

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ
ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ**

Д-р техн. наук Т.В. Бутько, магістрант К.П. Висоцька

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В
УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ**

Д-р техн. наук Т.В. Бутько, магистрант Е.П. Высоцкая

**IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF PASSENGER TERMINALS OPERATION UNDER
CONDITIONS OF IMPLEMENTATION OF SPEED TRAINS**

Doct. of techn. Sciences T.V. But'ko, master student K.P. Vysotska

В умовах впровадження швидкісного руху відбувається збільшення поїздок пасажирів з пересадками, що обумовлює додаткове навантаження на вокзальний комплекс. У цих умовах нагальною потребою стають дослідження щодо організації руху пасажиропотоків, що у свою чергу обумовлює необхідність удосконалення технології роботи вокзалів.

Ключові слова: швидкісні пасажирські поїзди, вокзальний комплекс, пасажиропотоки.

В условиях внедрения скоростного движения происходит увеличение поездок пассажиров с пересадками, что обуславливает дополнительную нагрузку на вокзальный комплекс. В этих условиях насущной потребностью становятся исследования по организации движения пассажиропотоков, что в свою очередь обуславливает необходимость совершенствования технологии работы вокзалов.

Ключевые слова: скоростные пассажирские поезда, вокзальный комплекс, пассажиропотоки.

Under conditions of implementation of speed traffic the number of trips with transfers rises, which causes additional load on the passenger terminals. In these circumstances the urgent need is researches concerned with organization of passenger flows, which causes the necessity of improvement of the technology of passenger terminals operation.

Key words: speed passenger trains, passenger terminals, passenger flows.

Вступ. В умовах інвестиційно-інноваційного розвитку економіки України, який має забезпечити перехід до постіндустріального суспільства з характерною зміною структури транспортного ринку, необхідним є вдосконалення залізничної транспортної системи на концептуальному рівні, що дозволить залізницям надавати послуги нової якості, а отже, виграти конкурентну боротьбу між видами транспорту за сегмент ринку. Відповідно до впровадження програми швидкісного руху пасажирських поїздів між основними містами-мегаполісами необхідним є створення на базі існуючих залізничних вокзалів системи інтегрованих пересадочних комплексів, оскільки обмежена дальність прямування швидкісних поїздів передбачає організацію швидкісних сполучень між вузлами, так званими хабами (англ. hub), у

всіх регіонах країни та перевезення на коротких плечах в зоні тяжіння хабів. Така система організації перевезень призведе до збільшення навантаження на інфраструктуру залізничних вокзалів, що потребує удосконалення технології їхньої роботи.

Постановка завдання. Для ефективного вирішення науково-прикладного завдання організації пасажирських перевезень швидкісними поїздами в умовах інтегрованих залізничних пересадочних комплексів необхідним є ув'язка їх роботи на сітьовому рівні з можливістю проведення досліджень завантаження інфраструктури пересадочних комплексів для удосконалення технологій управління пасажиропотоками та координації різних видів міського транспорту в зоні тяжіння вокзалу. Механізмом реалізації даного завдання є створення структури управління на

основі системи логістичних центрів з впровадженням сучасних інформаційно-керуючих систем, що пов'язано з необхідністю реалізації в об'єднаному комплексі автоматизованих робочих місць (АРМ) системи підтримки прийняття рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Всі питання з удосконалення пасажирських перевезень розвиваються і вивчаються, їм присвячено дослідження та публікації як наукового, так і прикладного характеру. Раціональне формування системи організації пасажирських перевезень на залізничному транспорті, а також її удосконалення засновано на дослідженнях області території організації пасажирських перевезень. Перші теоретичні та практичні дослідження щодо формування, близьких до сучасних, підходів організації залізничних пасажирських перевезень і технології роботи залізничних вокзалів почалися вже на початку 60-х років минулого сторіччя, зокрема в роботах Кочнева Ф.П., Федорова В.А., Плахова Г.Н.

Відповідно до них доведено необхідність науково обгрунтованого розв'язання технологічних задач моделювання і прогнозування пасажиро- і поїздопотоків за напрямками залізничної мережі, складання плану формування і схем обігу пасажирських поїздів, проведення аналізу завантаження пристроїв залізничних вокзалів та ув'язку розкладу поїздів у вузлах між собою та іншими видами транспорту. Вперше було закладено основи функціонування єдиної системи управління продажем квитків на мережі

залізниць, що дозволило в подальшому створити ідеологічну основу сучасної автоматизованої системи управління (АСУ) пасажирськими перевезеннями. На сьогодні значний внесок у розвиток технології роботи залізничних вокзалів в умовах впровадження швидкісного руху зробили такі вчені: Ferber J., Treuille A., Бутько Т.В., Прохорченко О.О., Журба О.О. та інші.

