

**ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (275)**

---

УДК 656.027.3

**ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИСКОРЕНИХ ПОЇЗДІВ МІЖОБЛАСНОГО СПОЛУЧЕННЯ**

Кандидати техн. наук. А. О. Ковальов, О. В. Ковальова, М. О. Ковальов,  
магістранти Ю. О. Селютін, М. І. Романенко

**ВНЕДРЕНИЕ УСКОРЕННЫХ ПОЕЗДОВ МЕЖОБЛАСТНОГО СООБЩЕНИЯ**

Кандидаты техн. наук. А. А. Ковалев, О. В. Ковалева, М. А. Ковалев  
магистранты Ю. А. Селютин, М. И. Романенко

**THE IMPLEMENTATION OF ACCELERATED TRAINS OF INTERREGION CONNECTION**

Phd. tehn. A. Kovalov, O. Kovalova, M. Kovalov, master students Y. Seliutin, M. Romanenko

*Запропоновано підходи до скорочення часу перебування пасажирів у дорозі при перевезеннях у міжобласному сполученні. Виявлено і проаналізовано причини, що обмежують швидкість руху на залізничній ділянці. Запропоновано математичну модель призначення схеми зупинок прискорених поїздів міжобласного сполучення, що складається з економії в експлуатаційних витратах, економії у витратах пасажирів, які знаходяться в поїзді в результаті скасування зупинки, і витрат, обумовлених додатковим часом очікування пасажирів зупинного пункту, що скасований, пізнішого поїзда.*

**Ключові слова:** прискорений поїзд, пасажирські перевезення, зупинний пункт, схема зупинок, економія витрат.

*Предложены подходы к сокращению времени пребывания пассажиров в пути при перевозках в межобластном сообщении. Выявлены и проанализированы причины, ограничивающие скорость движения на железнодорожном участке. Предложена математическая модель назначения схемы остановок ускоренных поездов межобластного сообщения, состоящая из экономии в эксплуатационных расходах, экономии в расходах пассажиров, находящихся в поезде в результате отмены остановки, и расходов, обусловленных дополнительным временем ожидания пассажирами остановочного пункта, который отменен, более позднего поезда.*

**Ключевые слова:** ускоренный поезд, пассажирские перевозки, остановочный пункт, схема остановок, экономия затрат.

*One of the main directions of improving the efficiency of passenger transportation is the introduction of a system of accelerated trains of inter-regional traffic, subject to the abolition of stops at separate points, which give a slight accumulation of passenger traffic. The paper proposes approaches to reducing the time spent by passengers on the road when traveling in interregional traffic. Reducing the passage time of a passenger train can be provided in two ways: as a result of organizational and technical measures, such as the temporary cancellation of stops at separate*

points, which give a slight accumulation of passenger traffic and as a result of modernization of permanent devices, which, if necessary, includes and rebuild.

The reasons limiting the speed of movement at the railway station are revealed and analyzed. As a result of the cancellation of stops at separate points, the operating costs associated with the additional mechanical work of rolling stock in the process of acceleration, deceleration and parking will be reduced; expenses connected with delay of passengers on the way in the train; but on the other hand, the costs of additional waiting and passage of passengers residing at the stopping point will be increased.

To solve the problem, a mathematical model for the scheme of stopping of accelerated trains of interregional communication was developed. To solve, that is, to identify possible stops in a small number of permissible solutions, it is possible to use a method of perforation with a constraint that provides a rigorous approach. The application of this method is based on the following: the criterion, in which the overall effect is taken, weakens the property of addiction, as well as a relatively small number of possible solutions (given the fact that a certain number of stops persists, as well as the fact that achieving a given time reduction the course of canceling one stop is not provided, and at least four or five, the number of possible solutions is further reduced).

Stopping points at which stops are canceled are selected based on the maximum effect due to cancellation of the stop, as well as the possibility of modernization of permanent stopping devices.

