

УДК 656.027.3

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ШВИДКІСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ ЛІНІЇ

Канд. техн. наук А. О. Ковальов, магістрант О. В. Гуляєв

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

Канд. техн. наук А. А. Ковалев, магистрант О. В. Гуляев

DETERMINATION OF THE RATIONAL NUMBER OF SPEED PASSENGER TRAINS ON THE RAILWAY LINE

Ph. D. tehn. A. O. Kovalov, master O. V. Huliaiev

Розглянуто підходи до визначення раціональної кількості швидкісних пасажирських поїздів на залізничній лінії, що даватимуть змогу виявити кількісні значення у взаємозв'язку між експлуатаційними та будівельними показниками реконструкції лінії. На підставі проведеного дослідження в кожному конкретному випадку здійснення реконструкції для введення швидкісного пасажирського руху можна встановити критичний пасажиропотік або кількість швидкісних поїздів, при якій забезпечується ефективно використання капітальних вкладень.

Ключові слова: реконструкція, розвиток, пасажир, перевезення, швидкість, сполучення.

Рассмотрены подходы к определению рационального числа скоростных пассажирских поездов на железнодорожной линии, которые позволят выявить количественные значения во взаимосвязи между эксплуатационными и строительными показателями реконструкции линии. На основании проведенного исследования в каждом конкретном случае осуществления реконструкции для введения скоростного пассажирского движения можно установить критический пассажиропоток или число скоростных поездов, при котором обеспечивается эффективное использование капитальных вложений.

Ключевые слова: реконструкция, развитие, пассажиры, перевозки, скорость, сообщение.

Construction of high-speed highways and the introduction of the rolling stock requires considerable investment. The existing transport network of Ukraine does not fully meet the requirements for the construction of high-speed railways. However, reconstruction of railways under high-speed passenger traffic may be appropriate in most cases. When solving problems related to the increase in the speed of passenger trains, one of the main arguments is the size of long-distance passenger traffic. It is known that the magnitude of this passenger traffic influences the technical and economic efficiency of the reconstruction of railway lines for the introduction of high-speed traffic. Reconstruction of the railway line for high-speed passenger traffic should be economically justified, taking into account the effect of reducing the time of finding passengers on the road.

One of the most important indicators that influence the efficiency of the introduction of high-speed traffic is the cost of passenger-hour. Passengers-kilometers (as well as passenger-hours) reflect the expenses necessary to meet those or other needs associated with the movement of people.

Increasing speeds of high-speed trains at a constant cost of passenger-hour leads to a reduction in the cost of train-kilometer, which, while maintaining a constant ratio of speeds of passenger and freight trains, leads to an increase in the efficiency of capital investments. On the basis of the research carried out in each case, the implementation of the reconstruction of the line for the introduction of high-speed passenger traffic can establish critical passenger traffic or the number of high-speed trains, which ensures the effective use of capital investments.

The results of the conducted research do not contradict the existing logical representations, but for the first time allow to reveal quantitative values in the relationship between the operational and construction indicators of the reconstruction of the line, and thus more reasonably solve the issues related to the expediency of introducing high-speed traffic.

Key words: reconstruction, development, passengers, transportation, speed, message.

Вступ. Конкурентоспроможність залізничного пасажирського транспорту безпосередньо залежить від упровадження та розвитку швидкісних і високошвидкісних магістралей. Але застарілість технічної і технологічної бази, знос основних фондів, недосконала політика тарифоутворення та в деяких випадках низька якість транспортних послуг призводить до значних втрат. Тому сучасні підходи до розвитку пасажирських швидкісних і високошвидкісних магістралей потребують комплексних досліджень у цій сфері.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз європейських досліджень указує на досить успішну конкуренцію залізничного транспорту з автомобільним та авіаційним [1, 2], але за умови впровадження швидкісних і високошвидкісних магістралей.

Будівництво високошвидкісних магістралей та впровадження відповідного рухомого складу потребує значних капіталовкладень [3]. Але існуюча транспортна мережа України не повною мірою відповідає вимогам до будівництва високошвидкісних залізничних магістралей. Проте реконструкція залізничних ліній під швидкісний пасажирський рух може бути здебільшого доцільною.

