УДК 656

О. Д. Фірсов, кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри транспортних систем
та технологій Університету митної справи та фінансів
А. Н. Бібля, студент Університету
митної справи та фінансів

ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА

Розглянуто перспективи впровадження елементів інтелектуальної транспортної системи. Для розгляду обрано маршрутну сітку міста Дніпропетровська. Досліджено пасажиропотік, який створено наземним автомобільним транспортом. Визначено ефективність перевезень за конкретними маршрутами. Запропоновано шляхи, що дозволяють підвищити ефективність перевезень за суперечливими критеріями. Запропоновано архітектуру ІТС і проаналізовано комплексний вплив, який можна отримати в разі поетапного введення в дію її елементів.

Ключові слова: *інтелектуальна транспортна система; маршрут; пасажиропотік.*

This article examines the prospects for the introduction of elements of intellectual transport system. To review selected routing grid of the city of Dnipropetrovsk. Considered passenger traffic, which created land road. Efficiency traffic on specific routes. The ways that improve the effectiveness of transportation by conflicting criteria. An ITS architecture and comprehensive analysis of the impact that can be obtained in the case of phased entry into effect its elements.

Key words*: intellectual transport system; route; passenger traffic flow.*

Постановка проблеми. Ефективне функціонування міського пасажирського транспорту є одним з ключових напрямів розвитку соціальної та виробничо-економічної сфери будь-якого міста. Через зростання населення і розвиток міста збільшується навантаження на громадський транспорт, неминуче виникають проблеми, пов’язані з наданням транспортних послуг населенню; підвищується дорожньо-транспортна аварійність; зростає негативний вплив транспорту на стан навколишнього середовища і здоров’я населення; збільшуються втрати, пов’язані з транспортними заторами, а також викиди парникових газів і витрати палива.

Існує потреба у системному підході до організації пасажиропотоків у місті з урахуванням конфліктних інтересів безпосередніх учасників перевезень, третіх сторін із застосуванням сучасних можливостей техніки й обчислювальних приладів. Але побудова системи перевезень у місті, яка відповідала б усім можливим вимогам, практично неможлива хоча б через те, що самі вимоги у сучасному місті динамічно змінюються. Отже, йдеться про вдосконалення елементів системи перевезень і насамперед пошук проблемних місць і способів їх модернізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процеси і події, що відбуваються під час роботи міського пасажирського транспорту, можна проаналізувати і формально

© О. Д. Фірсов, А. Н. Бібля, 2015

описати за допомогою методів теорії системи масового обслуговування (СМО) [1]. А пошук оптимального розв'язання задач у рамках роботи конкретних підсистем-маршрутів пов'язаний з визначенням параметрів обслуговування [2; 3]:

– інтенсивності вхідних і вихідних потоків пасажирів на зупинках;

– інтенсивності ходу транспорту;

– кількості місць обслуговування.

При цьому серед елементів, що здійснюють обслуговування на конкретному маршруті, доцільно виділити: пункти зупинок, що являють собою системи накопичення; транспортні одиниці як рухомі системи.

Зазначимо, що розв'язання будь-яких оптимізаційних задач в одній підсистемі без урахування взаємодії з елементами інших маршрутів, що різною мірою проходять через одні й ті самі зупинки, не дасть очікуваного ефекту. Наприклад, зростання інтенсивності ходу транспортних засобів на маршруті за рахунок випуску на лінію додаткових одиниць може збільшити простої на окремих зупинках (зростання черги транспорту), тобто погіршити показники системи міських пасажирських перевезень у цілому. Саме тому завдання оптимізації параметрів функціонування маршрутів має виконувати не окремий перевізник, а всі підприємства, що надають транспортні послуги. При цьому підсистеми-маршрути доцільно розглядати як СМО, але для цільових функцій необхідно враховувати різноманітні фактори впливу. Це можливо лише за наявності повної та достовірної інформаційної бази, злагодженої роботи органів місцевого самоврядування і перевізників, а також фірм, що надають технічне обслуговування і диспетчерські послуги. Крім виділення єдиного критерію оптимальності, за яким будується алгоритм управління системою, в ній має бути закладено принципи локально-оптимального управління, що створюють гнучкість системи й дозволяють їй швидко пристосовуватися до змін у зовнішньому середовищі [4; 5].

У праці [6] виділено три групи заходів, які впливають на параметри роботи міського транспорту: конструктивно-технічні, організаційно-адміністративні, планувально-містобудівні.

