

6. Боярская Ю. В. Учет моделей технологического оборудования при расчете неустановившихся режимов транспорта газа в многониточном магистральном газопроводе / Ю. В. Боярская, И. Г. Гусарова, А. В. Каминская, А. Д. Тевяшев // Вісник Харківського національного університету № 847. Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». Випуск 11. – 2009. – С. 25-39.
7. Гусарова И. Г. Метод анализа существенно нестационарных неизотермических режимов транспорта газа по системе магистральных газопроводов Текст]: дис. ... канд. техн. наук / И. Г. Гусарова. – Х., 1991. – 188 с.

УДК 656.13

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

І. Ф. Шпильовий

Заступник начальника
Головне управління транспорту та зв'язку
Київська міська державна адміністрація
вул. Леонтовича, 6, м. Київ, Україна
Контактний тел.: 067-607-62-48

Стаття присвячена розробці методів, моделей та алгоритмів управління СМПП. Запропонована інтегральна математична модель управління СМПП та вирішення задач побудови пасажирських ТСМ, метод кластерного аналізу, психофізичні закони та принципи оптимізації транспортних систем

Ключові слова: управління системами міських пасажирських перевезень, пасажиропотік, пасажирська кореспонденція, транспортна мережа

Статья посвящена разработке методов, моделей и алгоритмов управления СППП. Предложена интегральная математическая модель управления СППП и решения задач построения пассажирских ТСГ, метод кластерного анализа, психофизические законы и принципы оптимизации транспортных систем

Ключевые слова: управление системами городских пассажирских перевозок, пассажиропоток, пассажирская корреспонденция, транспортная сеть

Methods, models and control algorithms of the urban busses systems are developed in the article. An integrated mathematical model for solving logical sequence of construction of passenger transport systems of cities, methods of cluster analysis, psycho-physical laws and principles of optimization of transport systems

Key words: control of urban passenger transport, urban passenger transport, passenger, passenger correspondence

1. Вступ

Згідно вимог Законів України «Про транспорт», «Про автомобільний транспорт», «Про міський електротранспорт» головним завданням транспорту є своєчасне, якісне та повне задоволення потреб населення в перевезеннях за умови ефективного використання транспортних засобів. Значне місце в цьому належить транспорту загального користування.

Задовольняючи попит населення в перевезеннях міський пасажирський транспорт впливає на рівень продуктивності праці, побутового обслуговування, розвиток культури і дозвілля та суттєво позначається на рівні соціальної напруги в суспільстві.

Потреби в міських перевезеннях виникають у 97% населення України, а річний обсяг перевезень пасажирів становить понад 70% від загального, а тому вдосконалення управління системами міських пасажирських

перевезень (далі – УСМПП) набуває вирішального значення для міст України. Адже покращення транспортно-обслуговування населення це не лише одне з конституційних прав людини, важливий аспект розвитку внутрішнього ринку товарів та послуг, а й підвищення рівня соціальних стандартів до вимог, які передбачені Законом України «Про соціальні стандарти та соціальні гарантії».

2. Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Розвиток міських пасажирських перевезень (далі – МПП) в умовах кардинальних економічних, соціальних, демографічних змін, які спостерігаються в останні часи в містах України, з одного боку, і поширення інформаційних та телекомунікаційних технологій з іншого, вимагають постановки нових і доопрацювання ряду відомих наукових задач щодо раціонального управління процесами і системами МПП на стратегічному, тактичному та оперативному рівнях.

Проведений аналіз показав, що найбільш актуальними щодо подальших досліджень є наступні питання: розроблення методів, моделей та алгоритмів побудови міських маршрутних систем з підтримкою інформаційними та телекомунікаційними технологіями; вивчення закономірностей формування попиту населення на перевезення; адаптація методик обстеження пасажиро-потоків на маршрутах до можливостей застосування прогресивних методів його автоматизації.

Таким чином, актуальним є розроблення методів і моделей управління системами міського пасажирського транспорту (далі – СМПП), що ґрунтуються на сучасних інформаційних технологіях, та дозволяють підвищити достовірність і ефективність процесів обстеження та маршрутизації МПП.