**Key words:** accelerated train, passenger transport, stopping point, stop scheme, cost savings.

**Вступ.** Одним із основних напрямків підвищення ефективності пасажирських перевезень є впровадження системи прискорених поїздів міжобласного сполучення за умови скасування зупинок на роздільних пунктах, що дають незначне накопичення пасажиропотоку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Пасажирські перевезення залізничним транспортом по швидкісних і високошвидкісних магістралях створюють досить значну конкуренцію іншим видам транспорту (автомобільному та авіаційному), особливо на середніх відстанях [1, 2]. Розвиток в Україні швидкісних пасажирських перевезень дозволить значно підвищити значення залізниць у транспортній системі та отримати перевізником значний прибуток.

Дослідження розвитку швидкісних і високошвидкісних магістралей Китаю та Європи [3] свідчить про зростання економічного потенціалу держави, отже такі підходи можуть бути використані і в Україні, особливо в період реформування транспортної галузі.

Результати досліджень, наведені в роботі [4], вказують на можливість у

кожному конкретному випадку здійснення реконструкції лінії для введення швидкісного пасажирського руху встановити критичний пасажиропотік або кількість швидкісних поїздів, при якому забезпечується ефективне використання капітальних вкладень. Але при впровадженні швидкісного руху треба враховувати і додаткові фактори, що впливають на ефективність пропозицій.

**Визначення мети та завдання дослідження.** Основна мета дослідження – скорочення часу перебування пасажирів у дорозі при організації міжобласного сполучення. Основними завданнями дослідження є визначення основних вихідних даних, проведення аналізу обмежень швидкості на залізничному полігоні, розроблення математичної моделі призначення схеми зупинок прискорених поїздів міжобласного сполучення.

**Основна частина дослідження.** Скорочення часу ходу пасажирського поїзда може бути забезпечено двома способами:

- у результаті організаційно-технічних заходів, таких як тимчасове скасування

зупинок на роздільних пунктах, що дають незначне накопичення пасажиропотоку;

- модернізації постійних пристроїв, яка в разі необхідності включає і реконструкцію.

Перший етап включає в себе формування вихідної інформації, яка полягає в необхідності виявлення і аналізу причин, що обмежують швидкість, а також наявності існуючих зупинок і часу, що витрачається на ці зупинки. Аналіз охоплює обмеження швидкості, залежні від стану постійних пристроїв, скорочення часу ходу в результаті зняття цих обмежень, економію в часі ходу при скасуванні зупинок.

Одночасно з виявленням причин, які обмежують швидкість, визначаються і можливі заходи щодо їх ліквідації, а також капіталовкладення, необхідні для реалізації заходів [4].

Вихідні дані для вибору раціональної схеми зупинок на умовних роздільних пунктах включають у себе:

- кількість існуючих зупинок;
- кількість пасажирів на станціях відправлення;
- кількість пасажирів на проміжних роздільних пунктах;
- час, необхідний на розгін, уповільнення і стоянку поїздів на кожному зупинному пункті.

Вихідні дані для конкретного полігону можливо отримати за допомогою методів математичної статистики та реальних умов роботи полігону.

Другий етап включає в себе проведення розрахунків з метою визначення існуючого часу ходу, а також максимально можливого скорочення часу ходу при знятті всіх обмежень швидкості.

Можливість введення прискорених поїздів міжобласного сполучення ґрунтується на аналізі технічних характеристик і причин, що обмежують швидкість.

На рисунку представлені фактори, що обмежують швидкості руху.

