

ДО ПИТАННЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАРШРУТІВ ПАСАЖИРСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ

М.Є. Кристопчук, канд. техн. наук., доц.,

Т.В. Бурченя, студ.,

*Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне,
Україна*

Одним з методів, що дозволяють оцінювати ефективність функціонування пасажирської транспортної системи приміського сполучення на етапі проектування маршрутної мережі і удосконалення діючої є моделювання її роботи. Цей процес може бути виконаний за допомогою апарату математичного моделювання. Застосування останнього для оцінки наслідків впровадження змін у маршрутній мережі пасажирського сполучення становить значний інтерес внаслідок таких причин: на даний час розроблено досить повний математичний апарат, що дозволяє здійснювати необхідну модифікацію існуючих моделей, і враховує специфіку конкретної маршрутної мережі; використання математичних моделей не вимагає значних ресурсів і дає можливість легко їх реалізувати на практиці з використанням ЕОМ, що дозволяє при необхідності проводити багаторазовий аналіз у процесі проектування та експлуатації мережі; математичні моделі, на відміну від натурного моделювання, вимірювання та статистичного аналізу параметрів реальної маршрутної мережі пасажирського сполучення (у випадку, якщо маршрутна мережа уже спроектована і знаходиться в процесі експлуатації), дозволяють робити висновки про тенденції розвитку мережі, що є важливим при дослідженні транспортної системи пасажирського сполучення.

Необхідні передумови вирішення поставлених завдань у загальному вигляді визначаються параметрами попереднього їх опису, територіального розміщення вузлів, елементів системи на аналізованому ринку транспортного обслуговування, між якими формуються зв'язки різного роду, що вимагають кількісної оцінки реалізацій відповідно до висунутих потреб на транспортні послуги. Умови достатності встановлюють методи, алгоритм вирішення завдань визначення кількісних характеристик оптимальних транспортних процесів і зв'язків. Їх характеристики повинні враховувати нормативи обмежень забезпечення надійності, безпеки, доцільності, ефективності, інші специфічні умови функціонування систем. У даний час накопичено великий досвід при моделюванні транспортних систем, проведені комплексні дослідження транспортних систем пасажирського сполучення автомобільним транспортом, результати яких представлені в наукових працях зарубіжних і вітчизняних вчених. Зокрема, критерії для оцінки ефективності функціонування транспортних систем докладно описані в [1-3, 5].

Методи проектування транспортних систем знайшли своє відображення в роботах Я. Вандаса, А. Фішера, О.К. Кудрявцева, М.С. Крамара (статичні моделі) [1] та Л.А. Яковлева, Ю.С. Кірзнера (динамічні моделі) [1]. Недоліком статичних моделей є те, що вони оптимізують транспортну систему відносно випадкового розселення, в результаті чого розрахункові транспортні навантаження можуть суттєво відрізнятися від фактичних.

Динамічні моделі (модель Л.А. Яковлева) враховують зміни в транспортній системі пов'язані з факторами "розселення - тяжіння", але не забезпечують однозначного алгоритму пошуку її структури [1, 3].

Відомі підходи, в яких автори [4, 6] розглядають розподіл поїздок за законом Пуассона, та відзначають багатфакторність моделі формування пасажирських кореспонденцій, а отже і рухливості населення, та пропонують використовувати принцип максимізації ентропії [5].

З метою побудови ефективної мережі громадського пасажирського транспорту з

урахуванням попиту на пересування, автори [6] використовують аналіз альтернативних поїздок за принципом Парето-оптимальності.

Енергоентропійний метод у різних сферах з успіхом розробляли такі вчені, як Больцман Л., Бриллюен Л., Вінер Н. та інші, у задачах управління Абдєєв Р.Ф., Куликов А.В. Ентропійний підхід для вирішення транспортних проблем [7] був уперше застосований Вільсоном у 1967 р. і пізніше часто використовувався при вирішенні транспортних завдань (вибір місця призначення, виду транспорту, маршруту пересування). В ентропійному аналізі люди (пасажирів) уподібнюються молекулам газу і діють в каналізованому броунівському русі незалежно один від одного. Ентропійні моделі таких складних об'єктів, як міжміські й регіональні пасажирські транспортні системи дозволяють одержувати близькі до реальних дані про досліджувані процеси.

Однією з відправних точок для вирішення ряду проблем, пов'язаних з побудовою моделі, є завдання визначення пасажиропотоків. Регіон являє собою складну багатоелементну і неоднорідну динамічну систему. Регіональні транспортні системи характеризуються істотною різноманітністю і неповнотою інформації про процеси, що в них протікають. У зв'язку з неповнотою інформації, одним з можливих методів визначення пасажиропотоків, є гравітаційний. Використання гравітаційної моделі наявне в роботах багатьох авторів [3-6], причому в багатьох випадках вона зазнає деяких змін у плані застосування функції тяжіння, в якості якої можуть бути запропоновані як витрати на пересування пасажирів між районами, так і затрати часу на їх переміщення та інші функціонали. Крім того, в кожному конкретному випадку треба проводити адаптацію моделі шляхом введення калібрувальних коефіцієнтів, що залежать від параметрів моделі.