Впровадження результатів вирішення цієї задачі на практиці, в суттєвій мірі, має сприяти досягненню запланованих регіональною програмою розвитку пасажирського транспорту загального користування показників якості транспортно-обслуговування населення в м. Києві на 2015р., а саме: забезпечити збільшення транспортної рухомості населення з 170 до 210 поїздок на рік; середньодобовий інтервал руху - 11хв., а у години пік - 5хв.; швидкість сполучення - 19км/год.; середнє навантаження на вільну площу салону транспортного засобу в години пік - до 5 чол./м² та рівень регулярності руху на маршрутах до 95%.

Наукові результати отримані в процесі виконання задач цільової комплексної програми «Транспорт – програми розвитку та вдосконалення транспорту України в 1992-2010 рр.», прийнятої розпорядженням КМ України від 23.07.1993р. №551-Р, Програми соціально-економічного та культурного розвитку м. Києва на 1999-2010 рр., затвердженої рішенням Київради від 30.03.1999р. №183/284, Програми основних напрямків наукових досліджень Національного транспортного університету «Розробка методичних рекомендацій регулювання ринку пасажирських перевезень у м. Києві» (державна реєстрація №01054003296), планів науково-дослідних робіт Головного управління транспорту та зв'язку м. Києва, а також науково-дослідної

роботи за темою «Методи і моделі оцінки пасажиропотоків на міських маршрутах та розробка автоматизованого комплексу щодо їх обліку» (код КПКВ 221044).

3. Аналіз досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми

Значний внесок в становлення і розвиток методології управління транспортними процесами і системами міських пасажирських перевезень (МПП) зробили Л.Л. Афанасьєв, А.І. Воркут, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля, О.С. Ігнатенко, О.Я. Коцюк, П.Р. Левковець, Л.Б. Миротін, Е.В. Мун, В.П. Поліщук, О.Л. Петрашевський, Р.А. Хабутдінов, М.С. Фішельсон та інші.

Разом з тим, проведений в роботі аналіз результатів застосування відомих на сьогоднішній день методів і моделей визначення пасажиропотоків та пасажирських кореспонденцій в містах показав, що дані методи і моделі дають суттєву похибку. В значній мірі, це зумовлено тим, що природа формування попиту населення на перевезення на сьогоднішній день залишається досліджено недостатньо. Останнє, відповідно, вимагає систематичного вивчення даного попиту, узагальнення отриманих результатів і наукового їх опису.

Виконаний в роботі порівняльний аналіз методів і моделей вивчення попиту населення на МПП показав, що найбільш широко застосовуваними на практиці залишаються натурні методи, які ґрунтуються на обстеженнях пасажиропотоків і пасажирських кореспонденцій. Ці методи дозволяють отримати вхідну інформацію достатньої достовірності, проте їх відрізняє значна трудомісткість. Розрахунково-прогнозні методи і моделі, або методи і моделі трансформації пасажирських кореспонденцій, навпаки характеризуються низькою трудомісткістю, проте достовірність інформації, яку вони забезпечують, є відносно невисокою.

В індустріально розвинутих країнах отримують поширення соціально-прогностичні методи і моделі вивчення попиту, в рамках яких прогнозування пасажиропотоків передбачається здійснювати на основі аналізу соціальних, географічних та економічних факторів, щодо впливу на кореспонденції та на класифікацію ситуацій транспортно-обслуговування.

Подальший розвиток методів і моделей вивчення попиту на МПП нерозривно характеризується розробленням та впровадженням ефективного автоматизованого інструментарію збору і зберігання вхідної інформації про попит на перевезення, її оновлення та прогнозування. Водночас, вітчизняними методиками вивчення попиту населення на перевезення не передбачається досліджування автоматизованого методу обстеження пасажиропотоків на маршрутах.

