швидкісні магістралі» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=436>. – Назва з екрана.

6. Пашенко, Ю.Є. Інтегральна ефективність швидкісних залізничних магістралей [Текст]: монографія / Ю.Є. Пашенко, М.Ю. Гончаров, Й.М. Кранц [та ін.]; за ред. С.І. Дорогунцова. – К.: РВПС України НАН України, 2005. – 266 с.

7. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 роки» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/979-2004-%D1%80>. – Назва з екрана.

8. Дикань, В.Л. Скоростное движение железнодорожного транспорта в мире и перспективы развития в Украине [Текст] / В.Л. Дикань, И.В. Корнилова // Вісник економіки транспорту та промисловості. – 2010. – № 32. – С. 15-25.

9. Чупир, О.М. Проблеми та нові принципи функціонування будівельної сфери залізничного транспорту України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=1264>. – Назва з екрана.

10. Официальный сайт РЖД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://annrep.rzd.ru/reports/public/ru?STRUCTURE_ID=4248. – Загл. с экрана.

11. Довідник основних показників роботи залізниць України (2003-2013 роки) [Текст] /– К.: Мін-во трансп. та зв'язку України, Укрзалізниця, 2014. – 42 с.

12. Офіційний сайт Державного комітету статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua/. – Назва з екрана.

Дикань Володимир Леонідович, д-р екон. наук, професор кафедри економіки та управління виробничим і комерційним бізнесом, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-96.
Корінь Мирослава Василівна, канд. екон. наук, старший викладач кафедри економіки та управління виробничим і комерційним бізнесом, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-96. E-mail: miraslava87@mail.ru.

Dykan Volodymyr Leonidovich, doct. of econ. sciences, professor of economics and management of industrial and commercial businesses Ukrainian State University of Railway Transport. Тел.: (057) 730-10-96.
Korin Myroslava Vasylivna, cand. of econ. sciences, senior viladas of economics and management of industrial and commercial businesses Ukrainian State University of Railway Transport. Тел.: (057) 730-10-96. E-mail: miraslava87@mail.ru.

Наукова праця здана до друку 07.07.2015 року

УДК 610.1/19(107)

ВЛИЯНИЕ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА В МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В УКРАИНЕ

Д-р екон. наук А.Г. Дейнека, канд. екон. наук В.А. Котик

ВПЛИВ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ В МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ В УКРАЇНІ

Д-р екон. наук О.Г. Дейнека, канд. екон. наук В.О. Котик

INFLUENCE OF WORKING POTENTIAL IN THE MODEL OF THE DISTRIBUTION OF RESOURCES IN THE UKRAINE

Dr. of econ. sciences Olexander Dejneka, cand. of econ. sciences Valentina Kotik

В порядку обговорення запропоновано використання емпіричних моделей (витрати-випуск) для планування народного господарства. Розглянуто критерії оптимальності та обмеження. Проаналізовано механізм життєздатності моделі щодо оцінки та прогнозування роботи залізничного транспорту та його соціальної сфери.

Ключові слова: емпірична модель, модель лінійного програмування, критерій оптимальності, кваліфікація, робоча сила, витрати на робочу силу, конкуруючий імпорт, макроекономічний прогноз, ефективність економіки України.

В порядке дискуссии предлагается возможность использования эмпирической модели (затраты-выпуск) для планирования национальной экономики. Рассмотрены критерии оптимальности и ограничения. Проанализирован механизм жизнеспособности модели при оценке и прогнозировании работы железнодорожного транспорта и его социальной сферы.

Ключевые слова: эмпирическая модель, модель линейного программирования, критерий, оптимальность, квалификация, рабочая сила, затраты труда, конкурирующий импорт, макроэкономическое прогнозирование, эффективность экономики Украины.

In a number of the countries was carried out a large quantity of issledova of niy, directed toward the development of the models of linear by programmi of rovaniya for purposes of planning. Some of these of issledova of niy are well known and was reflected in the economic literature. However, in the Ukraine until recently the attempts to use this approach to the planning it was not done. By way of discussion the possibility of using the empirical model (expenditure- release) for planning the national economy is proposed. The criteria of optimality and limitation are examined. The mechanism of the viability of model during estimation and prognostication of rail transport and social sphere is analyzed.

The keywords: empirical model, the models of linear by programmi of rovaniya, criterion, optimality, qualification, work force, labor input, the competitive import, macroeconomic prognostication, effektivnost of the economy of the Ukraine.

Введение. В ряде стран было проведено большое количество исследований, направленных на разработку моделей линейного программирования для целей планирования. Некоторые из этих исследований хорошо известны и получили отражение в экономической литературе. Однако в Украине до последнего времени попыток использовать такой подход к планированию не делалось. В настоящей статье описывается опыт разработки модели типа «затраты — выпуск» для экономики Украины.

Определение цели и задачи исследования. Исследование имело целью установить возможность создания эмпирической модели, полезной для планирования украинской (или подобной ей) экономики на основе доступных в настоящее время информации и вычислительных методов.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Для того чтобы получить представление об экономической системе, для описания которой используется модель, остановимся вкратце на некоторых особенностях украинской экономики.

В последнее десятилетие многие ученые занимались проблемами экономики железнодорожного транспорта [1-11], экономикой и менеджментом [9], финансовым менеджментом [8], управлением людскими ресурсами [7,6], вопросами особенности подготовки квалифицированных кадров [5], эндогенными переменными и их ролью в программировании [4], проблемой занятости и платежного баланса на транспорте [3], критериями оптимальности в исследовании [2],

возможности снижения убыточности перевозок [7], поскольку часть валового национального продукта страны направлялась на капиталовложения. Но этого оказалось недостаточно для осуществления таких структурных изменений, которые позволили бы снять с повестки дня проблемы занятости и платежного баланса. Если к тому же учесть еще наличие ряда других региональных проблем, то становится понятным стремление так распределить ресурсы, чтобы были обеспечены соответствующие структурные сдвиги, позволяющие в будущем полностью решить или, по крайней мере, смягчить указанные проблемы. На достижение данной цели и была направлена рассматриваемая ниже модель.

В качестве критерия оптимальности модели был выбран максимум уровня личного потребления, достигаемый к некоторому моменту времени T при условии выполнения ограничений, описывающих структуру экономики Украины.

Основная часть исследования. Для включения в модель были отобраны шесть дорог железнодорожного транспорта. Ее эндогенные переменные охватывают 34 переменные перевозки товаров собственного производства по этим дорогам, 33 переменные экспорта, 33 переменные импорта (с делением на группы «конкурирующего» и дополняющего импорта, на приросты валового капитала по отраслям и на личное потребление). К экзогенным переменным модели относятся общественное потребление, труд и агрегированный основной капитал.

Модель имеет ряд ограничений, к которым, прежде всего, относится ограничение

по потокам продуктов. Оно может быть записано следующим образом:

$$(1 - A)X - B - E - C + M \geq G, \quad (1)$$

где $(1 - A)$ — матрица Леонтьева (A — матрица коэффициентов затрат системы «затраты — выпуск», характеризующих затраты на единицу продукции конкретной отрасли);

X — вектор предложения железнодорожного транспорта;

B — матрица валовых приростов основного капитала по дорогам;

E — матрица, на главной диагонали которой находятся показатели экспорта по отраслям, а остальные элементы равны нулю;

M — матрица, на главной диагонали которой находятся показатели «конкурирующего» импорта по отраслям, а остальные элементы равны нулю;

G — вектор общественного потребления.

В зависимости от квалификации (или уровней образования) рабочая сила в модели делится на две категории. В первую категорию включены промышленные и сельскохозяйственные рабочие, а во вторую — служащие. Для труда были использованы следующие ограничения:

$$WX \leq L. \quad (2)$$

где W — матрица коэффициентов затрат труда с размерами 2×34 ;

L — вектор с размерами 2×1 доступных трудовых ресурсов.

Поскольку считалось, что на структурные изменения в экономике Украины за период (от 5 до 10 лет) существенное влияние оказывает величина уже имеющегося основного капитала, в модель было введено следующее ограничение:

$$\sum_j R_j x_j \leq K, \quad (3)$$

где k_j — капитал, используемый на производство единицы j -го продукта; K — величина существующего основного капитала. Как и другие экзогенные переменные, величина K должна быть спрогнозирована на расчетный год T .

Кроме того, модель содержит ограничение по внешней торговле

$$\sum_j m_j^{mc} + \sum_j m_j^c + \sum_j e_j \leq D, \quad (4)$$

где $\sum_j m_j^{mc}$ — «неконкурирующий» импорт в j -ю отрасль; $\sum_j m_j^c$ — «конкурирующий» импорт в j -ю отрасль; e_j — экспорт продукции j -й отрасли; D — заданная величина желаемого баланса текущих платежей (это тип целевой переменной, являющейся заданной экзогенной константой для различных экспериментальных расчетов). От всех эндогенных переменных модели требовалось, чтобы они были неотрицательными.

Перечисленные ограничения характеризуют первую, базисную, модификацию эксперимента, проведенного с помощью рассматриваемой модели. Две другие его модификации осуществлялись при дополнительных ограничениях. Для второй модификации было добавлено следующее ограничение:

$$x_j \leq (-M) \bar{X}_j, \quad (5)$$

где M — доля основного капитала, амортизируемая за плановый период; \bar{X}_j — величина x_j в базисный год (2014 г.).

В третью модификацию, кроме этого ограничения, было введено такое лимитирующее условие:

$$e_j \leq E_j, \quad j=1, 2, \dots, n, \quad (6)$$

где E_j — ожидаемый максимум экспортных поставок j -й отрасли в расчетный год. В следующем разделе мы приведем соображения, которые объясняют использование различных типов ограничений.

Хорошо известно, что в задачах с конечным горизонтом планирования определенное внимание должно уделяться развитию экономики Украины за пределами планового периода. Это достигается путем учета в модели прироста основного капитала в плановом периоде. Но предварительно надо решить, каким образом ввести в модель формирование основного капитала.

Для того чтобы превратить валовой прирост основного капитала в эндогенный фактор, мы сделали простое допущение

$$B=F(X),$$

где $F(X)$ — линейная функция. Если матрицу результирующих вложений «отрасль на отрасль» обозначить через K , то искомое отношение будет иметь вид

$$B=KX. \quad (7)$$

Теоретическим обоснованием отношения такого типа служит соображение, что X характеризует возможности финансирования капиталовложений. Это соотношение вполне пригодно для определения направлений вложений при среднесрочном планировании.

Обсуждение сформированной модели.

Выбор потребления в качестве максимизируемой переменной величины основан на допущении о существовании некоторой функции полезности экономики $U=U(C)$, где U —уровень полезности, а C —потребление. Такое допущение соответствует традиционному подходу экономистов, в частности, оно используется в работах по теории оптимальности роста экономики. Указанный подход предполагает, что благосостояние общества представляет собой функцию уровня его потребления. Эта отправная посылка в последнее время подвергается очень сильной критике, но ее применение исходит из идеи, что наиболее существенным элементом при анализе благосостояния является все же потребление.

Мы в качестве оптимизируемой переменной выбрали уровень личного потребления. Одно из преимуществ такого подхода заключается в его простоте. Тем не менее, надо помнить о явной ограниченности этого подхода с точки зрения теории благосостояния. По нашему мнению, совершенная модель должна основываться на более широком взгляде на цели общества по сравнению с рассмотрением уровня потребления в том виде, в каком он сегодня измеряется в национальном бюджете. При введении ограничений (1) анализ начинается с допущения, что перераспределение ресурсов может осуществляться главным образом путем замещения «конкурирующего» импорта

местным производством или наоборот. В данной связи импорт делится на «конкурирующий» и дополняющий. При этом предполагается, что последний является линейной функцией общего объема производства соответствующей отрасли и что его замещение невозможно. Разумеется, это предположение означает упрощение реального положения, поскольку отнюдь не весь дополняющий импорт относится к продуктам, которые не могут быть произведены внутри страны.

При избранном нами подходе коэффициенты затраты—выпуск определены таким образом, что включают затраты как местного производства, так и «конкурирующего» импорта, причем замещение продуктов этих двух групп не ограничивается. Иными словами, весь «конкурирующий» импорт может быть замещен местными продуктами, и наоборот.

В ограничениях (2) труд подразделен на две категории. В первую из них включается менее образованная рабочая сила — рабочие, фермеры и сельскохозяйственные рабочие (первая составляет в Украине значительную часть трудовых ресурсов). Вторая категория в принципе должна охватывать более образованных работников. Практическое разделение рабочей силы на две указанные категории в ряде случаев сопряжено с определенными затруднениями.

Ограничения (3) и (5) принимают в расчет существующий основной капитал и скорость, с которой он может быть перераспределен. Капитал представляет собой фактор, который необходимо учитывать при рассмотрении структурных изменений. Ограничение (5) означает, что производство в той или иной отрасли максимально может быть уменьшено на величину, определяемую темпом амортизации ее капитала. Мы допускаем, что такая оценка несколько преувеличивает возможности этих изменений, поскольку расчеты темпа амортизации основываются на тех ее нормах, которые принимаются, исходя из коммерческих соображений. Но отсюда следует, что в ряде случаев полностью амортизированный основной капитал может обеспечивать известные производственные мощности.

Данные для рассматриваемой модели были получены в основном в результате

исследования затрат и выпуска в экономике Украины в 2014 г.

Хотя в последнее время значительно усилилось внимание к разработке динамических моделей макроэкономического прогнозирования, тем не менее, надо сказать, что и статические модели обладают определенными достоинствами. Во-первых, они отличаются простотой, вследствие чего анализ легче начинать именно с таких моделей. Во-вторых, они в большей мере обозримы, нежели динамические модели, которые обычно весьма громоздки, трудно поддаются интерпретации и отнюдь не гарантируют от непрослеживаемых ошибок. В-третьих, статические модели, требуя значительно меньшего объема информации, в то же время могут дать полезную информацию о функционировании экономики. В-четвертых — что, по мнению авторов, наиболее важно, — надо считаться с трудностями количественного прогнозирования технологических изменений и тех эффектов, которые эти изменения оказывают на коэффициенты затраты—выпуск, даже при среднесрочном анализе. Однако имеются свидетельства, что указанные коэффициенты могут оставаться достаточно стабильными на протяжении периода порядка двух—пяти лет. При более же широких горизонтах планирования целесообразно, вероятно, использовать значительно агрегированные модели.

Наконец, нельзя упускать из виду еще одно важное обстоятельство, говорящее в пользу избранного нами подхода. В последние годы методы, применяемые в экономическом анализе, заметно улучшились. Кроме того, благодаря развитию компьютерной техники они стали практически реализуемыми. Это открыло возможности для эмпирического исследования различных проблем оптимизации, которые до сих пор в большей части поддавались лишь теоретическому анализу.

Цель проводимых нами экспериментов заключалась в оценке величин переменных модели на 2020 г. Базисным был избран 2014 г. Мы полагаем, что пятилетний период планирования в наибольшей степени подходит для рассматриваемого типа моделирования.

Для разработки плана на 2020 г. потребовался соответствующий прогноз экзогенных переменных. Он был получен

главным образом на основе поведения этих переменных в прошлом. Трудовые ресурсы на 2020 г. оценивались в единицах «эффективности» (произведения фактической численности рабочей силы на оцененное изменение производительности).

При оценке количества эффективного труда было сделано допущение, что темпы роста производительности труда сохранятся на уровне, достигнутом за последние 10 лет. Переменная баланса текущих платежей относится к типу политических целевых переменных, что немаловажно в существующей нестабильной социально-экономической ситуации в Украине и в мире в целом. В основных модификациях модели требовалось, чтобы она была равна нулю (т. е. чтобы текущие платежи были сбалансированы).

Первые экспериментальные расчеты были проведены по трем основным модификациям модели, характеризующимся следующими особенностями.

В первой модификации отсутствуют ограничения, налагаемые на движение капитала и труда между отраслями и на экспорт продукции. Иными словами, в наиболее простом случае допускается, что иностранные рынки могут поглотить все предложенное (при одних и тех же условиях) количество различных продуктов. Это означает, что рассматриваемая страна является столь малым поставщиком на мировой рынок, что ее предложение не влияет на его цены. Применительно к большинству продуктов украинского экспорта такое допущение довольно близко к реальности. Имеется лишь несколько видов продукции, значительное увеличение предложения которых со стороны Украины может оказать заметное воздействие на цены мирового рынка.

Во вторую модификацию модели вводятся ограничения на движение существующего капитала между отраслями. Допускается, что объем капитала в секторе может уменьшиться только в результате амортизации. Это также ограничивает сокращение объема производства в секторах экономики. Максимальное потребление капитала в отрасли определяется кумулятивной амортизацией за пятилетний период. В этой модификации модели отсутствует ограничение по расширению экспорта.

Выводы из исследования и перспективы, дальнейшее развитие в данном направлении. Поскольку трудно ожидать, что линейные функции экспорта останутся неизменными при любом предложении, в третью модификацию модели в дополнение к ограничениям второй модификации вводятся ограничения на

расширение. Мы полагаем, что анализ всех трех модификаций модели и сравнение полученных с их помощью результатов имеет, по крайней мере, теоретический интерес. Посредством такого анализа мы надеялись получить определенное представление об эффективности различных отраслей и экономики Украины в целом.

Список использованных источников

1. Цимбалюк, Г. Критерии оптимальности в исследовании [Текст]: учебник / Г. Цимбалюк. – М.: Наука, 2005. – 351 с.
2. Соловьев, С.Г. О проблеме занятости и платежного баланса на транспорте [Текст]: монография / С.Г. Соловьев. – М.: Мысль, 2009. – 408 с.
3. Бондаренко, С.В. Эндогенные переменные и их роль в программировании [Текст]: учебник / С.В. Бондаренко. – К.: Думка, 2011. – 253 с.
4. Дейнека, А.Г. Особенности подготовки квалифицированных кадров [Текст] / А.Г. Дейнека // Вестник ХГУ. – 2009. – № 758. – С.49-56.
5. Основні норми положення з технічного нормування праці на залізничному транспорті [Текст]: зб. для практичного використання. – К.: Укрзалізниця, 2004. – 203 с.
6. Красношпка, В.В. Управління людськими ресурсами [Текст]: курс лекцій для спеціальності "Адміністративний менеджмент". – К.: КНЕУ, 2004. – 197 с.
7. Жуков, В.А. Возможности снижения убыточности пригородных перевозок [Текст] / В.А. Жуков // Железнодорожный транспорт. – 2003. – №7. – С. 29-30.
8. Фінансовий менеджмент [Текст]: навч.-метод. посібник для самостійного вивчення дисципліни. – К.: КНЕУ, 2001. – 296 с.
9. Економіка та менеджмент [Текст]: навч. посібник. – Львів: Державний університет «Львівська політехніка», 1996. – 828 с.
10. Положення про організацію нормування праці на залізничному транспорті [Текст]: офіційне видання. – К.: Укрзалізниця, 2011. – 163 с.

Дейнека Олександр Георгійович, д-р екон. наук, професор, завідувач кафедри менеджменту і адміністрування Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-46. E-mail: dejneka@list.ru.
Котик Валентина Олексіївна, канд. екон. наук, доцент. Тел. (057) 730-19-72. E-mail: ukrdaztezt@mail.ru.

Dejneka Oleksandr Neorgiyovich, Dr. of econ. sciences, professor, head of department of management and administration Ukrainian State Universiteta of Railway Transport. Tel. (057) 730-10-46 E-mail: dejneka@list.ru.
Valentina Kotik, cand. of econ. sciences, associate Professor, Tel. (057) 730-19-72. E-mail: ukrdaztezt@mail.ru.

Наукова праця здана до друку 20.07.2015 року

УДК 625.18/9(47)

МОДЕЛЬ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В УКРАИНЕ

Д-р экон. наук Л.А. Позднякова, канд. экон. наук В.В. Котик

МОДЕЛЬ ПІДГОТОВКИ КАДРІВ В УКРАЇНІ

Д-р экон. наук Л.О. Позднякова, канд. экон. наук В.В. Котик

TRAINING PROGRAMMES MODEL IN UKRAINE

Dr. of econ. sciences Lubov Pozdnyakova, cand. of econ. sciences Vitaly Kotik

У даній статті авторами представлена модель підготовки кваліфікованих кадрів в Україні. Проблема є актуальною і доцільною в плановій і прогностичній діяльності у сфері освіти в умовах ринкової економіки. Визначено п'ять основних завдань, які передують побудові моделі. Виявлено основні компоненти потреби в кадрах.

Ключові слова: соціально-економічна, науково-технічна і педагогічна інформація, планування кваліфікації, рівень кваліфікації, специфічна потреба в кадрах, п'ять компонентів потреби.

В данной статье авторами представлена модель подготовки квалифицированных кадров в Украине. Проблема является актуальной и целесообразной в плановой и прогностической деятельности в сфере образования в условиях рыночной экономики. Определены пять основных задач, которые предшествуют построению модели. Выявлены основные компоненты потребности в кадрах.

Ключевые слова: социально-экономическая, научно-техническая и педагогическая информация, планирование квалификации, уровень квалификации, специфическая потребность в кадрах, пять компонентов потребности.

In this paper, the authors presented a model of training qualified personnel in Ukraine. The problem is relevant and appropriate in the planning and forecasting activities in the education sector in a market economy. It identified five major challenges that predate the construction of the model. The basic components of staffing requirements. Planning learning as a process includes sravnenie actual and necessary conditions, as glavnogo feedback loop between the phase of drawing up the plan and its implementation. The main problem is that, first of all, to decide long-term planning training zaklyuchaetsya in determining the effective quantitative and kachestvennyh proportions between education and the process of reproduction, as well as in education itself.

Keywords: socio-economic, nauchno technical and educational information, planning qualifications, skill level, the specific need for personnel, five components needs.

Введение. По нашему мнению, в плановой и прогностической деятельности в сфере образования целесообразно различать прогнозирование, долгосрочное планирование и среднесрочное и краткосрочное планирование. Каждый из этих видов деятельности имеет свои специальные задачи и использует присущие ему особые методы. Прогнозирование образования предназначено для того, чтобы, базирясь на социально-экономических и научно-технических прогнозах, оценить развитие образования и

квалификационной структуры в будущем, установить вероятность возникновения новых процессов в этой области, вскрыть возможности образования, выявить различные варианты удовлетворения потребностей в образовании в обществе, определить их влияние на формирование личности и народнохозяйственную эффективность и тем самым дать возможность подготовить на основе всего этого долгосрочные и среднесрочные решения в области политики образования, поэтому это является актуальным.

