
УДК 656.224

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ В
УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ**

Канд. техн. наук Т. В. Головко, магістрант С. А. Шут

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПАССАЖИРСКИХ
ПОЕЗДОВ В УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Канд. техн. наук Т. В. Головко, магистрант С. А. Шут

**IMPROVING THE TECHNOLOGY OF PROCESSING PASSENGER TRAINS IN THE
CONDITIONS OF FUNCTIONING OF SPEED MOVEMENT**

Cand. of techn. sciences T. V.Golovko, master student S. A. Shoot

У статті порушено питання щодо удосконалення технології обробки пасажирських поїздів в умовах функціонування швидкісного руху. Проаналізовано норми часу на технічну підготовку пасажирських составів у рейс. Формалізовано технологію роботи пасажирської технічної станції на основі побудови математичної моделі. Запропоновано варіанти

раціоналізації часу прямування пасажирських поїздів завдяки скороченню загальних витрат через об'єднання суміжних операцій.

Ключові слова: рух, пасажиропотік, перевезення, раціоналізація.

В статье рассмотрены вопросы совершенствования технологии обработки пассажирских поездов в условиях функционирования скоростного движения. Проанализированы нормы времени на техническую подготовку пассажирских составов в рейс. Формализована технология работы пассажирской технической станции на основе построения математической модели. Предложены варианты рационализации времени следования пассажирских поездов путем сокращения общих затрат с помощью объединения смежных операций.

Ключевые слова: движение, пассажиропоток, перевозки, рационализация.

Reducing the time of passengers' stay in the road and the possibility of regulating the time of departure and arrival of the train decides the introduction of high-speed passenger traffic on the railways of Ukraine. This leads to changes in the organization of passenger transportation, justifies the need to determine the optimal areas for passenger train trains, and the main factors that affect their size.

The article deals with the issues of improving the processing technology of passenger trains in the conditions of the operation of high-speed traffic. The time rules for technical preparation of passenger compositions in the flight are analyzed. The offered variants of rationalization of the time of passenger trains passing by reducing the total expenses due to the combination of related operations.

Based on the calculations, it was determined that the increase of the economic effect from the introduction of an interactive computer system for decision support at the passenger technical station during the estimated period, taking into account the reduction to the first year, is UAH 31,006, and the time saving will be 434,6 train-hours per year.

Keywords. Highways, passenger, transport, rationalization.

Вступ. Сучасна ринкова ситуація характеризується високим рівнем конкуренції. Стратегічна стабільність підприємства на ринку можлива тільки за умов його конкурентоспроможності та можливості адаптації до змін ринкового середовища. Скорочення часу перебування пасажирів у дорозі і можливість регулювання часу відправлення і прибуття поїзда актуалізує впровадження швидкісного пасажирського руху на залізницях України. Це зумовлює проведення змін в організації пасажирських перевезень, обґрунтовує необхідність визначення оптимальних зон курсування пасажирських поїздів та основних факторів, які впливають на їх величину. Таким чином, питання підвищення ефективності функціонування окремих

поїздів та скорочення експлуатаційних витрат на пасажирські перевезення є нагальною необхідністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Якісний розклад поїздів повинен неухильно забезпечувати здатність системи дотримуватись вимог перевезень. Автори [1] подають математичну модель для оптимізації розкладу поїздів для системи високошвидкісного руху та пропонують інноваційну методологію, використовуючи евристичний алгоритм для одночасного обліку як потреб пасажирів, так і планування поїздок. Ця методологія має потенціал для покращення рівня обслуговування та потужності ліній без додаткових високооплачуваних капітальних вкладень.

У статті [2] основна увага приділена тому, як мінімізувати загальний час очікування пасажирів на станціях завдяки обчисленню й коригуванню розкладів поїздів для швидкісних коридорів залізничного транспорту з обліком змінених у часі матриць попиту від місця відправлення до місця призначення. З обліком заздалегідь заданих схем пропускної спроможності поїздів розроблена уніфікована модель квадратичного цілісного програмування з лінійними обмеженнями для спільної синхронізації ефективних вікон часу завантаження пасажирів та часу прибуття й відправлення поїзда на кожній станції. Ефективність моделі додатково досліджується за допомогою численних експериментів із тестовими випадками в реальному часі залізничних колій. Однак у згаданих дослідженнях не повною мірою приділено увагу впливу часу технічної обробки пасажирських поїздів на загальний час прямування.