Гравітаційні моделі є наслідком класичної термодинамічної моделі максимізації ентропії [5, 7]. Метод максимізації ентропії, по суті, приписує рівні ймовірності всім станам складної системи, що не виключаються апіорною інформацією.

Принципи ринкової економіки формують нову формулу індивідуального вибору споживачем обсягу і виду транспортних послуг, тому на етапі вибору й побудови моделі функціонування транспортної системи особливу увагу слід приділити відповідності прийнятої гіпотези про протікання процесів пасажирообміну в системі, вибору вузлів зародження та погашення пасажиропотоків, визначитися з критерієм ефективності системи. З цією метою треба провести ґрунтовний аналіз відомих моделей транспортних процесів і побудови транспортних систем, провести їх адаптацію для дослідження транспортної системи приміського пасажирського сполучення, формування ринку транспортних послуг з урахуванням площі транспортного обслуговування маршрутів пасажирського сполучення.

Аналіз ринку пасажирських транспортних послуг у приміському сполученні, в умовах зростання транспортної рухомості населення, вимагає чіткої сегментації з метою забезпечення врахування інтересів суб'єктів перевізного процесу, комфортності й безпеки пересування шляхом оптимізації структури й кількості транспортних засобів які обслуговують маршрутну мережу, на основі вивчення провізних можливостей маршрутів. Найбільш прийнятним для моделювання пасажиропотоків по мережі є гравітаційний підхід. При цьому необхідним є встановлення закономірностей розселення жителів по території, які на даний час вивчений не достатньо. Тому слід провести дослідження вказаного параметра й виявити залежності його зміни від просторового розміщення населених пунктів відносно обласного чи районного центрів. Тому важливим завданням дослідження є побудова моделі розрахунку потенціалу транспортних послуг у приміському сполученні та розробка методу розрахунку потенціалу транспортних послуг у приміському сполученні, на основі площі транспортного обслуговування маршрутів. При формуванні критерію ефективності пасажирської транспортної системи приміського пасажирського сполучення слід мати на увазі, що аналіз статистичних даних стосовно функціонування маршрутної мережі пасажирського сполучення (кількість одиниць рухомого складу і його техніко-експлуатаційні показники, обсяги перевезених пасажирів) не можуть повною мірою відповісти на питання: наскільки оптимальна маршрутна мережа, наскільки транспорт задовольняє потреби

населення в перевезеннях, як при наявній транспортній системі оцінити рівень обслуговування населення.

Тому, доцільно провести поділ показників у групи, які відображають економічну та соціальну складові ефективності, що в свою чергу дозволить вирішити проблему поєднання інтересів пасажирів і транспортних підприємств із суспільними, яка виникає через вплив наступних факторів [1, 9]:

- транспортної рухомості населення;
- провізної здатності пасажирського громадського транспорту (типу і чисельності рухомого складу);
- рівня організації пасажирських перевезень.

Інтереси транспортних підприємств (перевізників) відображають рівень доходної частини та забезпечення прибуткової роботи при обслуговуванні пасажирів.

В свою чергу, інтереси пасажирів зводяться до мінімізації витрат часу і коштів на поїздки, підвищенні безпеки і комфорту під час користування транспортом, що відображає соціальну складову ефективності пасажирської транспортної системи приміського сполучення. Поєднання інтересів пасажирів і перевізників характеризують суспільні інтереси: задоволення соціальних вимог населення; забезпечення рентабельності роботи транспортних підприємств; мінімізація шкідливого впливу на здоров'я і продуктивність праці членів суспільства; мінімізація шкідливого впливу транспорту на навколишнє природне середовище. Слід відмітити, що попит на транспортні послуги визначається не тільки чисельністю, складом і розподілом населення по території, але й змінами рівня його добробуту, зайнятості, перебудовою системи транспортного обслуговування в сучасних умовах, проявом дії закономірностей зміни індивідуальних можливостей та потреб [4, 8, 9, 11]. Одночасно з цим відбувається перерозподіл у характері переваг, концентрації і виборі напрямків поїздок жителів конкретного регіону, трудові поїздки перерозподілилися з виробничої сфери в посередницьку, проходить зміна положення центрів зародження і погашення поїздок на території регіону. Таким чином, розроблені раніше алгоритми моделювання маршрутної мережі пасажирського сполучення морально застаріли й не можуть бути повною мірою використані для опису процесу переміщення пасажирів у сучасних умовах.

Модель функціонування транспортної системи пасажирського сполучення умовно складається з моделі транспортної мережі, моделі потреби в пересуваннях, моделі маршрутної мережі й моделі розподілу пасажиропотоків. Визначальним етапом у процесі моделювання транспортної системи пасажирського сполучення є модель маршрутної мережі. Ця модель являє собою траси маршрутів та їхніх провізних можливостей. Ці параметри визначають показники ефективності транспортної системи пасажирського сполучення.