Для забезпечення оптимального способу організації швидкісного руху пасажирських поїздів можливе порівняння варіантів, що забезпечують пропуск поїздів з мінімальним співвідношенням витрат

(капіталовкладень і експлуатаційних витрат) до одиниці продукції [4]. Тобто вибір способу організації швидкісного руху базується на мінімізації питомих витрат або максимізації питомого економічного ефекту. Викладені у [5] підходи даватимуть змогу визначати основні показники, що впливають на ефективність упровадження і розвитку швидкісного і високошвидкісного руху в Україні, а також обирати один із варіантів способу організації руху. Але в дослідженнях більшу увагу треба приділити визначенню кількості швидкісних поїздів.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є визначення раціональної кількості швидкісних пасажирських поїздів на залізничній лінії. Задачами дослідження є встановлення критичного пасажиропотоку або числа швидкісних поїздів, при якій забезпечується ефективно використання капітальних вкладень.

Основна частина дослідження. При вирішенні завдань, пов'язаних з підвищенням швидкостей руху пасажирських поїздів, одним з основних аргументів є розмір пасажиропотоку далекого сполучення. Відомо, що величина цього пасажиропотоку впливає на техніко-економічну ефективність реконструкції залізничних ліній для введення швидкісного руху.

Реконструкція залізничної лінії під швидкісний пасажирський рух повинна бути економічно обґрунтована з урахуванням ефекту від зменшення часу

перебування пасажирів у дорозі. Також можливий розгляд питань побудови нової високошвидкісної магістралі на основі визначення чистого дисконтного доходу [6].

Для дослідження впливу чинників, від яких залежить раціональна кількість швидкісних пасажирських поїздів $n_{Ш}$, прийнято такі вихідні дані:

- маса вантажного поїзда Q 4200 т, пасажирського Q 1000 т;
- довжина лінії $L = 295$ км;
- $V_{ВАН} = 60$ км / год;
- $V_{ПС} = 120$ км / год;
- $V_{Ш} = 180$ км / год,
- коефіцієнт нерівномірності руху за напрямками $\alpha = 0,8$.

Вартості 1 поїзд.км визначені при середній заселеності поїзда 900 люд (15-вагонний состав).

У загальному випадку

$$C_C \cdot t_{OK(H)} \geq K_P + C_P \cdot t_{OK(H)}, \quad (1)$$

де C_C – річні експлуатаційні витрати при нинішній ситуації без швидкісного руху, грн;

K_P, C_P – вартість реконструкції лінії і річні витрати при введенні швидкісного руху, грн;

$t_{OK(H)}$ – нормативний термін окупності, р.

$$C_P = 365(n_{ВАН} C_{ВАН} (1 + \alpha) + 2n_{Ш} C_{Ш} + 2(n_0 - n_{Ш}) + C_{ОБГ}^{ПС} + C_{ОБГ}^{Ш}), \quad (4)$$

де $C_{Ш}$ – витрати на пересування одного швидкісного поїзда, грн;

$C_{ОБГ}^{Ш}$ – витрати, пов'язані з обгоном вантажних поїздів швидкісними поїздами, грн.

Витрати на пересування поїздів розраховуються за укрупненими нормами

$$C_i = C_{ПКМ(i)} L, \quad (5)$$

де $C_{ПКМ(i)}$ – вартість 1 поїзд.км i -го поїзда, грн;

L – довжина лінії, км.

Загальний пасажирський поїздопотік можна подати як суму швидкісних поїздів і поїздів, що прямують зі звичайними швидкостями, тобто

$$n_0 = n_{Ш} + n_{ПС}. \quad (2)$$

де $n_0, n_{Ш}, n_{ПС}$ – загальна кількість пасажирських поїздів, кількість швидкісних поїздів, кількість поїздів, що прямують зі звичайними швидкостями, поїзд.

З урахуванням цього і скориставшись системою укрупнених норм, можна річні експлуатаційні витрати при існуючому стані без швидкісного руху подати у вигляді

$$C_C = 365(n_{ВАН} C_{ВАН} (1 + \alpha) + 2n_0 C_{ПС} + C_{ОБГ}^{ПС}), \quad (3)$$

де $n_{ВАН}$ – кількість вантажних поїздів, поїзд;
 $C_{ВАН}, C_{ПС}$ – витрати на пересування одного вантажного та пасажирського поїзда, грн;

$C_{ОБГ}^{ПС}$ – витрати, пов'язані з обгоном вантажних поїздів пасажирськими поїздами, грн;

α – коефіцієнт нерівномірності руху за напрямками.

