

Кірічок О.Г.

Національний університет водного господарства та природокористування

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

У статті наводяться вимоги до математичної моделі транспортних процесів та специфіка моделі пасажирських перевезень, її структура, а також проаналізовані шляхи і основні методи оптимізації пасажирських перевезень.

Ключові слова: пасажирські перевезення, математична модель, транспортні процеси, оптимізація системи транспортного обслуговування населення.

Постановка проблеми. При здійсненні аналізу процесів пасажирських перевезень за допомогою математичних методів через складність системи пасажирських перевезень необхідні ґрунтовні дослідження, що враховують пасажиропотоки, мережу транспортних маршрутів і зупинок, сукупність різновидів транспортних засобів і підприємств, що їх обслуговують.

У цьому зв'язку актуальним є завдання оптимізації технології та організації пасажирських перевезень.

У зв'язку з цим **метою роботи** є вивчення можливостей використання математичного моделювання з метою оптимізації системи транспортного обслуговування населення.

Результати досліджень. Відомо, що математичні моделі за призначенням перевезень поділяються на два види: моделі вантажних перевезень і моделі пасажирських перевезень [1]. Більш повно досліджені вантажні перевезення шляхом розв'язання транспортної задачі.

Функціонування такої системи в часі, наявність випадкових чинників, врахування інтересів пасажирів і транспортних підприємств, а також наявність значної кількості супутніх чинників свідчать про багатопараметричність моделі.

Виходячи з вимог до математичної моделі, модель пасажирських перевезень має бути динамічною, багатокритеріальною, керованою і мати стохастичні елементи [2]. Крім того, вона повинна враховувати наявність пасажирів різних категорій, проміжні і кінцеві пункти та різні види транспортних засобів.

Модель пасажирських перевезень на відміну від вантажних має специфіку:

- наявність декількох учасників процесу з таким, що не збігаються, і часто суперечливими інтересами (пасажирів і різні транспортні підприємства);
- існування багатьох функціоналів якості, що описують цілі різних учасників;
- тлумачення розв'язку задачі відрізняється від визначення оптимальних обсягів перевезень;
- різноманітність принципів оптимальної організації перевезень з урахуванням інтересів всіх учасників процесу;
- істотна мінливість в часі функціонування системи;
- нечіткість поняття «управління» і неявний характер залежності від сукупності параметрів та економічних показників системи;
- великий обсяг задачі (велика кількість маршрутів, зупинок, видів транспорту та ін.);
- необхідність врахування соціальних, технічних, нормативних чинників.

В зміст оптимізації організації пасажирських перевезень входять насамперед такі чинники:

- найкраще задоволення потреб пасажирів: мінімізація середнього часу очікування пасажирів на зупинках і часу в дорозі;
- підвищення якості обслуговування пасажирів: комфорт, відсутність відмов транспортних засобів, безпека руху;
- ефективна робота пасажирських автотранспортних підприємств: мінімізація збитків, максимізація сумарного обсягу перевезень пасажирів.

Оптимальний варіант пасажирських перевезень знаходять з урахуванням таких найістотніших нормативних і ресурсних обмежень:

- кількість і різновид пасажирських автотранспортних підприємств міста, району чи області;
- обмеженість парку транспортних засобів (типів, марок, кількості);
- місткість кожного виду транспортних засобів;

- попит населення міста на перевезення, дані по пасажиропотоках, кількість пасажирів на зупинках та ін.;
- фіксованість кількості і довжини маршрутів, а також кількості зупинок і відстаней між ними;
- середня швидкість руху кожного виду транспортних засобів;
- вартісні нормативи з придбання, змісту і технічного обслуговування транспортних засобів;
- штатний розклад і організація оплати праці тощо.

Кількість обмежень і передумов задачі математичного моделювання визначається змістом і глибиною досліджуваних питань.

Щоб знайти варіант оптимальної організації перевезень, передбачається застосування заходів, що виступають як компоненти важелів управління, а саме:

- розподіл існуючого парку транспортних засобів за маршрутами (за кількістю, видами і місткістю);
- складання графіків руху транспортних засобів по всіх маршрутах;
- встановлення вартості перевезень (тарифів) для різних груп пасажирів і видів транспорту.

