

УДК 656.21:656.027

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.163.2016.79507>

**УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ
ШВИДКІСНОГО РУХУ**

Д-р техн. наук Т. В. Бутько, П. І. Тітаренко, М. М. Кисіль

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ
СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Д-р техн. наук Т. В. Бутько, П. И. Титаренко, М. М. Кисель

**IMPROVING THE PASSENGER RAILWAY STATION COMPLEX OPERATION UNDER
IMPLEMENTATION OF SPEED TRAINS**

Dr. of Tech. Sc. Professor T. V. Butko, P. I. Titarenko, M. M. Kusil

У даній статті надано теоретичне обґрунтування процесу організації перевезень пасажирів з урахуванням можливих варіантів пересадки в умовах інтегрованих залізничних пересадочних комплексів.

Ключові слова: швидкісний рух, вокзальний комплекс, технологія, динаміка пасажиропотоків, перевезення.

В данной статье даны теоретические обоснования процесса организации перевозок пассажиров с учетом возможных вариантов пересадки в условиях интегрированных железнодорожных пересадочных комплексов.

Ключевые слова: скоростное движение, вокзальный комплекс, технология, динамика пассажиропотоков, перевозки.

This article provided a theoretical justification of the process of passenger considering taking into account the possible transplant options in terms of integrated rail transit systems. Under condition of speed traffic the number of trips with transfers rises, which causes additional load on the passenger terminals.

For the effective solution of scientific and applied tasks of organization of passenger transport in an integrated interchange complexes is necessary linkages between their work at the network level with the possibility of research infrastructure download interchange systems for the improvement of passenger traffic management and coordination of various types of urban transport in the zone of attraction of the station. In accordance with this article topic is relevant.

The aim of this work is the improvement of process of organization of passenger railway transportation in the conditions of high-speed traffic by improving technology of work of railway stations based on the adaptation of the volume of passenger traffic.

Keywords: speed trains, station complex, technology, passenger flows dynamics, transportation.

Вступ. Зростання обсягів перевезення пасажирів із прогнозним середньорічним темпом приросту на 2,8 % до 2020 року та відповідно до впровадження програми швидкісного руху пасажирських поїздів між основними містами-мегаполісами актуальним робить питання перегляду зони покриття і системи організації маршрутів прямування пасажирських поїздів з необхідністю створення на базі існуючих залізничних вокзалів системи інтегрованих пересадочних комплексів. Обмежена дальність прямування швидкісних поїздів передбачає організацію швидкісних сполучень між вузлами, так званими хабами, у всіх регіонах країни та перевезення на коротких плечах в зоні тяжіння хабів. Така система організації перевезення призведе до збільшення навантаження на інфраструктуру залізничних вокзалів та потребує ефективного вирішення задачі реалізації подорожі пасажирів з пересадками «за єдиним квитком» з урахуванням мінімізації загального часу прямування.

Для ефективного вирішення науково-прикладного завдання організації пасажирських перевезень в умовах інтегрованих пересадочних комплексів необхідною є ув'язка їх роботи на мережному рівні з можливістю проведення

досліджень завантаження інфраструктури пересадочних комплексів для удосконалення роботи управління пасажиропотоками та координації різних видів міського транспорту в зоні тяжіння вокзалу. Відповідно до цього тема статті є актуальною.

Аналіз останніх досліджень. Цим питанням присвячено ряд наукових робіт [2,4,6,7,8]. Але в них не достатньо уваги приділено технології взаємодії вокзального комплексу з іншими видами транспорту в умовах швидкісного руху, конкретним умовам вокзалу Харків-Пасажирський.

Мета дослідження. Метою роботи є удосконалення процесу організації залізничних пасажирських перевезень в умовах швидкісного руху шляхом удосконалення технології роботи пасажирських залізничних вокзалів на основі адаптації обсягів пасажиропотоків.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження загальної тенденції перевезення пасажирів сформовано динаміку їх розподілу по місяцях за 2015-2016 р. в умовах станції Харків-Пасажирський регіональної філії «Південна залізниця», яку наведено на рис. 1.

Поряд з динамікою кількості проданих квитків по місяцях (рис. 1) наведено основні характеристики, а саме: N – серед-

не значення, σ – середнє квадратичне відхилення, K_H – коефіцієнт нерівномірності.

Коефіцієнт нерівномірності K_H , що дорівнює 1,14, свідчить про наявність

незначних сезонних коливань в обсягах перевезень.

Для більш детального аналізу сформовано динаміку продажу квитків по днях, яку наведено на рис. 2.