Згідно з [7] до технологічних методів також можна зарахувати розв'язання задач планування використання трудових і технічних ресурсів та визначення оптимальних тарифів.

Упровадження ІТС більшою мірою належить до групи технічних і технологічних заходів, але інколи може потребувати реалізації містобудівних проектів й адміністративного втручання [2; 7].

Сучасний розвиток інформаційних технологій дозволяє запозичувати готові й перевірені рішення, застосовуючи їх до конкретних об'єктів проектування. Отже, у статті розглянуто передові розробки, що використовуються в інших державах [6; 8].

Аналіз вітчизняного досвіду формування маршрутних мереж пасажирського транспорту дозволив виявити, що в часи домінування громадського транспорту в міських транспортних системах розв'язання задач оптимізації його роботи зводилося до оптимального розподілу наявного парку рухомого складу маршрутами з урахуванням транспортних витрат в умовах, коли весь транспорт і всю маршрутну мережу обслуговував один власник. У той період вважалося, що формування та оптимізація мережі маршрутів мають відбуватися на основі даних про фактичні переміщення населення територією міста. Для цього було введено поняття транспортної кореспонденції (повного опису кожної поїздки пасажира від початку до кінця) і матриці пасажирських кореспонденцій. Матриця пасажирських кореспонденцій служила для знаходження опти-

мальної маршрутної мережі, що досягалося за допомогою введення критеріїв оптимальності, наприклад таких, як: найкоротший шлях між початковим і кінцевим пунктом маршруту, мінімальний час, що витрачається на переміщення всіма пасажирами, тощо.

Наявні підходи до проектування раціональних маршрутних мереж поділяються на три групи:

1) автоматизоване проектування маршрутів пасажирського транспорту на основі формалізованих математичних моделей;

2) часткова автоматизація процесу побудови маршрутів пасажирського транспорту й експертна оцінка результатів фахівцем;

3) прийняття рішень на основі досвіду й неформалізованого аналізу експертів.

Практика показала, що застосування чітко формалізованих математичних моделей дає оптимальне розв'язання з погляду чітко закладеного в програму алгоритму. Однак за такого підходу неможливо врахувати традиції та звички пасажирів, а також інші вимоги, що не піддаються формальному опису. Тому найефективнішим вважається другий підхід, за якого експерт проводить аналіз отриманих результатів і приймає остаточне рішення.

Існують теорії оптимізації маршрутної мережі, які спираються на відомі значення величин пасажиропотоків на конкретних ділянках [7; 9]. Однак багато дослідників вважають, що базування за цим принципом не зовсім коректне й точне, оскільки пасажиропотік, будучи метричною величиною, не завжди здатний повністю описати характер і напрям руху пасажирів, а, як правило, вказує тільки на величину завантаженості певної ділянки траси. На їхню думку, найкоректніше користуватися значеннями пассажирообміну на пунктах зупинки.

Необхідно також ураховувати, що оптимальність маршрутної мережі з погляду учасників системи міського пасажирського транспорту суперечлива. Так, наприклад, скорочення часу очікування пасажирів очевидно пов'язано зі збільшенням кількості рухомого складу на маршруті, а отже, зі зниженням завантаженості та економічної вигоди. З іншого боку, прагнення збільшити прибутковість транспортних організацій може призвести до відмови населення від перевезень і появи конкуруючих організацій. Тому потрібен критерій, який ураховуватиме інтереси пасажирів і перевізників. Окремо в модель також можуть включатися екологічність і безпечність перевезень.

Загальні тенденції розвитку вплинули й на транспортний комплекс, де одним з основних напрямків інформатизації стало створення та впровадження телематичних та інтелектуальних транспортних систем [10; 11].

Всесвітня дорожня асоціація (*PIARC*) на основі досвіду і тенденцій розвитку систем транспортної телематики запропонувала класифікацію, що містить 32 сервіси користувачів ІТС, умовно згрупованих за категоріями. Значна перевага ІТС як технологічного рішення полягає в тому, що компоненти системи легко поєднувати між собою для виконання цілої низки різноманітних функцій і програм. За оцінками європейських фахівців, використання загальної архітектури забезпечує майже 80 % обсягу робіт зі створення архітектури конкретної системи.

У разі реалізації концепції універсальної багатофункціональної системи, що забезпечує розв'язання всього кола проблем, досить оснастити кожен транспортний засіб єдиним бортовим навігаційно-інформаційним комплексом, створити на кожній території обслуговування єдину систему обміну даними, єдиний центр обробки повідомлень транспортних засобів і єдиний багатофункціональний центр контролю та управління.