Річні експлуатаційні витрати при введенні швидкісного руху мають вигляд

Кількість вантажних поїздів $n_{ВАН}$, пар поїздів/доб, можна визначити за формулами:

- до реконструкції

$$n_{ВАН} = N_{МАХ} \gamma - \varepsilon_{ПС} n_0; \quad (6)$$

- після реконструкції та введення швидкісного руху

$$n_{ВАН} = N_{МАХ} \gamma - \varepsilon_{Ш} n_{Ш} - \varepsilon_{ПС} (n_0 - n_{Ш}), \quad (7)$$

де N_{MAX} – максимальна пропускна спроможність, поїзд/доб;

γ – коефіцієнт, що враховує технологічні перерви в русі та необхідний резерв для забезпечення коливань розмірів руху поїздів;

$\varepsilon_{ПС}$ $\varepsilon_{Ш}$ – коефіцієнти знімання пасажирських та швидкісних поїздів.

Витрати, пов'язані з обгоном вантажних поїздів, визначаються за формулами

$$C_{ОБГ}^{ПС} = t_{СТ} C_{ПГ}^{ВАН} \frac{2L(n_0 - n_{Ш})}{J_{ВАН}} \left(\frac{1}{V_{ВАН}} - \frac{1}{V_{ПС}} \right); \quad (8)$$

та

$$C_{ОБГ}^{Ш} = t_{СТ} C_{ПГ}^{ВАН} \frac{2Ln_{Ш}}{J_{ВАН}} \left(\frac{1}{V_{ВАН}} - \frac{1}{V_{Ш}} \right), \quad (9)$$

де $t_{СТ}$ – час стоянки вантажного поїзда під обгоном, год;

$C_{ПГ}^{ВАН}$ – вартість поїздо-години вантажного поїзда, грн;

$J_{ВАН}^{ПГ}$ – міжпоїзний інтервал, год;

$V_{ВАН}$, $V_{ПС}$, $V_{Ш}$ – швидкості вантажних, пасажирських та швидкісних поїздів, км/год.

Підставляючи (2) - (9) у вираз (1), можна визначити економічно раціональну кількість швидкісних поїздів, при якій забезпечується ефективність використання капітальних вкладень у реконструкцію лінії

$$n_{Ш} \geq \frac{K_p + (C_p - C_c)t_{ОК(Н)}}{365(\Delta\varepsilon(1 + \alpha)C_{ВАН} + 2(C_{ПС} - C_{Ш}) - t_{СТ}C_{ПГ}^{ВАН} \frac{2L}{J_{ВАН}} \left(\frac{1}{V_{ПС}} - \frac{1}{V_{Ш}} \right))t_{ОК(Н)}}. \quad (10)$$

Одним з найважливіших показників, що впливають на ефективність упровадження швидкісного руху, є вартість пасажиро-години. Пасажиро-кілометри (так само, як і пасажиро-години) відображають витрати, необхідні для задоволення тих чи інших потреб, пов'язаних з пересуванням людей.

Підвищення швидкостей руху швидкісних поїздів при постійній вартості пасажиро-години приводить до зменшення вартості 1 поїзд.км, що при збереженні

постійним співвідношення швидкостей пасажирських і вантажних поїздів призводить до збільшення ефективності капітальних вкладень.

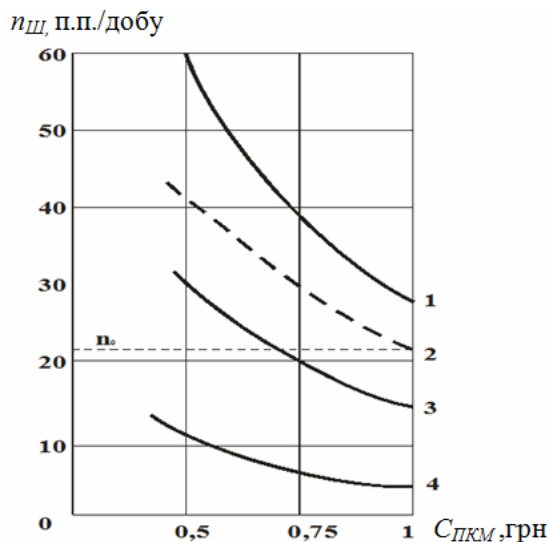
Результати розрахунків зведені в таблицю.

