
УДК 656.22

**ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ВІДПРАВЛЕННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ З
ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ РОЗКЛАДІВ**

Канд. техн. наук Г. М. Сіконенко, магістрант О. Л. Шарій

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ОТПРАВЛЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ РАСПИСАНИЙ**

Канд. техн. наук Г. М. Сіконенко, магістрант А. Л. Шарый

**DEFINITION OF TIME OF PASSENGER TRAINING WITH THE USE OF THEORY OF
SCHEDULES**

Cand. tech Sciences G. M. Sikonenko, master student O. L. Sharyi

Розглянуто стратегічні напрямки розвитку перевезень пасажирів залізничним транспортом в Україні та країнах світу. Приділено увагу організації руху поїздів на високошвидкісних магістралях. Для підвищення ефективності функціонування українського залізничного транспорту запропоновано визначати час відправлення поїздів з використанням теорії розкладів, що допоможе врахувати попит пасажирів на перевезення, наявність рухомого складу та ниток графіка руху для задоволення попиту.

Ключові слова: перевезення, розклад, відправлення, поїзд, пасажир.

Рассмотрены стратегические направления развития перевозок пассажиров железнодорожным транспортом в Украине и странах мира. Уделено внимание организации движения поездов на высокоскоростных магистралях. Для повышения эффективности функционирования украинского железнодорожного транспорта предложено определять время отправления поездов с использованием теории расписаний, что поможет учесть спрос пассажиров на перевозки, наличие подвижного состава и ниток графика движения для удовлетворения спроса.

Ключевые слова: перевозки, расписание, отправление, поезд, пассажир.

In the article strategic directions of development of passenger transportation by rail in Ukraine and countries of the world are considered. Attention is paid to the organization of train traffic on high-speed highways. The purpose of the study is to improve passenger transportation by rail by rationalizing the departure time of passenger trains.

To improve the efficiency of the Ukrainian railway transport, it is suggested to determine the time of departure of trains using the theory of timetables, which will help to take into account the demand of passengers for transportation, the availability of rolling stock and the thread of the traffic schedule to meet demand.

A comparison of the transport of passengers to a distance of 200-500 km between rail and air transport was compared. It is shown that rail transportation has the advantage, since trains can stop at intermediate stations for landing - disembarking passengers. This fact does not greatly affect the route speed, but it allows you to attract additional customers.

Keywords: transportation, schedule, departure, train, passenger.

Вступ. Ратифікація Україною Угоди про асоціацію з Європейським Союзом, крім іншого, передбачає імплементацію низки законодавчих актів ЄС. У зв'язку з цим КМУ ухвалив план заходів щодо імплементації директив, що стосуються, зокрема, і транспортної галузі, а Мінінфраструктури розробило проекти стратегічних планів розвитку окремих видів транспорту до 2020 р., які закладають основу змін у транспортній галузі на наступні роки. Мова йде про основні принципи, стратегічні напрями, цілі та завдання розвитку транспорту.

На особливу увагу заслугоує розвиток швидкісних та високошвидкісних магістралей. Так, для сорокамільйонної Іспанії загальна експлуатаційна довжина виділених ліній високошвидкісних магістралей (ВШМ) складає 3600 км.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання удосконалення руху на ВШМ учені вивчають у різних країнах світу. Так, в [1] викладено основні положення щодо визначення часу поїздки з

перевантаженням ліній та у вільних потоках. Очікуваний час поїздки моделюється відповідно до характеристики перевезення (швидкості на перегонах та швидкості в точках проходження дорожніх сегментів – станцій). Питанням вивчення багатовимірних часових рядів потоку поїздів у графіках присвячені дослідження [2], що ґрунтуються на складній мережевій теорії. Результати показують, що ці дві статистичні величини виражають аналогічну картину з параметрами потоку руху при нерівномірності перевезень, що відповідає трьом станам: спад перевезення, пік і перехідні години та відповідно кореляція між двома станами. Однак у цих роботах значна увага приділена завантаженню інфраструктури і не враховується бажаний час відправлення пасажирських поїздів.