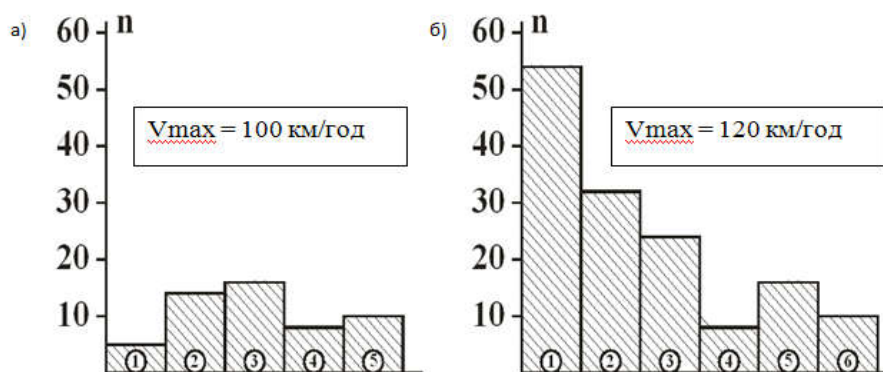


Рис. Фактори, що обмежують швидкості руху:  
а – при швидкості 100 км/год; б – при швидкості 120 км/год

Аналіз обмежень швидкості на умовному полігоні П – Д показав, що при рівні  $V_{max} = 100$  км/год найбільш поширеними є обмеження швидкості по станціях, де марка стрілочного переводу не відповідає цьому рівню швидкості і при розташуванні стрілочного переводу в кривій, а також обмеження, пов'язані з недостатнім підвищенням зовнішньої рейки

в кривих і недостатнім радіусом кривих. При збільшенні швидкості до 120 км/год значно зростає кількість обмежень швидкості через недостатню величину підвищення зовнішньої рейки в кривих на перегонах і невідповідність марки стрілочного переводу рівню максимальної швидкості на станціях.

Відповідно до теоретичних положень скорочення часу ходу досягається за рахунок комплексу взаємопов'язаних заходів щодо формування оптимальної схеми зупинок і вдосконалення параметрів постійних пристроїв.

На напрямках міжобласного значення, що мають невелику протяжність і, як правило, велику кількість зупинок, скорочення часу ходу, що досягається за рахунок вдосконалення параметрів постійних пристроїв, не може забезпечити заданий рівень, оскільки довжина цих напрямків, як зазначено вище, невелика, а отже, і кількість обмежень швидкості, при знятті яких скорочується час перебування пасажирів в дорозі, може виявитися теж невеликим і не дасть необхідного ефекту в економії часу.

Умовні позначення до рисунку: 1 – недостатнє підвищення зовнішньої рейки; 2 – недостатній радіус кривої; 3 – стрілочні переводи; 4 – штучні споруди; 5 – пасажирські платформи; 6 – земляне полотно.

Тому створення умов, що необхідні для введення прискорених поїздів міжобласного сполучення і полягають у забезпеченні мінімального часу перебування пасажирів в дорозі, повинно здійснюватися комплексно за рахунок організаційно-технічних заходів і вдосконалення параметрів постійних пристроїв.

При досягненні економії в часі за рахунок організаційно-технічних заходів шляхом тимчасової відміни зупинок на деяких роздільних пунктах, пасажирів, які проживають там, будуть відчувати певні соціальні незручності, що при призначенні схеми зупинок необхідно по можливості звести до мінімуму.

З урахуванням вищевикладеного поставлене завдання можна сформулювати так: призначити таку схему зупинок, яка при максимальній їх кількості забезпечила б рівень середньої швидкості, при якому досягається необхідне скорочення часу ходу в даному напрямку.

У результаті скасування зупинок на роздільних пунктах скоротяться експлуатаційні витрати, пов'язані з додатковою механічною роботою рухомого складу в процесі розгону, уповільнення і стоянки; витрати, пов'язані з затримкою пасажирів в дорозі, що знаходяться в поїзді, але, з іншого боку, збільшаться витрати, зумовлені додатковим часом очікування і проїзду пасажирів, які проживають на зупинному пункті, що скасовується.