Донедавна багато досліджень, включно з новими транспортними проектами, при моделюванні не враховували скупчення. У роботі [3] запропоновано використання натовп-моделі, яка дозволить точно досягати балансу між завантаженим попитом та потужністю. Це дозволить пояснити розбиття графіка, наприклад, пов'язаного із затримками, в порівнянні з базовим сценарієм без обмежень пропускної спроможності. Проте результати показують складну просторову та часову поведінку, що робить їх інтерпретацію занадто чутливою.

Станції часто обмежують потужність залізничної мережі. У [4] подано методи аналізу та опису станцій. В роботі розроблено п'ять методів аналізу інфраструктури та експлуатації на станціях: адаптований метод потужності, який може використовуватися для аналізу станційних зон та коштів на станціях; метод аналізу потреби у платформах та ймовірність того, що при прибутті поїзд не отримає

платформи відразу; масштабований метод, який аналізує конфлікти та складність інфраструктури; метод, який використовується для вивчення складності та очікуваної надійності графіків на станції; метод аналізу оптимальних шляхів, який використовується для вивчення моделі прибуття та відправлення поїздів. Однак проаналізовані методи мають великий рівень суб'єктивності, пов'язаний із визначенням експертним методом різних показників та рангів їх важливості.

У роботі [5] розроблено методичний підхід до визначення оптимальних зон курсування пасажирських поїздів різних видів, який базується на зниженні їх експлуатаційних витрат та підвищенні швидкості руху при зміні організації руху за новою класифікацією поїздів, що дозволить підвищити економічну ефективність або знизити збитковість пасажирських перевезень та збільшити їх конкурентоспроможність на ринку пасажирських транспортних послуг.

Для забезпечення інтеграції високошвидкісних ліній із звичайною залізничною мережею потрібно впроваджувати залізничні розв'язки. Розробки та можливості японських і французьких високошвидкісних магістралей проаналізовано у праці [6]. Результати, отримані у дослідженні, свідчать про те, що доцільно було б застосувати французьку модель для виконання пасажирських перевезень.

Усі проаналізовані роботи доводять, що підвищення швидкості залізничних перевезень є життєздатним та привабливим способом організації перевезень, а розроблені методи та використані моделі можуть використовуватись для аналізу загальної інфраструктури та отримання інформації про місткість та потужність різних елементів на перегонах та станціях.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою статті є удосконалення технології обробки пасажирських поїздів в умовах функціонування

швидкісного руху. Завданням є аналіз основних факторів, що впливають на якість і терміни технічного огляду, формалізація технології роботи пасажирських технічних станцій завдяки побудові математичної моделі, визначення техніко-економічної ефективності запропонованої технології.

Основна частина дослідження.

Оскільки залізничний транспорт є одним з основних великих споживачів паливно-енергетичних ресурсів, то розв'язання проблеми ресурсозбереження зачіпає не лише транспорт, але й економіку країни загалом. У зв'язку з цим необхідна розробка системного підходу до проблеми, яка передбачає як стимулювання оптимізації енергоспоживання, так і впровадження науково-технічних заходів, що стабілізують рівень енерговитрат і знижують непродуктивні витрати на транспорті [8]. Одним з варіантів є скорочення часу на обробку составів, що надасть більшої варіативності графіку руху пасажирських поїздів. Як наслідок, виникає можливість збільшення пасажирообігу.

При аналізі пасажирських перевезень залізничним транспортом, поданим динамікою зміни пасажиропотоку за 1980-2016 роки (рис. 1), порушується питання потреби у збільшенні обсягу пасажирських перевезень.

У загальному ланцюзі руху пасажирських поїздів на мережі залізниць важливою та необхідною ланкою є технічні пасажирські станції, на яких здійснюється обслуговування поїздів. Норми часу на технічну підготовку пасажирських составів у рейс регламентовані типовим технологічним процесом підготовки та екіпіровки в рейс пасажирських вагонів і швидкісних поїздів та наведені на рис. 2.