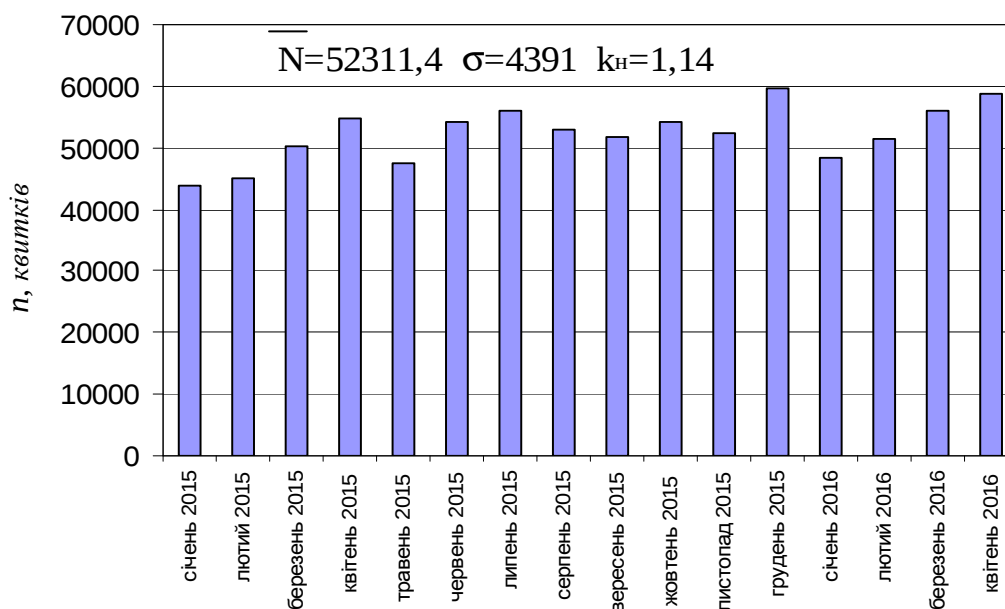


Рис. 1. Динаміка продажу квитків на швидкісні потяги по місяцях на Південній залізниці

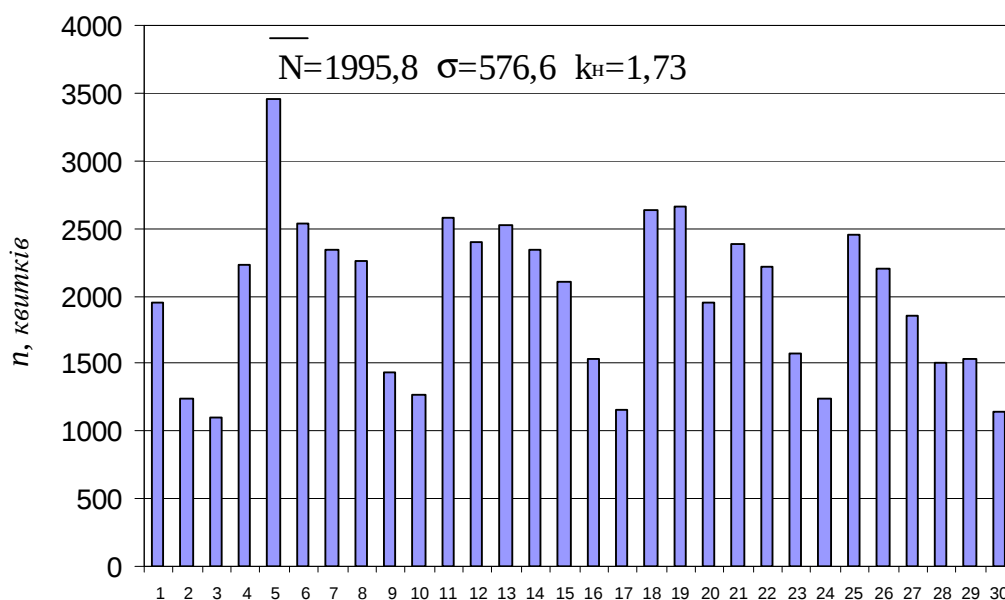


Рис. 2. Динаміка продажу квитків на швидкісні потяги по днях за квітень 2016 року на Південній залізниці

Аналіз динаміки (рис. 2) свідчить про вплив ефекту вихідного дня, який має

періодичну тенденцію, тобто спостерігається, що більш навантаженими днями є

період з понеділка по п'ятницю. Це свідчить про нерівномірні умови роботи вокзалу. В цих умовах необхідним є формування інформаційної системи, яка відстежує всі коливання і надає умови для більш комфортного переміщення пасажирів в межах вокзального комплексу з урахуванням взаємодії з іншими видами транспорту. З цією метою була проведена формалізація процесу взаємодії вокзального комплексу.