Таким чином, перспективи подальшої інформатизації та комп'ютеризації потребують змін щодо практики прийняття містобудівних рішень, переоцінки існуючих сфер організації і управління транспортом загального користування. Такі кардинальні зміни можна здійснити лише за умов застосування нових підходів щодо управління системами міських пасажирських перевезень, підвищення їх гнучкості, здатності оперативно реагувати на швидкоплинні умови середовища (рис. 1).

Виконана постановка проблеми дослідження, наведена мета та передумови створення АРМ ІМПП, яка

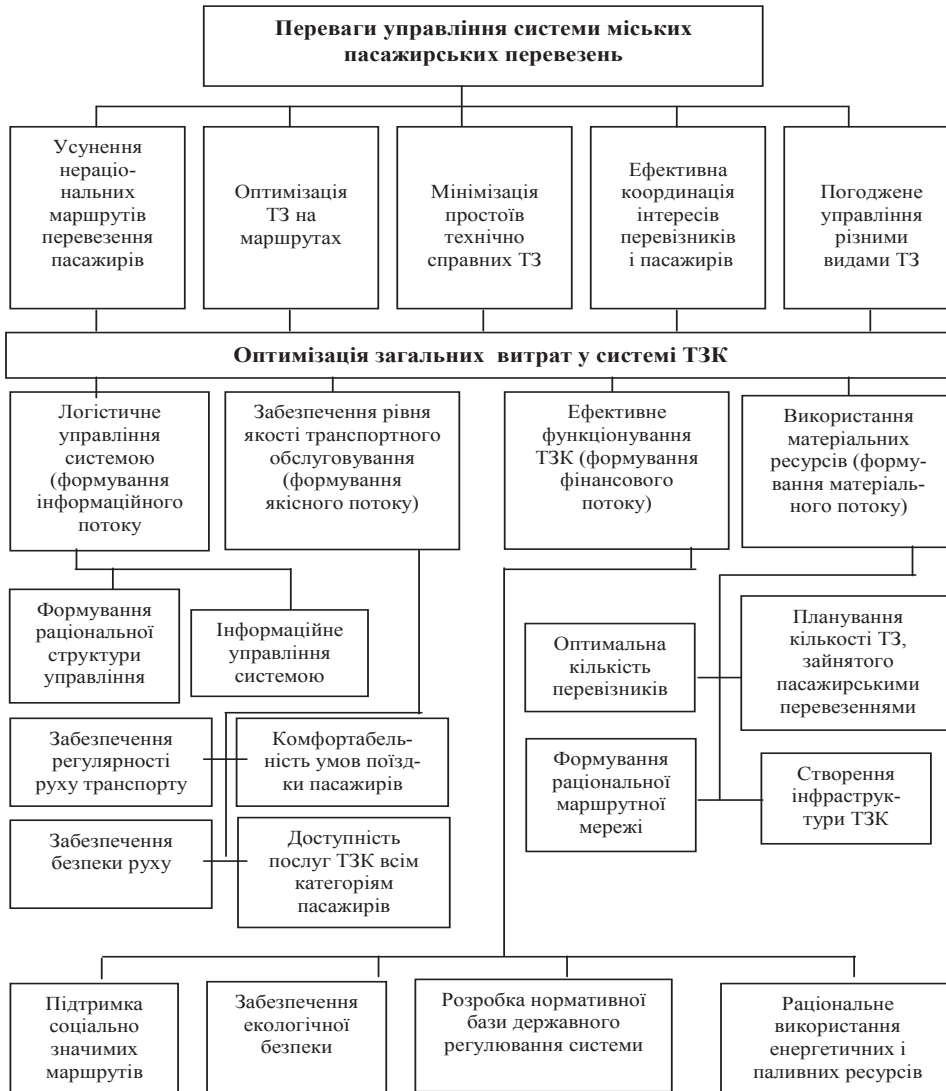


Рис. 1. Концептуальні передумови управління системою міських пасажирських перевезень

орієнтована на методологію побудови транспортних пасажирських систем. Зроблено огляд життєвого циклу УСМПП з точки зору раціональності та послідовності функціонування технологічних процесів перевезень від циклу його виконання, визначено вплив нерациональних маршрутів на оптимізацію СМПП.