Аналізу пасажиропотоку, що користується високошвидкісним перевезенням у Китаї, присвячені дослідження, викладені у [3]. Показано, що останнім часом пасажирів схильні користуватися послугами ЛСС

(low-cost carrier), крім більш заселених пунктів, де зберігається перевага щодо використання HSR (high-speed railway). Для пасажирів європейських залізниць цінними є результати витрат на залізничні перевезення високошвидкісними поїздами на нових швидкісних лініях [4]. Особлива увага приділена руху поїздів при максимальному завантаженні інфраструктури і зовнішнім витратам на організацію руху на високошвидкісному залізничному транспорті. Як показано у [5], конкуренцію повітряному транспорту на середніх відстанях створює залізничний транспорт при перевезеннях по ВШМ. Однак для пасажирів, що користуються послугами залізничного транспорту України, переважним є вартість та час поїздки, що враховано при моделюванні у цьому дослідженні.

Мета та завдання дослідження.

Метою дослідження є удосконалення процесу перевезень пасажирів шляхом визначення часу відправлення пасажирських поїздів. Для вирішення поставленої мети потрібно розв'язати такі завдання: визначення динаміки пасажиропотоків; аналіз світового досвіду та перспектив розвитку пасажирського руху при перевезеннях пасажирів у швидкісних поїздах; формалізація задачі визначення часу відправлення поїздів з використанням теорії розкладів.

Основний матеріал. в Україні є передумови для розвитку швидкісного пасажирського залізничного транспорту. Експлуатаційна довжина залізничних колій загального користування склала 20948,1 км, з яких 48 % електрифіковано. За довжиною мережі залізниць Україна посідає третє місце в Європі. Крім того, роль залізничного транспорту в системі транспортних комунікацій України посилюється і тим, що через територію держави пролягають основні транспортні транс'європейські коридори: Схід – Захід, Балтика – Чорне море. Зокрема транс'європейська заліз-

нична магістраль Е-30, що починається в Берліні, перетинає Україну за маршрутом Мостиська-Львів-Київ.

На жаль, характерними рисами сьогоденного стану діяльності транспортної галузі України є критичний рівень фінансового стану і практично зношений рухомий склад та матеріально-технічна база. Абсолютна більшість тягового рухомого складу українських залізниць побудована за технічними вимогами 60-х років минулого століття і здебільшого майже відпрацювала нормативний термін служби. Якщо магістральні електровози відпрацювали нормативний термін служби на 71,6 %, то магістральні тепловози – на 99,4 %, а маневрові тепловози – на 91,3 %.

Не краща ситуація з парком вагонів – середній вік усього парку пасажирських вагонів сягає 27,5 року при загальному зносі 86 %. При цьому 61,3 % пасажирських вагонів використовуються вже понад 28 років.

Усе це вплинуло на стрімкий спад обсягів перевезень. У 2016 році пасажирооборот поїздів дальнього прямування склав понад 116,5 млрд пас. км, що на 8,3 % менше, ніж у 2013 році. На зменшення пасажирообороту впливає конкуренція з боку інших видів транспорту – авіаційного та автомобільного. Пасажирооборот залізниць на сьогодні складає майже 38 % від загального обсягу перевезень громадського транспорту України.

В Україні за 2016 рік зменшився пасажирооборот на 0,2 % – до 0,8 млрд пас. За даними Держкомстату [6], в Україні за 2016 рік послугами залізничного транспорту скористалися 389,05 млн пас., виконана пасажирська робота в обсязі 116,48 млрд пас. км, що становить відповідно 91,7 % від обсягів 2013 року. Дані про відправлення пасажирів за видами транспорту наведені у таблиці.

Таблиця

Відправлення (перевезення) пасажирів за видами транспорту загального користування,
тис. пас.