Для оптимізації роботи пасажирської технічної станції та для подальшого прискорення обробки пасажирських поїздів, що так само призведе до більш раціонального їх пропуску в умовах ресурсозбереження, необхідно визначити цільову функцію витрат на обробку пасажирського поїзда з урахуванням усіх можливих операцій [9].

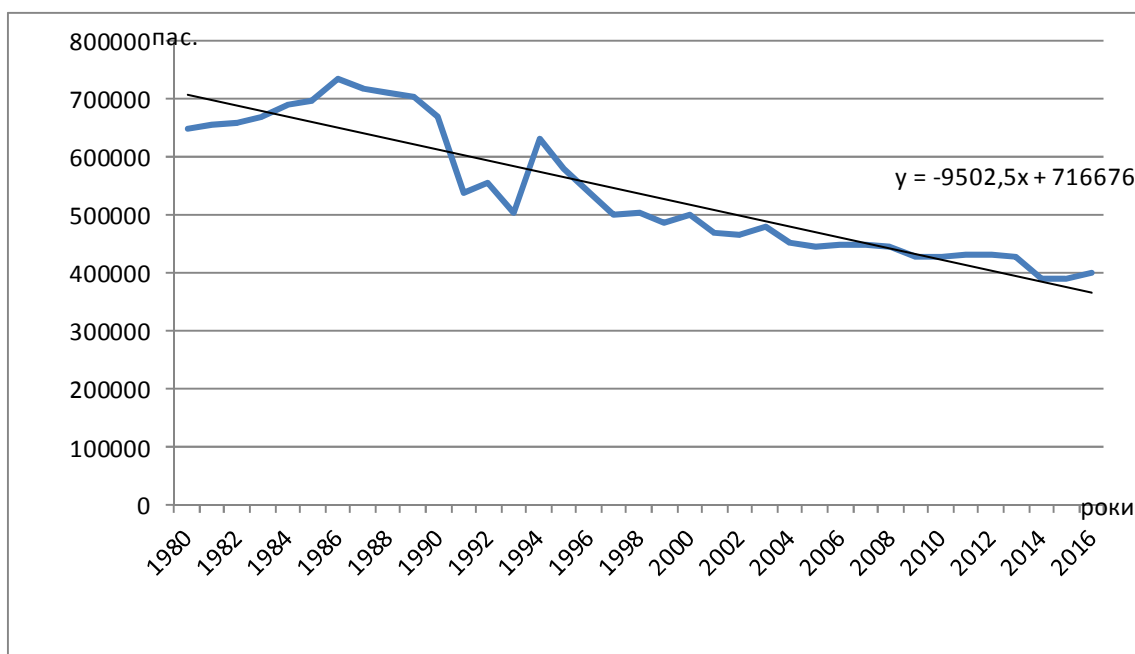


Рис. 1. Динаміка перевезення пасажирів залізничним транспортом за 1980-2016 роки

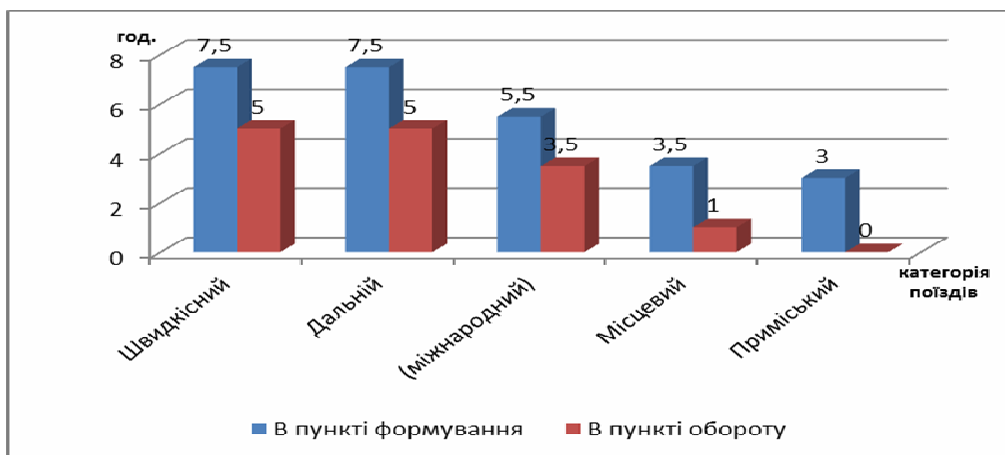


Рис. 2. Норми часу на технічну підготовку пасажирських составів у рейс

Операціями вважається: огляд поїзда “з ходу” по прибутті; висадка пасажирів; екіпірування водою; технічний огляд ходових частин; проходження митного та прикордонного контролю; зміна бригади провідників; відчеплення поїзного локомотива, причеплення маневрового локомотива; повне випробування гальм; переміщення складу поїзда; час на обробку поїздів; переміщення складу поїзда на станцію; проходження митного та прикордонного контролю бригади провідників; відчеплення маневрового локомотива, причеплення поїзного локомотива; повне випробування гальм; посадка пасажирів згідно з розкладом руху; проходження митного та прикордонного контролю пасажирів поїзда; огляд поїзда “з ходу” по відправленні зі станції [10 – 11].

Зважаючи на згадані витрати часу, які потрібні для загальної обробки поїздів, подамо обробку кожного конкретного поїзда, як суму їх елементів.

$$C = \sum_{i=1}^n C_i \rightarrow \min \quad (1)$$

Нерідко при аналізі функціонування складної або багатовимірної системи отримати точну інформацію практично неможливо, а якщо й можливо, то користі з неї мало. Спрощена модель забезпечує

подекуди зрозумілішою інформацією, ніж детальна й більш точна модель. Цей принцип несумісності пов'язаний зі способом сприйняття і мисленням людини. У його основі лежать узагальнені, схематизовані, а отже, неточні суб'єктивні уявлення про реальність.