Далі розкрито системні засади моделювання процесів управління МПП. Умовами побудови відповідних моделей передбачається розподіл функцій і задач між різними підсистемами управління (ланцюгами СМПП), тобто застосування функціонально-цільового принципу. Таким чином, модель розподілу функцій і задач СМПП може бути представлена в матричній формі, а саме:

$$\begin{matrix}
 3_{11}, 3_{12}, \dots, 3_{1n} \\
 3_{21}, 3_{22}, \dots, 3_{2n} \\
 \dots \\
 3_{i1}, 3_{i2}, \dots, 3_{ij}, \dots, 3_{in} \\
 \dots \\
 3_{m1}, 3_{m2}, \dots, 3_{mn}
 \end{matrix} \quad (1)$$

де n – кількість ланцюгів управління системи;
 m – кількість функцій управління.

Кожен з ланцюгів відокремлюється з загальної системи управління для вирішення визначених задач, кількість яких позначається як: $N_1, N_2, \dots, N_z, \dots, N_n$. Якщо позначити кожен з управлінських дій числом a , то 3_{ij} можна бути представлена як матриця:

$$3_{ij} = \begin{pmatrix} a_{ij}^{11}, & a_{ij}^{12}, & a_{ij}^{N_i} \\ a_{ij}^{21}, & a_{ij}^{22}, & a_{ij}^{2N_i} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{ij}^{D_j 1}, & a_{ij}^{D_j 2}, & a_{ij}^{D_j N_i} \end{pmatrix},$$

$$j = \overline{1, n}, \forall i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де, D_j - кількість управлінських дій, яка проводиться ланцюгом СМПП щодо виконання кожної задачі за функцією j .

Результатом моделювання СМПП є визначення сумарних витрат на здійснення управління системою:

$$B_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n \sum_{N=1}^{N_i} \sum_{j=1}^m \sum_{D_j=1}^{D_j} B_{ij}^{D_j N} \quad (3)$$

де, $B_{ij}^{D_j N}$ - витрати на здійснення кожної управлінської дії.

Завдяки запропонованій моделі управління СМПП вдосконалюється в рамках принципової схеми інформаційного управління, є можливість конкретизувати її основні елементи, суб'єкт та об'єкт управління. В ролі суб'єкта управління виступають управлінські системи декількох рівнів: вищого рівня – транспортні управління органів місцевого самоврядування; першого рівня - координаційний комітет ТЗК, відділи транспортної інспекції; другого рівня – транспортні підприємства, фінансово-інвестиційні комісії, відділи безпеки руху та економічної безпеки. В ролі суб'єкта управління виступають перевізники різних форм власності.

В результаті виконаного дослідження встановлено, що в основу інформаційного управління СМПП необхідно покласти її функціональну схему трьохрівневого замкнутого циклу: циклу коригування; циклу організації та циклу планування (рис. 2).

Таким чином, об'єкт управління (перевізник) отримає три види управлінських дій (інформаційних команд), від суб'єкта управління (транспортних управлінь, служба диспетчеризації тощо): *планові*, які виконуються без будь-яких додаткових управлінських дій, *організаційні*, які виконуються за умов порушення ефективного функціонування об'єкта управління; *коригуючі*, які оперативно виконуються в разі відхилення об'єкта управління від запланованого режиму його функціонування.