Рік	Вид транспорту						
	залізничний	морський	автомобільний	авіаційний	трамвай	тролейбус	метрополітен
2012	429115,3	5921,0	3450173,1	8106,3	799688,8	1345544,9	774057,6
2013	425216,9	6642,0	3343659,5	8107,2	757382,8	1306228,5	774794,0
2014	389305,5	29,4	2913318,1	6473,3	769911,1	1096884,8	725819,9
2015	389794,1	25,5	2250345,3	6302,7	738603,2	1080772,6	700369,5
2016	389057,6	30,3	2024892,9	8277,9	694009,4	1038746,0	698367,3

Низький рівень техніко-технологічних і економічних параметрів більшості видів вітчизняних транспортних засобів, який не відповідає міжнародним стандартам, призводить до неминучого програшу у світовій конкуренції на ринку транзитних послуг. Тому відбувається експансія іноземних транспортних та експедиційних компаній на український ринок перевезень. Особливо гостро зазначена ситуація відчувається на морському і повітряному транспорті.

Транспортна галузь – дуже складна галузь з безліччю вузькоспеціалізованих нюансів. У ній перетинаються багато інтересів, так як транспорт обслуговує всі галузі економіки на різних етапах виробництва, розподілу і споживання. Усе це в сукупності порушило низку проблем, які потребують негайного вирішення [7]. Основними недоліками, що потрібно подолати у залізничному транспорті, є:

– високий ступінь зносу основних засобів галузі, у першу чергу – тягового рухомого складу;

– відсутність конкуренції, а отже, відсутність у суб'єкта господарювання галузі мотивації до підвищення ефективності своєї роботи і якості послуг, розширення їх переліку;

– жорстке державне регулювання тарифів на залізничні перевезення, яке не дає змоги своєчасно реагувати на зміну ситуації на ринку транспортних послуг;

– значне фінансове навантаження Укрзалізниці соціальними функціями держави (перевезення пільгових категорій пасажирів, зобов'язання перевозити пасажирів у приміському сполученні за тарифами, які значно нижчі за собівартість);

– відсутність державних інвестицій у галузь незважаючи на положення ст. 10 чинного Закону України «Про залізничний транспорт».

Залізничні сполучення мають деякі переваги перед авіаційним транспортом. Пасажирський поїзд, навіть при організації високошвидкісного руху, може мати зупинки на окремих станціях масової посадки – висадки. Таким чином, навіть з деяким невеликим збитком для маршрутної швидкості можна охопити високошвидкісним сполученням міста, які розміщені між кінцевими пунктами маршруту і, отже, залучити додаткових пасажирів. Так, поїзди TGV перевозять на маршрутах між Парижем і франкомовними регіонами Швейцарії втричі більше пасажирів, ніж літаки.

Ці два види транспорту нерідко прагнуть доповнювати один одного в певних сегментах ринку транспортних послуг. Це прагнення обумовлене тим, що поєднання різних видів транспорту може надати пасажирам можливість здійснити поїздку з великими зручностями, ніж будь-який з них окремо. Можливість відправлення пасажирів залежить від

наявності рухомого складу. Ця можна описати таким чином:

$$\sum_{(q,r) \in W_l} F_{(q,r)}^l + \sum_{\omega \in W_l^+} F_{\omega}^l \leq \sum_{c \in C} k_c^l K_c^l; \forall l, \forall q \in Q_l, \quad (1)$$

де W_{lq}^+ – усі станції прямування поїзда по лінії при відправленні з початкової станції q ;

W_l – станція призначення при прямуванні поїзда по лінії l .

У моделі F_{ω}^l означає кількість пасажирів, які прямують між парою

початково - кінцевих станцій ω , по лінії l з погляду компанії, що надає цю послугу. У цій моделі змінні визначають місця для пасажирів (максимальну місткість складу) для можливості розрахунку максимального прибутку компанії.