При этом прогнозы должны обеспечить максимальное информационное опережение долгосрочного планирования.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Задача долгосрочного планирования в сфере образования состоит в том, чтобы из возможных установленных в результате прогнозирования вариантов развития выбрать наиболее целесообразный с точки зрения цели общества и наметить пути его эффективной реализации. На данной стадии осуществляется сбалансирование необходимых мероприятий в сфере образования, их координация и согласование с потребностями развития других сфер народного хозяйства, а также определяется степень важности и очередность реализации первоочередных задач.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросами подготовки квалифицированных кадров занимались много отечественных и зарубежных ученых – экономистов и практиков. Методологией и методикой научных исследований по подготовке кадров занимались [1, 3, 5, 10], структурной реформой по подготовке кадров на железнодорожном транспорте [2,3,4], вопросами особенности подготовки квалифицированных кадров [4], теорией статистики подготовки кадров [6,10], Павлов А.П. – экономическим обоснованием предпринимательского проекта по подготовке квалифицированных кадров [3,4,7,8]. Однако ряд вопросов по среднесрочному и краткосрочному планированию в сфере образования посредством рационального использования общественных и личных средств в соответствующий период времени остаются не достаточно изученными.

В настоящей статье главное внимание уделяется, прежде всего, вопросам прогнозирования и долгосрочного планирования процессов подготовки кадров.

Определение цели и задачи исследования. При этом рассматривается ряд моделей с точки зрения того, каким образом они могут помочь в обобщении огромного количества социально-экономической, научно-технической и педагогической информации, имеющей существенное значение для принятия долгосрочных решений, и, следовательно, в **выработке эффективных путей повышения уровня образования и квалификации кадров**

— **в соответствии с целями общества.** Перед прогнозированием и долгосрочным планированием в сфере образования стоят следующие задачи:

1) на основе изучения направлений социально-экономического и научно-технического развития определить долгосрочные потребности населения в образовании и выявить компоненты, влияющие на потребность в кадрах вообще и в квалифицированных, в частности;

2) исходя из этого установить численность оканчивающих учебные заведения по различным уровням образования (подготовка кадров в высших и специальных учебных заведениях, квалифицированных рабочих, рабочих средней квалификации), по специальностям, а также возможности их использования;

3) на базе выявленных потребностей в образовании и количества оканчивающих учебные заведения определить эффективную структуру образования, уровень, профиль и продолжительность обучения на отдельных ступенях подготовки кадров, выявить эффективные пути подготовки кадров и повышения их квалификации при очном и заочном обучении и найти благоприятное соотношение между ними;

4) исходя из изучения процессов образования и приобретения квалификации, обусловливаемых общественным и научно-техническим развитием, определить требования к повышению квалификации кадров, как в количественном, так и во временном отношениях;

5) выявить условия, требуемые для эффективной отдачи полученной квалификации в процессе воспроизводства, для полноценного использования подготовленных кадров и формирования климата, способствующего интенсивной подготовке кадров уже в самом процессе труда.

Основная часть исследования. Важную особенность планирования в сфере образования составляет его стратегический характер. Результаты основополагающих решений в области образования часто непосредственно проявляются лишь через 10—15 лет. Временной же горизонт их косвенного воздействия еще больше, ибо дети, достигшие школьного возраста, например, в 2015 г., будут работать до 2055 или 2060 гг., а последние

ученики тех учителей, которые выполняют свою ответственную деятельность в настоящее время, будут работать до 2068 г. или до 2073 г. Это при условии, что пенсионный возраст останется прежним, а если учитывать тенденцию изменений, то эти даты необходимо скорректировать на количество продляемых лет работы, соответственно для мужчин и женщин.

Планирование обучения как процесс включает в себя сравнение фактического и необходимого состояний — в качестве главного звена обратной связи между фазой составления плана и его реализацией. Основная проблема, которую прежде всего должно решить долгосрочное планирование подготовки кадров, заключается в определении эффективных количественных и качественных пропорций между образованием и процессом воспроизводства, а также в самой сфере образования. В качестве главного метода этого решения напрашивается балансовый метод, апробированный в других областях планирования. Оценки долгосрочных потребностей в квалифицированной рабочей силе, сбалансированных с естественным ростом населения, должны сопоставляться с имеющимися и проектируемыми мощностями в сфере образования. Смысл подобного подхода состоит в том, чтобы вскрыть узкие места и найти эффективные пути подготовки кадров для заблаговременного предотвращения излишних расходов на образование.

Одной из важнейших проблем долгосрочного планирования и прогнозирования является правильное определение необходимых темпов подготовки кадров по уровням квалификации и профессиям. Небрежность и подмена трезвой оценки действительности желаниями в данной области чреваты отрицательными последствиями в отношении как формирования личности трудящихся, так и народнохозяйственной эффективности. Указанная задача не может быть решена только путем обобщения представлений о потребностях в кадрах на предприятиях, комбинатах и в других учреждениях. Это объясняется тем, что на данном уровне, с одной стороны, временной диапазон для процессов принятия решения значительно больше, чем необходимо для долгосрочного планирования, и, с другой стороны, процессы подготовки кадров рассматриваются в основном с позиций

требований к отдельным рабочим заданиям, а не в более широком плане — с позиций распределения кадров по профессиям и специальностям и разностороннего развития трудящихся.

Однако сказанное ни в коем случае не означает отрицания целесообразности и необходимости конкретного анализа требований, которые должны предъявляться к уровню квалификации кадров и зависят от достигнутого уровня механизации и автоматизации производственных процессов, особенно в настоящее время. Напротив, подобный анализ представляет собой существенную основу для долгосрочного планирования и должен приниматься во внимание при определении главных компонентов потребности в кадрах, обусловливаемой всем общественным развитием. Такими компонентами являются:

во-первых, потребность в кадрах, вытекающая из развития у трудящихся потребностей в образовании и в улучшении условий их труда и жизни (например, культурных потребностей, потребностей в здравоохранении, обслуживании и т. д.);

во-вторых, потребность в кадрах, диктуемая развитием материальных предпосылок для удовлетворения материальных и духовных потребностей трудящихся;

в-третьих, специфическая потребность в кадрах, определяемая развитием науки и техники;

в-четвертых, потребность в кадрах, необходимых для управления государством и экономикой;

в-пятых, потребность в кадрах для самого образования, удовлетворяющего все четыре предыдущих вида потребности в кадрах.

Перечисленные пять компонентов потребности и одновременно сфер использования квалифицированных кадров образуют основную структуру модели долгосрочного планирования. Эта модель позволяет объединить уже имеющиеся методы определения потребности в кадрах для отдельных сфер в общую модель и вместе с тем указывает на необходимость разработки специальной модели и соответствующих методов для анализа недостаточно еще исследованных компонентов. Работа по указанной модели осуществляется в три этапа, в процессе которых определяются нужды сфер

общественного процесса воспроизводства в мощностях и структура подготовки кадров в народном образовании.

На первом этапе устанавливается общее количество рабочей силы, необходимой для определенной сферы, чтобы реализовать поставленные перед ней задачи. На втором этапе потребность в рабочей силе синтезируется для всего общества и балансируется с имеющимися ее ресурсами, т. е. составляется баланс рабочей силы. На третьем этапе осуществляется оценка будущей структуры рабочей силы по видам профессий и уровню квалификации.

На базе сбалансированной с потенциальной рабочей силой общей потребности общества в квалифицированных кадрах, с учетом уже получивших образование и работающих в плановом периоде, можно определить потребность в замене и расширении отдельных квалификационных групп работников. Это в свою очередь дает исходную информацию, позволяющую сформулировать требования к развитию образования.

Определение потребности в рабочей силе (в количественном и качественном отношении) для разных сфер народного хозяйства должно производиться—в зависимости от их специфики—особыми методами. Проиллюстрируем это на примере материального производства. Потребность материального производства в рабочей силе обуславливается главным образом достигнутым уровнем производительности труда и общим объемом создаваемого национального дохода. Не все сферы материального производства в полном объеме вносят вклад в создание национального дохода, и общая потребность этой сферы в рабочей силе определяется потребностью отдельных секторов. Для промышленности, транспорта, строительства и сельского хозяйства исходим из соотношения, складывающегося между чистым продуктом этих подразделений и уровнем производительности труда, измеряемой произведенным чистым продуктом (услугами) в расчете на занятого в соответствующей отрасли.

Большинство сфер экономики состоит из ряда секторов, отраслей и т. д. Требования к подготовке рабочей силы в различных секторах и отраслях не однородны. Поэтому для выявления потребности в рабочей силе в

отдельных подразделениях экономики Украины предложено разделять их на секторы, а секторы на отрасли и т. д. Для каждого подобного звена материального производства необходимо оценить динамику чистого продукта и производительности труда.

Качество модели в существенной мере зависит от следующих обстоятельств.

Во-первых, важна степень знаний об эффективных связях между различными социальными сферами. Хотя выявление этих связей не входит в предмет модели, они имеют решающее значение для рационального распределения совокупного общественного труда по отдельным сферам. Особенно очевидным указанное обстоятельство становится при составлении баланса рабочей силы, когда речь идет о том, чтобы заново оценить потребность в рабочей силе по сферам, согласовывая ее с развитием материально-технической базы до тех пор, пока не наступит балансовое равновесие. При этом надо учитывать, что наряду с балансом рабочей силы должны быть разработаны и другие виды баланса (рабочих мест и рабочей силы, накопления и запланированных капитальных вложений, материальный баланс и т. д.).

Во-вторых, имеет значение предварительная реалистическая оценка динамики национального дохода и общественной производительности труда, что представляет собой особенно трудную проблему. К тому же надо иметь в виду, что уровень производительности труда зависит от ряда факторов, в том числе и от количества и квалификации рабочей силы, определение которых и составляет, собственно, цель модели. Рассматриваемый нами метод предполагает высокий уровень знаний о влиянии научно-технических факторов, механизации и автоматизации производства на увеличение производительности труда и квалификационную структуру рабочей силы.

В-третьих, надо знать развитие непроизводственной сферы, влияние которой на потребность в кадрах исследовано относительно мало.

Потребность общества в различным образом подготовленных кадрах до известного момента можно прогнозировать и на основе простых моделей. Далее будет описан способ выявления динамики потребности в кадрах на прогнозируемый период посредством изучения

изменений, происходящих в составе квалифицированных рабочих кадров и специалистов, с помощью определенных долей роста. Задача используемой для этой цели модели (модели разностного уравнения) заключается в том, чтобы исходя из определенных допущений относительно развития указанных величин показать результаты развития емкости и структуры подготовки кадров в образовании Украины (полные средние школы, профессиональные школы, специальные и высшие учебные заведения). Модель разностного уравнения позволяет определить по вариантам изменения в наличии квалифицированных рабочих и кадров специалистов; установить для каждого варианта необходимое число обучающихся в четырех сферах образования; проверить целевые представления о будущем составе квалифицированных рабочих и кадров специалистов в отношении отсутствия в них несоответствий и согласованности с изменением роста населения.

При построении модели авторы исходили из оценки увеличения и уменьшения численности квалифицированных рабочих и кадров специалистов. Причинами такого уменьшения являются смерть, уход из той или иной сферы профессиональной деятельности по возрасту или болезни, а также повышение квалификации, которое (в рамках модели) означает переход в группу более высокого квалификационного уровня; в модели учитывается только переход квалифицированных рабочих в ряды кадров, окончивших специальные учебные заведения. Уменьшение численности работников, происходящее по различным причинам, учитывается в доле уменьшения.

Увеличение численности отдельных квалификационных групп происходит за счет окончивших:

соответствующую ступень образования: квалифицированных рабочих; обучение на производстве,

кадров специалистов, окончивших соответственно специальные и высшие учебные заведения.

Количество выпускников в свою очередь зависит от числа принятых в профессиональные, специальные и высшие учебные заведения или университеты, времени приема и доли выпуска. Количество

поступивших в высшие учебные заведения или университеты со своей стороны определяется числом абитуриентов, а последние — числом поступивших в полную среднюю школу, временем этого поступления и долей выпуска из полной средней школы, а также прошедших независимое тестирование и получивших сертификат. Численность поступивших в полную среднюю школу и в обучение на производстве, в конечном счете, ограничивается численностью учащихся одного выпуска. Эти емкостные соотношения отдельных уровней образования довольно наглядно и точно можно представить в системе уравнений, в которой отдельные уравнения (разностные уравнения) учитывают изменение емкости одной ступени образования в зависимости от предшествующей и от изменения числа окончивших названные ступени; последнее определяется количеством принятых и продолжительностью процесса обучения.

Отдельные ступени единой системы образования создают—в зависимости от их удаленности от конечной точки избранного пути образования—различное опережение в подготовке соответствующих кадров: чем больше эта удаленность, тем значительнее опережение. Таким образом, для процесса подготовки кадров особое значение имеет время его протекания. Поэтому мы рассматриваем изменение количества квалифицированных рабочих и кадров специалистов всегда в зависимости от времени t , которое разделено на единицы времени. Поскольку речь идет о сравнительно длительных периодах времени процессов подготовки кадров и их использования, то, опираясь на среднюю продолжительность посещения полной средней школы и обучения на производстве, в качестве единицы времени t для данной модели принято два года.

Рассмотрим систему уравнений, в которой представлены связи между динамикой численности подготовленных квалифицированных кадров рабочих, кадров специалистов, числом выбывших и поступивших и количеством переходов из одного уровня образования в другой. Примем следующие обозначения:

t —индекс периода времени ($t=0.1\dots$);

B_2, B_3, B_4 —число соответственно квалифицированных рабочих, кадров,

окончивших специальные и высшие учебные заведения;

m_3, T_4 — количество соответственно окончивших специальные и высшие учебные заведения; τ_4 —разница между числом окончивших профессиональные школы и числом принятых в специальные учебные заведения;

n_1, n_2, n_3, n_4 — количество соответственно принятых в полную среднюю школу, профессиональную школу, специальные и высшие учебные заведения и университеты;

$d(t)$ — численность выпускников одного года, которые достигли возраста 16 и 17 лет;

a_2, a_3, a_4 —доля уменьшения численности соответственно квалифицированных рабочих и кадров специалистов, окончивших специальные и высшие учебные заведения, в результате смерти, по возрасту и болезни;

R — соотношение абитуриентов и студентов одного выпуска.

Численность кадров специалистов, окончивших высшие учебные заведения, в период t всегда складывается из некоторой их части, оставшейся от периода $t-1$, и количества окончивших высшие учебные заведения в период t :

$$V_4(t) = (1 - \alpha_4) V_4(t-1) + m_4(t). \quad (1)$$

Количество окончивших высшие учебные заведения в период определяется числом принятых в высшие учебные заведения в период $t-2$ с учетом четырехлетнего срока обучения (бакалавр):

$$m_4(t) = n_4(t-2). \quad (2)$$

Количество принятых в высшие учебные заведения в период t зависит от численности принятых в полную среднюю школу в период $t-1$ и от доли абитуриентов, которые по тем или иным причинам не смогли учиться в высших учебных заведениях ($R > 1$). К ним не относятся абитуриенты, обучение которых начнется несколько позже по причине службы в армии или предварительной практики. Исходим из того, что обусловленное этим уменьшение числа абитуриентов в период t приблизительно компенсируется числом абитуриентов, которые к данному времени закончат службу в армии. Соответствующее уравнение имеет вид

$$N_4(t) = \frac{1}{R} a_1(t-1). \quad (3)$$

Численность кадров, окончивших специальные учебные заведения, в период t складывается из некоторой их части, оставшейся от периода $t-1$, и окончивших специальные учебные заведения в период t :

$$V_3(t) = (1 - a_3) V_3(t-1) + m_3(t). \quad (4)$$

Поскольку средняя продолжительность обучения в специальном учебном заведении составляет три года, необходимо на основе заложенной в модели двухгодичной продолжительности одного периода предположить, что половина окончивших в период состоит из принятых в специальные учебные заведения.

Для того чтобы сделать изложение более простым, мы не рассматриваем здесь отсеивы по тем или иным причинам учащихся определенной ступени обучения во время процесса обучения и возможные повторения учебного курса (доля окончивших $=1$). Далее, допускается, что все окончившие три последние ступени образования начинают работать, если не происходит переквалификация, то ограничения могут быть в любое время сняты для улучшения информационных качеств модели путем введения соответствующих коэффициентов (доли окончивших, доли начавших профессиональную деятельность). в период $t-1$ и $t-2$:

$$m_3(t) = \frac{1}{2} [n_3(t-1) + n_3(t-2)]. \quad (5)$$

Количество принятых в профессиональную школу (для подготовки квалифицированных рабочих) зависит от численности соответствующих выпусков учащихся $d(i)$, числа принятых в полную среднюю школу, от членов этих возрастных групп $a_1(t)$ и от числа абитуриентов в период t , которые относятся к принятым в полную среднюю школу в период $t-1$ и не начали еще (и в скором времени не начнут) обучение в высших учебных заведениях, их мы причисляем к поступившим в систему подготовки квалифицированных рабочих.

Однако предполагаем, что эти абитуриенты аттестат о профессиональной подготовке не получили.

$$A_2(t) = d(t) + \frac{R-1}{R} a_1(t-1) - a_1(t). \quad (6)$$

Численность квалифицированных рабочих в период t увеличивается на число завершивших профессиональное образование в этот период. Оно равняется числу принятых в систему профессиональной подготовки в период $t-1$ за минусом (среди прочего) числа принятых в специальные учебные заведения в период t :

$$m_2(t) = a_2(t-1) - a_3(t). \quad (7)$$

Количество квалифицированных рабочих в период t определяется некоторой их частью, оставшейся от периода $t-1$, численностью окончивших профессиональные школы и числом ушедших в специальные учебные заведения.

$$B_2(t) = (1-a_2)B_2(t-1) + m_2(t). \quad (8)$$

Таким образом, выше в системе уравнений представлены соотношения принятых на обучение на указанные четыре ступени образования и окончивших их, а также изменение численности квалифицированных рабочих, кадров специалистов. После этого можно поставить вопрос: каким образом должны развиваться отдельные ступени образования на основе смоделированных связей между ними, если численность учащихся растет с определенной закономерностью? Для решения этой задачи используем некоторые особенности данной системы уравнений.

Система уравнений (1)–(8) может быть разделена на три группы: (1)–(3), (4)–(5) и (6)–(8). Первые две группы, уравнения которых описывают изменение численности кадров специалистов, представляют собой замкнутые системы уравнений. Если их решение известно, то величины $a_1(t)$ и $a_2(t)$ могут быть введены в третью группу уравнений. Таким образом, решению всей системы уравнений ничего не препятствует.

Группы (1)–(3) и (4)–(5) состоят из разностных уравнений. При предположении

постоянных во времени долей выбывания кадров специалистов и неизменного темпа роста потребности в них в течение известного временного интервала решение этих групп уравнений показывает следующее: при соблюдении определенных условий в базисный период ($t=0$) количество окончивших ту или иную ступень образования и вступивших на нее должно увеличиваться одинаковыми долями прироста, равно как и численность кадров, к которым они будут относиться после завершения соответствующей ступени образования. Этот результат будет в большей степени отражать реальность, если удастся синхронизировать временные границы равномерного роста численности кадров с границами предполагаемых постоянных долей выбывших и смоделировать равномерный рост как оптимальное приближение к имеющему место в действительности неравномерному темпу роста.

Поскольку оптимальные или вероятные темпы роста численности кадров специалистов, получивших высшее и специальное образование, в значительной мере не выяснены, поэтому мы вынуждены оценить эти параметры с помощью метода вариационного исчисления. На основе принятого темпа роста численности указанных кадров выводятся необходимые для его реализации изменения в емкости соответствующих институтов подготовки кадров. Путем последовательной подстановки в уравнения (6)–(8) полученных таким образом результатов можно определить изменение численности квалифицированных рабочих и обучающихся в системе производственного обучения.

Из большого числа подобных расчетов, производимых для различных долей роста, надо исключить такие, результаты которых представляются абсурдными. Критериями абсурдности являются невероятные соотношения, складывающиеся между численностью квалифицированных рабочих и кадрами специалистов, а также невероятные колебания в пополнении состава квалифицированных рабочих. Именно последнее показывает очень наглядно, когда стратегия роста кадров специалистов, здесь характеризующаяся еще и возможным притоком в производственное обучение, несоизмерима с ростом населения Украины. Тем самым все же отсутствует критерий, на

основе которого можно было бы из оставшегося количества вариантов развития выбрать наиболее вероятный или даже оптимальный.

Результаты рассмотренного выше моделирования потребности в кадрах должны служить (в рамках баланса подготовки кадров) в качестве исходных данных для моделирования внутренних взаимосвязей в самом народном образовании. С помощью такого моделирования делается попытка ответить на вопрос, каким образом установленная потребность в квалифицированных кадрах может быть удовлетворена с возможно меньшими затратами средств. Народное образование в этой модели представляется как система взаимосвязанных и взаимозависимых процессов. Для обеспечения внутренне пропорционального развития образования необходимо, чтобы обучение на каждой ступени осуществлялось в соответствии с потребностью последующей ступени. Развитие отдельных ступеней и сфер образования должно происходить в соответствии с ритмом развития всей системы образования Украины и, следовательно, с ритмом изменения потребности в нем. В рамках матрицы взаимосвязей можно с помощью долей перехода с одного пути получения образования к другому и с одной ступени образования на другую проанализировать влияние изменения этих «прохождений». Указанные доли перехода служат важнейшими инструментальными переменными для планирования развития сферы образования.

В соответствии с возможными и реальными переходами учащихся с одной ступени образования на другую была составлена матрица переходов (D), которая включает абсолютную численность учащихся. В данной матрице S_{ir} означает количество переходов между периодами времени t и $t+1$ из класса того или иного уровня либо из учебного заведения (i) в классы или учебное заведение R ($S_{i\ddot{r}}$), в класс прежнего уровня i для повторного прохождения учебного курса ($S_{i\ddot{i}}$), на трудовую деятельность (S_{ia}).

Главная диагональ матрицы показывает количество учащихся, проходящих повторный курс обучения (S_{ii}), диагональ, расположенная прямо над главной диагональю,—переходы в классы следующего уровня $S_{i\ddot{i}}$. Авторы вводят

вектор количественного состава классов $S^{(t)}=S_1^{(t)}, \dots, S_n^{(t)}$. Его i -й компонент $S_i^{(t)}$ выражает численность учащихся классов уровня (представляющего определенную ступень образования) ко времени t . Затем на основе данных матрицы переходов (D) получается, что численность учеников классов ступени i ко времени t $S_i^{(t)t} = \sum_{R=1}^m S_{iR}$ при ($i = 1, 2, \dots, n$), а численность учеников классов ступени R ко времени $t+1$

$$S_R^{t+1} = \sum_{i=1}^n S_{iR} \text{ при } (R=1,2,\dots,m).$$

Из матрицы переходов D получается матрица переходов Q, так что в целом

$$q_{iR} = \frac{S_{iR}}{S_i^{(t)}}. \quad (9)$$

Для специальных долей получается:

1. $q_{iR} = C$, если $R > i$; это означает, что имеется верхняя треугольная матрица. Лишь в исключительных случаях, которыми здесь можно пренебречь, окончившие получают дополнительную квалификацию на более высоком уровне (например, кадры специалистов, окончивших высшее учебное заведение, оканчивают еще дополнительно специальные учебные заведения).