Визначення мети та задачі дослідження. Відповідно до наведеного вище метою наукового дослідження є формування автоматизованої технології управління пасажиропотоками при впровадженні швидкісного руху з пересадками на вокзальному комплексі. Досягнення цієї мети потребує вирішення наступних завдань: дослідження структури і параметрів пасажиропотоків, формування моделі процесу розповсюдження пасажиропотоків у межах вокзального комплексу, удосконалення інформаційно-керуючої системи (ІКС) управління вокзалом.

Основна частина дослідження. Однією з основних особливостей організації перевізного процесу на залізницях є високий рівень нерівномірності пасажирських потоків. Ці тенденції визначають змінне навантаження на транспортну систему залізниць України, а отже, ускладнюють технологію роботи та управління залізничними вокзалами. З метою оцінки нерівномірностей параметрів пасажиропотоків було зібрано відповідний статистичний матеріал в умовах станції Житомир і станції Коростень відповідно до схеми сполучень, що подана на рис. 1.



Рис. 1. Схема сполучень з відправлення зі ст. Житомир

На основі обробки статистичного матеріалу було побудовано динаміку розподілу кількості пасажирів по місяцях року за 2014 рік по станції Коростень (рис. 2) і діаграму

розподілу кількості відправлених пасажирів з вокзалу станції Житомир по напрямках за 2014 рік (рис. 3).