На підставі таблиці побудовано графік залежності кількості швидкісних поїздів від вартості поїздо-кілометра і середньої вартості реконструкції 1 км колії (рисунок).

Таблиця

Залежність кількості швидкісних поїздів від $C_{ПКМ}$ і K_p

Вартість реконструкції 1 км K_p , млн грн	Кількість швидкісних поїздів залежно від вартості поїздо-кілометра, поїзд		
	$C_{ПКМ} = 0,5$	$C_{ПКМ} = 0,75$	$C_{ПКМ} = 1$
50	59,8	39,4	30,3
37	44,3	29,2	22,2
25	30,0	19,8	15,2
10	12,1	8,0	6,1



- 1 – 50 млн. грн
 2 – 37 млн. грн
 3 – 25 млн. грн
 4 – 10 млн. грн

Рис. Залежність кількості швидкісних поїздів від вартості поїздо-кілометра і середньої вартості реконструкції 1 км колії

Аналіз формули (10) і зроблені розрахунки показують, що на економічно раціональну кількість швидкісних поїздів основний вплив чинять вартість реконструкції та вартість 1 поїзд.км.

Кількісні значення на рисунку відповідають наведеним раніше вихідним даним. Однак аналіз формули і розрахунки при інших вихідних даних показують, що характер залежності раціональної кількості швидкісних поїздів від вартості поїздо-

кілометра і середньої вартості реконструкції 1 км колії не змінюється.

Висновки

1. На підставі проведеного дослідження в кожному конкретному випадку здійснення реконструкції лінії для введення швидкісного пасажирського руху можна встановити критичний пасажиропотік або кількість швидкісних поїздів, при якій забезпечується ефективне використання капітальних вкладень.

2. Для прийнятих вихідних даних і пропуску пасажиропотоку в розмірі 20 тис. пас. на добу або 22,2 пари поїздів на добу при вартості поїздо-кілометра 1, введення швидкісного пасажирського руху буде доцільно при середній вартості реконструкції 1 км 37 млн грн і менше.

3. Зменшення вартості поїздо-кілометра призводить до зменшення капітальних вкладень. Розрахунки показують, що якщо в розглянутому прикладі вартість поїздо-кілометра складає 0,5, то реконструкція доцільна при її середній вартості 20 млн грн/км і менше.

Результати проведеного дослідження не суперечать існуючим логічним уявленням, але вперше дають змогу виявити кількісні значення у взаємозв'язку між експлуатаційними та будівельними показниками реконструювання лінії і тим самим більш обґрунтовано вирішувати питання, пов'язані з доцільністю введення швидкісного руху.

Список використаних джерел

1. Дикань, В. Л. Обеспечение конкурентоспособности предприятия [Текст]: монография / В. Л. Дикань. – Харьков: Основа, 1995. – 160 с.
2. 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.
3. Ковальов, А. О. Перспективи розвитку швидкісних пасажирських перевезень в Україні на основі світового досвіду [Текст] / А. О. Ковальов, В. О. Грищенко // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харьков: УкрДУЗТ, 2015. – Вип. 154. – С. 20-24.

4. Лунина, Т. А. Совершенствование методики оценки эффективности вариантов проекта организации скоростного движения пассажирских поездов [Текст] / Т. А. Лунина, Е. В. Климова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2015. – № 1. – С. 165-168.

5. Климова, Е. В. Оценка экономической эффективности способов организации скоростного движения пассажирских поездов [Текст]: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Е. В. Климова; [Сибирск. гос. универ. путей сообщ.]. – Новосибирск, 2015. – 24 с.

6. Ковальов, А. О. Визначення ефективності впровадження і розвитку високошвидкісного руху в Україні [Текст] / А. О. Ковальов, А. Є. Проппеткіна, В. Д. Богатирьова // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 164. – С. 154-159.

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: kovalovanton1979@gmail.com.

Гуляев Олег Володимирович, магістрант ІІІК (Проект TEMPUS IV) Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (067) 569-05-11. E-mail: 5690511@g.mail.com.

Kovalov Anton Oleksandrovich, 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: kovalovanton1979@gmail.com.

Huliaiev Oleh Vladimirovich, gs of ESIRAT (project TEMPUS IV) Ukrainian state University of railway transport. Tel. (067) 569-05-11. E-mail: 5690511@gmail.com.

Статья принята 03.11.2017 р.