2. $q_{iR} = q_{ii}$, если $R = i$, главная диагональ матрицы заполнена;

на ней находятся ученики, которые проходят повторный учебный курс, т. е. в следующем учебном году возвратятся в тот же

класс; $q_{ii} = \frac{S_{ii}}{S_i^t}$ - доля повторяющих учебный курс.

3. $q_{iR} = q_{i\ddot{i}}$ если $n - 1 = R > i$; здесь имеется две возможности:

а) $R = i + 1$ — под этим понимается доля переходов в следующий класс того же типа школы;

б) $R = i + n - 1 = 2, \dots, n - (i + 2)$ —этим выражается доля перехода в школьную систему повышенного типа; $q_{i\ddot{i}} = \frac{S_{i\ddot{i}}}{S_i^{(t)}}$ - доля переходов.

4. $q_{iR} = q_{ia}$, если $R = n-1, n$; эта доля указывает, какая часть учеников выбывает из единой системы образования (выбывшие до и после окончания); $q_{ia} = \frac{S_{ia}}{S_i^{(t)}}$ - доля выбывших.

Сумма долей в одной строке по всем колонкам равна единице. Исходя из этого можно по правилам матричного исчисления определить численность учащихся (по указанным ступеням) ко времени $t+m$, если известна их численность ко времени $t+t-1$, если имеются данные о количестве детей школьного возраста и о внешних поступлениях и если коэффициенты матрицы долей перехода остаются неизменными. Обозначим вектор внешних поступлений $f^{(t)} = (f_1^{(t)}, f_2^{(t)}, \dots, f_n^{(t)})$.

Его i -й компонент $f_i^{(t)}$, характеризует увеличение числа учащихся в i -м классе за счет внешних поступлений ко времени t ($f_2^{(t)}$, является, например, числом первоклассников в году t). Вектор численности учащихся класса f^{t+1} , ко времени $t+1$ в таком случае равен

$$S^{(t+1)} = S^{(t)}Q + f^{t+1}, \quad (10)$$

В соответствии с этим рассчитывается численность учащихся на ступени образования R S_R^{t+1} , т. е. R -й компонент вектора $S^{(t+1)}$. Расчет производится по формуле

$$S_R^{(t+m)} = \sum_{i=1}^n q_{iR} S_i^{(t+m-1)} + f_i^{(t+m)}, \quad (R=1, \dots, m). \quad (11)$$

Правило вычисления вектора численности учащихся класса представляет собой рекурсивную формулу, с помощью которой затем можно рассчитать численность

учащихся в классах в последующие годы на каждом уровне, причем ни один год не должен выпадать:

$$S^{(t+2)} = S^{(t+1)}Q + f^{(t+2)} = S^{(t)}Q^2 + f^{(t+1)}Q + f^{(t+2)}. \quad (12)$$

В целом формула имеет следующий вид:

$$S^{(t+m)} = S^{(t)}Q^m + \sum_{j=1}^{m-1} f^{(t+j)}Q^{(m-j)} + f^{(t+m)}. \quad (13)$$

Цель расчетов по модели взаимосвязей заключается в определении внутренней пропорциональности единой системы образования, которая гарантирует сохранение внешней ее пропорциональности. Они позволяют определить способ удовлетворения потребности в кадрах с меньшими затратами. Кроме того, для каждого варианта удовлетворения общественной потребности в кадрах можно на базе коэффициента соотношения «учитель—ученики» и коэффициента соотношения «учебное помещение—ученики» и т. д. оценить

потребность системы образования в учителях, учебных помещениях и т. д.

Преимущества рассмотренной модели заключаются в следующем:

во-первых, она позволяет выяснить «прохождение» учащихся (учеников и студентов) в системе образования; возникающие при этом взаимозависимости становятся ясны, и тем самым объективируется развитие по выбранному пути к удовлетворению прогнозируемой потребности в образованных кадрах;

во-вторых, по ней могут быть проверены различные представления о целях развития

отдельных ступеней образования и возможность их осуществления при сохранении современной его структуры;

в-третьих, она позволяет показать определенные изменения, происходящие в структуре той или иной ступени образования, и их влияние на состояние всей его системы.

Модели, используемые для сбалансированности развития образования и процесса производства, а также для обеспечения внутренней пропорциональности развития самой системы образования в их современной форме могут помочь получить совместимые условия пропорциональности. Однако, чтобы из множества подобных условий равновесия выбрать наиболее эффективный с точки зрения цели общества вариант, нужны соответствующие критерии. В отсутствии таких критериев заключается, по нашему мнению, решающий «информационный пробел» для стратегии принятия решения в политике образования.

Важнейшее возражение, которое может быть выдвинуто против упомянутых методов, состоит в том, что получаемые результаты по самой их внутренней логике зависят от увеличения количества труда высокой квалификации. Фактически предполагается, что вклад в народнохозяйственную эффективность возросшего уровня квалификации отражается через увеличение доли высококвалифицированного труда. Что касается качества подготовки кадров, эффективного соотношения уровней квалификации, а также эффективного использования кадров, то они принимаются как данные. Однако именно это и является проблемой, которая имеет чрезвычайно большое значение для принятия народнохозяйственных решений и для которой пока отсутствуют соответствующие критерии оценки. Кроме того, в процессе реальной жизни именно названные факторы действуют во встречном по отношению друг к другу направлении, и пренебрежение этим обстоятельством таит в себе опасность неправильной ориентации процесса принятия решения.

В условиях, когда испытывается наиболее острая потребность в высококвалифицированных кадрах и на первом месте стоит вопрос о быстром росте их численности, искажение оценки вследствие подобных допущений не имеет большого значения. Но это значение повышается при возрастании роли факторов

интенсивного развития образования, т. е. роста качества образования, эффективного использования кадров, уже получивших образование, повышения квалификации работников всех квалификационных групп и т. д.

Выводы из исследования и перспективы, дальнейшее развитие в данном направлении. Именно эти новые качественные моменты не учитывались в применявшихся до настоящего времени методах, что подтверждает и анализ метода определения вклада образования в национальный доход Украины, осуществляемого с помощью прогнозных данных до 2020 г. Этот анализ показывает, что в силу снижения значения экстенсивных факторов развития образования его вклад с течением времени выражался все меньшей величиной, ибо в моделях не учитывались интенсивные факторы. Важно подчеркнуть и то обстоятельство, что в рамках указанных методов не могут быть в достаточной мере учтены условия для обеспечения эффективных пропорциональных взаимосвязей образования и других сфер процесса воспроизводства, а также соответствующих взаимосвязей в самой системе образования.

Возможный в этом отношении подход, по нашему мнению, заключается в анализе для оценки процесса подготовки кадров расходов и доходов. Анализ доходов и расходов представляет собой метод поэтапного исследования различных элементов расходов и долей доходов по мероприятиям в области образования, сравнения их между собой и оценки в целях выбора наиболее благоприятного для повышения народнохозяйственной отраслевой эффективности варианта. При этом под доходами понимается вклад, который вносят различные мероприятия в области образования в реализацию целей общества. При выборе вариантов обычно имеется три их типа.

1. Варианты с соизмеримыми доходами, но с разными расходами. В данном случае можно без особых трудностей с помощью критерия издержек определить вариант с благоприятным соотношением расходов и доходов. Этот сравнительно редкий тип вариантов часто рассматривается как единый, данный в целом, вследствие чего заранее

возникает опасность неправильной ориентации в принятии решения.

2. Варианты, сопряженные с одинаковыми расходами, но дающие различные результаты. Эти результаты должны быть приведены в сопоставимый вид и оценены на соответствующих уровнях принятия решений.

3. Варианты, в которых как расходы, так и доходы несоизмеримы, должны оцениваться отдельно. Но на соответствующем уровне принятия решения их необходимо привести в сопоставимый вид и дать им сравнительную оценку.

Большое значение имеет определение и оценка отдельных компонентов, которые должны учитываться в анализе расходов и доходов. К таким компонентам относятся расходы, т. е. соотношение единовременных и текущих расходов, а также затрат живого и овеществленного труда; параметры качества и результатов; продолжительность действия результатов мероприятий в сфере образования; выгода для всего общества и отрасли.

Следует иметь в виду, что между этими компонентами существуют противоположные взаимозависимости, которые при принятии решения должны быть точно оценены. Например, определенный уровень качества и эффективности может быть достигнут раньше, но при повышенных расходах. Или, скажем,

при данных расходах повышение уровня квалификации может быть обеспечено лишь при снижении (скрытом) требований к качеству и эффективности. Поэтому чрезвычайно опасно, если при оценке мероприятий, осуществляемых в сфере образования, будут учитываться только отдельные компоненты анализа расходов и доходов, поскольку они почти всегда могут быть достигнуты за счет других. Вот почему распространенную ныне одновременную оценку мероприятий в области образования, например, по критериям расходов или по предполагаемым выгодам для всего общества, нужно заменить их оценкой в рамках анализа расходов и доходов.

Разработка и применение в процессе принятия решения анализа расходов и доходов в решающей мере зависит от состояния исследования содержания взаимосвязей между образованием и другим сферами общественного процесса воспроизводства, от эффективности процесса подготовки кадров, от разработки соответствующего экономико-математического инструментария и от эффективного использования подготовленных кадров, их знаний и умений, постоянного повышения их квалификации.

Список использованных источников

1. Шеремет, О.Г. Методология и методика научных исследований по подготовке кадров [Текст]: учебник / О.Г. Шеремет. – М.: Прогресс, 2009. – 294 с.
2. Позднякова, Л.А. О структурной реформе по подготовке кадров на железнодорожном транспорте [Текст] / Л.А. Позднякова. – М.: ВИНТИ. Транспорт, 2012. – № 3. – С. 35-41.
3. Позднякова, Л.А. Социально-экономическая модель развития железнодорожного транспорта Украины [Текст] / Л.А. Позднякова. – Харьков: Бизнес-Информ, 2008. – 318 с.
4. Дейнека, А.Г. Особенности подготовки квалифицированных кадров [Текст] / А.Г. Дейнека. – Вестник ХГУ. – 2009. – № 758. – С. 49-56.
5. Білуха, М.Т. Основи наукових досліджень [Текст]: підручник для студ. екон. спец. вузів / М.Т. Білуха. – К.: Вища школа, 1997. – 271 с.
6. Теория статистики подготовки кадров [Текст]: учебник / под ред. проф. Р.А. Шмойловой. – 3-е изд., перераб. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 560 с.
7. Єріна, А.М. Методологія наукових досліджень [Текст]: навч. посібник / А.М. Єріна, В.Б. Захожий, Д.Л. Єрін. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 212 с.

8. Павлов, А.П. Экономическое обоснование предпринимательского проекта по подготовке квалифицированных кадров [Текст] / А.П. Павлов // Экономика и трудовые взаимоотношения. № 6. – М.: Наука, 2012. – С. 86-95.

9. Бестужев-Лада, А. Квалификация кадров [Текст]: учебник / А. Бестужев-Лада. – М.: Мысль, 2009. – 318 с.

Позднякова Любов Олексіївна, д-р екон. наук, професор, завідувач кафедри економіки, бізнесу та управління персоналом на транспорті УкрДУЗТ. Тел. (057) 730-19-86. E-mail: ukrdaztezt@mail.ru.

Котик Віталій Вікторович, канд. екон. наук, доцент, кафедри економіки, бізнесу та управління персоналом на транспорті УкрДУЗТ. Тел. (057)730-19-72. E-mail: ukrdaztezt@mail.ru.

Lubov Pozdnyakova, Dr. of econ. sciences, professor, Ukrainian State Universiteta of Railway Transport. Tel. (057) 730-19-86 E-mail: ukrdaztezt@mail.ru.

Vitaly Kotik, cand. of econ. sciences, associate professor, Ukrainian State Universiteta of Railway Transport. Tel. (057)730-19-72 E-mail: ukrdaztezt@mail.ru.

Наукова праця здана до друку 20.07.2015 року

УДК 656.25: 621.318

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СТРЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Д-р техн. наук М.М. Бабаев, д-р техн. наук В.С. Блиндюк, асист. Ю.И. Богатырь

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСОВИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ СТРЕЛОЧНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Д-р техн. наук М.М. Бабаєв, д-р техн. наук В.С. Блиндюк, асист. Ю.І. Богатир

IMITATING MODELLING OF TEMPORARY DEPENDENCES OF PARAMETERS OF THE STRELOCHNYKH ASYNCHRONOUS ENGINES OF ELECTRIC DRIVES

Doct. of techn. Sciences M.M. Babaev, doct. of techn. Sciences V.S. Blinduk., assistant Y.I. Bogatir

Існуючі в цей час пристрої технічного діагностування й контролю ефективності експлуатації стрілочних електроприводів систем залізничної автоматики не повною мірою дозволяють у реальному масштабі часу відслідковувати тенденцію змін контрольованих параметрів. Тому в роботі розглядається один з можливих шляхів розв'язку завдання подальшого вдосконалення методів контролю й керування виконавчими пристроями систем централізації стрілок і сигналів, а саме імітаційне моделювання тимчасових залежностей параметрів асинхронних двигунів стрілочних електроприводів. Розроблена імітаційна модель стрілочного привода з асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором, на якій були проведені дослідження різних режимів його роботи. Розглянуті пускові й робочі характеристики двигуна: при зміні величини живильного напруги, обриві однієї з фаз, ушкодженні стрижнів ротора. Установлений характер зміни тимчасових залежностей параметрів асинхронних двигунів при виникненні несправностей у процесі їх роботи. Показане, що вимірюючи швидкість обертання ротора, струми у фазах статора, електромагнітний момент і порівнюючи їх з номінальними, можна оцінювати робочий стан двигуна безупинно, що дає можливість перейти від планово-запобіжного обслуговування стрілочних електроприводів до обслуговування по стану.

Ключові слова: стрілочний електропривод, асинхронний двигун, електромагнітний момент, статор, ротор, імітаційна модель, часові залежності.

Существующие в настоящее время устройства технического диагностирования и контроля эффективности эксплуатации стрелочных электроприводов систем железнодорожной автоматики не в полной мере позволяют в реальном масштабе времени отслеживать тенденцию изменений контролируемых параметров. Поэтому в работе рассматривается один из возможных путей решения задачи дальнейшего усовершенствование методов контроля и управление исполнительными устройствами систем централизации стрелок и сигналов, а именно имитационное моделирование временных зависимостей параметров асинхронных двигателей стрелочных электроприводов. Разработана имитационная модель стрелочного привода с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором, на которой были проведены исследования различных режимов его работы. Рассмотрены пусковые и рабочие характеристики двигателя: при изменении величины питающего напряжения, обрыве одной из фаз, повреждении стержней ротора. Установлен характер изменения временных зависимостей параметров асинхронных двигателей при возникновении неисправностей в процессе их работы. Показано, что измеряя скорость вращения ротора, токи в фазах статора, электромагнитный момент и сравнивая их с номинальными, можно оценивать рабочее состояние двигателя непрерывно, что дает возможность перейти от планово-предупредительного обслуживания стрелочных электроприводов к обслуживанию по состоянию.

Ключевые слова: стрелочный электропривод, асинхронный двигатель, электромагнитный момент, статор, ротор, имитационная модель, временные зависимости.

The devices of technical diagnosing and control of efficiency of operation of strelochny electric drives of systems of railway automatic equipment existing now not fully allow to monitor a trend of changes of controlled parameters in real time. Therefore in work one of possible solutions of a task further improvement of control methods and control of actuation mechanisms of systems of centralization of arrows and signals, namely imitating modeling of temporary dependences of parameters of asynchronous engines of strelochny electric drives is considered. The imitating model of the strelochny drive with the asynchronous engine with a short-circuited rotor on which researches of various modes of its work were conducted is developed. Starting and performance data of the engine are considered: at change of size of the feeding npryazheniye, break of one of phases, damage of cores of a rotor. Nature of change of temporary dependences of parameters of asynchronous engines at emergence of malfunctions in the course of their work is established. It is shown that measuring the speed of rotation of a rotor, currents in stator phases, the electromagnetic moment and comparing them with nominal, it is possible to estimate a working condition of the engine continuously that gives the chance to pass from scheduled preventive service of strelochny electric drives to service on a state.

Keywords: pointer electric drive, asynchronous engine, electromagnetic moment, stator, rotor, simulation model, temporary dependences.

Введение. Анализ основных этапов развития современных систем железнодорожной автоматики показал, что внедрение микропроцессорной элементной базы позволяет существенно расширить функциональные возможности устройств управления стрелками и сигналами. Существующие стрелочные электроприводы (СП) должны гарантированно обеспечивать показатели безопасности движения поездов и быть высоконадежными, что может быть реализовано путём внедрения автоматизированных систем технического диагностирования и контроля эффективности их эксплуатации.

Постановка задачи. В настоящее время для повсеместного использования

рекомендованы компьютерные системы АСДК и АПК – ДК, которые обнаруживают и устанавливают причину неисправности устройств железнодорожной автоматики [1]. Однако они не позволяют в реальном масштабе времени отслеживать тенденцию изменений контролируемых параметров. Поэтому актуальной является задача дальнейшего усовершенствование методов контроля и управление исполнительными устройствами систем централизации стрелок и сигналов.

Анализ исследований. В процессе эксплуатации в СП возникают повреждения, которые могут привести к аварийным ситуациям на железной дороге. Задержки в поездной работе, связанные с неисправностью

СП, складають значительное время. Самый большой процент отказов СП связан с неисправностями в электрическом двигателе. В СП с асинхронным двигателем (АД) наиболее распространенными электрическими неисправностями являются: перегрузка или перегрев статора; межвитковое замыкание; повреждение подшипников; повреждение обмотки статора или изоляции; работа двигателя на двух фазах; обрыв или ослабление крепления стержней в беличьей клетке; ослабление крепления обмоток статора. Важность диагностирования и контроля двигателя определяется тем, что при неисправности СП часть системы электрической централизации выходит из строя [2]. Поэтому выявление предотказных состояний контролируемых устройств является одной из важнейших характеристик современных систем АСДК. Определение предотказного состояния заключается в фиксации достижения диагностическим параметром некоторого заранее известного значения, например, $\pm 10\%$ от нормативного [3]. Для выявления предотказного состояния СП используются следующие диагностические параметры: время перевода стрелки, напряжение источника питания рабочей цепи [4]. По состоянию тока протекающего в

рабочей цепи двигателя переменного тока и изменению его амплитудных и частотных составляющих можно судить о состоянии двигателя в данный момент, то есть в момент перевода [5].

Основной материал. При изменении нагрузки на валу двигателя автоматически меняется частота вращения ротора, токи в обмотках ротора и статора и потребляемый из сети ток [6]. В результате взаимодействия магнитного поля с токами в роторе создается вращающийся электромагнитный момент, стремящийся уравнивать скорость вращения магнитного поля статора и ротора. Разность скоростей вращения магнитных потоков характеризуется величиной скольжения:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_2}$$

где n_1 – синхронная скорость вращения магнитного поля;

n_2 – скорость вращения ротора асинхронного двигателя.

Имитационная модель для исследования работы стрелочного привода с АД представлена на рис.1.

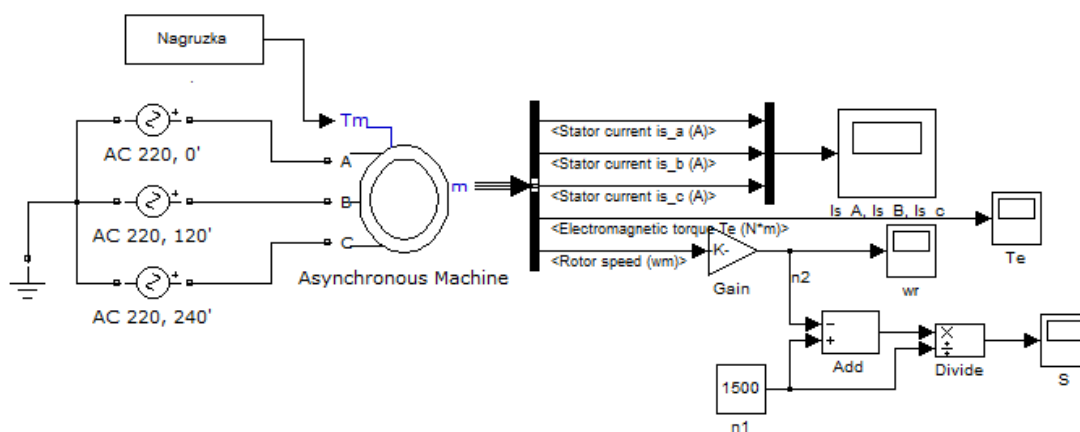


Рис. 1. Имитационная модель стрелочного привода с асинхронным двигателем

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (Asynchronous Machine) подключен к трехфазному источнику напряжения (AC 220, 0°; AC 220, 120°; AC 220, 240°) с линейным напряжением 380 В. Блок

Asynchronous Machine моделирует асинхронный электрический двигатель. Порты модели A, B и C являются выводами статорной обмотки, порт Tm предназначен для подачи момента сопротивлению движения, к которому

подключен блок, имитирующий нагрузку. На выходном порту m формируется векторный сигнал, состоящий из пяти элементов. Через блок Gain переводим рад/с в об/мин.. Осциллограф I_{s_A} , I_{s_B} , I_{s_C} снимает временные зависимости тока трех фаз статора, осциллограф T_e – временную зависимость электромагнитного момента, осциллограф ω_r – временную зависимость скорости вращения ротора. Осциллограф S показывает временную зависимость скольжения двигателя, которое получаем путем вычитания (блок Add)

скорости вращения ротора из синхронной скорости вращения магнитного поля (n_1) и деления (блок Divide) на нее же.

При исправной работе АД токи во всех фазах статора одинаковые (рис. 2).

В случае снижения напряжения питания сети ниже номинального ток цепи в цепи статора увеличивается, что может вызвать перегрев двигателя, электромагнитный момент при пуске уменьшается, ротор двигателя при пониженном напряжении сети не развивает номинальную скорость (рис. 3).