Розширення кола завдань, що виконує система, забезпечується можливостями її масштабування [10].

Крім того, найважливішою перевагою універсальної системи перед комплексом вузько функціонуючих є те, що універсальна система дозволяє інтегрувати дані про рух усіх транспортних засобів в інформацію про реальні транспортні потоки, на основі якої можливе ефективне управління дорожнім рухом, що забезпечує досягнення цілей створення ІТС.

Мета статті – запропонувати системні заходи, що можуть підвищити ефективність перевезень, зробити вибір ключових об'єктів системи перевезень у місті, що потребують першочергового дослідження. Провести аналіз структури і складових перевезень у місті. Надати пропозиції щодо створення єдиної цілісної системи міських пасажирських перевезень і поєднання її компонентів інформаційними і матеріально-технічними ланцюгами, що може бути виконано за рахунок упровадження ІТС.

Проаналізувати адаптаційні можливості системи перевезень за рахунок точнішої та всеосяжної оцінки показників факторів, які впливають на роботу системи, та побудови прогнозних моделей з високим ступенем імовірності.

Показати набуття системою інтегративних якостей і досягнення синергетичного ефекту за рахунок упровадження нового функціоналу, що виникає під час поєднання і взаємодії різних підсистем та їх учасників.

Запропонувати напрями щодо оптимізації процесів інтервального регулювання з подальшою оптимізацією маршрутної сітки, що максимально враховує потреби населення в пасажирських перевезеннях.

Виклад основного матеріалу. До розгляду обрано систему міських пасажирських перевезень м. Дніпропетровська, основні проблеми якої такі:

– погіршення умов безпеки руху;

– використання неекологічного рухомого складу малої пасажиромісткості (50–80 % перевезень здійснюється маршрутними таксі);

– використання емпіричних методів збирання й обробки статистичної інформації про пасажирообіг;

– відсутність координації між приватними перевізниками;

– невиправдане збільшення величини робочого парку маршрутних таксі (внаслідок неоптимальної організації перевізного процесу).

Проблема громадського транспорту в Дніпропетровську особливо актуальна й через те, що згідно із затвердженим генеральним планом розвитку транспорту до 2026 р. заплановано ліквідувати значну частину наземного транспорту і компенсувати його 2 повноцінними лініями метрополітену.

Транспортна система м. Дніпропетровська являє собою сукупність транспортних засобів, інфраструктури й управління та включає 158 різних маршрутів (без урахування приміських), загальною протяжністю 2462,81 км, з більш ніж 600 унікальними зупинками. В межах правого берега діє 87 маршрутів й одна лінія метро, лівого – 12, зв'язок між правим і лівим берегом здійснюється 59 маршрутами. Один тільки електротранспорт забезпечує перевезення 600 тисяч пасажирів на добу.

Ключовим документом, що регламентує потенціал та можливості взаємодії елементів різних видів міського і приміського транспорту, є генплан розвитку транспорту м. Дніпропетровська до 2026 р.

Перевезення пасажирів у межах міста здійснюється 27 фірмами, включаючи КП “Дніпропетровський метрополітен” і КП “Дніпропетровський електротранспорт”.

Аналізуючи наявні дані, можна виділити найбільш значущих перевізників. Такими є: ТОВ “Ігрек” з часткою парку мікроавтобусів – 22 %; ТОВ “Автотранссервіс” з часткою парку мікроавтобусів – 13 % і з часткою парку автобусів – 100 %; ПрАТ “ДАТП 11205” з часткою парку мікроавтобусів – 9 %; КП “Дніпропетровський електротранспорт“ з часткою парку тролейбусів – 100 %, трамваїв – 100 %.

Серед відомих 650 зупинок виділено близько 100. Через кожну з них проходить від 10 до 49 різних маршрутів (до 70 % від загальної їх кількості в сукупності). Прийнято, що такі зупинки є найважливішими пунктами зародження та погашення пасажиропотоку, а лінії, які їх з’єднують, – найбільш пасажиронапружені.