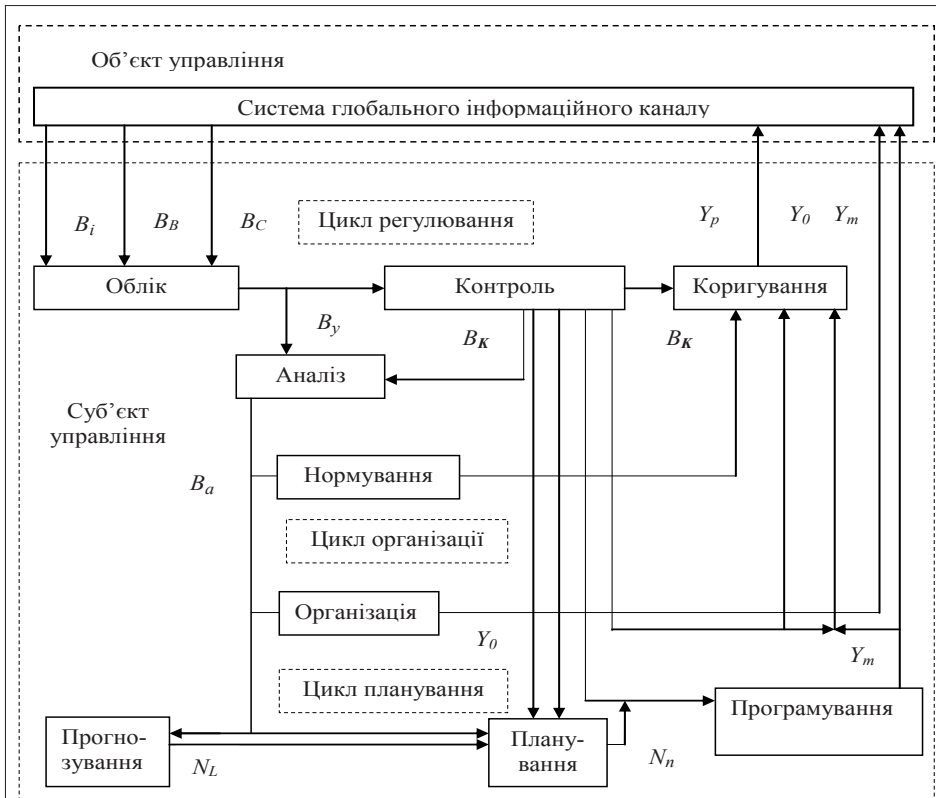


Рис. 2. Функціональна схема інформаційного управління системою міських пасажирських перевезень

В роботі показано, що істотним фактором, який ускладнює синтез ефективної управлінської структури СМПП є відсутність обґрунтованих формалізованих критеріїв, що описують її функціонування. Для усунення низки недоліків була вирішена система задач оптимізації процесів оперативного управління СМПП.

Інформаційне управління системою МПП містить інформацію: вихідну, про стаціонарні умови зовнішнього середовища, про зовнішні збурюючі впливи, про стан об'єкта управління, облікову, аналітичну, контрольну, проміжну інформацію (нормативна, прогнозна, планова), керуючу інформацію (програмна, організаційна, регулююча).

За цільову функцію прийнято мінімум управлінських витрат $Z_{\text{сум}}$, (див. рівняння 3) щодо надання транспортних послуг пасажиром Z заданого рівня якості. Тоді задача синтезу оптимальної структури СМПП буде складатися з пошуку ланцюгів системи (Л) та зв'язків між ними (Γ_L), множини задач управління СМПП (N) і кількості виконаних управлінських дій (I) щодо забезпечення заданого рівня наданих транспортних послуг (Z) за мінімуму управлінських витрат ($B_{\text{сум}}$), на їх виконання. Тоді:

$$\begin{aligned}
 \gamma_{D_j} = & \begin{cases} Z \geq Z_{\text{пл}}, \text{ де } Z = \prod_{k=1}^k Z_k^v, \sum_{j=1}^m V_j \\ \min B_S \in B_S, \text{ де } B_S = \sum_{z_k=1}^{Z_k} B_{\text{зк}} \end{cases} \quad (4) \\
 & \sum_{i=1}^n \sum_{N=1}^{N_i} \sum_{j=1}^m \sum_{P_j=1}^{P_j}
 \end{aligned}$$

при $N_i \in N$; $z_i \in Z$; $\Gamma_{L_i} \in \Gamma_L$, $\Gamma_{N_j} \in \Gamma_N$, де γ_{D_j} – ефект від реалізації D_j – управлінської дії по кожній функції $j = 1, 2, \dots, m$; Z_k^v – рівень кількісної функції надання пасажирських послуг, які мають v - частину в загальному обсязі перевезень; $B_{\text{зк}}$ – управлінські витрати на виконання Z_k - ої функції.