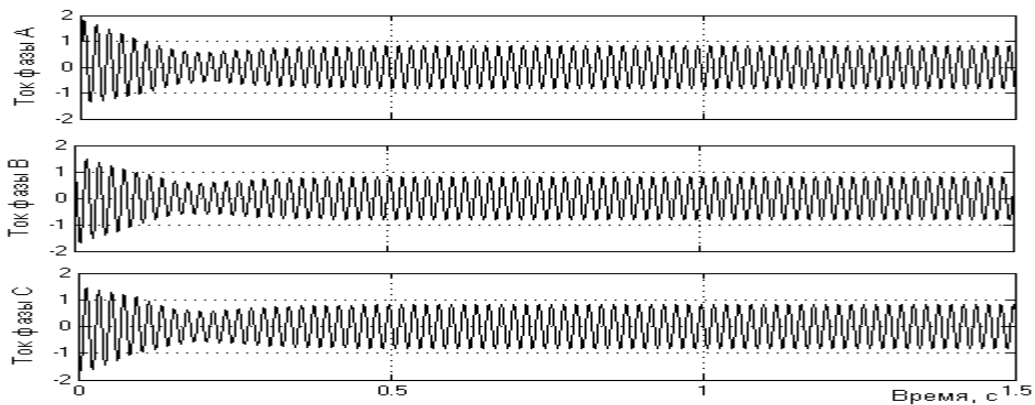
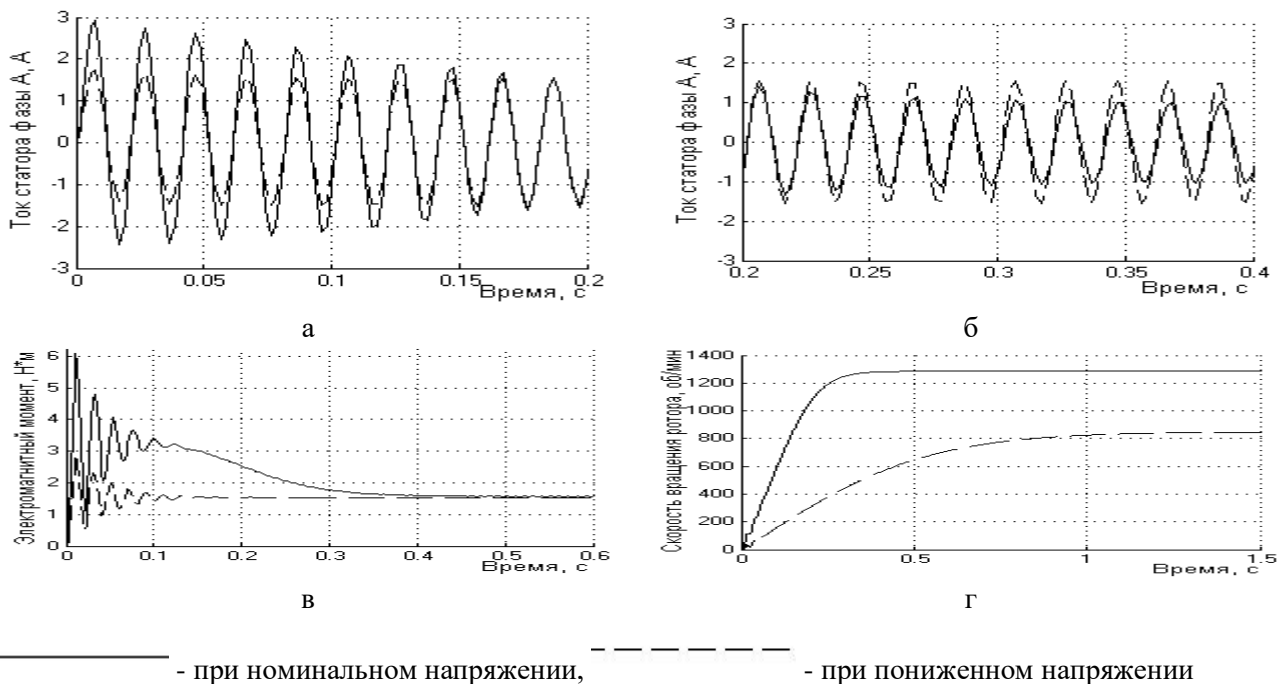


Рис. 2. Токи статора асинхронного двигателя при номинальном режиме работы



- при номинальном напряжении,

- при пониженном напряжении

Рис. 3. Временные зависимости тока статора при пуске двигателя (а) и в установившемся режиме (б), электромагнитного момента (в), скорость вращения ротора (г) асинхронного двигателя

К аварийному режиму работы асинхронного двигателя стрелочного привода так же может привести обрыв фазы статора. При этом возникают токи, напряжения и потокосцепления прямой и обратной полярности [7]. В сигнале электромагнитного момента возникают колебания с частотой, равной удвоенной частоте напряжения питания. Так же уменьшается критический момент

двигателя, а вместе с ним и максимальная мощность, передаваемая на вал [8].

При обрыве одной фазы статора ток в ней отсутствует, а в остальных двух увеличивается по амплитуде и фазовый сдвиг в них становится 180° , электромагнитный момент обретает синусоидальную форму и период его колебаний вдвое меньше периода колебаний питающего напряжения (рис. 4).

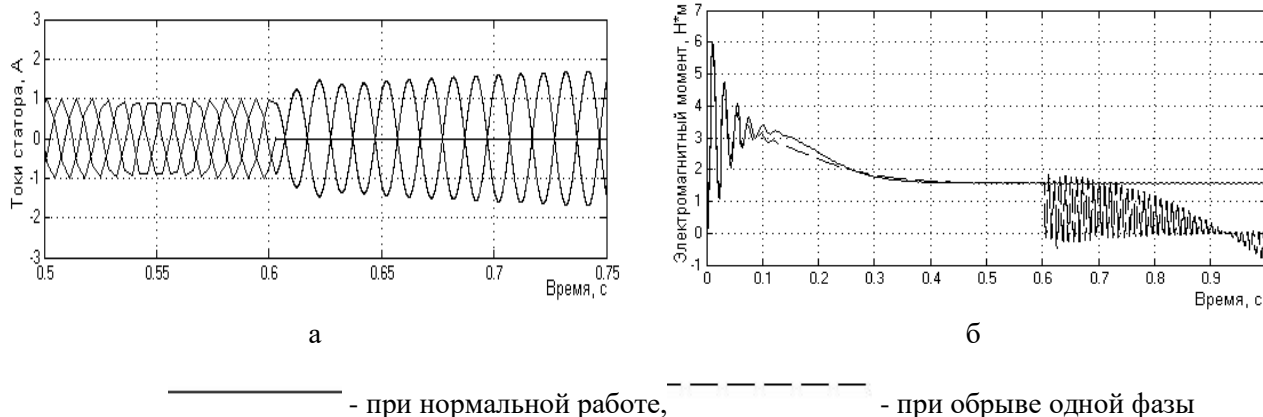


Рис. 4. Временная зависимость токов фаз статора (а) и электромагнитного момента (б) асинхронного двигателя при обрыве одной фазы

Частота вращения ротора двигателя, работающего под нагрузкой, при обрыве одной фазы статора резко снижается.

Повреждение стержней ротора вызывает потери мощности, приводит к перегреву и выходу из строя двигателя. На начальной стадии обрыв стержней ротора незначительно сказывается на эксплуатационных характеристиках электродвигателя. При обрыве одного стержня нагрузка распределяется на целостные проводники и происходит перераспределение тока по стержням. Основная нагрузка ложится на соседние с оборванным, тем самым создавая ненормированные условия их эксплуатации. Таким образом, обрыв одного стержня в конечном итоге чаще всего приводит к повреждению и других стержней.

При частичном или полном обрыве стержня ротора происходит увеличение его сопротивлений, что приводит к появлению асимметрии токов в обмотках статора [9].

При работе двигателя с поврежденными стержнями обмотки ротора частота его вращения будет меньше, чем при отсутствии неисправности (рис. 5, а). У него возрастает время разгона, скольжение и добавочные потери, уменьшается коэффициент мощности. При значительном количестве поврежденных стержней ротор двигателя, работающего под нагрузкой останавливается. Двигатель с поврежденными стержнями, работающий под нагрузкой, потребляет из сети увеличенный ток (рис. 5, б) и перегревается больше исправного.

Снижение частоты вращения ротора приводит к увеличению скольжения (рис. б).

Из приведенного анализа следует, что при возникновении неисправностей в асинхронном двигателе возникает асимметрия токов в обмотках статора, временные зависимости электромагнитного момента и скорости вращения ротора отличаются от номинальных.



Рис. 5. Временная зависимость скорости вращения ротора (а) и при поврежденных стержнях обмотки асинхронного двигателя стрелочного привода



Рис. 6. Временная зависимость скольжения асинхронного двигателя

Выводы. Измеряя скорость вращения ротора, токи в фазах статора и электромагнитный момент и сравнивая их с номинальными, можно оценивать рабочее

состояние двигателя непрерывно, что дает возможность перейти от планово-предупредительного обслуживания СП к обслуживанию по состоянию.

Список использованных источников

1. Федорчук, А.Е. Новые информационные технологии: автоматизация технического диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ (система АДК-СЦБ) [Текст]: учебник для вузов железнодорожного транспорта / А.Е. Федорчук, А.А. Сепетый, В.Н. Иванченко. – Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2008. – 443 с.
2. Маловічко, В.В. Підвищення експлуатаційної надійності колійних пристроїв електричної централізації [Текст] / В.В. Маловічко, В.І Гаврилюк // Вісник Дніпропетровського національного університету імені академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2007. – Вип. 15. – С. 11-15.
3. Ефанов, Д.В. Непрерывное диагностирование устройств СЦБ [Текст] / Д.В. Ефанов, П.А. Плеханов // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – Вип. 7. – С. 18-20.
4. Измерительно-вычислительные средства в автоматизации диагностирования и контроля устройств СЦБ: учеб. для вузов жд транспорта [Текст] / А.А. Сепетый, А.Е. Федорчук, В.Н. Иванченко [и др.]. – Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2009. – 416 с.
5. Буряк, С.Ю. Исследование диагностических признаков стрелочных электроприводов переменного тока [Текст] / С.Ю. Буряк, В.И. Гаврилюк, О.А. Гололобова, А.М. Безнарытний //

Вісник Дніпропетровського національного університету імені академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДПТ, 2014. – Вип. 4. – С. 7-22.

6. Бабаев, М.М. Компьютерное моделирование двигателей стрелочных электроприводов [Текст] / М.М. Бабаев, Ю.И. Богатырь // 36. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124. – С. 164-172.

7. Толочко, О.И. Моделирование асинхронного двигателя при обрыве фазы статора [Текст] / О.И. Толочко, П.И. Розкаряка, И.О. Журов // Электротехнические и компьютерные системы. – 2014. – №15(91). – С. 262-266.

8. Копылов, И.П. Математическое моделирование электрических машин [Текст]: учеб. для вузов / И. П. Копылов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 327 с.

9. Сивокобыленко, В.Ф. Математическое моделирование асинхронных двигателей при повреждениях стержней короткозамкнутого ротора [Текст] / В.Ф. Сивокобыленко, В.А. Павлюков, Р.П. Сердюк [и др.] // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – 2009. – №9(158). – С. 222-226.

Бабаев Михайло Михайлович, д-р техн. наук, професор кафедри електротехніки та електричних машин Українського державного університету залізничного транспорту, Харків, Україна. Тел.: (057) 730-19-96.

Блиндюк Василь Степанович, д-р техн. наук, професор кафедри електротехніки та електричних машин Українського державного університету залізничного транспорту, Харків, Україна. Тел.: (057) 730-10-03.

Богатир Юлія Іванівна, асистент кафедри електротехніки та електричних машин Українського державного університету залізничного транспорту, Харків, Україна. Тел.: (057) 730-19-96.

Mikhail Babaev., Doktor of Engineering, professor department of electrical engineering and electrical machines Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. Tel.: (057) 730-19-96.

Vasily Blinduk., Doktor of Engineering, professor department of electrical engineering and electrical machines Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. Tel.: (057) 730-10-03.

Yuliya Bogatir., assistant Department of electrical engineering and electrical machines Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine.. Tel.: (057) 730-19-96.

Наукова праця здана до друку 22.06.2015 року

УДК 621.391:681.518

ВРЕМЕННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ СИГНАЛЬНОГО ТОКА ЛОКОМОТИВНОГО ПРИЕМНИКА ЧИСЛОВЫХ КОДОВ АЛСН

Канд. техн. наук О.М. Ананьева, канд. техн. наук М.Г. Давиденко

ЧАСОВІ ЗАЛЕЖНОСТІ СИГНАЛЬНОГО СТРУМУ ЛОКОМОТИВНОГО ПРИЙМАЧА ЧИСЛОВИХ КОДІВ АЛСН

Канд. техн. наук О.М. Ананьева, канд. техн. наук М.Г. Давиденко

TEMPORARY DEPENDENCES OF SIGNAL CURRENT OF TRAIN ELEMENT OF THE ALSN NUMERICAL CODES

Cand. of tehn. sciences O.M. Anan'yeva, cand. of tehn. sciences M.G. Davidenko

У даній статті представлені результати досліджень часових залежностей сигнального струму локомотивного приймача числових кодів АЛСН при проходженні локомотивом предстрілочного й стрілочного ділянок залізниці. Отримане математичне вираження для часової залежності струму шунта при русі локомотива на підділянці прямого шляху з обліком його

електромагнітного зв'язку з підділянкою відгалуження. Визначена комплексна передатна функція по струму контрольованого ділянки з урахуванням частотної залежності опорів і діючого значення розглянутої гармоніки електрорушійної сили генератора, а також запропонована його схема заміщення. Показано, що для визначення миттєвого значення струму шунта доцільно застосувати комп'ютерне моделювання з виставою сигналу в частотній області. У результаті моделювання встановлено, що між рейковими лініями прямого шляху й відгалуження гальванічний зв'язок через баласт і ґрунт не може служити причиною викривлення вхідних сигналів локомотивного приймача системи АЛСН.

Ключові слова: сигнальний струм, локомотивний приймач, стрілочна ділянка, шунт, схема заміщення.

В данной статье представлены результаты исследований временных зависимостей сигнального тока локомотивного приемника числовых кодов АЛСН при прохождении локомотивом предстрелочного и стрелочного участков железной дороги. Получено математическое выражение для временной зависимости тока шунта при движении локомотива на подучастке прямого пути с учетом его электромагнитной связи с подучастком ответвления. Определена комплексная передаточная функция по току контролируемого участка с учетом частотной зависимости сопротивления и действующего значения рассматриваемой гармоника электродвижущей силы генератора, а также предложена его схема замещения. Показано, что для определения мгновенного значения тока шунта целесообразно применить компьютерное моделирование с представлением сигнала в частотной области. В результате моделирования установлено, что между рельсовыми линиями прямого пути и ответвления гальваническая связь через балласт и грунт не может служить причиной искажения входных сигналов локомотивного приемника системы АЛСН.

Ключевые слова: сигнальный ток, локомотивный приемник, стрелочный участок, шунт, схема замещения.

In this article results of researches of temporary dependences of signal current of train element of the ALSN numerical codes when passing by the engine of prepointer and pointer divisions are provided. Mathematical expression for temporary dependence of current of the shunt at the movement of the locomotive on subsection of straight track taking into account its electromagnetic communication with branch subsection is received. Complex transfer function is determined by current of controlled site taking into account frequency dependence of resistance and the operating value of the considered harmonica of the electromotive force of the generator, and also its equivalent circuit is offered. It is shown that it is reasonable to apply computer modeling with representation of signal in frequency area to determination of instant value of current of the shunt. As a result of modeling it is established that between rail lines of straight track and branch galvanic communication through ballast and soil cannot serve as the reason of distortion of arrival signals of train element of system of ALSN.

Keywords: signal current, train element, switch section, shunt, equivalent circuit.

Введение. Одним из основных требований, предъявляемых к системам автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН), является обеспечение безопасности движения поездов. При увеличении скорости движения из-за влияния электромагнитных помех в работе индуктивного канала связи системы АЛСН возникают сбои, которые приводят к искажению принятой локомотивным приемником информации. Поэтому возникает необходимость решения задачи совершенствования существующих систем АЛСН.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является исследование временных зависимостей сигнального тока локомотивного приемника числовых кодов АЛСН при прохождении локомотивом предстрелочного и стрелочного участков железной дороги.

Анализ исследований. В работах [1, 2] была разработана и обоснована схема замещения стрелочного участка рельсовой линии с учетом электромагнитных процессов, протекающих в нем, и получены временные зависимости тока шунта при прохождении последним предстрелочного подучастка АВ и

стрелочного участка BF . Настоящий подраздел посвящен выводу выражения для временной зависимости тока шунта на подучастке FC прямого пути с учетом его

электромагнитной связи с подучастком $F_{OT}C_{OT}$ ответвления (рис. 1).

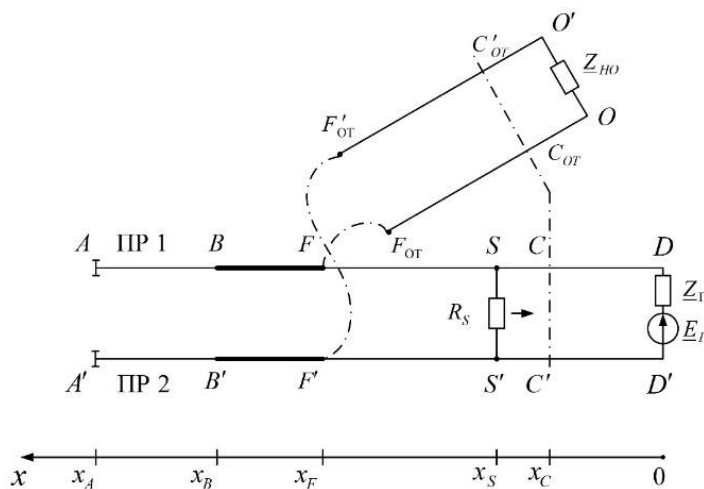


Рис. 1. Схема замещения участка цепи

Основной материал. Уточним характер указанной связи. Справа от сечения $F - F'$, в котором заканчивается непосредственная гальваническая связь рельсовых нитей, протекание тока от прямого пути в ответвление возможно, в принципе, за счет действия трех механизмов:

- 1) через емкостные связи между рельсовыми нитями;
- 2) через индуктивные связи между рельсовыми нитями;
- 3) через балласт, проводимость которого чисто активна.

Емкостные связи между рельсовыми нитями, как указано в работе [3], пренебрежимо мала. Относительно второго механизма заметим, что структура межрельсовых индуктивных связей является весьма разветвленной: помимо индуктивной связи каждого рельса со всеми остальными имеют место взаимные индуктивности рельсовых нитей и земли (балласта) [4]. Учитывая, что ферромагнитная масса рельса $OT1$ оказывает сильное экранирующее действие на магнитный поток между рельсом $ПР1$ и рельсом $OT2$, и что ферромагнитные массы рельсов $ПР1$ и $OT1$ оказывают еще более сильное экранирующее воздействие на магнитный поток между рельсами $ПР2$ и $OT2$, имеем

основание принять к рассмотрению лишь индуктивную связь между рельсами $ПР1$ и $OT1$. Даже в относительно благоприятных условиях связи с приемной локомотивной катушкой взаимная индуктивность последней и рельса составляет величину порядка 10^{-5} Гн; в условиях использования измерительного стенда при проверке катушки КПУ-2 имеем $25 \cdot 10^{-5}$ Гн на частоте 50 Гц [5]. С удалением рельсов друг от друга при проезде шунтом крестовины эта величина быстро уменьшается, так что, если пренебречь коротким (десятые доли метра) отрезком рельсовой линии в районе крестовины, взаимной индуктивностью $ПР1$ и $OT1$ можно пренебречь в целом. Рассматривая третий механизм связи заметим, что рельс $OT1$ образует путь наименьшего сопротивления для тока, протекающего через грунт от рельсов $ПР1$ и $ПР2$ в сторону рельса $OT2$, вследствие чего имеет смысл учитывать только проводимость между рельсами $ПР1$ и $OT1$. Таким образом, в рамках рассмотрения остается только связь через активную проводимость грунта между этими двумя рельсами. Используя для микроучастков FS и DS рельсовой линии, а также для ответвления Т-образную схему замещения [3], получим схему замещения участка FD , изображенную на рис. 2.

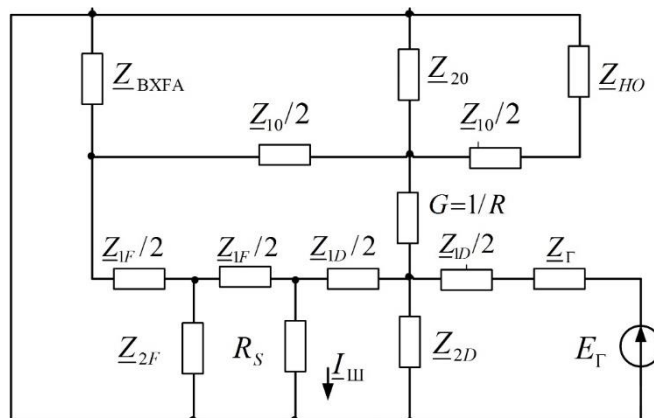


Рис. 2. Схема замещения участка FD

На ней элементы схем замещения обозначены индексом O для ответвления, индексом F для микроучастка FS и индексом D – для микроучастка DS . Величина Z_{BXFA} представляет собою входное сопротивление подучастка FA . Согласно теории четырехполюсников [6], оно может быть вычислено как

$$Z_{BXFA} = \frac{A_{FA} \cdot Z_{HA} + B_{FA}}{C_{FA} \cdot Z_{HA} + D_{FA}}$$

где Z_{HA} – сопротивление нагрузки в сечении $A - A'$. Так как там находятся изолирующий стык с отключенным кодирующим устройством (напомним, что локомотив движется слева

направо по прямому пути), то Z_{HA} весьма велико, и можно приближенно считать, что

$$Z_{HA} = A_{FA} / C_{FA}. \quad (1)$$

Коэффициенты A_{FA} и C_{FA} являются элементами матрицы A -параметров подучастка FA , образованного каскадным включением подучастков FB и BA . Ввиду симметрии рельсовой линии подучастки FB и BA являются симметричными четырехполюсниками, т. е. матрицы их A -параметров равны матрицам A -параметров подучастков BF и AB , величины элементов которых определены в работе [2]. С учетом этого имеем

$$\begin{aligned} [A]_{FA} &= [A]_{FB} \cdot [A]_{BA} = [A]_{BF} \cdot [A]_{AB} = \\ &= \begin{bmatrix} 1 & Z_{OFB}(x_B - x_F) \\ G_{OFB}(x_B - x_F) & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & Z_{OAB}(x_A - x_B) \\ G_{OAB}(x_A - x_B) & 1 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 1 + Z_{OFB}G_{OAB}(x_B - x_F)(x_A - x_B) & Z_{OAB}(x_A - x_B) + Z_{OFB}(x_B - x_F) \\ G_{OFB}(x_B - x_F) + G_{OAB}(x_A - x_B) & Z_{OAB}G_{OFB}(x_B - x_F)(x_A - x_B) + 1 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (2)$$

Полагая проводимость балласта G_0 на всех подучастках одинаковой и продольное

сопротивление Z_0 рельсов – тоже, приводим (2) к виду

$$\begin{aligned} [A]_{FA} &= \\ &= \begin{bmatrix} 1 + Z_0 G_0 (x_A - x_B)(x_B - x_F) & Z_0 (x_A - x_F) \\ G_0 (x_A - x_F) & 1 + Z_0 G_0 (x_A - x_B)(x_B - x_F) \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (3)$$

Подставляя элементы A_{FA} и C_{FA} этой матрицы в выражение (1) получаем, что

$$Z_{BXFA} = \frac{1 + Z_0 G_0 (x_A - x_B)(x_B - x_F)}{G_0 (x_A - x_F)}. \quad (4)$$

Сопротивления Z_{10} , Z_{20} , Z_{1F} , Z_{2F} , Z_{1D} и Z_{2D} схем замещения коротких подучастков в в соответствии с работой [3] поределены приближенными равенствами

$$Z_1 \approx Z_0 \cdot l \cdot \left(1 - \frac{Z_0 G_0 l^2}{12}\right), \quad (5)$$

$$Z_0 \approx \frac{1}{G_0 l \left(1 + \frac{Z_0 G_0 l^2}{6}\right)}, \quad (6)$$

где l – длина соответствующего подучастка.