Виконання перевезення тим чи іншим рухомим складом визначається за умови

$$K_c^l = \begin{cases} 1, & \text{якщо перевезення } l \text{ здійснюється рухомим складом } c \\ 0, & \text{в інших випадках} \end{cases} \quad (2)$$

Нарешті, кожна станція відправлення пасажирів можлива тільки єдина

$$\sum_{c \in C} K_c^l = 1; \forall l \in L. \quad (3)$$

Цільова функція. Розглянута модель дає змогу максимізувати прибуток унаслідок підвищення доходу від продажу квитків за вирахуванням операційних витрат:

$$Z = \sum_{l \in L} \sum_{\omega \in W_l} \psi_{\omega}^l F_{\omega}^l - \sum_{l \in L} \sum_{c \in C} \pi_c^l K_c^l \rightarrow \max Z. \quad (4)$$

Однак необхідно мати на увазі, що може статися такий випадок. Розглянемо дільницю Харків – Київ – Львів – Краків – Перемишль. Припустимо, що найбільший попит сформувався на дільниці Харків – Київ – Львів. Таким чином, поїзд може бути повністю заповнений на станції відправлення Харків пасажирами, що прямують до станції Львів, не залишаючи квитки іншим пасажирам до більш далеких станцій. У цьому поїзді пасажири вийдуть по станції Львів і далі прямуватиме з порожніми місцями, навіть якщо були пасажири на станції Харків, які потребували відправлення до станції Краків (Перемишль). Щоб уникнути такої ситуації,

модель дає змогу вибирати певну кількість місць по кожному маршруту.

Було промодельовано 16 можливих призначень поїздів. Виявилось, що найкращим рішенням є відправлення п'яти поїздів зі звичайною композицією, трьох поїздів у подвійному складі (Харків – Львів), одного поїзда Київ – Перемишль та одного Львів – Перемишль, а 11 поїздів узагалі не повинні плануватися до відправлення.

Тимчасова діаграма на станціях показана на рисунку. Потовщена лінія є призначенням поїзда з подовженим складом, а тонка лінія – прості композиції. На графіку видно, що деякі поїзди

відправляються практично одночасно. Цей факт указує на можливість усунення деяких поїздів у сітці розкладу для досягнення найкращого рішення.

Цікавим є факт, що при визначенні попиту на відправлення поїздів необхідно врахувати:

- що частина пасажиропотоку може бути не задоволена наявним графіком;
- можливість прокладання нитки поїздів із затримкою в одну годину (було розглянуто в експерименті для кожної пари);
- відсутність вільних місць у продажу.