Максимізація цільової функції за рахунок мінімізації витрат СМПП має вигляд:

$$B = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij},$$

де, B_{ij} - управлінські витрати, які припадають на i -ту кількість ланцюгів СМПП, які виконують j -е кількість управлінських функцій.

Залежність рівня надання пасажирських послуг та управлінських витрат на їх виконання від кількості ланцюгів УСМПП представлено на

рис. 3.

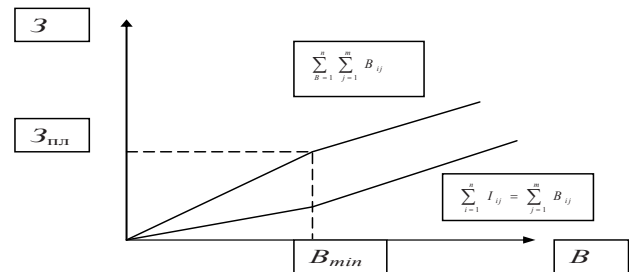


Рис. 3. Залежність цільової функції від кількості ланцюгів управління системою міських пасажирських перевезень та їх функцій: $Z_{\text{пл}}$ – заданий рівень надання пасажирських послуг; B_{min} – мінімальні управлінські витрати та їх забезпечення

Встановлено, що для забезпечення заданого рівня надання пасажирських послуг $Z_{\text{пл}}$ необхідне збільшення кількості ланцюгів УСМПП для виконання заданої кількості управлінських функцій, або заданої кількості ланцюгів управлінських функцій, які в них виконуються. При цьому, мінімізація управлінських витрат досягається при конкретних значеннях $L_i \in L$, $N_{P_j} \in N$.

Розроблений комплекс моделей до вирішення задачі визначення процесу оптимального вибору пасажиром маршруту слідування за умов суміщення технологій перевезень у звичайному, експресному та маршрутно-транспортному режимах руху. Застосування комбінованої технології перевезення дозволяє оптимізувати розподіл ТЗ на маршрутах; підвищити

їх провізну спроможність за рахунок підвищення коефіцієнту наповнення; зменшити собівартість та збільшити рентабельність перевезень.

Крім того, використання ТЗ різної місткості забезпечує додаткові переваги.

Було доведено, що для оптимального вирішення поставленої задачі необхідно максимізувати різницю між перевагами пасажирів і витратами перевізника або мінімізувати загальні (перевізника та пасажирів) витрати (еластичний попит). Даний підхід дозволив застосувати мультиперіодичну модель оптимізації, в якій кінцеві зупинки, частота руху і місткість автобуса для обох режимів руху, а також середня величина тарифу є змінними вхідними параметрами.

Також, показано, що традиційний підхід щодо планування і управління роботою транспорту при розподілі поїздок, який ґрунтується на принципі, що вибір пасажирів обумовлюється лише частотою руху ТЗ й середніми витратами часу на очікування, при цьому, як правило, не враховується різниця в часі поїздки і вважається, що інтервали між прибуттям автобусів різних маршрутів мають рівномірний розподіл, - не відповідає дійсності.

Це підтвердили натурні дослідження транспортної мережі м. Києва.

Імовірність p вибору маршруту визначається в такий спосіб:

$$p_u = \int_0^{t_u} \frac{1}{t_u} \prod_{i=1}^k \left(1 - \min \left\{ 1, \max \left\{ \frac{x + r_u - r_i}{t_i}, 0 \right\} \right\} \right) dx,$$

а середній час очікування w

$$w = \sum_{u=1}^k \int_0^{t_u} \frac{1}{t_u} \prod_{i=1}^k \left(1 - \min \left\{ 1, \max \left\{ \frac{x + r_u - r_i}{t_i}, 0 \right\} \right\} \right) dx,$$

де p_u - імовірність вибору маршруту u ; r - час поїздки, хв.; t - інтервал руху, хв.; w - середній час очікування, хв.; k - кількість паралельних маршрутів зі звичайним, експресним та маршрутним-таксомоторним режимом руху.