На частотах работы АЛСН имеем $Z_0 \approx 1$ Ом/км, а величина G_0 в наиболее неблагоприятных естественных условиях не превышает 10 См/км; в то же время $l \lesssim 0,1$ км. Поэтому $Z_0 G_0 l^2 / 6 \lesssim 0,016$ и можно считать, что

$$Z_1 \approx Z_0 \cdot l, \quad (7)$$

$$Z_2 \approx \frac{1}{G_0 l}. \quad (8)$$

Для расчета межрельсовой проводимости G воспользуемся известной аналогией между проводимостью и емкостью C системы проводящих тел [7]

$$G = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} C, \quad (9)$$

где σ – удельная электрическая проводимость среды;

ε – относительная диэлектрическая проницаемость этой среды;

ε_0 – электрическая постоянная, $\varepsilon_0 \approx 8,86 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Такая аналогия дает возможность использовать для расчета величины G математический аппарат, разработанный для расчета емкости между проводниками и, в частности, соотношения для расчета величины C емкости между двумя скрещивающимися (без гальванического контакта) прямолинейными проводами конечной длины [8]. Введем следующие обозначения:

φ – угол крестовины, образованной рельсами $ПП1$ и $ОТ1$;

x_0 – расстояние от математического центра перевода до генератора;

y_1 – расстояние от математического центра перевода до начального участка рельса $ОТ1$, связанного с $ПП1$ через грунт;

y_2 – расстояние вдоль $ОТ1$ от математического центра перевода до точки, в которой величина связи через грунт становится намного меньше ее максимального значения;

x_2 – аналогичное y_2 по смыслу расстояние вдоль $ПП1$;

$x_1 = x_0 - x_s$ – величина, аналогичная y_1 по смыслу вдоль $ПП1$;

$l_a = x_2 - x_1 = x_2 - x_0 + x_s$ – длина гальванически связанного через грунт с ответвлением участка прямого пути;

$l_b = y_2 - y_1$ – аналогичная по смыслу величина для ответвления;

a – радиус проводника;

d – наикратчайшее расстояние между плоскостями расположения проводников.

В нашем случае можно положить $y_1 = 0$. Учтем также, что проводящая среда (балласт, грунт) занимает только нижнюю полуплоскость (над рельсам находится непроводящий воздух). Поэтому перед результирующей формулой для G , получаемой на основе работы [8] следует поставить множитель $1/2$. Имеем

$$G = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0 \varepsilon} \cdot \frac{\alpha_{11} + \alpha_{22} - 2\alpha_{12}}{\alpha_{11} \cdot \alpha_{22} - \alpha_{12}^2}, \quad (10)$$

где

$$\alpha_{11} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon(x_2 - x_1)} \left\{ \ln \left[\frac{x_2 - x_1}{a} + \sqrt{1 + \left(\frac{x_2 - x_1}{a}\right)^2} \right] + \frac{a}{x_2 - x_1} - \sqrt{1 + \left(\frac{a}{x_2 - x_1}\right)^2} \right\}; \quad (11)$$

$$\alpha_{22} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon(y_2 - y_1)} \left\{ \ln \left[\frac{y_2 - y_1}{a} + \sqrt{1 + \left(\frac{y_2 - y_1}{a}\right)^2} \right] + \frac{a}{y_2 - y_1} - \sqrt{1 + \left(\frac{a}{y_2 - y_1}\right)^2} \right\}; \quad (12)$$

$$\alpha_{12} = \frac{F_{11} + F_{22} + F_{12} - F_{21}}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}, \quad (13)$$

$$F_{pq} = x_p \cdot \ln[y_q - x_p \cos\varphi + D_{pq}] + y_q \cdot \ln[x_p - y_q \cos\varphi + D_{pq}] + \frac{2d}{\sin\varphi} \cdot \arctg \left(\frac{x_p + y_q + D_{pq}}{d} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right); \quad p, q = 1, 2; \quad (14)$$

$$D_{pq} = \sqrt{x_p^2 + y_q^2 - 2x_p y_q \cos\varphi + d^2}. \quad (15)$$

Все длины, входящие в формулы (11)-(15), выражены в метрах. Отметим также, что в

нашем случае $d = 0$ и поэтому формула (14) приобретает вид

$$F_{pq} = x_p \cdot \ln[y_q - x_p \cos\varphi + D_{pq}] + y_q \cdot \ln[x_p - y_q \cos\varphi + D_{pq}], \quad (16)$$

а формула (15) приобретает вид

$$D_{pq} = \sqrt{x_p^2 + y_q^2 + 2x_p y_q \cos\varphi}. \quad (17)$$

Для выполнения практических расчетов радиус a проводника, фигурирующий в (11) и (12), заменим на радиус окружности, длина которой равна периметру сечения рельса. В частности, для рельса Р65 имеем $a = 0,111$ м [4].

Величины y_1 и y_2 – фиксированные. Величина x_1 изменяется во времени как

$$x_1(t) = x_0 - x_s(t), \quad (18)$$

поэтому

$$l_a = l_a(t) = x_2 - x_0 + x_s(t). \quad (19)$$

Теперь можно перейти к выводу выражения для тока шунта I_{III} при гармонической ЭДС генератора $\underline{E}_Г$ в

статическом случае, т. е. при фиксированном t .
Применив к схеме, изображенной на рис. 2, ряд преобразований треугольника в звезду и используя условные обозначения

$$\underline{Z}_{H1} = \frac{\underline{Z}_{20}(0,5\underline{Z}_{10} + \underline{Z}_{H0})}{\underline{Z}_{20} + 0,5\underline{Z}_{10} + \underline{Z}_{H0}},$$

$$\underline{Z}(t) = \left\{ \underline{Z}_{2D}^{-1}(t) + [0,5\underline{Z}_{1D}(t) + \underline{Z}_{\Gamma}]^{-1} \right\}^{-1}, \quad (20)$$

$$\underline{E} = \underline{E}_{\Gamma} \cdot \frac{\underline{Z}(t)}{0,5\underline{Z}_{1D}(t) + \underline{Z}_{\Gamma}}; \quad (21)$$

$$\underline{Z}_{\Delta} = 0,5\underline{Z}_{10} + \underline{Z}_{H1} + \underline{Z}_{\text{BXFA}};$$

$$\underline{Z}_A = \frac{0,5\underline{Z}_{10} \cdot \underline{Z}_{H1}}{\underline{Z}_{\Delta}}; \quad (22)$$

$$\underline{Z}_B = \underline{Z}_{\text{BXFA}} \cdot \frac{0,5\underline{Z}_{10}}{\underline{Z}_{\Delta}}; \quad (23)$$

$$\underline{Z}_C = \underline{Z}_{\text{BXFA}} \cdot \frac{0,5\underline{Z}_{H1}}{\underline{Z}_{\Delta}}; \quad (24)$$

$$\underline{Z}_{DD}(t) = \underline{Z}(t) \cdot 0,5\underline{Z}_{1D}(t);$$

$$\underline{Z}_{\Delta 2}(t) = \underline{Z}_{2F}(t) + \underline{Z}_B + 0,5\underline{Z}_{1F}(t);$$

$$\underline{Z}_X(t) = \frac{\underline{Z}_{2F}(t)[\underline{Z}_B + 0,5\underline{Z}_{1F}(t)]}{\underline{Z}_{\Delta 2}(t)}; \quad (25)$$

$$\underline{Z}_Y(t) = \frac{\underline{Z}_C[\underline{Z}_B + 0,5\underline{Z}_{1F}(t)]}{\underline{Z}_{\Delta 2}(t)}; \quad (26)$$

$$\underline{Z}_Z(t) = \frac{\underline{Z}_C \underline{Z}_{2F}(t)}{\underline{Z}_{\Delta 2}(t)}; \quad (27)$$

$$\underline{Z}_{YY}(t) = \underline{Z}_A + \underline{Z}_Y(t) + \frac{1}{G(t)}; \quad (28)$$

$$\underline{Z}_{XX}(t) = \underline{Z}_X(t) + 0,5\underline{Z}_{1F}(t); \quad (29)$$

$$\underline{Z}_{XYZ}(t) = \underline{Z}_Z(t) + \frac{\underline{Z}_{XX}(t) \cdot \underline{Z}_{YY}(t)}{\underline{Z}_{XX}(t) + \underline{Z}_{YY}(t)} \quad (30)$$

получаем, что действующее значение тока шунта зависит от времени как

$$\underline{I}_{\text{ш}}(t) = \underline{E}_{\Gamma} \cdot \frac{\underline{Z}(t)}{0,5\underline{Z}_{1D}(t) + \underline{Z}_{\Gamma}} \cdot \frac{\underline{Z}_{XYZ}(t)}{\underline{Z}_{DD}(t)[R_s + \underline{Z}_{XYZ}(t)] + R_s \underline{Z}_{XYZ}(t)}. \quad (31)$$

Отсюда комплексная передаточная функция по току подучастка OS с учетом частотной зависимости сопротивлений и

действующего значения рассматриваемой гармонике ЭДС генератора есть (в соответствии с [2])

$$\underline{K}_{\Gamma}(\omega, t) = \frac{\underline{Z}(t) \cdot \underline{Z}_{XYZ}(t)}{[\underline{Z}_{\Gamma} + 0,5\underline{Z}_{1D}(t)] \cdot [\underline{Z}_{DD}(t) \cdot R_s + \underline{Z}_{DD}(t) \cdot \underline{Z}_{XYZ}(t) + R_s \cdot \underline{Z}_{XYZ}(t)]}. \quad (32)$$

Последнее выражение открывает принципиальную возможность получения аналитического выражения для мгновенного значения $\underline{i}_{\text{ш}}(t)$ тока шунта по той же методике, которая использована в [1]. Однако сложные зависимости от времени сопротивлений, входящих в (32), препятствуют получению точной аналитической зависимости $\underline{i}_{\text{ш}}(t)$ ввиду невозможности в данном случае точного

аналитического интегрирования в ходе расчета обратного преобразования Фурье. Аппроксимации, обеспечивающие сведение подынтегрального выражения к аналитически интегрируемому, настолько грубы, что инженерная ценность получаемого результата весьма сомнительна. Наиболее плодотворным путем в данной ситуации видится компьютерное моделирование с представлением сигнала в частотной области. В качестве

модели входного сигнала рассматриваемой цепи выбираем типичный для АЛСН прямоугольный радиоимпульс с амплитудой

$E_{\Gamma m}$, центральной частотой f_0 , длительностью τ_H , повторяющейся с периодом T :

$$e_{\Gamma}(t) = \begin{cases} E_{\Gamma m} \cdot \sin 2\pi f_0(t), & t \in [0; \tau_H) \\ 0, & t \in [\tau_H; T). \end{cases} \quad (33)$$

Тригонометрический ряд Фурье для такого сигнала имеет общий вид [6]

$$e_{\Gamma}(t) = \sum_{k=0}^{\infty} E_{mk} \cdot \cos(k\Omega t + \beta_k), \quad (34)$$

где $\Omega = 2\pi/T$.

Выражение для комплексной амплитуды k -ой гармоники ЭДС генератора находим по формуле [6]

$$\underline{E}_{mk} = \frac{2}{T} \int_0^T e_{\Gamma}(t) \cdot e^{-jks2t} dt. \quad (35)$$

Подставив (33) в (34) в конечном итоге получим, что

$$\begin{aligned} \underline{E}_{mk} = & \frac{2E_{\Gamma m} \cdot e^{j[(\omega_0 - k\Omega)\tau_H - \pi]/2}}{(\omega_0 - k\Omega)T} \cdot \sin \frac{(\omega_0 - k\Omega)\tau_H}{2} + \\ & + \frac{2E_{\Gamma m} \cdot e^{-j[(\omega_0 + k\Omega)\tau_H - \pi]/2}}{(\omega_0 + k\Omega)T} \cdot \sin \frac{(\omega_0 + k\Omega)\tau_H}{2}, \end{aligned} \quad (36)$$

где $\omega_0 = 2\pi f_0$.

В соответствии с (32) комплексной амплитудой k -ой гармоники тока шунта будет

$$I_{\text{ш } mk}(t) = \underline{E}_{mk} \cdot \underline{K}_T(k\Omega, t), \quad (37)$$

а сам этот ток как функция времени определяется выражением

$$i_{\text{ш}}(t) = \sum_{k=0}^{\infty} |I_{\text{ш } mk}(t)| \cdot \cos[k\Omega t + \psi_k(t)], \quad (38)$$

где

$$\psi_k(t) = \arg\{I_{\text{ш } mk}(t)\}. \quad (39)$$

На базе полученных выражений было приведено компьютерное моделирование кривой $i_{\text{ш}}(t)$ (рис. 3) при следующих исходных данных:

- параметры импульса

$$E_{\Gamma m} = 10 \text{ В}, \quad f_0 = 25 \text{ Гц}, \quad \tau_H = 0,23 \text{ с}, \quad k = 0, \dots, 36;$$

- параметри цепи

$$x_A = 0,2 \text{ км}, \quad x_B = 0,1 \text{ км}, \quad x_F = 0,09 \text{ км}, \\ R_s = 0,06 \text{ Ом}, \quad \sigma = 2 \cdot 10^{-2} \text{ См/м}, \quad \varepsilon = 5, \\ \varphi = 15^\circ, \quad x_2 = 11 \text{ м}, \quad y_2 = 12 \text{ м}.$$

Z_0 – согласно табличным данным для рельса Р65 [4].

$$Z_T = 0,25e^{j20^\circ} \text{ Ом согласно [9];}$$

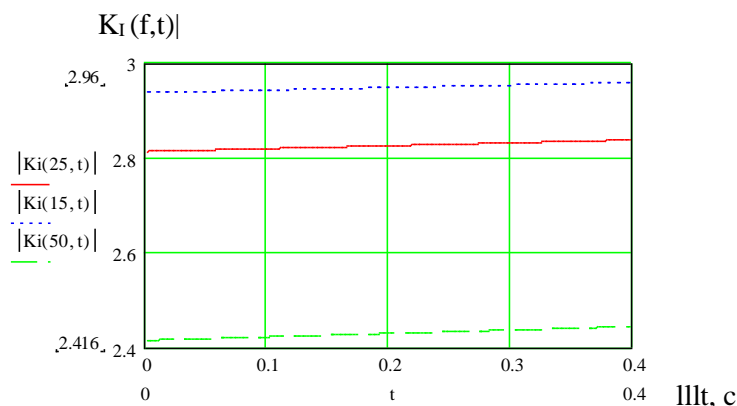


Рис. 3. Зависимость комплексной передаточной функции по току $K_I(\omega, t)$

Результаты моделирования показали, что в широком диапазоне практически возможных значений Z_{HO} , а также отклонений G_0 и σ от принятых за исходные значений зависимость $i_{ш}(t)$ визуально слабо отличается от синусоидального импульса, по форме близкого ко входному импульсу $e_T(t)$. Причиной видится слабая зависимость комплексной передаточной функции по току $K_I(\omega, t)$ от обоих своих аргументов в рабочем диапазоне частот и на временном отрезке длительностью t_H .

Вывод. ЭДС, развиваемая приемными локомотивными катушками на участке FC не претерпевает существенных искажений по сравнению с $e_T(t)$. Можно заключить, что среди прочих рассмотренных в начале этого подраздела механизмов связи между рельсовыми линиями прямого пути и ответвления гальваническая связь через балласт и грунт не может служить причиной искажения входных сигналов локомотивного приемника системы АЛСН.

Список использованных источников

1. Часові характеристики струму шунта та електрорушійні сили локомотивних котушок системи АЛСН [Текст] / О.М. Ананьєва, М.Г. Давиденко, В.О. Сотник, М.М. Бабаєв // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 127. – С. 56-78.
2. Ананьєва, О.М. Математична модель вхідного сигнального струму локомотивного приймача числових кодів АЛСН [Текст] / О.М. Ананьєва, В.О. Сотник, Ю.В. Соболев // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип. 26. – С. 67-70.
3. Каллер, М.Я. Теория линейных электрических цепей железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / М.Я. Каллер, Ю.В. Соболев, А.Г. Богданов. – М.: Транспорт, 1987. – 335 с.
4. Кулик, П.Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности [Текст] / П.Д. Кулик, Н.С. Ивакин, А.А. Удовиков. – К.: Издательский дом «Мануфактура», 2004. – 288 с.
5. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: в 2 т. Т. 2 [Текст] / В.И. Сороко, Е.Н. Розенберг. – М.: НПФ «Планета», 2000. – 1008 с.

6. Електротехніка та електромеханіка систем залізничної автоматики [Текст] / М.М. Бабаєв, М.Г. Давиденко, Г.І. Загарій [та ін.]. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 608 с.
7. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле [Текст] / Л.А. Бессонов. – М.: Высш. шк., 1978. – 231 с.
8. Иоссель, Ю.Я. Расчет электрической емкости [Текст] / Ю.Я. Иоссель, Э.С. Кочанов, М.Г. Струнский. – Л.: Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1981. – 288 с.
9. Аркатов, В.С. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание [Текст] / В.С. Аркатов, Ю.А. Кравцов, Б.М. Степенский. – М.: Транспорт, 1990. – 296 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор М.М. Бабаєв

Ананьєва Ольга Михайлівна, канд. техн. наук, доцент кафедри електротехніки та електричних машин, Український державний університет залізничного транспорту. Харків, Україна. Тел.: (057) 730-19-96.
Давиденко Михайло Георгійович, канд. техн. наук, доцент кафедри електротехніки та електричних машин, Український державний університет залізничного транспорту. Харків, Україна. Тел.: (057) 730-19-96.

Anan'yeva O.M., cand. of tehn. sciences of Engineering, professor department of electrical engineering and electrical machines Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. Тел.: (057) 730-19-96.
Davidenko M.G., Cand. of tehn. sciences of Engineering, professor department of electrical engineering and electrical machines Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. Тел.: (057) 730-19-96.

Наукова праця здана до друку 22.06.2015 року

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ

УДК 629.4.01

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ СУЧАСНИХ ВИСОКОШВИДКІСНИХ РЕЙКОВИХ ПОЇЗДІВ

Канд. техн. наук А.М. Зіньківський

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ПОЕЗДОВ

Канд. техн. наук А.Н. Зиньковский

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL EQUIPMENT MODERN HIGH-SPEED RAIL TRAINS

PhD, A. Zinkivskyi

Проведено аналіз зміни основних елементів залізничного високошвидкісного рухомого складу країн світу, встановлено напрямки, мету та необхідність його удосконалення. Визначено необхідність та методи покращення динаміки руху поїзда за рахунок застосування екіпажної частини різних розмірів з урахуванням методів підвішування тягової передачі. Встановлено методи забезпечення зменшення опору руху поїзда. Розглянуто методи зв'язку екіпажної частини поїзда з кузовом, їх особливості.

Ключові слова: високошвидкісний рухомий склад, швидкість руху, візки, струмоприймачі, системи гальмування, технічне оснащення.

Проведен анализ изменения основных элементов железнодорожного высокоскоростного подвижного состава стран мира, установлены направления, цели и необходимость его совершенствования. Определена необходимость и методы улучшения динамики движения поезда за счет применения экипажной части различных размеров с учетом методов подвешивания тяговой передачи. Установлены методы обеспечения уменьшения сопротивления движению поезда. Рассмотрены методы связи экипажной части поезда с кузовом, их особенности.

Ключевые слова: высокоскоростной подвижной состав, скорость движения, тележки, токоприемники, системы торможения, техническое оснащение.

Analyzed changes in the basic elements of a high-speed railway rolling stock of the world. Certain countries in which high-speed motion was adopted first. Directions, purpose and need for improved systems and design details. Defined limiting factors for increasing speed. Methods to improve the dynamics of the train by applying changes ekipazhnoyi use of trains and trucks of different sizes based methods of transmission and suspension traction elements spring suspension which provide smooth movement on the straight and curved sections of track. Established methods to ensure reduction of resistance of the train and passive protection of train collisions. Methods of communication ekipazhnoyi train with the body, their features. The analysis of high-speed trains braking systems and application combinations to ensure safety at different speeds. The construction pantograph that provides the necessary dynamic properties of high-speed train, provided a high level of reliability and current collection. An optimal voltage value for the operation of electric rolling at high speeds.

Keywords: High rolling stock, speed, truck, current collectors, braking systems, technical equipment.

Вступ. У 19-му і на початку 20-го сторіччя залізничні потяги були єдиною формою громадського транспорту. Залізничні компанії в Європі та Сполучених Штатах для боротьби з наступаючими літаками в тридцятих роках використовували високошвидкісні паровози зі швидкістю 130-160 км/год. Друга світова війна призупинила розвиток швидкісного транспорту. У 1957 р. компанія «Odakyu Electric Railway» з Токіо створила Romancecar 3000 SSE. Ця система вузькоколіїних поїздів з максимальною швидкістю 145 км/год дала японцям віру в те, що вони можуть благополучно будувати ще більш швидкі поїзди без перебудови колій.

Першою у світі "високошвидкісною залізницею" стала «Tōkaidō Shinkansen», офіційно відкрита в жовтні 1964 р. (будівництво почалося в 1959 р.). Потяги Shinkansen нульової серії, побудовані Кавасакі, досягали швидкості в 200 км/год (середня швидкість 160 км/год) на маршруті "Токіо - Нагоя - Кіото - Осака".

І в Японії, і у Франції початковим стимулом для введення високошвидкісного залізничного транспорту була потреба в додатковій місткості, щоб задовольнити зростаючий попит на пасажирські залізничні перевезення, що забезпечено будівництвом окремої прямої пасажирської високошвидкісної лінії [1, 2].