З урахуванням різних умов діапазон вибору кожного з трьох компонентів управління є достатньо широким.

Розглянемо методичні основи математичного моделювання систем масового обслуговування на пасажирському транспорті детальніше.

В повсякденному житті і у виробничій діяльності широко розповсюджені системи, призначені для багаторазового розв'язання однотипних задач. Процеси, які при цьому виникають, отримали назву процесів обслуговування, а системи – систем масового обслуговування [3].

Системи масового обслуговування – це такі системи, до яких у випадкові моменти часу надходять замовлення на обслуговування, при цьому замовлення, що надійшли, обслуговуються за допомогою наявних у розпорядженні системи каналів обслуговування. Іноді системи обслуговування мають обмежені можливості щодо задоволення попиту, і це призводить до утворення черг. Задачі масового обслуговування розглядають питання утворення та функціонування черг, які виникають в повсякденному житті.

Черги виникають внаслідок того, що потік вимог (клієнтів) на обслуговування є випадковим і ним не можна управляти. Якщо кількість пристроїв обслуговування досить велика, то черги виникають рідко, однак при цьому неминучі довготривалі простоя обладнання. З іншого боку, якщо недостатня кількість пристроїв обслуговування, створюються черги і можливі великі втрати внаслідок очікування. В задачах масового обслуговування часто необхідно визначити, яка кількість пристроїв масового обслуговування необхідна, щоб мінімізувати сумарні втрати, що очікуються від несвоечасного обслуговування та простою обладнання.

Математична модель системи масового обслуговування включає такі елементи:

- вхідний потік вимог, що надходять на обслуговування;
- черга, яка складається з вимог, що очікують на обслуговування;
- система обслуговування;
- вихідні потоки обслужених, втрачених вимог та вимог, що надходять на повторне обслуговування;
- характеристики якості системи;
- механізм (дисципліна) обслуговування.

Структура системи масового обслуговування наведена на рис. 1.

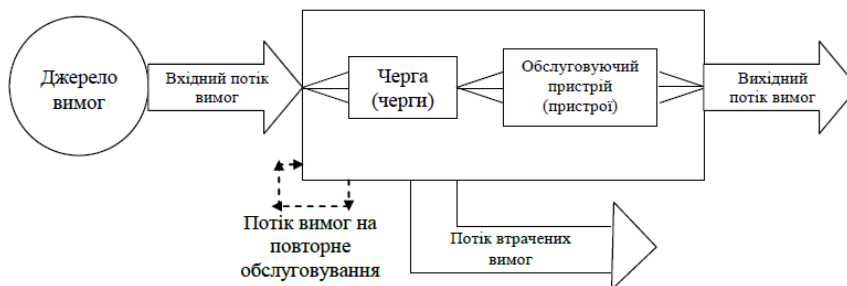


Рис. 1. Структура системи масового обслуговування

Системи масового обслуговування класифікуються за різноманітними ознаками [5]. За складом вони поділяються на одноканальні (з одним обслуговуючим пристроєм) та багатоканальні (з декількома паралельними обслуговуючими пристроями).

Моделювання роботи платформ доцільно проводити із використанням математичного апарату теорії масового обслуговування [6]. Розглянемо найпростіший варіант системи масового обслуговування – одноканальну систему масового обслуговування з обмеженням на довжину черги. Граф стану даної системи наведений на рис. 2. Каналом обслуговування в даному випадку виступає платформа відправлень, потік вхідних заявок на обслуговування – це транспортні засоби, які подаються для посадки пасажирів. За параметр вихідного потоку (потік обслужених заявок) будемо приймати кількість транспортних засобів, які від'їжджають із платформи після проведення посадки пасажирів.

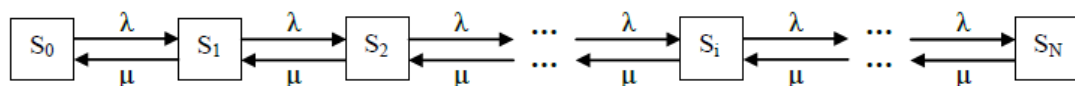


Рис. 2. Граф стану одноканальної СМО с обмеженим очікуванням

Стани системи масового обслуговування мають таку інтерпретацію:

- S_0 – «канал вільний»;
- S_1 – «канал зайнятий» (черги немає);
- S_2 – «канал зайнятий» (одне замовлення знаходиться в черзі);
- S_i – «канал зайнятий» (i -те замовлення знаходиться в черзі);
- S_N – «канал зайнятий» (N -не замовлення знаходиться в черзі).