Математична модель призначення схеми зупинок прискорених поїздів міжобласного сполучення складається з окремих елементів, що визначають перераховані вище фактори і характеризують процес у цілому:

1) економія в експлуатаційних витратах  $\Delta C_{ocm}$ , яка обумовлена економією в енергетичних витратах, пов'язаних з додатковою механічною роботою, що витрачається в процесі розгону, уповільнення і стоянки поїзда, млн грн:

$$\Delta C_{ocm} = \sum_{i=1}^p M_i, \quad (1)$$

де  $P$  – кількість зупинок на проміжних роздільних пунктах, що відміняються;

$M_i$  – економія в експлуатаційних витратах, яка обумовлена економією в енергетичних витратах, пов'язаних з механічною роботою рухомого складу в результаті скасування зупинки на  $i$ -му роздільному пункті, млн грн;

2) економія у витратах пасажирів  $\Delta Z_{nac}$ , які знаходяться в поїзді, у результаті скасування зупинки на  $i$ -му роздільному пункті, млн грн:

$$\Delta Z_{nac} = \frac{a_{nz}}{60} \sum_{i=1}^p (n_0 + \sum_{i=1}^{m-p} n_i) \Delta t_{i(ocm)}, \quad (2)$$

де  $m$  – кількість всіх існуючих зупинок на цьому напрямку;

$a_{nz}$  – вартість пасажиро-години, млн грн/пас.год;

$n_0$  – кількість пасажирів, які сіли в поїзд на станції відправлення, пас;

$n_i$  – кількість пасажирів, які сіли в поїзд на  $i$ -му роздільному пункті, де зупинка поїзда збережена, пас;

$\Delta t_{i(ocm)}$  – економія в часі в результаті скасування зупинки на  $i$ -му роздільному пункті, хв;

3) витрати  $\Delta\Pi_{nac}$ , обумовлені додатковим часом очікування пасажирів зупинного пункту, що скасований, пізнішого поїзда і додатковим часом перебування їх на шляху прямування за рахунок різниці в швидкостях руху

прискореного міжобласного і звичайного пасажирського поїзда, млн грн:

$$\Delta\Pi_{nac} = \frac{a_{nc}}{60} \sum_{i=1}^p n_i (\tau_i + \Delta t_{cl(i)}), \quad (3)$$

де  $\tau_i$  – додатковий час очікування пасажирів  $i$ -го роздільного пункту пізнішого поїзда у зв'язку зі скасуванням зупинки, хв;

$\Delta t_{cl(i)}$  – додатковий час перебування на шляху прямування пасажирів зупинного пункту, що відміняється, хв.

Відповідно до вищевикладеного математичну модель вибору схеми зупинок можна подати в такому вигляді:

$$\sum_{i=1}^p A_i = \Delta C_{(ocm)} + \Delta Z_{(nac)} - \Delta\Pi_{(nac)} \rightarrow \max \quad (4)$$

за умови

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^p \Delta t_{i(ocm)} \geq \Delta t_{z(ocm)} \\ n_0 > 0 \\ n_i > 0 \end{cases}, \quad (5)$$

де  $\Sigma A_i$  – сумарний ефект, отриманий у результаті скасування деяких зупинок, млн грн;

$\Delta t_{z(ocm)}$  – необхідне скорочення часу ходу за рахунок скасування зупинок, хв.

Метою поставленого завдання є досягнення максимального сумарного ефекту  $\Sigma A_i$  при забезпеченні необхідного скорочення часу ходу за рахунок скасування зупинок  $\Delta t_{z(ocm)}$ .

Для вирішення проблеми, тобто виявлення можливих схем зупинок при невеликій кількості допустимих рішень, можна використовувати метод перебору з обмеженням, що забезпечує строгий підхід. Застосування цього методу ґрунтується на такому:

- у критерії, у якості якого прийнято сумарний ефект  $\Sigma A_i$ , ослаблено властивість адитивності;

- порівняно невелика кількість можливих рішень (з огляду на ту обставину, що певна кількість зупинок зберігається, а також те, що досягнення заданого скорочення часу ходу скасуванням однієї зупинки не забезпечується, мінімум – чотирма чи п'ятьма, кількістю можливих рішень додатково скорочується).