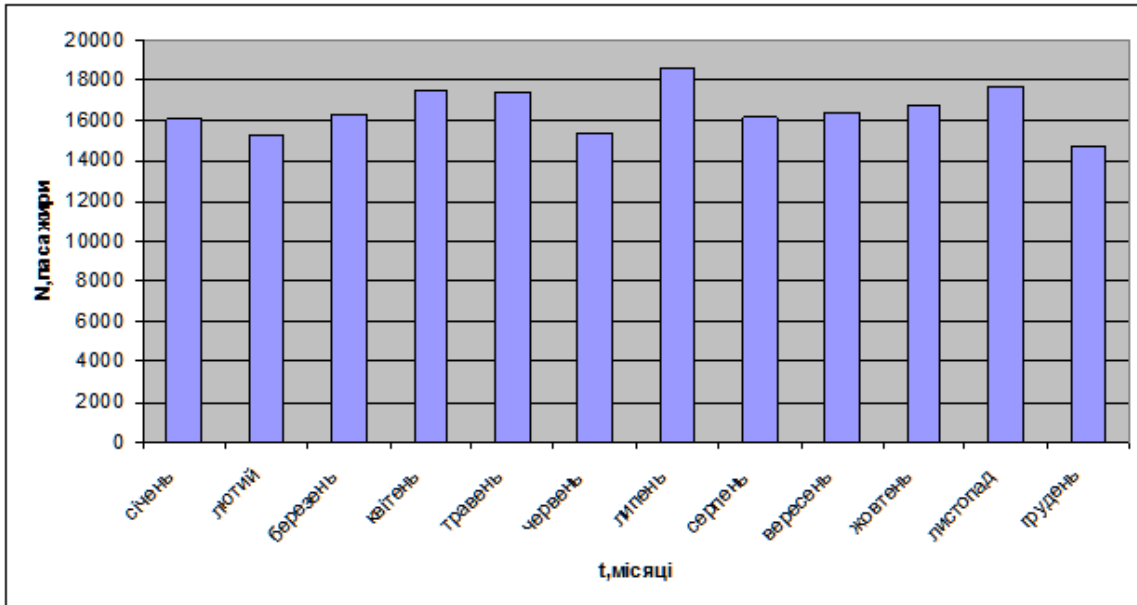


Рис. 2. Динаміка розподілу пасажиропотоку по станції Коростень за 2014 рік

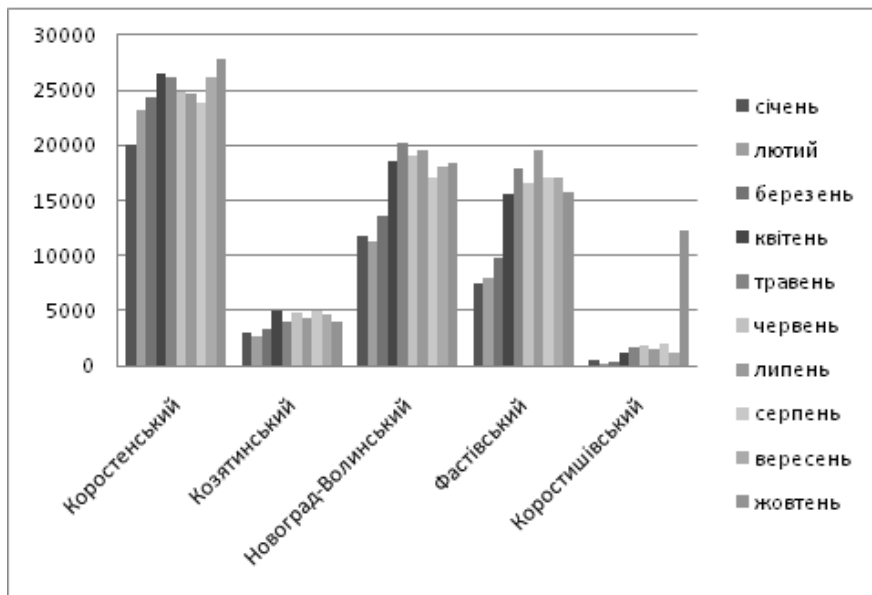


Рис. 3. Діаграма розподілу кількості відправлених пасажирів з вокзалу станції Житомир по напрямках і місяцях за 2014 рік

Аналіз отриманої динаміки кількості пасажирів (рис. 2) доводить існування нерівностей, що обумовлено впливом сезонного фактора та оцінено за допомогою

параметрів: математичне очікування

$$N_{пас} = \frac{\sum N}{12} = 1653'3_{пас}$$
, середньоквадратичне

відхилення $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(N-N_i)^2}{12}} = 174'09\text{пас}$ та коефіцієнт нерівномірності $k = \frac{N_{max}}{N} = 1,12$.

Відповідний аналіз пасажиропотоків проведено по станції Житомир, тобто враховано пасажиропотоки, що перевозяться швидкісними поїздами Хундай і Шкода з пересадками, що у свою чергу збільшує навантаження на вокзальний комплекс. Такі передумови вимагають необхідність формування моделі організації пасажиропотоків на залізничному пересадочному комплексі. На концептуальному рівні в основі математичного опису процесу організації пасажиропотоків на залізничному вокзалі запропоновано використати гібридний підхід. Даний підхід дозволяє об'єднати процеси взаємодії часткового в межах індивідуальної поведінки пасажирів та загального при закономірності організації і руху пасажиропотоку в цілому. Як наслідок, потік пасажирів при здійсненні пересадки на залізничному вокзалі можна подати як мультиагентну систему у вигляді множини елементів [6]

$$P = \langle A, S, \zeta \rangle,$$

де A – агенти (пасажирів), що формують пасажиропотоки при здійсненні пересадки;

S – середовище (параметри пересадочного комплексу та просторове положення пасажирів на вокзалі);

ζ – зв'язки між середовищем і пасажиром, що включають візуальні та інформаційні повідомлення.

Кожен пасажир $\alpha_i \in A$ описується множиною $\alpha_i = \langle C_i, V_i, Pr_i \rangle$, де C_i – стан, тобто множина змінних, що визначають пасажирів в середовищі; підмножиною стану є пов'язані з середовищем S такі елементи: вхідна інформація (V_i) та вихідна (E_i) – результат прийняття рішення; Pr_i – процес прийняття індивідуального рішення, що виконує відповідні зміни над станом без будь-якого зовнішнього впливу.

У межах одного з принципів формування моделі слід враховувати, що пасажирів у потоці при здійсненні пересадки через пересадочний комплекс можна поділити на групи, у яких є

різна мета. Так, якщо розглянути варіант пересадки "пасажирський поїзд – міський транспорт", частина пасажиропотоку виконує пересадку на поїзд метрополітену, трамвай та автомобільний вид транспорту, деякі пасажирів звертаються до послуг залізничного вокзалу. Отже, загальний пасажиропотік можна описати умовою, пас,

$$P = \sum_{j=1}^m \eta_j,$$

де P – загальний пасажиропотік на залізничному пересадочному комплексі;

η_j – група пасажирів, що керуються метою j , ($j=1,2,\dots,m$).

Приймаючи за основу припущення, що пасажир при здійсненні пересадки чітко визначає свою глобальну мету j як умовну область простору, до якої необхідно рухатись, запропоновано представити технічні параметри пересадочного комплексу, як складову середовища S у вигляді статичної складової, що являє собою район пересадки пасажирів у вигляді двовимірного простору (2D) із заданими координатами глобальної мети, тоді як зміну позицій пасажирів в умовах руху до глобальної мети на основі індивідуальної поведінки та обліку зв'язків у потоці можна розглядати як динамічну складову середовища S .