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Необхідним етапом у подальшому підвищенні швидкості руху залізничного пасажирського рухомого складу є застосування надійного оснащення високошвидкісних поїздів. Дане завдання виконується на основі розробки нових, а також розвитку та удосконалення існуючих систем та вузлів рухомого складу під пильним наглядом науковців для забезпечення безпеки руху на транспорті та життя користувачів (пасажирів) і працівників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В другій половині ХХ століття розвинутими країнами було проведено велику кількість досліджень зі створення нових систем і вузлів високошвидкісного руху пасажирських поїздів та впроваджено їх в експлуатацію, зокрема для підвищення швидкості та плавності руху, безпеки руху та пасажирів, комфорту користувачів [3-10].

Визначення мети та задачі дослідження. Провести аналіз даних з експлуатації існуючих та розробки нових систем і вузлів ВШРС для формування напрямків підвищення надійності та швидкості рухомого складу.

Основна частина дослідження. В останнє десятиліття на залізничному транспорті йшло інтенсивне освоєння швидкостей 250-300 км/год, для чого у Франції, Англії, ФРН, Італії, Японії були розгорнуті широкі теоретичні та експериментальні дослідження і насамперед у напрямі вдосконалення ходових частин і тягового привода.

Із загальних вимог до механічної частини стосовно високошвидкісного рухомого складу (ВШРС) домінуючими стали вимоги безпеки руху та комфорту без зниження техніко-економічної ефективності.

На перший план вийшли проблеми забезпечення динамічної стійкості *візків*, зменшення реакцій на збурення кінематичного характеру, а також здатність ВШРС тривало зберігати свої динамічні характеристики в процесі експлуатації.

Були створені прототипи високошвидкісних поїздів (ВШП), на яких перевірялися і відпрацьовувалися конструктивні рішення, що забезпечують безпеку руху в умовах високих швидкостей. Далеко не всі запропоновані спочатку конструкції виявилися ефективними та життєздатними.

При проектуванні оцінювався ступінь ризику розрахунковим, експериментальним, експертним шляхом або за даними експлуатації аналогічних типів високошвидкісного рухомого складу та його складових частин, залізничних ліній, їх підсистем і складових частин підсистем.

ВШРС і його складові частини, підсистеми і складові частини підсистем залізничних ліній, елементи складових частин підсистем за міцністю, стійкістю і технічним станом мають забезпечувати безпечний рух поїздів з найбільшими швидкостями, встановленими відповідним органом виконавчої влади в галузі залізничного транспорту.

Обрані проектувальником конструкції ВШРС та його складових частин, підсистем залізничної лінії та їх складових частин повинні бути безпечні впродовж призначеного терміну служби та (або) ресурсу, призначеного терміну зберігання, витримувати впливи і

навантаження, яким вони можуть піддаватися в процесі експлуатації.

При проектуванні ВШРС:

- повинні вибиратися рішення, що забезпечують встановлені законодавством країни допустимі рівні небезпечних впливів;

- повинні забезпечуватися вимоги габариту рухомого складу, умов експлуатації з урахуванням зовнішніх кліматичних і механічних впливів, технічної сумісності, в тому числі з інфраструктурою залізничного транспорту;

- повинні передбачатися енергопоглинаючі пристрої для захисту пасажирів і обслуговуючого персоналу в разі зіткнення залізничного рухомого складу;

- повинні використовуватися програмні засоби, що забезпечують безпеку функціонування високошвидкісного залізничного транспорту та його складових частин.

З двох можливих підходів до компонування ВСПС – моторвагонного (всі вагони поїзда моторні) і електровозного (головні вагони замінені електровозами) – домінуючим став другий, прийнятий скрізь, крім Японії. При цьому було виявлено деякі стійкі тенденції в схемних рішеннях і конструкціях екіпажної частини.

Моторний візок є результатом тривалих пошуків і втіленням ряду принципів створення ходової частини швидкісного електрорухомого складу (ЕРС), в першу чергу спрямованих на досягнення високої динамічної стійкості, тобто на забезпечення виведення критичної швидкості по вилянню візка за межі експлуатаційних швидкостей – 300 км/год. Насамперед цьому сприяє велика база візка в поєднанні з високим абсолютним значенням і оптимальним співвідношенням жорсткостей поздовжніх і поперечних буксових зв'язків, а також малою початковою конусністю бандажа – 1/40.

Характерно, що прийнятні значення бази і жорсткостей зв'язків були вибрані не відразу, а впродовж більш ніж десятирічних теоретичних і експериментальних досліджень. Двічі у прототипів збільшили базу візки (спочатку 2,6 м, потім 2,9 і 3 м); пошук необхідного співвідношення поздовжньої і поперечної жорсткостей буксових зв'язків призвів до відмови від спочатку прийнятого буксового вузла типу Альстом і переходу до вузла з циліндричними гумометалевими

напрямними. Він має поздовжні і поперечні жорсткості зв'язку і забезпечує динамічну стійкість при швидкостях 350 км/год до появи ефективної конусності бандажа, що перевищує 0,1, що відповідає пробігу 0,5 млн км.

Другий стабілізуючий фактор – зменшення маси візка. Перенісши на кузов кріплення моторно-редукторного блока, вдалося знизити масу візків практично вдвічі. Був також введений гаситель коливань виляння з «фрикційною» характеристикою, що забезпечував великий момент тертя при малих швидкостях відносних кутових переміщень візків і кузова. Всі ці рішення збережені і для поїздів з максимальною швидкістю в експлуатації 300 км/год.

Суттєвих змін зазнав і вузол зв'язку візка з кузовом, в якому спочатку застосовували пневматичні ресори з малою поперечною рухливістю, потім кручені пружини «Флексікойл» високої гнучкості, після чого повернулися до пневморесор з високою поперечною рухливістю. Відмова від першого рішення була продиктована його конструктивною складністю, викликаною лише вертикальною рухливістю пневморесор, які не могли сприймати поздовжніх деформацій, викликаних проходом кривих, і не мали достатньої гнучкості, необхідної для поперечного зв'язку кузова з візком.

Поєднання високого статичного прогину (283 мм в кузовній ступені підвішування причіпного вагона) з великим запасом поперечної стійкості досягається тим, що точка опори кузова на пружини знаходиться на висоті, близькій до рівня положення центру мас кузова.

Стрілоподібна форма *кузова* в цілому збережена для всіх поїздів, однак лобовій частині поїзда додана ще більш подовжена форма, що на швидкості 300 км/год дозволяє знизити на 10 % аеродинамічний опір руху.

У лобовій частині головного вагона розташована захисна конструкція з набору відрізків труб нержавіючої сталі у вигляді двох шарів «бджолиних стільників», яка руйнується при збільшенні поздовжньої сили понад 700 кН і володіє високим поглинанням при аварійному лобовому ударі. Опорна плита «стільників» здатна сприйняти зусилля до 2000 кН і розподілити його між стояками kabіни, не руйнуючись.

При русі кузов вагона, що спирається на ресорне підвішування візків, піддається коливанням бічної хитавиці. При дуже гнучкому ресорному підвішуванні кути коливань бічної хитавиці можуть досягати великих величин, що призведе до виходу вагона за межі габариту рухомого складу. Бічний нахил в кривій компенсується відцентровою силою, що виникає при проходженні вагоном підвищення зовнішньої рейки.

Буксовий підшипниковий вузол виконаний нерозбірним, попередньо відрегульованим і змащеним герметичним блоком з двох конічних підшипників, що не потребує ревізії до пробігу 1,5 млн км.

Щоб уникнути поперечного «розхитування» моторно-редукторного блока, між ним і кузовом введені пружинні механізми, що мають характеристику, вони забезпечують центрування осі блока при русі в прямих ділянках колії і кривих великого радіуса. При русі в кривих малих радіусів (менше 500 м) виникає небезпека появи таких відносних поперечних переміщень підвишеного до кузова редуктора і колісної пари, які не можуть бути сприйняті шарнірно-повідковими вузлами муфти. Щоб уникнути пошкодження муфти на візках, передбачені важільні механізми жорсткого кутового зв'язку рами візка з моторно-редукторним блоком, що змушує цей блок слідувати за візком при повороті її навколо вертикальної осі, не заважаючи іншим переміщенням. Це забезпечує відносні поперечні переміщення осі колісної пари і редуктора в допустимих межах.

Для доведення максимальної швидкості руху електропоїздів всіх серій до 300 км/год модернізуються експлуатовані поїзди, конструкційна швидкість яких дорівнює 270 км/год. З іншого боку, для підготовки до роботи в XXI ст. виробники високошвидкісних поїздів працюють у таких напрямках:

- розробка основних технічних вимог, що забезпечують регулярну і безпечну експлуатацію з максимальною швидкістю 350 км/год, для створення поїздів нового покоління;

- відкриття ряду тем науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт для вирішення виникаючих проблем і впровадження надійних, працездатних технічних нововведень, що перевіряються шляхом випробувань дослідних зразків.

Передбачено, що всі поїзди повинні бути оснащені *гальмами* з системами управління МСЗ і електропневматичними пристроями протиюзного захисту, екстреного гальмування при управлінні поїздом в одну особу, а також тягово-гальмівним контролером нового типу. Нижче наведені особливості, технічні та експлуатаційні характеристики гальмівного обладнання для поїздів кожного типу.

Гальмівне зусилля кожного візка при звичайному службовому гальмуванні в діапазоні початкових швидкостей від 200 до 30 км/год повинно бути не менше 36 кН, при екстреному гальмуванні в тому ж діапазоні – не менше 50 кН.

Гальмівне зусилля кожного візка при звичайному службовому гальмуванні в діапазоні початкових швидкостей від 360 до 220 км/год повинно бути не менше 8,5 кН, при повному службовому гальмуванні в тому ж діапазоні – не менше 15 кН, при екстреному гальмуванні – не менше 20 кН.

Гальмівні диски кріпляться болтами до диска одного з коліс кожної колісної пари. Вони діють тільки при швидкості менше 30 км/год, компенсуючи малу ефективність електричних гальм в діапазоні низьких швидкостей, використовуються при маневрових пересуваннях і виконують функції гальма стоянки. Гальмівне зусилля кожного візка повинно бути не менше 25 кН.

На осі кожної колісної пари встановлюють чотири сталевих гальмівних диски зі спеченими керамічними накладками. Гальмівне зусилля кожного візка при швидкості менше 200 км/год повинно бути не менше 40 кН, при швидкості більше 200 км/год – не менше 15 кН.

Проведено випробування з метою визначення можливості заміни чотирьох сталевих гальмівних дисків зі спеченими керамічними накладками, що поглинають енергію порядку 90 МДж на кожен колісний пару, трьома такими ж дисками або трьома дисками з вуглецевого волокна зі спеченими керамічними накладками (або двома дисками з вуглецевого волокна з накладками з цього ж матеріалу).

Вихрострумове гальмо передбачено використовувати тільки на нових лініях при швидкості більше 220 км/год. За межами цього діапазону застосуванню цього гальма перешкоджає робота системи автоматичного

регулювання швидкості. Для забезпечення надійності та правильної роботи гальма, запобігання його несвоєчасному спрацьовуванню будуть проведені відповідні дослідження. Намічено провести ресурсні випробування гальма в умовах регулярної експлуатації. Будуть удосконалені пристрої для вимірювання та регулювання повітряного зазора. Науковцям вдалося вирішити проблему забезпечення нечутливості детекторів нагріву букс до температурного впливу вихрострумове гальма. Роботи в цьому напрямку ведуться на залізницях кількох країн Європи.

Для забезпечення високошвидкісного руху при швидкостях понад 200 км/год на рухомий склад з контактної мережі необхідно за допомогою одного або декількох струмоприймачів подати електричну енергію сумарною потужністю до 20000 кВт.

Збільшення потужності для високошвидкісних магістралей (ВШМ) обумовлено тим, що при збільшенні швидкості квадратично зростає аеродинамічна складова основного опору руху [11]. Так, якщо при швидкості 120-140 км/год основний питомий опір руху звичайних пасажирських поїздів не перевищує 4 кгс/т, то для високошвидкісного ЕРС (250-300 км/год) він дорівнює 10-17 кгс/т. Відповідно до цього для реалізації високих швидкостей руху потрібна істотно більша питома потужність тягового обладнання поїзда [12].

Забезпечити надійну роботу елементів, що беруть участь в струмозніманні допомогою ковзного електричного контакту при системі тяги постійного струму напругою 3 кВ уявляється досить складним. Дослідні швидкісні поїздки на залізницях у Франції в середині 50-х років минулого століття остаточно підтвердили висновок про те, що живлення постійним струмом напругою 1,5 кВ не має перспектив при швидкостях понад 200 км/год. Використання постійного струму з напругою 3 кВ вимагає забезпечення струмознімання на один струмоприймач зі струмом 2500 А, а, отже, роботу електропоїзда з декількома струмоприймачами.

При русі ЕРС повинні бути виключені удари струмоприймача з елементами підвіски в результаті їх динамічних переміщень. На електровозах і моторних вагонах електропоїздів у країнах СНД і ряді інших держав застосовують струмоприймачі

пантографного типу. Їх часто називають пантографами.

Струмоприймачі повинні забезпечувати стійкий контакт з проводом. Тому сила натискання полоза на дріт повинна бути досить великою, проте її не можна збільшувати вище певної межі, оскільки вона призводить до відтискання контактного проводу, його підвищеного зносу та зносу контактних деталей струмоприймача.

Найбільш поширеними для високошвидкісного руху є асиметричні струмоприймачі (див. рис. 1). Такий струмоприймач являє собою багатоважільний механізм з шарнірно-зчленованих трубчастих рам. Основними вузлами в конструкції струмоприймача є: полози 2 із закріпленими контактними накладками 1, верхня рама 3, яка в нижній частині закінчується поперечним кронштейном, сполученим з нижнім важелем 4 і тягою 5, підставка 7, закріплена на ізоляторах 8, і пневматичний привід 6, встановлений на рамі підставки.



Рис. Асиметричний струмоприймач:

- 1 – струмознімальна накладка; 2 – полози;
- 3 – верхня рама; 4 – нижній важіль; 5 – тяга;
- 6 – пневматичний привід; 7 – підставка;
- 8 – ізолятори

Переваги асиметричного струмоприймача перед звичайним пантографом:

- менша маса;

– коливання струмоприймача при русі менше розгойдують елементи контактної мережі, що забезпечує краще притискання полоза струмоприймача до контактного проводу і, таким чином, краще струмознімання;

– потрібно менше місця на даху, що полегшує розміщення дахового обладнання. Деякі види електричного рухомого складу, розраховані на роботу з декількома системами електроживлення, мають різні пантографи для різних видів живильного струму;

– менша матеріаломісткість;

– потрібна менша потужність привода для піднімання і опускання струмоприймача.

Вивчення взаємодії контактної підвіски з рухомим струмоприймачем показує, що зі збільшенням швидкості руху сила динамічного контактного натискання істотно зростає і, отже, зростає інтенсивність зносу контактних проводів і струмознімальних елементів. Контактне натискання зі збільшенням швидкості має зростати за певним законом, тоді механічне та електричне зношування контактного проводу та струмознімальних елементів буде мінімальним.

При високих швидкостях руху неодмінною умовою забезпечення стабільного ковзного контакту між струмознімальними елементами і контактним дротом є значна ширина полоза струмоприймача, яка повинна

становити не менше 400 мм. В силу багатьох причин струмоприймачі на рухомому складі різних європейських країн мають полози різної довжини: у Німеччині, Австрії та Іспанії загальна довжина полоза дорівнює 1950 мм, у Великобританії – 1600 мм, у Франції та Швейцарії – 1450 мм. У колишньому СРСР, а нині в країнах СНД загальна довжина полоза складає 2 260 мм [1-12].

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. На основі проведеного аналізу розвитку високошвидкісного рухомого складу можна сказати, що є ще досить великий простір для удосконалення конструкції та напрямків щодо підвищення швидкості руху поїздів. Серед них такі:

– удосконалення конструкції екіпажної частини для забезпечення плавності руху поїзда;

– застосування нових систем гальмування та матеріалів для них з метою підвищення граничних швидкостей та збереження безпеки руху;

– зменшення загальної маси рухомого складу;

– застосування нових матеріалів та удосконалення конструкції струмоприймачів для покращення процесу струмознімання та зменшення зносу елементів тертя.

Список використаних джерел

1. Костромина, И. Японские поезда – симбиоз высоких технологий и комфорта [Текст] / И. Костромина // Вагонный парк. – 2011. – № 1. – С. 46-48.
2. Кучеренко, О. Быстрее самолета [Текст] / О. Кучеренко // Вагонный парк. – 2010. – № 2. – С. 40-43.
3. Soulie C., Tricoire J. Le grand livre du TGV Editions [Текст] / La Vie du Rail 2002, Paris.
4. International Railway Journal, Simons-Boardman [Текст] / Publ. Corp. Ashford/New York, iss. 2/2009, 7/2009, 8/2009, 5/2010.
5. Cherubini F.: Materiale motore 2005 ETR Editrice Transport su Rotaire Salo (Brescia) 2005.
6. Paliotta L., Mosca M.: Dalla Direttissima all'Alta Velocita. Ponte San Nicolo. Duegi Editrice 2007.
7. Railway Gazette International. Reed Press Publishing, Sutton: is. 3/2010, 5/2010, 6/2010, 8/2010.
8. Suda H.: Tokkaido Shinkansen, JTB Can Brooks 2000.
9. Semmens P.: High Speed in japan. Shinkansen – the world's busiest high –speed railway. Second edition, Platform 5 Publishing Ltd. Sheffield 2000.
10. ICE: la grande vitesse allemande a 15 ans. Rail Passion nr 110.
11. Колесов, С.М. Матеріали та взаємодія контактної підвіски і струмоприймача [Текст]: підручник / С.М. Колесов, І.С. Колесов. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна, 2006. – 284 с.

12. Беляев, И.А. Токосъем и токоприемники электроподвижного состава [Текст] / И.А. Беляев, В.П. Михеев, В.А. Шиян; под ред. И.А. Беляева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1976. – 184 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.П. Фалендиш

Зінківський Артем Миколайович, канд. техн. наук, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-99. E-mail: kumasiktem@ukr.net.

Artem Zinkivskiy, candidate of technical Sciences, Department of Operation and repair of rolling stock Ukrainian State University of railway transport. Тел.: (057) 730-19-99. E-mail: kumasiktem@ukr.net.

Наукова праця здана до друку 14.07.2015 року

УДК 621.43.055

ВЛИЯНИЕ РАССЛОЕНИЯ ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНОГО ЗАРЯДА НА ПОКАЗАТЕЛИ СГОРАНИЯ ДВУХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

Канд. техн. наук В.А. Корогодский, асп. О.Н. Стеценко, магистрант Е.А. Ткаченко

ВПЛИВ РОЗШАРУВАННЯ ПАЛИВНО-ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ НА ПОКАЗНИКИ ЗГОРЯННЯ ДВОТАКТНОГО ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ

Канд. техн. наук В.А. Корогодський, асп. О.М. Стеценко, магістрант Є.О. Ткаченко

THE INFLUENCE STRATIFICATION OF FUEL AND AIR CHARGE ON COMBUSTION INDICATORS TWO-STROKE ENGINES WITH SPARK IGNITION

Candidate of techn. sciences V.A. Korohodskiy, postgraduate O.N. Stetsenko, master student E.A. Tkachenko

При обробці експериментальних індикаторних діаграм за навантажувальною характеристикою двотактного двигуна з іскровим запалюванням при безпосередньому впорскуванні палива та організації згоряння розширеного паливно-повітряного заряду визначені емпіричні залежності зміни показника характеру згоряння m і тривалості згоряння $d\varphi_z$. Визначене значення максимального тиску згоряння (P_z) та відхилення P_z від ВМТ в залежності від навантаження.

Ключові слова: навантажувальна характеристика, показники згоряння, безпосереднє впорскування палива, розширований паливно-повітряний заряд, двотактний двигун.

При обработке экспериментальных индикаторных диаграмм по нагрузочной характеристике двухтактного двигателя с искровым зажиганием при непосредственном впрыскивании топлива и организации сгорания расслоенного топливно-воздушного заряда получены эмпирические зависимости изменения показателя характера сгорания m и продолжительности сгорания $d\varphi_z$. Определены значения максимального давления сгорания (P_z) и отклонение P_z от ВМТ в зависимости от нагрузки.

Ключевые слова: нагрузочная характеристика, показатели сгорания, непосредственное впрыскивание топлива, расслоенный топливно-воздушный заряд, двухтактный двигатель.

For further researches of working processes of two-stroke spark-ignition engines with direct fuel injection and organization of combustion stratified fuel-air charge and to identify factors, that have influenced to the performance of the engine, analysis of the experimental indicator diagrams of the loading characteristic by the I.I.Vibe's method have conducted. As a result, the curves of heat release in the cylinder,

of which the combustion parameters are defined, produced. The empirical relationships of changing of the character of combustion m index and duration of combustion $d\phi_z$ by the loading characteristic at $n = 3000 \text{ min}^{-1}$ produced. The values of the maximum combustion pressure (P_z) and P_z the deviation from TDC depending on the load

Keywords: loading characteristic, spark timing, spark-ignition engines, combustion, direct-injection, stratified charge.

Введение и постановка проблемы. В настоящее время ужесточены нормативные требования к выбросам вредных веществ (ВВ) с отработавшими газами (ОГ) для двигателей внутреннего сгорания (ДВС) [1]. Для выполнения нормативных требований и снижения расхода топлива целесообразно использовать в двигателях с искровым зажиганием (ИЗ) непосредственный впрыск топлива (НВТ). Наиболее целесообразно применение НВТ в двухтактных двигателях с ИЗ. Использование НВТ позволяет исключить потери топлива при продувке, организовать сгорание расслоенного топливно-воздушного заряда (РТВЗ) при значении коэффициента избытка воздуха в цилиндре $\alpha_{\text{цил}} > 1,3$, а также повысить степень сжатия, что в итоге приводит к повышению эффективных показателей и снижению выбросов ВВ с ОГ. Поэтому исследование рабочих процессов ДВС с ИЗ при внутреннем смесеобразовании и организации сгорания РТВЗ является актуальным.

Анализ публикаций. В двигателях при организации рабочего процесса НСЦИ (Homogeneous Charge Compression Ignition) гомогенная топливно-воздушная смесь (ТВС) равномерно распределяется по всему надпоршневому объёму и воспламеняется от сжатия на частичных нагрузках и от принудительного источника воспламенения при максимальных нагрузках.