Пасажи́рський комплекс транспортної галузі є однією з тих сфер діяльності, де у процесі розвитку ринкових відносин зберігають свою актуальність проблеми відшукування оптимального поєднання вільного підприємництва і державного регулювання. Основним завданням державного регулювання та контролю у сфері пасажирського автомобільного транспорту є створення умов безпечного, якісного й ефективного перевезення пасажирів, надання додаткових транспортних послуг.

Послугами автомобільного транспорту за 2015 р. скористалися більше 3,3 млрд пасажирів, що на 3,2% менше, ніж за 2014 р. Аналогічну тенденцію на ринку пасажирських перевезень спостерігаємо і в Рівненській області зокрема. Так, пасажирооборот автомобільного транспорту станом на січень 2016 року становить 102,9 млн пас.-км, що на 0,6% менше, ніж за аналогічний період 2014 року. Регулярним автобусним сполученням охоплені всі міста та 98,2% сільських населених пунктів. Проблемами пасажирського транспорту загального користування Рівненської області є організація пільгових перевезень, застарілий парк транспортних засобів, стан автомобільних доріг у сільській місцевості тощо.

Використання досвіду вирішення проблем пасажирського транспорту в країнах Європейського Союзу за допомогою організаційних і економічних механізмів забезпечення транспортним сполученням регіонів із низькою щільністю населення дозволить оптимізувати систему транспортного обслуговування населення.

Оптимізація автобусних маршрутів – вибір і обґрунтування раціональної траси, напрямків руху, кінцевих пунктів і проміжних зупинок повинно проводитися з особливою ретельністю і необхідним техніко-економічним обґрунтуванням, оскільки система автобусних маршрутів робить значний вплив як на умови і зручності перевезення пасажирів, швидкість і безпеку руху, режим праці автобусних бригад, так і на ефективність використання автобусів. Вибір напрямків руху автобусів, а також кінцевих і проміжних пунктів маршруту здійснюється відповідно до потреб населення в перевезеннях. При цьому пасажиропотік повинен бути достатньо стійкий на всій протяжності маршруту.

При виборі оптимального варіанту і обґрунтуванні раціональної системи автобусних маршрутів враховуються такі загальні вимоги [6]:

- кінцеві пункти автобусних маршрутів, як правило, встановлюють у місцях великого припливу і скупчення пасажирів, до яких відносяться вокзали, пристані, ринки, стадіони, парки, театри, промислові підприємства, станції метро тощо. На кінцевих пунктах маршруту повинні бути обладнані майданчики для розвороту і відстію автобусів;

- всі найголовніші пункти масового скупчення пасажирів за наявності постійного пасажиропотоку повинні мати по можливості транспортний зв'язок по найкоротших напрямках, що забезпечить населенню мінімальні витрати часу на поїздки і збільшить приплив пасажирів;

- система автобусних маршрутів повинна відповідати основним напрямкам слідування пасажирів та забезпечувати їм поїздки по можливості без пересадок;

- автобусні маршрути встановлюють за наявності досить впорядкованого дорожнього полотна, відповідного правилам технічної експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту, з урахуванням ширини поздовжнього профілю вулиць, а також експлуатаційно-технічної характеристики рухомого складу;

- автобусні маршрути приміського сполучення мають бути узгоджені між собою і з маршрутами інших видів пасажирського транспорту, із залізничним сполученням, водним та повітряним пасажирським транспортом, а також з маршрутами міжміських автобусних сполучень;

- протяжність автобусних маршрутів встановлюють відповідно до розмірів та планування території. При цьому враховується, що затримки автобусів на шляху прямування протягом рейсу повинні бути мінімальними, а наповнення автобусів має бути рівномірним на всій довжині маршруту.