Для реалізації в моделі індивідуальних зв'язків і колективної взаємодії між групами запропоновано представити пасажирів в потоці, як результат взаємодії сил відштовхування, узгодження і притягання (рис. 4). За дослідженнями [7], навколо пасажирів завжди існує зона дискомфорту на відстані 0,5-0,8 м, за нормальних умов пасажир виключає можливість знаходження в цій зоні інших пасажирів. У зоні узгодження або локальної орієнтації здійснюється уникнення локальних зіткнень з іншими пасажирів в зоні дії соціальних сил (зона притягання), у межах своєї видимості (~15 м) пасажир оцінює швидкість і напрямок руху лідерів груп і несвідомо коригує особистий напрямок руху для покращення свого просторового положення в потоці.

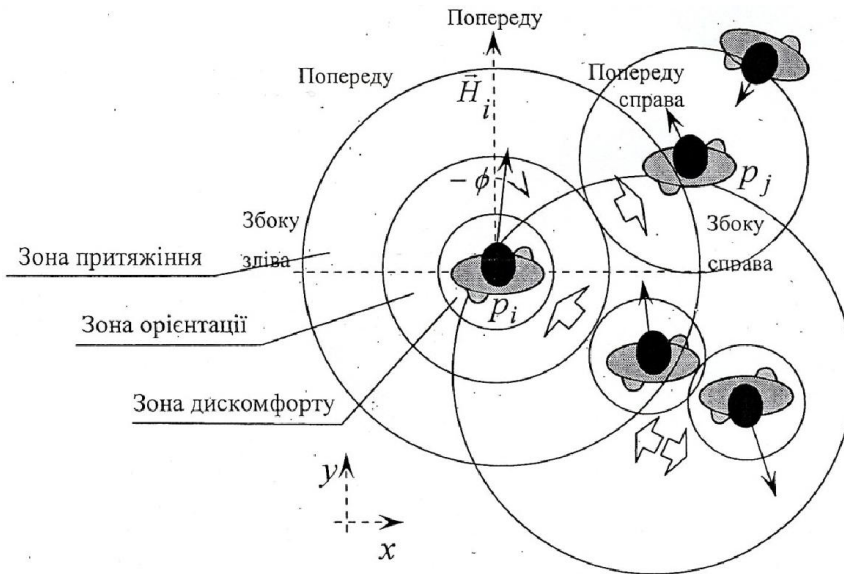


Рис. 4. Зони індивідуальних зв'язків і колективної взаємодії між групами в потоці

Приймаємо умову, що геометрія простору району пересадки та мета пасажирів не змінюються протягом всього сценарію здійснення пересадки. Для спрощення розрахунків можна визначити дану інформацію до початку моделювання динаміки руху пасажирів. Як внаслідок, з початку моделювання процесу пересадки в кожного пасажирів дана інформація повинна існувати підсвідомо, що дозволяє йому виконувати послідовність дій згідно з заданим глобальним маршрутом, що записується у скрипті сценарію поведінки пасажирів (існуюча система орієнтування на вокзалі).

Для реалізації зазначеної умови в роботі запропоновано представити мету пасажирів та район пересадки у вигляді картографічної інформації, яка може бути подана у вигляді статичного потенційного поля φ у двовимірному просторі. Таким чином, розповсюдження пасажиропотоку відбувається в інформаційному полі. Враховуючи фактори, яким надають перевагу пасажирів при виборі маршруту пересадки, умовою формування потенційної функції поля на всій області визначення району пересадки є найкоротша відстань до глобальної мети та відчуття дискомфорту біля перешкод. За роботою [8], така потенційна функція $\varphi(X, t)$ ($X=\{x, y\}$ – координати простору, t – час) у точці мети X_j дорівнює нулю, а на всьому іншому проміжку задовольняє рівнянню Ейконала

$$\|\nabla\varphi(X, t)\| = \frac{\alpha f + \gamma g}{f}, \quad (1)$$

де $\nabla\varphi(X, t)$ – градієнт функції $\varphi(X, t)$; f – вектор швидкості; g – статичне поле дискомфорту біля перешкод (стіни вокзалу, край платформ, турнікети, огорожі тротуару тощо); α, γ – вагові коефіцієнти факторів відстані до глобальної мети і відчуття дискомфорту біля перешкод.

Для розв'язання отриманого рівняння (1) доцільно використати чисельний метод Fast Marching Method, FMM [9].

На рис. 5 наведено схему розповсюдження хвилі в алгоритмі FMM.