Затрати часу на переміщення пасажирів $t_п$ складаються з таких компонент: $t_{під}$ – часу, витраченого на підхід до пункту зупинки; $t_{оч}$ – часу, витраченого на очікування транспортного засобу; $t_{рх}$ – часу на поїздку в транспорті, включаючи пересадки; $t_{від}$ – часу, витраченого на пересування від пункту зупинки до місця призначення:

$$t_п = t_{під} + t_{оч} + t_{рх} + t_{від}. \quad (1)$$

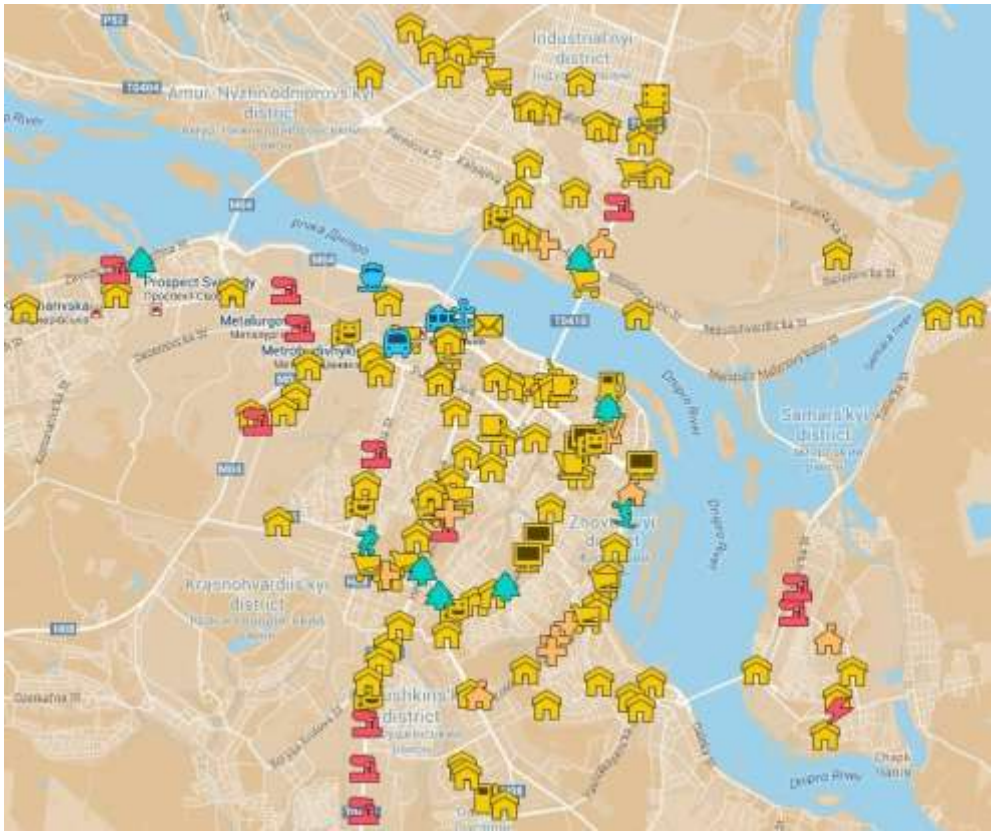

Рис. 1. Пункти зародження і погашення пасажиропотоку

Час підходу можна визначити за формулою:

$$t_{під} = \frac{1}{3\delta} + \frac{l_n}{4}, \tag{2}$$

де: l_n – відстань до зупинки (для розрахунків береться як середнє значення відстані пішохідної доступності по місту;

δ – щільність маршрутної інфраструктури, що розраховується за формулою:

$$\delta = \frac{L_{обс}}{F \cdot w_c}, \tag{3}$$

де: $L_{обс}$ – довжина міських вулиць, що обслуговуються транспортом;

F – площа міста (для Дніпропетровська беремо 405 км^2);

w_c – коефіцієнт, що враховує частку селітебних територій (становить 0,40–0,45, беремо 0,40).

Довжину міських вулиць, що обслуговуються транспортом, розраховуємо так:

$$L_{обс} = \frac{\sum_i l_{м_i} \cdot n_з}{\sum_i n_{з_i}}, \tag{4}$$

де: $\sum_i l_{м_i}$ – довжина маршрутів (згідно з вихідними даними становить 2462,81 км);

$n_з$ – кількість унікальних зупинок (згідно з вихідними даними становить 650);

$\sum_i n_{з_i}$ – загальна кількість зупинок за всіма маршрутами, враховуючи ті, що повторюються (згідно з вихідними даними становить 4037).

Отже, $L_{обс}$ = 396,54 км, δ = 2,448, $t_{під}$ = 0,16973 год.

Середнє значення часу очікування для кожного маршруту розраховується за формулою:

$$t_{оч} = \frac{I_{\min}^2 + I_{\max}^2}{2 \cdot (I_{\min} + I_{\max})}, \tag{5}$$

де: $I_{\min}$ та $I_{\max}$ – відповідно мінімальний та максимальний інтервали руху на маршруті (приймаються згідно з вихідними даними).