Задача організації логістики пересадок на залізничному пересадочному комплексі тісно пов'язана з реалізацією технології узгодження підводу рухомого складу різних видів транспорту для обслуговування попиту пасажирів. Вирішення поставленої задачі є актуальним в умовах здійснення пересадок пасажирів з пасажирських в приміській поїзди, трамваї, автомобільний міський транспорт, в електропоїзди метрополітену у вечірній період часу, коли частота руху значно зменшується, або навпаки. Це у свою чергу дозволить за рахунок зменшення очікування прибуття бажаного виду транспорту розвантажити привокзальну площу та підвищити комфорт пасажирів під час здійснення пересадки. В межах реалізації інтермодальних перевезень пасажирів основною перевагою залізничного транспорту є чіткість графіка руху, тоді як міського транспорту – гнучкість руху.

Для формалізації поставленої задачі було використано апарат теорії розгляду [1,3]. Слід розглянути систему, що складається з m одиниць рухомого складу

(електропоїзд приміського руху або метрополітену, трамвай, маршрутний автобус, таксі), який заплановано використовувати при перевезенні пасажирів $m = \overline{1, M}$. Послідовно занумеруємо також i -ту нитку графіка прибуття та відправлення пасажирських поїздів до залізничного вокзалу, як вимоги з числами від 1 до n . До кожної i -ї нитки прибуття або відправлення поїзда відносяться a_i^m кількість пасажирів, що обрали для подорожі m -й вид міського транспорту. Якщо прийняти за φ^m - місткість m -го виду транспорту, то можна наближено визначити планову кількість операцій з відправлення або прибуття міського рухомого складу для здійснення пересадки прогнозованої a_i^m групи пасажиропотоку

$$g_i^m = a_i^m / \varphi^m,$$

де g_i^m - кількість операцій з відправлення або прибуття m виду транспорту для обслуговування пасажиропотоку a_i^m . Під операцією розуміється поїздка m -го виду транспорту для збирання пасажирів із вокзалу або їх підвезення до вокзалу. Кожна з операцій потребує виконання у межах директивного терміну.

Для оптимізації процесу взаємодії різних видів транспорту з точки зору забезпечення вимог та комфорту пасажирів введено величину r_i , що визначає момент готовності групи пасажирів до посадки у міський транспорт або до посадки в поїзд. Виходячи з цього r_i визначається за виразом

$$r_i = \begin{cases} t_i^{\text{приб}} + t_{i,m}^{\text{пер}} - \text{посадка на міський транспорт} \\ t_i^{\text{відпр}} + t_{i,m}^{\text{пер(max)}} - l_m^{\text{max}} \cdot g_i^m - \text{посадка в поїзд} \end{cases}$$

де $t_i^{приб}$ - час прибуття пасажирського поїзда за розкладом; $t_{i,m}^{пер(max)}$ - максимальний час, що витрачає пасажир при здійсненні пересадки m -го виду транспорту, який визначений на основі запропонованої моделі індивідуального руху пасажирів в потоці; $t_i^{приб}$ - час відправлення пасажирського поїзда за розкладом; I_m^{max} - максимальний інтервал між прибуттям або відправленням m -го виду транспорту.

Величина τ_i являє собою момент надходження k -ї кількості пасажирів з поїзда на міський транспорт або навпаки, є мінімально можливим часом початку першого відправлення або прибуття m -го рухомого складу на вимогу $i=1, \dots, n$.

Отже, кожна i -та вимога складається з g_i операцій з відправлення або прибуття міського рухомого складу. Для кожної такої операції здається три індекси:

i - номер нитки прибуття або відправлення поїзда, що містить операцію відправлення або прибуття;

j - номер операції, що задана вимогою прибуття або відправлення поїзда (номер

нитки графіка руху міського транспорту), $j=1, \dots, g_i$;

m -й вид міського рухомого складу, на який операція з відправлення або прибуття повинна виконуватись, $1 \leq m_{ij} \leq m$.

Тоді кожену операцію з виконання перевезення можна охарактеризувати як кортеж $\langle m_{ij}, t_{ij}^m \rangle$, де t_{ij}^m - тривалість виконання операції, тобто довжина інтервалу часу, необхідного рухомому складу m_{ij} для виконання обігу на маршруті та наступного відправлення або прибуття i .

Для забезпечення умови одночасного виконання не більше ніж однієї операції необхідно дотримання умови

$$t_{ij,m} - t_{ij} + 1, m \geq \theta_m,$$

де θ_m - встановлений за розрахунками обіг відповідного типу рухомого складу. Дана умова дозволяє обмежити інтервал між прибуттям та наступним прибуттям міського рухомого складу лише у бік зменшення, тоді як для пристосування до вимог розкладу поїздів – збільшення інтервалу можливе.