До того ж, застосування класичних методів для вибору рішень в складних системах істотно обмежується труднощами формування єдиного критерію, що охоплює різні, а подекуди суперечливі вимоги. Так, наприклад, при розв'язанні багатьох практичних завдань виникає потреба оптимізувати швидкодію системи і мінімізувати її енергетичні витрати або забезпечити максимальну точність.

На цьому етапі пропонується скоротити загальні витрати завдяки об'єднанню суміжних операцій. Для забезпечення суміжності операцій з витратами часу t_n та t_{n+1} з метою мінімізації простою поїзда треба побудувати цільову функцію та систему обмежень, які б враховували технічні, технологічні та нормативні умови.

$$C = C_{nz} (X_{w_j} \cdot (t_n + t_{n+1})) \rightarrow \min, \quad (2)$$

де C_{nz} – вартість поїздо-години простою;

X – характеристика колії приймання з точки зору здатності проведення подвійних операцій відносно t_n, t_{n+1} ;

J – заданий поїзд;

W – масив колій, на які може бути прийнятий поїзд;

t_n, t_{n+1} – час на проведення суміжних операцій.

Об'єднання зазначених операцій можливе лише за умови прийняття заданого поїзда на відповідну колію з множини колій на об'єкті, у цьому випадку на пасажирську технічну станцію, з огляду на її зайнятість та не всупереч розкладу поїздів.

Відповідне обмеження

$$\sum_{j=1}^k \left| \operatorname{sgn}|W_j - n| - 1 \cdot \operatorname{sgn}|\operatorname{sgn}(t_i - t_j)| + 1 \right| + 1 \cdot \operatorname{sgn}|\operatorname{sgn}(C_j - (X_{W_j} \cdot (C_n + C_{n+1})))| \leq 1, \quad (3)$$

де k – кількість поїздів;

n – номер визначеної колії;

t_i – будь-який момент часу.

Висновки. Проведені розрахунки встановили, що приріст економічного ефекту від впровадження інтерактивної комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень на пасажирській технічній станції за розрахунковий період з

урахуванням приведення до першого року складає 31006 грн, а економія часу складе 434,6 поїздо-годин на рік. Візуалізацію загальної економії від можливості об'єднання деяких технічних операцій подано на рис. 3.

Світла ділянка виражає витрати до скорочення технічних операцій, а темна – зменшення витрат після об'єднання.