Висновки. Запропонована модель організації пасажиропотоків на залізничному вокзалі дозволить дослідити маршрути переміщення пасажирів при виконанні пересадки, особливо в умовах курсування швидкісних поїздів. Визначення тривалості пересадки та рівня комфортності в різні періоди доби надасть можливість заздалегідь змінювати технологічні параметри пересадочного комплексу, розробляти графік руху поїздів з урахуванням типових пересадок пасажирів, визначених за моделлю, і формувати узгоджений графік прибуття і відправлення міського пасажирського транспорту у взаємодії з залізничним.

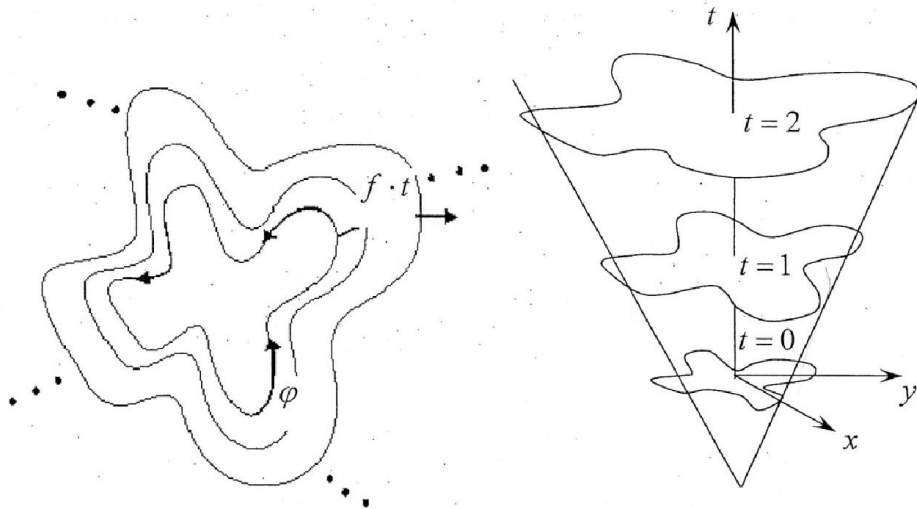


Рис. 5. Схема розповсюдження хвилі в алгоритмі швидкого маршування FMM

Список використаних джерел

1. Кочнев, Ф.П. Пассажи́рские перевозки на железных дорогах [Текст]: учеб. пособие для ин-тов инж. ж.-д. трансп. / Ф.П. Кочнев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Трансжелдориздат, 1959. – 351 с.
2. Плахов, Г.Н. Прогнозирование и планирование пассажирских перевозок [Текст] / Г.Н. Плахов // Железнодорожный транспорт. – 1972. – № 7. – С. 23-25.
3. Марчук, Б.Е. Типовая АСУ "Экспресс-2" [Текст] / Б.Е. Марчук // Железнодорожный транспорт. – 1976. – № 11. – С. 59-62.
4. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок [Текст] / под ред. П.С. Грунтова. – М.: Транспорт, 1994. – 544 с.
5. Бут'ко, Т.В. Формування мережі логістичних центрів пересадочних комплексів на основі використання розподіленої системи підтримки прийняття рішень з реалізацією колективної самоорганізації [Текст] / Т.В. Бут'ко, А.В. Прохорченко, О.О. Журба, Н.І. Хведорець // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип. 26. – С. 34-39.
6. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей [Текст]: монографія / за заг. ред. С.О. Субботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.
7. Moussaïd M., Perozo N., Garnier S., Helbing D., Theraulaz G. The walking behavior of pedestrian social groups and its impact on crowd dynamics / PLoS ONE, 2010, 5(4):e10047.
8. Treuille, A., Cooper, S., and Popovic, Z. 2006 / Continuum crowds. In ACM SIGGRAPH'06. ACM, New York, NY, 1160-1168.
9. Sethian J.A. Fast marching methods / J.A. Sethian // SIAM Review. – 1999. - V.41(2). - P. 199-235.

Бут'ко Тетяна Василівна, доктор технічних наук, професор, завідувача кафедрою управління експлуатаційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-88.

Висоцька Катерина Петрівна, магістрант кафедри управління експлуатаційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (097) 87-48-382.

But'ko Tatiana Vasilevna, Professor, doctor of technical Sciences, head of the Department of eksplutacijne work, Ukrainian state University of railway transport. Tel (057) 730-10-88.

Vysotska Katerine, master of the department of the management of operational work, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (097) 87-48-382.

Наукова праця здана до друку 17.06.2015 року