Алгоритм моделювання процесу вибору маршруту наведено на рис. 4.

Даний підхід до моделювання УСМП дозволяє оцінити динаміку зміни багатьох критеріїв проекту-

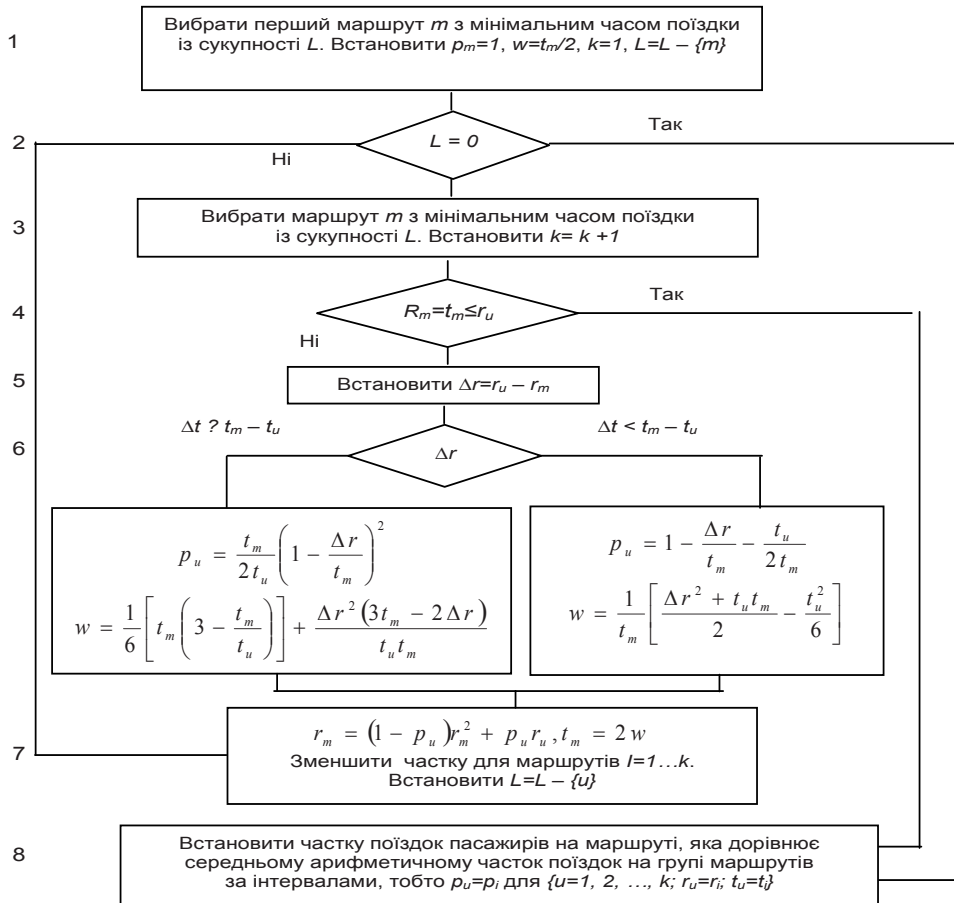


Рис. 4. Алгоритм моделювання процесу вибору оптимального маршруту

вання маршрутів з комбінованими режимами руху щодо прогнозування їх впливу як на перевізників, так і пасажирів.

4. Висновки з цього дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що вперше, на основі формування системних засад моделювання процесів управління пасажирськими перевезеннями, розроблено методи і моделі обстеження пасажиропотоків та маршрутизації МПП, які ґрунтуються на інформаційних технологіях та дозволяють підвищити достовірність та ефективність процесів обстеження пасажиропотоків та маршрутизації МПП.