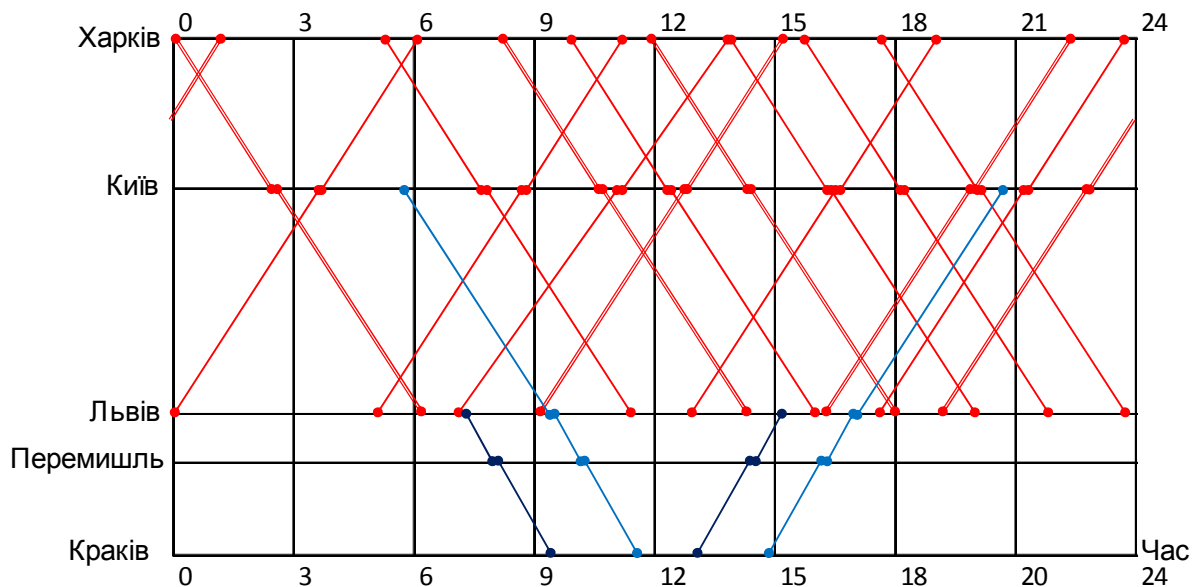


Рис. Результати моделювання кількості поїздів на напрямку Харків – Краків

При моделюванні врахований той факт, що пасажир повинен здійснювати поїздку у найзручніший для нього час.

Висновки. Вивчивши світовий досвід, можна зробити висновок, що для підвищення ефективності функціонування залізничного транспорту України сьогодні потрібно:

- розвивати прискорений рух (до 160 км/год) на основі наявних колій;
- поновити рухомий склад для перевезення пасажирів, особливу увагу приділяючи високошвидкісному руху;

- створювати здорову конкуренцію між видами транспорту, підвищувати якість послуг, що надаються пасажиром;
- застосовувати гнучку тарифну політику, що дасть змогу залучати нових клієнтів;
- залучати нових інвесторів.

Покращення обслуговування пасажирів слід проводити з урахуванням вимог щодо зручності часу відправлення поїздів та наявності вільних місць у вагонах певної категорії.

Список використаних джерел

1. Jain, S. Traffic Congestion Modelling Based on Origin and Destination [Text] / S.Jain, S. Singh Jain, G. Jain // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 187. – P. 442-450.

2. Yan, Y Understanding characteristics in multivariate traffic flow time series from complex network structure [Text] / Y. Yan, Sh. Zhang, J. Tang, X. Wang // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. – July 2017. – Vol. 477. – P. 149-160.

3. Wang, K. Should China further expand its high-speed rail network? Consider the low-cost carrier factor [Text] / K. Wang, W. Xia, A. Zhang // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. – June 2017. – Vol. 100. – P. 105-120.

4. Sánchez-Borràs, M. Rail access charges and the competitiveness of high speed trains [Text] / M. Sánchez-Borràs, Ch. Nash, P. Abrantes, A. López-Pita // *Transport Policy*. – March 2010. – Vol. 17. – Issue 2. – P. 102-109.

5. 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.

6. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua. – Загол з екрана. – Дата звернення (11.08.2017).

7. Стратегические направления развития транспорта в Украине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://transport-journal.com/news/stratheycheskye-napravlenyya-razvytyuua-transporta-v-ukrayne/>. – Загл с екрана. – Дата обращения (04.09.2017).

Сіконенко Григорій Михайлович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: 050-027-24-07. E-mail: gregsik79@gmail.com.

Шарій Олексій Леонідович, магістрант ІПК (Проект ТЕМПУС IV) Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: 050-33-88-339. E-mail: sharyi@ukr.net.

Sikonenko Gryhoriy, Cand. of Tech. Sc, assistant professor of management operational work of the Ukrainian State University of Railway Transport. Тел.: 050 – 027 – 24 – 07. E-mail: gregsik79@gmail.com.

Sharyy Oleksiy, gs of ESIRAT (project TEMPUS IV) Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: 050-33-88-339. E-mail: sharyi@ukr.net.

Стаття прийнята 15.11.2017 р.