Зупинні пункти, на яких відміняються зупинки, обираються виходячи з максимального ефекту за рахунок відміни на ньому зупинки, а також з можливості модернізації постійних пристроїв зупинного пункту.

**Висновок.** У роботі визначено основні вихідні дані для розроблення математичної моделі прискорення руху поїздів, проаналізовано обмеження швидкості на залізничному полігоні при різних швидкостях руху, запропоновано математичну модель призначення схеми зупинок прискорених поїздів міжобласного сполучення, яка дозволить скоротити час перебування пасажирів у дорозі.

*Список використаних джерел*

1. Wan, Y. Airlines' reaction to high-speed rail entries: Empirical study of the Northeast Asian market [Text] / Y. Wan, H. Hun-KooH, Y. Yoshida, A. Zhang // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2016. – Vol. 94. – P. 532-557.
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. Cheng, Y. High-speed rail networks, economic integration and regional specialization in China and Europe [Text] / Yuk-shing Cheng, Becky P.Y. Loo, Roger Vickerman // Travel Behaviour and Society. – January 2015. – Vol. 2. – Issue 1. – P. 1-14.
4. Ковальов, А. О. Визначення раціонального числа швидкісних пасажирських поїздів на залізничній лінії [Текст] / А. О. Ковальов, О. В. Гуляєв // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків : УкрДУЗТ, 2017. – Вип 173. – С. 75-80.

---

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.

Ковальова Оксана Володимирівна, канд. техн. наук, старший викладач кафедри управління вантажною і комерційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (067)252-31-85.  
E-mail: okamadoviajes@gmail.com.

Ковальов Максим Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельної механіки та гідравліки Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (050)633-50-81.  
E-mail: maks\_kov@ukr.net.

Селютін Юрій Олександрович, магістрант ІППК (Проект ТЕМПУС IV). Тел.: (050)643-53-91.  
E-mail: Yurii1goga@gmail.com.

Романенко Максим Ігорович, магістрант ІППК (Проект ТЕМПУС IV). Тел.: (095)510-84-88.  
E-mail: kingofstreets@ukr.net.

Ковалев Антон Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління грузовою і комерційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (096)410-67-26.  
E-mail: kovalovanton1979@gmail.com.

Ковалева Оксана Володимирівна, канд. техн. наук, старший викладач кафедри управління грузовою і комерційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (067)252-31-85. E-mail: okamadoviajes@gmail.com.

Ковалев Максим Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельної механіки та гідравліки Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (050)633-50-81.  
E-mail: maks\_kov@ukr.net.

Селютін Юрій Олександрович, магістрант ІППК (Проект ТЕМПУС IV). Тел.: (050)643-53-91.  
E-mail: Yurii1goga@gmail.com.

Романенко Максим Ігорович, магістрант ІППК (Проект ТЕМПУС IV). Тел.: (095)510-84-88.  
E-mail: kingofstreets@ukr.net.

Kovalov Anton, 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.

Kovalova Oksana, Ph. D., Senior Lecturer of the office of freight and commercial work of the Ukrainian state University of railway transport. Tel.: (067)252-31-85. E-mail: okamadoviajes@gmail.com.

Kovalov Maksym, Ph. D., associate Professor of the office of structural mechanics and hydraulics of the Ukrainian state University of railway transport. Tel.: (050)633-50-81. E-mail: maks\_kov@ukr.net.

Seliutin Yurii, gs of ESIRAT (project TEMPUS IV). Тел.: (050)643-53-91. E-mail: Yurii1goga@gmail.com.

Romanenko Maxim, gs of ESIRAT (project TEMPUS IV). Тел.: (095)510-84-88. E-mail: kingofstreets@ukr.net.

Статтю прийнято 20.04.2018 р.