Высокая степень сжатия ($\varepsilon > 15$), относительно низкая температура сгорания, отсутствие потерь при дросселировании воздуха на впуске и высокие значения $\alpha > 2,5$ обеспечивают экономичность двигателя с рабочим процессом НСЦИ на уровне дизелей [2].

Однако, отсутствие решения ряда проблем, и в первую очередь – проблемы контроля управления воспламенением ТВС не позволяет начать массовое производство двигателей с процессом НСЦИ [3].

В Centre for Advanced Powertrain and Fuels (CAPF), Brunel University разработан двухтактный двигатель с механической

топливной системой для НВТ в цилиндр двигателя. Использование форсунок с клапанным и двухщелевым распылителем позволило организовать два рабочих процесса. В первом случае форсунка с клапанным распылителем формирует топливную струю, симметричную оси форсунки, что позволяет организовать объём ТВС по направлению движения струи в надпоршневом объёме. Во втором случае форсунка с двухщелевым распылителем формирует две топливные струи, позволяющие более равномерно распределять частицы топлива по объёму ТВС, способствуя снижению g_e до $225 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ [4].

Анализ описанных выше способов организации рабочих процессов в ДВС с ИЗ показывает, что для обеспечения наименьшего значения g_e целесообразно обеднять ТВЗ в объёме цилиндра таким образом, чтобы возле электродов свечи зажигания находился объём гомогенной ТВС, а на периферии её – воздух, т.е. распределить ТВС и воздух слоями [8].

Одним из способов обеспечения РТВЗ с гомогенным составом в объёме ТВС может быть организация плёночного смесеобразования. Процесс перемешивания паров топлива, испарившихся с поверхности топливной плёнки, и набегающего воздушного заряда способствует получению качественной однородной ТВС. При этом для организации плёночного смесеобразования достаточно относительно невысокого давления впрыскивания топлива (до 10 МПа) по сравнению с организацией объёмного смесеобразования, где однородная ТВС в основном формируется за счет повышенного давления впрыскивания топлива (свыше 100 МПа), что влечёт за собой повышение механических потерь. Также испарение топлива с поверхности камеры сгорания (КС) снижает температуру стенки, охлаждая её, что способствует снижению потерь тепла в окружающую среду.

Для организации РТВЗ с плёночным смесеобразованием в двухтактном двигателе

ДН-4М ($S/D=87/82$) с ИЗ и НВТ в стенке цилиндра устанавливается топливная форсунка клапанного типа. Конструкция распылителя, относительно низкое давление впрыскивания топлива (до 4 МПа), а также снижение воздействия воздушных потоков на топливную струю при впрыскивании топлива обеспечивают организацию плёночного смесеобразования, которая состоит в следующем. При НВТ на такте сжатия в заполненную воздухом КС впрыскивается конусообразная топливная струя, направленная таким образом, что электроды свечи зажигания находятся внутри её воздушной полости, а частицы топлива достигают поверхности стенок КС. При воздействии температуры стенки под топливной плёнкой и набегающего воздушного потока в цилиндре формируется РТВЗ [5, 10]. Во время сгорания, при распространении фронта пламени навстречу ему направляется поток ТВС, что позволяет сократить продолжительность сгорания. Турбулизация ТВС и интенсивный подвод воздуха в зону горения обеспечивают эффективное сгорание РТВЗ на частичных нагрузках с практически однородным легковоспламеняемым составом ТВС возле электродов свечи зажигания и воздушным зарядом на её периферии. При максимальных нагрузках ТВС занимает практически весь надпоршневой объём [6, 9].

Первоначально, для выявления факторов, влияющих на уровень эффективных показателей двигателя с ИЗ и НВТ, целесообразно оценить показатели сгорания в зависимости от нагрузки по экспериментальным индикаторным диаграммам.

Цель исследований. Определение эмпирических зависимостей изменения показателя характера сгорания (m) и продолжительности сгорания ($d\varphi_z$) по модели И.И. Вибе на режимах нагрузочной характеристики при $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$.

Задачи исследований. Обработка экспериментальных индикаторных диаграмм, определение кривых сгорания топлива и изменение скорости тепловыделения (dx/df_i) при сгорании РТВЗ. Определение максимального давления сгорания (P_z) и отклонение P_z от ВМТ в зависимости от нагрузки.

Обработка экспериментальных данных. Экспериментальные исследования рабочих процессов одноцилиндрового двухтактного двигателя ДН-4М с ИЗ, воздушным охлаждением и кривошипно-камерной продувкой при НВТ и организации сгорания РТВЗ проводились на кафедре ДВС НТУ «ХПИ».

На режимах нагрузочной характеристики при частоте вращения коленчатого вала $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$, рациональном моменте начала подачи топлива $\varphi_{впр} = 224$ град. п.к.в. после ВМТ и угле опережения зажигания $\theta_{зж} = 10$ град. п.к.в. до ВМТ определялись эффективные показатели, а также проводилось индицирование в цилиндре двигателя.

С повышением нагрузки до $P_e=0,192$ МПа значение g_e снижается до $258 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ (рис. 1), при этом воздушная заслонка приоткрывается (рис. 2) и разрежение ($dP_{др}$) за ней снижается с $0,012$ до $0,0085$ МПа, что способствует повышению $\alpha_{цил}$ до $1,94$. При дальнейшем повышении нагрузки до $P_e = 0,322$ МПа и увеличении подачи топлива $\alpha_{цил}$ снижается до $1,66$, а значение g_e соответствует $259 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$.

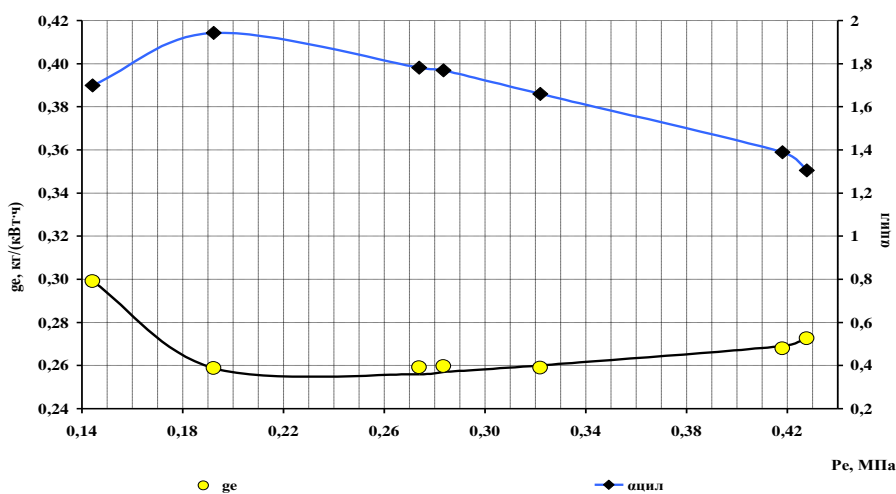


Рис. 1. Значения g_e и $\alpha_{цил}$

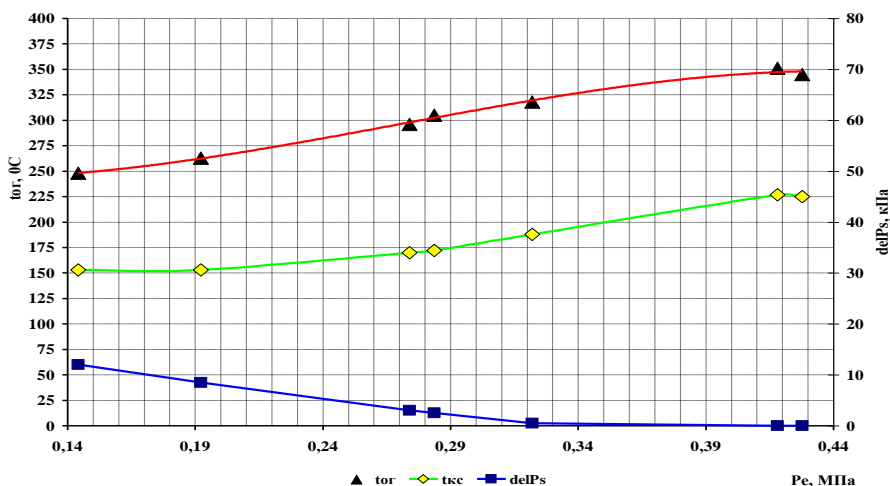


Рис. 2. Значения $dP_{др}$ и $t_{ог}$

В диапазоне максимальных нагрузок ($P_e = 0,322 \div 0,428$ МПа) при полностью открытой воздушной заслонке ($dP_{др} = 0$) значения $\alpha_{цил}$ снижаются до 1,31, а g_e повышается до 273 г/(кВт·ч). С повышением нагрузки до $P_e = 0,428$ МПа возрастает тем-

пература ОГ, которая достигает 345 °С (рис. 2).

Для определения основных показателей процессов сгорания по экспериментальным индикаторным диаграммам (рис. 3) использовалась методика, предложенная И.И. Вибе [7].

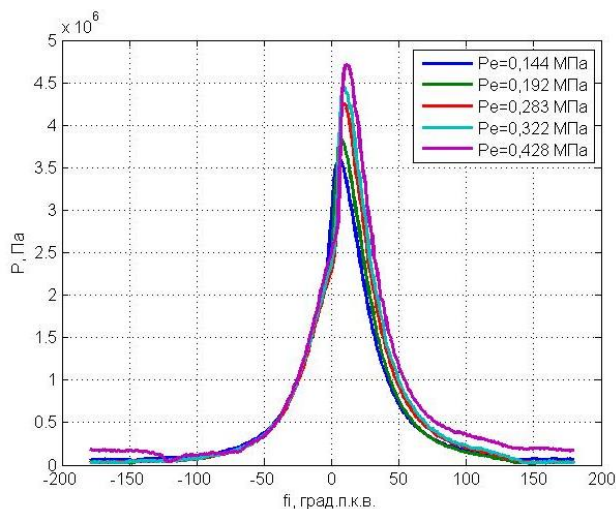


Рис. 3. Экспериментальные индикаторные диаграммы двигателя

Для обработки индикаторных диаграмм двухтактного двигателя по методике И.И. Вибе была написана программа в среде программирования Matlab. В результате обработки индикаторных диаграмм при работе двигателя ДН-4М с ИЗ и НВТ получены кривые сгорания топлива (рис. 4) на режимах нагрузочной характеристики, из которых определены моменты окончания процессов

сгорания. За момент начала сгорания принят момент начала воспламенения (угол опережения зажигания $\theta_{зак} = 10$ град. п.к.в. до ВМТ), а за момент окончания видимого сгорания – достижение максимального значения по характеристике сгорания топлива (x_i) [8].

Основное уравнение сгорания топлива

$$x = 1 - e^{c \left(\frac{\varphi}{d\varphi_z} \right)^{m+1}},$$

где m – показатель характера сгорания;

φ – условная продолжительность процесса сгорания, град. п.к.в.;

$d\varphi_z$ – продолжительность процесса сгорания, град. п.к.в.;

$c = -6,908$ при $x = 0,99$.

По результатам расчета представлены кривые сгорания топлива (рис. 4), построены характеристики скорости тепловыделения (dx/df_i) (рис. 5) в зависимости от нагрузки (P_e) на режимах нагрузочной характеристики при $n = 3000$ мин⁻¹. Получены значения m (рис. 6) и $d\varphi_z$ (рис. 7).

Значение показателя m , характеризующее интенсивность сгорания топлива, определялось методом наименьших квадратов (рис. 6) на режимах нагрузочной характеристики при $n = 3000$ мин⁻¹. Изменение значений m с удовлетворительной степенью аппроксимации $R^2=0,999$ описывается эмпирической зависимостью

$$m = 28,77P_e^3 - 49,34P_e^2 + 19,96P_e - 0,1763.$$

В результате исследований установлено, что продолжительность сгорания топлива увеличивается с повышением нагрузки. Значение продолжительности сгорания можно определить с удовлетворительной степенью аппроксимации $R^2=0,9698$ по эмпирической зависимости $d\varphi_z = 43,09P_e + 22,8$ (рис. 7).

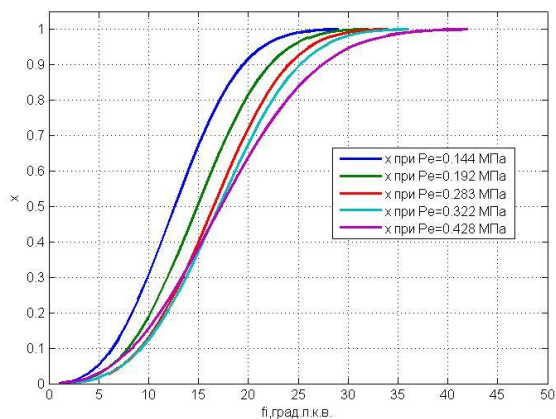


Рис. 4. Характеристики сгорания топлива

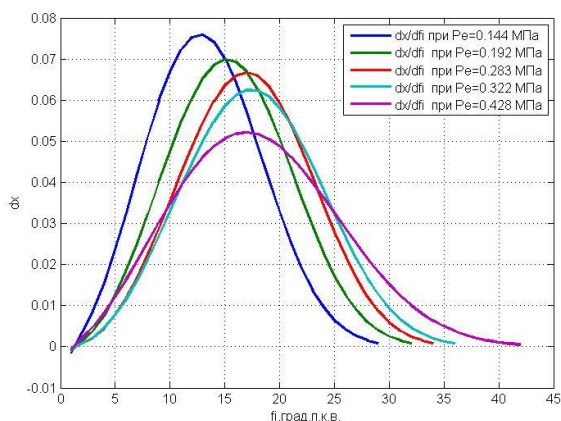


Рис. 5. Изменение скорости тепловыделения dx/df_i

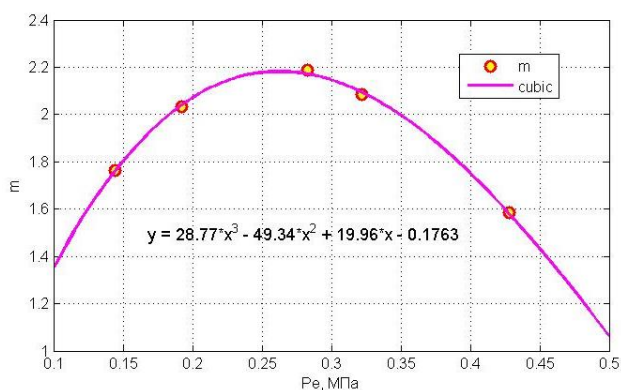


Рис. 6. Изменение показателя сгорания m

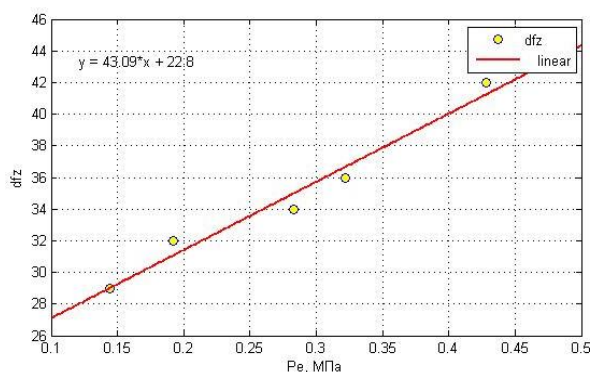


Рис. 7. Изменение продолжительности сгорания $d\varphi_z$

Анализ экспериментальных индикаторных диаграмм по нагрузочной характеристике

при $n = 3000$ мин⁻¹ показал таблицу, что $d\varphi_z$ изменяется в диапазоне от 29 до 42 град. п.к.в.

Скорость тепловыделения (dx/df_i) при сгорании РТВЗ снижается от 0,076 до 0,052 град. п.к.в⁻¹ при повышении нагрузки. Значения показателя характера сгорания (m) с повышением нагрузки до $P_e = 0,283$ МПа увеличивается до 2,18, а при дальнейшем повышении нагрузки до

$P_e = 0,428$ МПа снижается до 1,58. Максимальное давление в цилиндре (P_z) с повышением нагрузки возрастает до 4,71 МПа, при этом значения P_z смещаются относительно ВМТ по направлению вращения коленчатого вала на 6÷10 град.

Таблица

Результаты исследований

P_e , МПа	0,144	0,192	0,283	0,322	0,428
$d\varphi_z$, град. п.к.в.;	29	32	34	36	42
dx/df_i , град. п.к.в. ⁻¹	0,076	0,069	0,067	0,062	0,052
m	1,76	2	2,18	2,08	1,58
P_z , МПа	3,6	3,84	4,25	4,45	4,716
смещение от ВМТ, град.	6	7	9	9	10

Выводы. По экспериментальным индикаторным диаграммам двухтактного двигателя ДН-4М с ИЗ и НВТ на режимах нагрузочной характеристики при $n = 3000$ мин⁻¹ определены эмпирические зависимости изменения показателя характера сгорания (m) и

продолжительности сгорания ($d\varphi_z$). Построены кривые сгорания топлива и кривые скорости тепловыделения, определены значения максимального давления при сгорании (P_z) и смещение P_z относительно ВМТ.

Список использованных источников

1. Basshuysen, R. Ottomotor mit Direkteinspritzung: Verfahren, Systeme, Entwicklung, Potenzial [Текст] / R. Basshuysen Aufl. *Springer Fachmedien Wiesbaden*, 2013. – 480 p.
2. Tunestal, P.A. The Use of Cylinder Pressure for Estimation of the In-Cylinder Air/Fuel Ratio of an Internal Combustion Engine [Текст]: A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering-Mechanical Engineering / P.A. Tunestal - University of California, Berkeley, 2000 – 106p.
3. Zhao, H. HCCI and CAI Engines for the Automotive Industry [Текст] / Edited by H. Zhao – Cambridge: *CRC Press*, 2007. – 557 p.
4. Y Zhang. Lean boost CAI combustion in a 2-stroke poppet valve GDI engine [Текст] / Y Zhang, H Zhao // *Internal Combustion Engines: Performance, Fuel Economy and Emissions; IMECHE, LONDON - 2013*, 169-177 p.
5. Спосіб сумішоутворення в камері згорання двигуна внутрішнього згорання і двигун внутрішнього згорання з розшаруванням паливоповітряного заряду та із примусовим запалюванням при безпосередньому вприскуванні палива [Текст]: пат. 87733 С2, Україна, МПК7 F02В 17/00. / Корогодський В.А., Кирилюк І.О., Ломов С.Г.; заявник і власник – Корогодський В.А., Кулигін В.І., Кирилюк І.О., Ломов С.Г. - № а200710939; заявл. 03.10.2007; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 15. – 3 с.
6. Корогодский, В.А. Организация рационального способа регулирования мощности в двигателе с искровым зажиганием [Текст] / В.А. Корогодский // *Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков, 2013. – №1. – С. 11-16.*
7. Вибе, И.И. Новое о рабочем цикле двигателей [Текст] / И.И. Вибе. -М.:Машгиз, 1962. – 270 с.
8. Chiodi, M. An Innovative 3D-CFD Approach towards Virtual Development of Internal Combustion Engines [Текст] / M. Chiodi. *Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH - 2011 – 245p.*
9. Zhao, H. Advanced Direct Injection Combustion Engine Technologies and Development Gasoline and Gas Engines, V.1. - 2010 [Текст] / H. Zhao. *Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC*, 2010. – 324 p.

10. Корогодский, В.А. Повышение топливно-экологических показателей двухтактного ДВС с искровым зажиганием за счет совершенствования процессов внутреннего смесеобразования [Текст] / В.А. Корогодский // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков, 2013. – № 2. – С. 21-26.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.П. Фалендыш

Корогодський Володимир Анатолійович, канд. техн. наук, доцент, кафедра теплотехніки та теплових двигунів, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-78.

E-mail: korogodskiy@mail.ru.

Стеценко Оксана Миколаївна, аспірант, кафедра теплотехніки та теплових двигунів Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-78. E-mail: stetsenko.oksana@mail.ru.

Ткаченко Євген Олександрович, магістрант, кафедра теплотехніки та теплових двигунів, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-78.

Korohodskiy Volodymyr Anatolyovych candidate of technical science, associate professor department of heating engineering and heat engines Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-78.

E-mail: korogodskiy@mail.ru.

Stetsenko Oksana Nikolaevna postgraduate, department of heating engineering and heat engines Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-78. E-mail: stetsenko.oksana@mail.ru.

Tkachenko Evgen Oleksandrovych master student, department of heating engineering and heat engines Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-78.

Наукова праця здана до друку 08.07.2015 року

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ ТА СПОРУДИ

УДК 625.143

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТЕОРІЙ РОЗРАХУНКІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ

Д-р техн. наук О.М. Даренський, старш. викл. Е.А. Беліков

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ТЕОРИЙ РАСЧЕТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ

Д-р техн. наук А.Н. Даренский, старш. преп. Э.А. Беликов

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF THEORIES CALCULATIONS OF RAILWAY TRACKS

Dr. of techn sciences A.N. Darenskiy, senior lecturer E.A. Byelikov

У статті виконано аналіз наукового внеску відомих залізничних науковців у період з 1835 року до теперішнього часу, які поповнили розвиток розрахунків взаємодії колеса рухомого складу на колію та на верхню будову колії для визначення оптимальних експлуатаційних характеристик.

Ключові слова: *верхня будова колії, експлуатаційні характеристики, розрахункова схема.*

В статье выполнен анализ научного вклада известных железнодорожных ученых в развитие расчетов взаимодействия колеса подвижного состава на железнодорожные пути и на верхнее строение пути для определения оптимальных эксплуатационных характеристик в период с 1835 года до настоящего времени.

Ключевые слова: *верхнее строение пути, эксплуатационные характеристики, расчетная схема.*

In this paper the analysis of scientific contribution, known Railways governmental scientists, in the development of calculations of the interaction of the wheels of the rolling stock on the railway track and track structure to determine the optimum operating characteristics in the period from 1835 to the present.

It is concluded that the most common currently is the General design scheme of the way in the form of a beam-rail constant cross section, which relies on a continuous elastic Foundation. This diagram assumes the constancy of the elastic and dissipative characteristics of this reason. According to some authors, these assumptions are unfathomably idealized path and its technical condition.

For conditions of non-public roads of the developed model and methods, which are based on the spatial scheme of the way in the form of beams-rails based on discrete elastic-dissipative supports sleepers. These models and methods allow in contrast to the known to consider not only the discreteness of Pirani rails on sleepers, but also the nonlinearity of the elastic-dissipative characteristics of the rail supports, and the differences of these characteristics for each foot.

Keywords: *track structure, performance, design scheme.*

Вступ. Разом з будівництвом перших залізниць в кінці 19 століття беруть початок перші розрахунки взаємодії колеса рухомого складу на колії і на верхню будову колії для визначення оптимальних експлуатаційних характеристик. До теперішнього часу зміни у розрахунках тривають.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Виконати бібліографічний аналіз доступних літературних джерел, які констатують розрахунки взаємодії колеса рухомого складу та колії для визначення її оптимальних експлуатаційних характеристик.