Для отримання обмежень на порядок виконання операцій слід прийняти, що

$\sum_k \delta_{ijm} t_{im}$ - тривалість бюджету часу на виконання операції j для вимоги i , де

$$\delta_{ijm} = \begin{cases} 1, & \text{якщо операція } j \text{ вимоги } i \text{ виконується рухомих складом} \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

Тоді для всіх операцій кожної вимоги повинна виконуватись нерівність

$$\sum_m \delta_{ijm} t_{im} \leq \sum_m \delta_{i(j+1)m} t_{im}.$$

Як критерій оцінки розгляду ув'язки часу відправлення та прибуття різних видів транспорту запропоновано використати мінімізацію сумарного часу завершення робіт, що рівнозначно мінімізації суми

початку виконання останніх операцій по відправленні або прибутті всіх вимог, тобто

$$F = \sum_i \sum_j \sum_m \delta_{ijm} \cdot t_{im} \rightarrow \min.$$

Для вирішення запропонованої моделі визначення розкладу ув'язки прибуття та відправлення пасажирських поїздів з різними видами міського транспорту у вузлі доцільним є підвищення швидкості та

точності генерування розкладу руху за рахунок використання генетичного алгоритму з дійсним кодуванням.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Розроблено модель узгодження графіка підведення рухомого складу різних видів транспорту до залізничного пересадочного комплексу на основі комплексного використання методів теорії розкладу та генетичних алгоритмів,

що на відміну від існуючих дозволяє визначити більш точний графік прибуття та відправлення міського пасажирського транспорту у взаємодії із залізничним за умови гарантійного забезпечення варіанта пересадки в межах директивних строків. Це у свою чергу надасть можливість створити єдину транспортно – логістичну систему обслуговування пасажирів з властивостями адаптації до зміни умов формування попиту на перевезення.

Список використаних джерел

1. Бутко, Т. В. Формування моделі організації пасажиропотоків при здійсненні пересадок на залізничному вокзалі з використанням колективного інтелекту [Текст] / Т. В. Бутко, А. В. Прохорченко, О. О. Журба // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – №2. – С. 57-61.
2. Бутко, Т. В. Моделювання розподілу пасажиропотоків по поїздах на основі колективного інтелекту [Текст] / Т. В. Бутко, А. В. Прохорченко, О. О. Журба // Восточно-Европейский журнал передових технологій. – 2010. – №2/4(44). – С. 44-47.
3. Журба, О. О. Моделювання процесу пересадки пасажирів на залізничному вокзалі Харків-Пасажирський за варіантом «пасажирський поїзд – міський транспорт» [Текст] / О. О. Журба // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 119. – С. 60-66.
4. Бутко, Т. В. Формування мережі логістичних центрів пересадочних комплексів на основі використання розподіленої системи підтримки прийняття рішень з реалізацією колективної самоорганізації [Текст] / Т. В. Бутко, А. В. Прохорченко, О. О. Журба, Н. І. Хведорець // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип. 26. – С. 34-39.
5. Moshe Givoni/Journal of Transport Geography/ Do cities deserve more railway station? The choice of a departure railway station in a multiple – station region/ April 2014, P. 89-97.
6. Dominic E. Reysse/ Journal of Transport Geography/ Classifying railway station for sustainable transition – balance node and place functions. May 2008. P. 191-202.
7. Логистика [Текст]: учебник / под ред. Б. А. Аникина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 368 с.
8. Moshe Givoni /Journal of Transport Geography/ The access journey to the railway station and its role in passengers' satisfaction with rail travel. September 2007. - P. 357-365.

Бутко Тетяна Василівна, д-р техн. наук, професор кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (097)4424525.

Тітаренко Поліна Ігорівна, студентка гр. 22-VI-ОПУТм Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (095)3336405. E-mail. Polinatitarenko93@gmail.com.

Кисіль Марія Михайлівна, студентка гр. 18-VI-ОПУТм Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (066)-325-99-48.

Butko Tatiana Vasylevna, dr. sc. sciences, professor of the department management експлуатаційноу роботоу Ukrainian State Universiti of Railway Transport. Tel. (097) 4424525.

Titarenko Polina Igorevna, student Ukrainian State Universiti of Railway Transport. Tel. (095) 3336405. E-mail. Polinatitarenko93@gmail.com.

Kisel Mary Myhaylovna, student Ukrainian State Universiti of Railway Transport. Tel. (066)-325-99-48.

Стаття прийнята 13.07.2016 р.