Вперше:

- запропоновано комплексний метод визначення попиту населення на пасажирські перевезення, який передбачає прогнозування пасажиропотоків і кореспонденцій з урахуванням трьохланцюгової класифікації факторів визначення рухомості населення; моделювання процесу вибору оптимального маршруту слідування пасажиром до місця призначення; автоматизований збір та обробку вихідної інформації, щодо обстеження пасажиропотоків;

- запропоновано вдосконалити діючу нормативно-правову базу пасажирських перевезень в частині введення поняття «автоматизований метод обстежен-

ня пасажиропотоків і кореспонденцій» та його визначення;

удосконалено:

- методологію формування програмного комп'ютерного комплексу автоматизованого робочого місця інженера-проектувальника (далі - АРМ ІПМПП);

набули подальшого розвитку:

- системний факторний аналіз внутрішнього і зовнішнього середовища пасажирських маршрутних систем в частині комплексного порівняльного обґрунтування принципів технологічного регулювання галузі пасажирських перевезень в країнах з ринковою економікою та економікою перехідного періоду.

Висновки

Розроблені в дослідженні методологічні основи обстеження пасажиропотоків та маршрутизації МПП з використанням інформаційних технологій дали можливість отримати наукові результати, які мають високу ступінь готовності до впровадження. До результатів, які мають найбільшу практичну значущість можна віднести:

- методику маршрутизації перевезень з використанням комплексного критерію, який враховує витрати часу пасажирів і різницю у вартості проїзду в звичайному, експресному та маршрутному-таксомоторному режимах руху;

- програмне забезпечення АРМ ІПМПП, яка дозволяє управляти СМПП в оперативному режимі.

Комп'ютерна АС ІМПП, а також висновки і рекомендації одержані, в дослідженні впроваджувались в Головному управлінні транспорту та зв'язку КМДА.

Наукові результати використані при підготовці пакету документів щодо розробки проектів нормативно-правових актів «Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту» та «Порядку і умовах організації перевезення пасажирів та багажу автомобільним транспортом».

Результати дослідження знайшли відображення в роботі «Системні аспекти логістики в проектах пасажирських перевезень», положення якої були використані при розробці навчальних програм для студентів вищих навчальних закладів за напрямками «Логістика» та «Транспортні технології».

Література

1. Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Левковець П.Р., Шпильовий І.Ф., Маруніч В.С., Вакарчук І.М. Програма удосконалення пасажирського транспорту: від концепції до дії. 63 наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та структурних підрозділів НТУ, 2007.
2. Левковець П.Р., Шпильовий І.Ф., Маруніч В.С., Вакарчук І.М. Транспортна система України напередодні вступу в СОТ. 62 наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. Тези доповідей. – К.: НТУ, 2006.
3. Левковець П.Р., Шпильовий І.Ф. Системні аспекти логістики в проектах пасажирських перевезень. – К., НТУ, 2007.
4. Левковець П.Р., Шпильовий І.Ф., Левковець Н.П. Логістичне управління перевезеннями пасажирів. – Вісник північного наукового центру Транспортної академії України. Вип. 8, травень 2005.
5. Левковець П.Р., Шпильовий І.Ф., Левковець Н.П. Забезпечення системної ефективності управління транспортом. – Вісник північного наукового центру Транспортної академії України. Окремий випуск, жовтень 2005.
6. Маруніч В.С., Вакарчук І.М., Шпильовий І.Ф. Підвищення якості та культури обслуговування пасажирів на автобусних маршрутах м. Києва: методологія та алгоритм комплексного обстеження пасажиропотоків. 61 наукова конференція професорсько-викладацького складу і студентів та структурних підрозділів НТУ, 2005.
7. Шпильовий І.Ф., Козаченко О.Г. Упорядкування транспортних потоків у місті Києві. // Вісник національного транспортного університету. Випуск 15 – К.: НТУ. – 2007.
8. Шпильовий І.Ф. Основні завдання вдосконалення роботи міського транспорту // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів. – К., НТУ, 2003. – вип. 16.
9. Шпильовий І.Ф. Вдосконалення управління перевезеннями пасажирів. // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К., НТУ, 2006. – вип. №3.