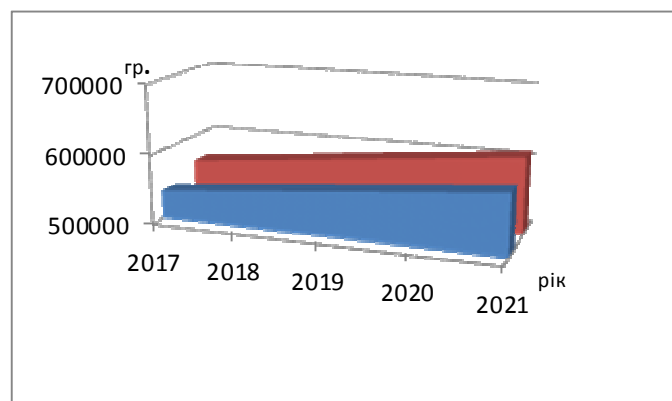


Рис. 3. Візуалізація загальної економії від можливості об'єднання технічних операцій

Список використаних джерел

1. Yue, Y. Optimizing train stopping patterns and schedules for high-speed passenger rail corridors [Text] / Yixiang Yue, Shifeng Wang, Leishan Zhou, Lu Tong, M. Rapik Saat // Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 63, February 2016. – P. 126-146.

2. Niu, H. Train scheduling for minimizing passenger waiting time with time-dependent demand and skip-stop patterns: Nonlinear integer programming models with linear constraints

[Text] / Huimin Niu, Xuesong Zhou, Ruhua Gao // *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 76, June 2015. – P. 117-135.

3. Essadeq, I. Modelling Passenger Congestion in Transit System –Benchmark and Three Case Studies [Text] / Imane Essadeq, Eleonore Dubail, Eric Jeanniere // *Transportation Research Procedia*, Vol. 14, 2016. – P. 1792-1801.

4. Landex, A. Measures for track complexity and robustness of operation at stations [Text] / Alex Landex, Lars Wittrup Jensen // *Journal of Rail Transport Planning & Management*, Vol. 3, Issues 1–2, February–May 2013. – P. 22-35.

5. Бараш, Ю. С. Методичний підхід щодо визначення оптимальних зон курсування різних видів пасажирських поїздів [Текст] / Ю. С. Бараш, О. О. Матусевич // *Вісник економіки транспорту і промисловості*. – 2015. – Вип. 50. – С. 169-176.

6. Palacin, R. High speed rail trends, technologies and operational patterns: a comparison of established and emerging networks [Text] / R. Palacin, L. Raif, Ö. Deniz, N. Yan // *Transport Problems international scientific journal*. – 2014. – Vol. 9. Special Edition. – P. 123-129.

7. Колесникова, Н. М. Формування доходів від залізничних перевезень в умовах вертикально-інтегрованої системи управління [Текст] / Н. М. Колесникова, І. Г. Бакаєва, В. В. Чорний // *Зб. наук. праць Держ. екон.-технолог. ун-ту тр-ту. Сер. Економіка і управління*. – 2012. – Вип. 19. – С. 54-57.

8. Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2020 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 року № 2174 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: \www/URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-p>.

9. Удосконалення диспетчерського керівництва дільниці на основі прогнозного моделювання перевізного процесу [Текст] / П. В. Долгополов, Т. В. Головка, Т. В. Галишинець, І. А. Іванова // *Вісник НТУ «ХПІ»*. – 2015. – Вип. 49(1158). – С. 36-39.

10. Малахова, О. А. Визначення величини простою составів в очікуванні відправлення на сортувальних станціях [Текст] / О. А. Малахова, О. В. Тищенко // *Вісник НТУ «ХПІ»*. – 2011. – Т. 1. – Вип. 58. – С. 99-102.

11. Калашнікова, Т. Ю. Посилення умов взаємодії роботи підсистем технічної станції між собою та з прилеглими дільницями [Текст] / Т. Ю. Калашнікова, Л. В. Свиридчук // *Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 120. – С. 44-47.

Головка Тетяна Владиславна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. E-mail: tishatares@gmail.com.

Шут Сергій Олександрович, магістрант ШПК (Проект TEMPUS IV) Українського державного університету залізничного транспорту. E-mail: sergii.shoot@gmail.com.

Golovko Tatiana Vladislavovna, PhD. Of tehn. Sciences, Associate Professor of Management of operational work of the Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: tishatares@gmail.com.

Shoot Sergii Aleksandrovich, gs of ESIRAT (project TEMPUS IV) Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: sergii.shoot@gmail.com.

Стаття прийнята 21.11.2017 р.