При формуванні приміської пасажирської транспортної мережі повинні враховуватися інтереси жителів усіх населених пунктів району і передмістя. Необхідно виключити дублювання маршрутів, а також врахувати можливість повного контролю над перевізниками диспетчерською службою. Важливою вимогою є зручність пересадок пасажирів з одного маршруту на інший. Вузлові пункти пересадок повинні бути обладнані відповідно до транспортного і пасажирського потоків [7].

Передумови вдосконалення системи пасажирських перевезень:

1. Органи виконавчої влади та місцевого самоврядування зобов'язані забезпечити виконання соціальних гарантій щодо найменш забезпечених верств населення.

2. Ринок пасажирських автомобільних перевезень може бути прибутковим.

3. При правильному менеджменті органи виконавчої влади та місцевого самоврядування можуть забезпечити всіх жителів району необхідною кількістю і якістю транспортних послуг.

4. При виконанні необхідного обсягу перевезень можливе зниження інтенсивності руху, підвищення безпеки перевезень та зниження тарифу на них.

5. Місцевий бюджет може отримувати додатковий дохід від передачі перевізникам права користування міським простором, більш повної сплати податків і введення нових податків.

Передбачається, що для досягнення зазначених цілей, в першу чергу, необхідно створення колегіального органу в структурі місцевої адміністрації, у віданні якого перебували б питання транспортного обслуговування населення. Така рада буде створена з метою об'єднання зусиль органів місцевого самоврядування в питаннях забезпечення стабільної роботи та підвищення ефективної діяльності пасажирського транспорту. Основними завданнями якої, на нашу думку, повинні бути наступні:

1. Виявлення проблем в організації транспортного обслуговування населення.

2. Стратегічне планування вдосконалення діяльності громадського транспорту.

3. Розробка основних напрямів стратегії забезпечення діяльності транспортних підприємств та установ.

4. Розробка пропозицій щодо фінансування з бюджету діяльності громадського транспорту.

5. Підготовка рекомендацій щодо ефективного використання майнового комплексу, оперативного управління, підвищення доходів транспортних підприємств і установ при здійсненні статутної діяльності, зниження собівартості перевізної та іншої виробничої діяльності транспортних підприємств та установ і підвищенню їх рентабельності, розподілу доходів від діяльності приватних транспортних підприємств, організації та контролю руху фінансових потоків, залучення кредитних ресурсів для забезпечення діяльності транспорту загального користування, оновлення рухомого складу транспортних підприємств.

6. Розробка умов здачі в оренду майна міста, пов'язаного з транспортним обслуговуванням населення.

7. Розробка концепції конкурсу на право виконання пасажирських перевезень по маршрутній мережі району.

8. Розробка методики проведення заходів з контролю над виконанням перевізниками договірних умов з транспортного обслуговування пасажирів тощо.

Загальною характерною рисою маршрутних мереж середніх і малих адміністративних районів, є труднощі у впровадженні нових і зміні функціонуючих маршрутів внаслідок обмеженої можливості транспортної мережі і сформованих нечисленних напрямків транспортних потоків.

Для підвищення ефективності використання рухомого складу та праці водіїв, зниження витрат часу пасажирами на поїздки, на обраних варіантах маршрутної мережі проводиться розробка комбінованого режиму руху автобусів на маршрутах. Режим руху автобусів на маршруті може змінюватися по днях тижня (робочі, вихідні) і в різні періоди доби.

Висновки. Таким чином, виходячи з вимог до математичної моделі, розглянуто методичні основи математичного моделювання пасажирських перевезень. На основі вище розглянутого дійшли висновку, що модель пасажирських перевезень має бути динамічною, багатокритеріальною, керованою і мати стохастичні елементи.

Щоб знайти варіант оптимальної організації перевезень, передбачається використання заходів, що виступають як компоненти важелів управління, а саме: розподіл існуючого парку транспортних засобів за маршрутами, складання графіків руху транспортних засобів по маршрутах, встановлення вартості перевезень (тарифів) для різних груп пасажирів і видів транспорту.

1. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1987. – 458 с.
2. Галушко В.Г. Случайные процессы и их применение на автотранспорте / Под ред. И.Н. Коваленко. – К.: Вища школа, 1980. – 272 с.
3. Лабскер Л.Г., Бабешко Л.О. Теория массового обслуживания в экономической сфере: Учеб. пособие для вузов. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 319 с.
4. Таха Х.А. Введение в исследование операций (пер. с англ. Минько А.А.) Изд. 7-е. – М.: Вильямс, 2005. – 912 с.
5. Кристопчук М.С., Кравець О.М., Яремчук В.Л. Моделювання роботи автовокзалу з використанням апарату теорії масового обслуговування // Вісник НУВГП. Збірник наукових праць. – Вип. 2 (46). – Рівне: НУВГП, 2009. – С. 336-344.
6. Фаттахова А.Ф. Оптимизация структуры парка и расписания работы автобусов на пригородных сезонных маршрутах г. Оренбурга. – Вестник ОГУ № 10(129)/октябрь 2011. – С. 54-58.
7. Ларіна Р.Р., Кристопчук М.С., Кірічок О.Г. Ймовірнісне моделювання роботи автовокзалу: Збірник науково-практичних статей «Вісник економіки транспорту і промисловості». – Вип. 43. – Х.: УкрДАЗТ, 2013. – С. 45-50.

REFERENCES

1. Gnedenko B., Kovalenko I. (1987). *Introduction to the theory of mass service*. [Vvedeniye v teoriyu massovogo obsluzhivaniya]. Moscow: Nauka Publ., 458 p.
2. Galushko V. (1980). *Random processes and their application on a vehicle*. [Sluchaynyye protsessy i ikh primeneniye na avtotransporte] / Ed. Kovalenko. Kyiv, Higher School Publ., 272 p.
3. Labsker L., Babeshko L. (1998). *Theory of mass service in the economic sphere* [Teoriya massovogo obsluzhivaniya v ekonomicheskoy sfere], *Textbook. manual for university*. Moscow, Banks and exchange, UNITY Publ., 319 p.
4. Taha H. (2005). *Introduction to Operations Research* [Vvedenie v issledovanie operaciy] (trans. From English. Minko A.) Univ. 7th. Moscow, Williams Publ., 912 p.
5. Krystopchuk M., Kravets O. Yaremchuk V. *Simulation of the bus system using queuing theory* [Modeljvannia roboty avtovokzalu z vykorynniam aparatu teorii masovogo obslugovuvannia] // Bulletin NUWEE. Collected Works. – Vol. 2 (46). – Rivne: NUWEE, 2009. – P. 336-344.
6. Fattakhova A. *The fleet structure optimizing and timetable of the buses on suburban routes seasonal Orenburg* [Optimizacia struktury parka i raspisania roboty avtobusov na prigorodnyh sezonnyh marshrutah g. Orenburga]. – Last number number 10 (129) / October 2011. – P. 54-58.
7. Larina R., Krystopchuk M., Kirichok O. *Probabilistic modeling of bus* [Ymovirnisne modeluvannia roboty avtovokzalu]: Collection of scientific papers "Journal of Economics and transportation industry." – Vol. 43. – Kh.: UkrDAZT, 2013. – P. 45-50.

Кірічок А.Г. Методические основы математического моделирования пассажирских перевозок автомобильным транспортом.

В статье приводятся требования к математической модели транспортных процессов и специфика модели пассажирских перевозок, её структура, а также проанализированы пути и основные методы оптимизации пассажирских перевозок.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, математическая модель, транспортные процессы, оптимизация системы транспортного обслуживания населения.

O. Kirichok. Methodical bases of mathematical modeling for passengers' carriage by automobile transport.

The requirements of transport processes mathematical models are presented in the article. The specific and structure of passenger traffic mathematical models are considered. The ways of optimization techniques and basic passenger traffic is proposed.

Keywords: passenger transport, mathematical model, transportation processes, optimization of transport services.

АВТОР:

КІРІЧОК Олександр Георгійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: kirichokolexandr@gmail.com

АВТОР:

КИРИЧОК Олександр Георгиевич, к.т.н., доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: kirichokolexandr@gmail.com

AUTHOR:

Oleksandr KIRICHOK, PhD in Engineering, Assoc. Professor of Transport Technology and Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, e-mail: kirichokolexandr@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 16.10.2016р.