Модель транспортної мережі подана у вигляді математичного опису елементів транспортної мережі пасажирського сполучення в регіоні, по яких можливий рух транспортних засобів громадського користування [10, 12].

Моделювання функціонування транспортної системи пасажирського сполучення відбувається шляхом зміни трас маршрутів у приміському сполученні й кількості транспортних засобів на них. Зміна цих параметрів дозволяє домогтися очікуваних показників ефективності функціонування транспортної системи пасажирського сполучення. Процес моделювання має ітераційний характер, що дозволяє використати його при розгляді нових альтернативних маршрутних мереж пасажирського сполучення регіону. Відомі методики [1, 6-8] встановлення потенціалу транспортних послуг та формування матриць пасажирських кореспонденцій ґрунтуються на використанні гравітаційних моделей, та розроблені, в основному для дослідження взаємодії між транспортними районами міст.

Однак, для формування кореспонденцій у приміському сполученні, при взаємодії багатьох населених пунктів з різною щільністю населення, та віддаленістю від міста-центру, використання гравітаційних моделей ускладнене.

На відміну від існуючих методик [1, 3, 4, 6, 7] визначення потенціалу транспортних

послуг, запропонований метод з використанням площі транспортного обслуговування маршрутів простіший у практичному використанні та дає достатньо точні результати.

Населення вибирає центр тяжіння з урахуванням обмежень, накладених транспортною системою і на основі суб'єктивних міркувань про якість обслуговування. Розподіл транспортних зв'язків визначає поле розсіювання початкових і кінцевих пунктів переміщень, що в свою чергу, формує територіальну одиницю, яка обслуговується одним маршрутом, або системою маршрутів. Оскільки щільність населення у відношенні поселень неоднакова, то на їх множині виділяються територіальні одиниці, що складають зони обслуговування, та формують пасажиропотоки. Сумарні характеристики попиту в окремих територіальних границях визначають ємність ринку транспортних послуг, що є базовим показником, який визначає умови виробництва й використання транспортних послуг. Параметри ємності ринку визначаються умовами формування міжрайонного балансу "відправлення - прибуття" пасажирів по всіх взаємодіючих вузлах зародження і погашення потреб у перевезеннях на розглянутій території. Визначальними факторами у формуванні величини площі транспортного обслуговування маршруту є довжина маршруту сполучення і щільність населення на досліджуваній території.

Список літератури

1. Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А. Теория городских пассажирских перевозок. Москва: Высш. школа, 1980. 534 с.
2. Кристопчук М.Є. Приміські пасажирські перевезення/ Кристопчук М.Є., Лобашов О.О. – Харків: НТМТ. 2012 – 223с.
3. Кристопчук М. Є. Соціально-економічна ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення : монографія / М. Є. Кристопчук. – Рівне: НУВГП, 2012. 158 с. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1645>.
4. Cordera R, Sañudo R, dell'Olio L, Ibeas Á Trip distribution model for regional railway services considering spatial effects between stations // *Transport Policy*, vol. 67 (2018) pp. 77-84. doi: 10.1016/j.tranpol.2018.01.016.
5. Abdel-Aal M Calibrating a trip distribution gravity model stratified by the trip purposes for the city of Alexandria // *Alexandria Engineering Journal*, vol. 53, issue 3 (2014) pp. 677-689. doi: 10.1016/j.aej.2014.04.006
6. Kujala R, Weckström C, Mladenović M, Saramäki J. Travel times and transfers in public transport: Comprehensive accessibility analysis based on Pareto-optimal journeys // *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 67 (2018) pp. 41-54. doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2017.08.012
7. Вильсон А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем. Перев. с англ. Москва: Наука, 1978. 248 с.
8. Хітров І. О. Модель формування площі транспортного обслуговування маршрутів пасажирського сполучення // *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. – 2019. – №. 2. – С. 173-184.
9. Кристопчук М. Є. Дослідження факторів впливу на розподіл пасажирських кореспонденцій по маршрутній мережі // *Наукові нотатки*. – 2014. – №. 45. – С. 317-322..
10. Доля В. К. Дослідження транспортної мережі регіону методом побудови функції щільності населення / В. К. Доля, П. М. Грицюк, М. Є. Кристопчук // *Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник*. Вып. 69. Серия "Технические науки и архитектура". Київ: "Техніка", 2006. С. 205-211.
11. Cremer M., Keller H. A New Class of Dynamic Methods for the Identification of Origin-Destination Flows // *Transportation Research-B*, 1987. Vol. 21(B). N2. P. 117 -132.
12. Peterson B.E. Calculation of capacity, queue length and delay in traffic facilities // *Traffic Eng. and Contr.*, 1977. Vol. 18. – N 6. P. 310–312..