Основна частина дослідження. Разом з будівництвом перших залізниць в кінці 19 століття беруть початок перші розрахунки взаємодії колеса рухомого складу на колії і на верхню будову колії для визначення оптимальних експлуатаційних характеристик. У 1835 р. відомий інженер-шляховик П.П. Мельников розглядав у своїх розрахунках рейки як розрізну балку на двох непружних опорах. У 1859 р. Д.И. Журавський, 1868 р. Г. Пуанкер, 1874 р. Ф. Енрольд перейшли до розрахунків рейки як нерозрізної балки, що лежить на багатьох непружних опорах. З 1888 р. Ф. Циммерман, А.А. Холодецький, В.Г. Бобилев, В.В. Григор'єв здійснили перехід до розрахункової схеми рейки як балки, що лежить на багатьох пружних опорах. У 1895 р. С.Н. Смирнов сформулював головні правила вписування екіпажів у криві.

На початку 20 століття даним питанням займалися: 1903 р. – К.Ю. Цеглинський, 1910 р. – А.Е. Раєвський, 1913 р. – Х. Хейман, 1917 р. – Н.Т. Матюшин. Вони продовжили вирішення практичних завдань, пов'язаних з геометрією проходження кривих. У 1906 р. Н.П. Петров сформулював теорію взаємодії колії і рухомого складу, виконав розрахунок рейки як балки на пружній основі. В 1899 р. А.Л. Васютинський, 1905 р. – С.П. Тимошенко, 1915 р. – А.М. Годицький-Цвірко, спираючись на досліди і беручи розрахункову схему колії як балки, що лежить на суцільній пружній основі, суттєво вдосконалили розрахунки сил інерції необресорених мас, дали оцінку впливу вібрації на ці сили. З 1926 р. С.П. Тимошенко розробив найбільш застосовну до теперішнього часу теорію кручення рейки під дією горизонтальних поперечних сил, яку доповнили 1931 р. А.М. Годицький-Цвірко, С.А. Степкин, 1941 р. – Г.М. Шахунянц, Д.Г. Голованов, 1938 р. – М.Л. Королєв, 1950 р. – М.И. Кулагин, Н.К. Снитко.

У другій половині ХХ століття дослідженнями займалися видатні вчені. В.И. Ангелейко отримав розв'язання задачі при горизонтальному згині і крученні рейки, застосовуючи також розрахункову схему рейки як балки на пружних опорах з урахуванням характеристик жорсткості проміжних рейкових скріплень. При розрахунках по черзі використовувалися схеми однопрогонової, трипрогонової, п'ятипрогонової балок на пружних опорах для послідовного наближення

до необхідної точності рішення [1]. В 1951 р. О.П. Єршков, вирішуючи задачу про вигін і кручення рейки у використанні до балки на пружній основі, виконав аналіз можливості сумісного або роздільного розгляду деформацій горизонтального вигину і кручення. Як один з висновків у роботі наголошується, що сумісне і роздільне рішення дають близькі між собою і практично прийнятті результати.

В подальшому О.П. Єршков провів детальні дослідження характеристик просторової пружності рейкових ниток, необхідних для практичного розв'язання задач про вигін і кручення рейки як балки на пружній основі. Він зробив значний внесок у розробку теорії руху екіпажів у кривих ділянках колії, розробив узагальнений аналітичний метод визначення поперечних сил в кривих і методику визначення бічної дії на колію різних екіпажів графоаналітичним способом за допомогою так званих графіків-паспортів [3]. Ще 1948 р. О.П. Єршков вперше в практиці розрахунків колії теоретично визначив вірогідність поєднання різних динамічних чинників при визначенні сил, що діють на колію.

Ідеї академіка Н.П. Петрова про необхідність урахування характеру вірогідності динамічних навантажень, вперше реалізовані О.П. Єршовим, одержали глибокий і всесторонній розвиток в роботах Е.М. Бромбера і Г.М. Шахунянца [4,5]. Фундаментальне узагальнення і розвиток цього підходу в розрахунках динамічних навантажень було виконано М.Ф. Веріго [6].

Великий внесок у розвиток теорії взаємодії колії і рухомого складу зробили академік В.А. Лазарян, професори С.В. Амелін, Н.А. Ковальов, С.М. Куценко, М.П. Смирнов М.А. Фрішман, М.А. Чернишев, В.Ф. Яковлев.

На підставі виконаних досліджень були розроблені Правила виробництва розрахунків колії на міцність, затверджені 1954 р.

Професори Е.І. Даниленко і В.В. Рибкін розробили 2004 р. «Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість» [5] для магістральних залізниць України, в яких загальні положення розрахунку колії як балки на суцільній пружній основі були збережені. В правилах використано нові підходи до визначення модулів пружності рейкової основи, подано дані про жорсткість сучасних конструкцій проміжних рейкових скріплень і

шпал в різних умовах. Принципово новими в «Правилах розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість» є розрахунки подовжніх сил, що діють на колію з боку рухомого складу, розрахунки стійкості плітей безстикової колії.

Д-р техн. наук, професор Е.І. Даниленко є провідним фахівцем у галузі залізничної колії і колійного господарства на Україні. Його наукові праці і теоретичні розробки визначили технічну політику магістральних залізниць України у сферах розробки сучасних конструкцій проміжних рейкових скріплень [8]. Наукові положення робіт [9], фундаментальна робота [10] покладені в основу розрахунків, проектування, виготовлення і експлуатації стрілочних переводів як для магістральних залізниць, так і для промислового залізничного транспорту. Значний внесок робить проф. Е.І. Даниленко в розвиток теорії взаємодії колії і рухомого складу. Професор Е.І. Даниленко є автором більше п'ятнадцяти галузевих нормативних документів.

Наукова школа кафедри колії Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, яку створили академік В.А. Лазарян і професор М.А. Фрішман, бере найактивнішу участь в розробці основних положень і створенні математичного забезпечення теорії взаємодії колії і рухомого складу. Слід відзначити роботи академіка В.А. Лазаряна, професорів М.А. Фрішмана, В.В. Рибкіна, В.Д. Дановіча, І.А. Літіна, В.В. Львівського, О.М. Патласова, В.Н. Понирко, Н.П. Настечика.

Фундаментальне узагальнення і розвиток ймовірно-статистичного підходу до визначення навантажень в елементах колії, виконане М.Ф. Вериго [8], і глибоке дослідження задач взаємодії колії і рухомого складу методами статистичної динаміки і теорії випадкових функцій, проведене професором О.Я. Коганом [11], були покладені в основу програмного пакета «Взаємодія екіпажа і колії при просторових коливаннях рухомого складу» (ВЕІК), виконаного у ВНДІЗТі. В основі програмного пакета лежить математична модель, в якій просторові коливання екіпажа розкладені на дві незалежні групи - вертикальні і горизонтальні. Результати розрахунків по кожній з груп коливань об'єднуються з використанням принципу суперпозиції. Колія в пакеті ВЕІК розглядається як балка, що лежить на суцільній пружній основі, яка має постійну

по довжині колії масу, жорсткість і демпфування, приведені до нейтральної осі рейки.

При дослідженнях коливань у вертикальній площині система «екіпаж-колія» вважається повністю лінійною і для її аналізу застосовується апарат спектральної теорії випадкових процесів.

Зіставлення результатів чисельних розрахунків з даними експериментів показали, що програмний пакет ВЕІК дає хорошу збіжність результатів для рухомого складу (чотирирівні локомотиви, вантажні і пасажирські вагони) і для умов, характерних для магістральних залізниць – відносно невеликі осьові навантаження, високі швидкості руху, криві великих радіусів.

Слід зазначити, що програмний пакет ВЕІК створювався у 80-х роках ХХ століття, коли можливості ЕОМ і їх програмного забезпечення не дозволяли в чисельному вигляді розв'язувати велику кількість диференціальних рівнянь 2-3 порядків. Тому порівняльно прості рівняння, закладені в алгоритми програм пакета ВЕІК, зажадали надзвичайно складних математичних викладень для їх отримання. Одна з перших версій пакета ВЕІК була реалізована мовою Фортран IV для ЕОМ серії ЕС.

Розробка програмного пакета «ВЕІК», теоретичні розробки, покладені в його основу, дозволили вирішувати широке коло задач взаємодії колії і рухомого складу, напружено-деформованого стану як елементів верхньої будови колії, так і земляного полотна.

Значним кроком в розвитку теорії взаємодії колії і рухомого складу є розробка імітаційної моделі руху чотирирівних екіпажів по кривих ділянках колії, яка була створена вченими МІИТ і ВНДИЖТ під керівництвом професора М.Ф. Вериго [12]. Як розрахункова була прийнята плоска горизонтальна схема чотирирівного вагона, що є системою абсолютно твердих тіл. Між елементами системи існують лінійні і нелінійні зв'язки, залежні від відносних переміщень і їх швидкостей і прискорень. Колія розглядається як балка нескінченної довжини на пружній основі, що має в горизонтальній площині жорсткість і демпфування.

Кажучи про взаємодію колії і рухомого складу в кривих, професор М.Ф. Вериго особливо підкреслював, що використання

методів квазістатичного вписування з використанням для цього поняття «полнос повороту екіпажа» (метод Цеглінського) було вимушеною необхідністю. Тільки розгляд екіпажа як системи із значної кількості елементів, зв'язаних між собою кінематично нелінійними зв'язками, що вимагає складання системи з 15-20 диференціальних рівнянь з обов'язковим включенням в алгоритм елементів логіки, здатний адекватно відповідати натуральним процесам. Програма розрахунків [12] була складена мовою Фортран IV для персональних комп'ютерів IBM 386/387. Її використання дозволило виявляти цілий ряд чинників, що впливають на характер динаміки вагонів у кривих [13].

Таким чином, в дослідженнях взаємодії колії і рухомого складу, розрахунках напружено-деформованого стану колії застосовується як основна розрахункова схема рейки як балки на пружній основі. Це викликано, перш за все, зручністю і простотою розв'язань. Наприклад, для розв'язання задачі про вимушені або власні коливання колії в одній площині достатньо зіставити одне диференціальне рівняння четвертого ступеня, яке розв'язується аналітично тим або іншим способом, іноді із застосуванням апарату спектральної теорії випадкових чисел.

Безумовно, цей підхід був обумовлений в першу чергу відсутністю достатньо могутніх обчислювальних засобів і відповідного програмного забезпечення для чисельного розв'язання великої кількості диференціальних рівнянь в нелінійній підстановці. Як відзначив професор М.Ф. Веріго [13], саме такий підхід необхідний для опису процесів динаміки колії і екіпажів.

Більшість дослідників висловлюють думку, що одержані результати дають цілком хорошу збіжність з даними експериментів для умов магістральних залізниць.

Проте ще 1939 р. професор Г.М. Шахунянц, аналізуючи результати розрахунків, які були одержані С.А. Степкинним при розрахунках рейки як балки на пружній основі при її крученні, відзначив, що одержані в цій роботі дані є явно перебільшеними відносно даних експериментів. Г.М. Шахунянц зробив припущення про те, що причиною виявилось застосування саме такої розрахункової схеми.

Професор Ю.Д. Волошко в роботі [14] виконав статистичний розрахунок рейки як балки на пружних опорах, жорсткість яких має статистичний характер. На підставі розрахунків встановлено, що зміна жорсткостей опор і відстаней між ними може викликати збільшення згинальних моментів у рейках на 12 %, а навантажень на шпалах – до 29 %.

Професор В.В. Рибкін і інженер В.І. Клімов [15] ввели в статичний розрахунок рейки як балки на дискретних опорах нелінійність їх жорсткості.

Автори роботи [15] на підставі даних порівняльних розрахунків на дію статичних навантажень зробили висновок про те, що максимальний згинальний момент і найбільше прогинання балки на нелінійних опорах більше, ніж на суцільній пружній основі, відповідно на 12.3 і 29.3 %. Істотно розрізняється і форма вигину таких балок.

Можна припустити, і ці припущення підтверджуються проведеними рядом авторів дослідженнями, що в умовах промислового транспорту недоліки розрахункової схеми рейки як балки на пружній основі виявляються набагато більшою мірою. На думку професора С.П. Першина, «при збереженні традиційної багатоопорної конструкції колії неминуче повернення до дискретних моделей. Тим паче, що витіснення дискретної основи безперервним було викликано обчислювальними труднощами» [16].

Визначені вище факти, а також дані інших робіт спонукають вчених знов звертатися до розрахунків колії на дискретних опорах [15,16]. Слід відзначити оригінальне розв'язання задачі розрахунку колії як стрижньової системи з урахуванням нерівнопружності основи опор – стрижнів, виконане Л.В. Клименко.

Професор В.Ф. Яковлев, який є найбільшим фахівцем у галузі залізничної колії для промислових підприємств, кажучи про застосовність розрахункової схеми рейки як балки на пружній основі для умов промтранспорту, підкреслював, що такі розрахунки «мають високий ступінь ідеалізації силових чинників, конструктивного оформлення колії і її технічного стану. З цієї причини, наприклад, виключається можливість розв'язання задач при нерівнопружній підрейковій основі».

Професори В.Ф. Яковлев, М.С. Нікеров, канд. техн. наук. І.І. Семенов розробили розрахункову схему рейко-шпальної решітки як просторової стержневої системи. Основними елементами цієї схеми є стержні-рейки, що спираються на стержні-шпали, які стоять окремо. Елементи решітки (рейки і шпали) знаходяться в різних рівнях. З'єднання рейок з шпалами, забезпечуване проміжними скріпленнями замінено дією просторових пружних зв'язків, кількість яких рівна шести - три реактивні сили і три реактивні моменти. Стержні-шпали спираються на основу, яка наділена пружними властивостями в трьох напрямках. Передбачається двосторонній пружний зв'язок шпал з основою. Пружні характеристики баластної основи не залежать від деформацій шпал.

Для розрахунків напружено-деформованого стану системи під дією довільно орієнтованого статичного навантаження використаний метод сил в матричному формулюванні для стержневих систем.

Подальшим розвитком методу розрахунку колії як просторової системи на дію довільно орієнтованих статичних навантажень є варіаційний метод розрахунку, який розробив К.Д. Белих [17]. Розрахунок зусиль в елементах верхньої будови колії виконується з використанням варіаційного методу Лагранжа.

Слід особливо підкреслити внесок професора В.Ф. Яковлева у розвиток теорії розрахунку контактних напруг Герца – Беляєва. Дослідженнями, виконаними в ЛІИЖТі на електротензометричних моделях рейкових ниток, встановлено, що залежно від місця розташування контактних майданчиків щодо зони бічної викружки головки рейки, вертикальні напруги можуть збільшуватися в 2.0-2.15 рази, горизонтальні поперечні в 3.0-3.2 рази, горизонтальні подовжні – в 4-6 разів у порівнянні із значеннями, одержаними в результаті розрахунків за теорією Герца-Беляєва. Напружений стан і контактнo-втомна витривалість рейок істотно залежать також від змін геометричних контурів колеса і рейок в процесі їх зносу.

В роботі [18] для умов колій промислових залізниць були розроблені моделі та методи досліджень сил взаємодії рухомого

складу і колій, а також розрахунків напружено-деформованого стану залізничної колії зі застосуванням просторової розрахункової схеми колії у вигляді балок-рейок, які сприяють на пружно-дисипативні опори – шпали з нелінійними характеристиками.

Удосконалена модель та метод визначення просторових пружно-динамічних характеристик дискретних рейкових опор з урахуванням умов і термінів їх експлуатації, в залежності від рівня діючих сил. Обґрунтовано і розроблено комплекс математичних моделей просторової динамічної системи «екіпаж-колія» з урахуванням особливих характеристик спеціального і спеціалізованого рухомого складу на промисловому транспорті. Розроблено функціональні моделі елементів верхньої будови колії – рейок, елементів скріплень, шпал, баласту на основі використання методу кінцевих елементів (МКЕ) та узагальнено метод синтезу моделей елементів верхньої будови колії МКЕ на основі формування модульної концепції моделювання. Запропоновано підходи до визначення критичних станів колії промислових залізниць, при яких можлива відмова у системі «екіпаж-рейкова колія».

В.Г. Вітольберг [18] вирішив науково-технічну проблему прогнозування ресурсів роботи перспективних та ефективних шпал типу СБ 3-0 в коліях незагального користування. Для визначення об'ємного напруженого стану шпал СБ 3-0 в умовах колій незагального користування розроблені функціональні моделі цих шпал, елементів скріплень КПП-5 та баласту на основі використання методу скінчених елементів.

Н.В. Бугаєць [20], застосовуючи загальну розрахункову схему та моделі і методи, які запропоновані в роботі [18], визначила напружений стан баласту та земляного полотна колій незагального користування.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Таким чином, можливо вважати перспективним застосування для подальших досліджень загальноорозрахункової схеми колії у вигляді балок на дисипативних опорах з нелінійними пружно-дисипативними характеристиками.

Список використаних джерел

1. Ангелейко, В.И. Вывод основных уравнений для расчета рельса в горизонтальной и вертикальной плоскостях [Текст]: монография / В.И. Ангелейко. – Харьков: ХИИТ, 1958. – 38 с.
2. Шахунянц, Г.М. Железнодорожный путь [Текст]: монография / Г.М. Шахунянц. – М.: Транспорт, 1987. – 479 с.
3. Вериго, М.Ф. Определение динамического модуля пути [Текст] / М.Ф. Вериго // Техника железных дорог. - 1949. - № 12. – С. 23-24.
4. Правила розрахунків залізничної колії на міцність та стійкість [Текст] / Е.І. Даниленко, В.В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2006. – 168 с.
5. Даниленко, Е.І. Дослідження проміжних рейкових скріплень для залізобетонних шпал на витривалість при впливі циклічного навантаження [Текст] / Е.І. Даниленко // Зб. наук. пр. КУЕТТ. Сер. Транспортні системи і технології. – К.: КУЕТТ, 2005. – С. 26-38.
6. Даниленко, Е.І. Забезпечення поперечної стійкості колії проти розпирання при сучасних конструкціях проміжних рейкових скріплень [Текст] / Е.І. Даниленко // Зб. наук. пр. ДЕГУТ. Сер. Техніка, технології. –2008. - № 12. - С. 40-41.
7. Железнодорожный путь и станции промышленных предприятий [Текст]: учебник / В.И. Ангелейко, В.К. Дмитриев, А.Н. Перцев, Л.М. Чуб. – К., 1988. – 320 с.
8. Даниленко, Е.І. Дослідження повздожньої стійкості рейко-шпальної решітки при різних конструкціях проміжного рейкового скріплення [Текст] / Е.І. Даниленко, М.Д. Костюк, Т.Т. Даниленко, В.М. Твердохлеб // Зб. тез доповідей 2-ї наук. – практ. конференції КУЕТТ. – К.: КУЕТТ, 2004. - С. 34.
9. Поньрко, В.Н. Оценки статистических характеристик приведенной массы пути [Текст] / В.Н. Поньрко, Н.А. Пономаренко // Труды ДИИТа. – Днепропетровск: ДИИТ, 1979. – Вып. 204/21. – С. 117-122.
10. Расчеты железнодорожного пути на вертикальную динамическую нагрузку [Текст] / под ред. А.Я. Когана // Тр. ВНИИЖТ. – 1973. - № 502. – 80 с.
11. Коган, А.Я. Влияние конструкции и состояния пути на устойчивость колеса [Текст] / А.Я. Коган, Г.И. Матусовский // Вестник ВНИИЖТ. – 1982. - № 8. – С. 42-44.
12. Першин, С.П. Вертикальная жесткость пути и его надежность [Текст] / С.П. Першин // Путь и путевое хозяйство. – 1996. - № 8. – С. 8-10.
13. Керр, А. Новые уравнения для реакции пути на шпалах в поперечной плоскости [Текст] / А. Керр, А. Заремски // Железные дороги мира. - 1987. - № 10. - С. 52-58.
14. Яковлев, В.Ф. Исследование сил взаимодействия колеса и рельса с учетом нелинейных односторонних связей и переменных масс [Текст] / В.Ф. Яковлев, И.И. Семенов // Тр. ЛИИЖТ. - 1964. - № 238. - С. 46-95.
15. Яковлев, В.Ф. Расчет рельсо-шпальной решетки железнодорожного пути как пространственной системы [Текст] / В.Ф. Яковлев, И.И. Семенов, Н.С. Никеров // Тр. ЛИИЖТ. - 1969. - № 296. - С. 3-15.
16. Яковлев, В.Ф. Исследование упруго-динамических характеристик пути и определение динамических вертикальных сил в крестовине [Текст] / В.Ф. Яковлев, И.И. Семенов // Тр. ЛИИЖТ. - 1967. - № 222. - С. 17-29.
17. Смирнов, М.П. Напряжения в зоне перехода головки в шейку рельса при действии боковой силы [Текст] / М.П. Смирнов // Тр. ЛИИЖТ. - 1968. - № 280. - С. 49-62.
18. Даренський, О.М. Теоретичні та експериментальні дослідження роботи залізничних колій промислового транспорту [Текст]: монографія / О.М. Даренський. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 204 с.

19. Вітольберг, В.Г. Прогнозування роботи залізобетонних шпал типу СБ 3-0 в умовах залізничних колій незагального користування [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – 21 с.

20. Бугаєць, Н.В. Підвищення несучої здатності рейко-шпальної основи залізничних колій незагального користування [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – 21 с.

Даренський Олександр Миколайович, д-р техн. наук, професор кафедри колії та колійного господарства Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. 730-19-89.

Беліков Едуард Анатолійович, старший викладач секції кафедри колії та колійного господарства Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. 730-10-60.

Darenskiy Alexander Nikolaevich, dr. of tech. sciences, professor of the department «Road and trakacilities» Ukraine State University of Railway Transport. Tel. 730-19-89.

Byelikov Eduard Anatolyevich, senior lecturer section of the Department «Roadandtrakacilities» Ukraine State University of Railway Transport. Tel. 730-10-67.

Наукова праця здана до друку 06.07.2015 року

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ZBIRNIK NAUKOVIH PRAC' UKRAINS'KOGO DERZAVNOGO
UNIVERSITETY ZALIZNICNOGO TRANSPORTU**

Випуск 154

Збірник включено до переліку № 1 наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Постанова президії ВАК України № 1-05/4 від 26 травня 2010 р.)

Статті друкуються мовою оригіналу

Відповідальний за випуск Захарченко Л.М.

Редактори Буранова Н.В., Ібрагімова Н.В., Решетилова В.В.

КВ № 8617 від 06.04.2004 р. Підписано до друку 31 серпня 2015 р.
Формат паперу 60x84 1/8. Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 13,75. Тираж 110. Замовлення № .

Видавець і виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейсрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.