Час поїздки у транспорті для кожного маршруту:

$$t_{рх} = \frac{60 \cdot L_{ср}}{V_{ср}}, \tag{6}$$

де: $V_{ср}$ – середня швидкість сполучення (обирається згідно з вихідними даними);

$L_{ср}$ – середня дальність поїздки, що залежить від розмірів міста (становить 5,4 км).

Час на відхід від пункту зупинки до місця призначення $t_{від}$ можна розрахувати, виходячи з відстаней між пунктами зупинки. Середня відстань між зупинками в м. Дніпропетровську згідно з вихідними даними становить 547 м. Пішохід у середньому проходить половину цієї відстані. Швидкість пішохода береться рівною $V_{піш} \approx 4$ км/год. Отже, $t_{від} \approx 4{,}1$ хв.

На рис. 2 і 3 наведено частки часу від загальної тривалості подорожі на очікування транспортної одиниці та рух у транспортному засобі відповідно.

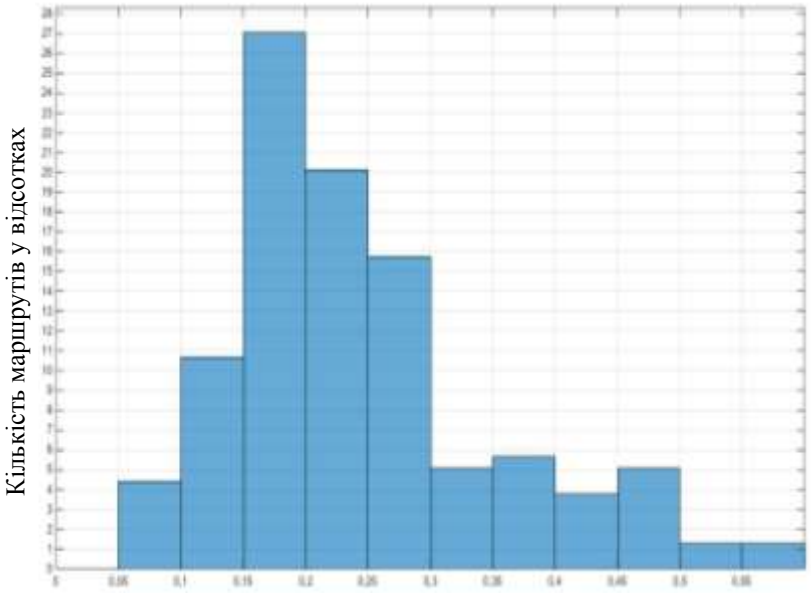

Рис. 2. Діаграма розподілу частки часу, витраченого на очікування транспортної одиниці

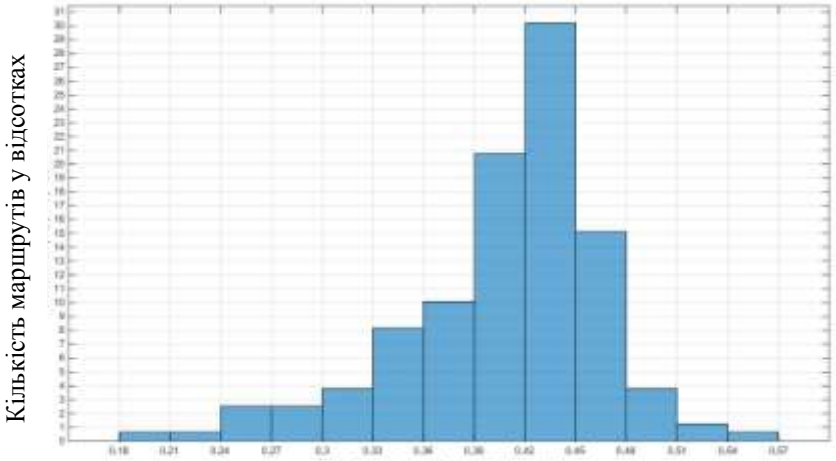

Рис. 3. Діаграма розподілу частки часу, витраченого на рух у транспортному засобі

Достовірної інформації про добові обсяги перевезених пасажирів не існує переважно через застарілі методи збирання інформації, які застосовують на підприємствах-перевізниках, що обслуговують населення м. Дніпропетровська. На основі даних про пасажиропотоки на 38-му маршруті, зібраних активістами руху "Громадський контроль", і за допомогою засобів *MatLab* було перевірено випадкову величину кількості перевезених пасажирів за одну годину як метод було обрано тест Ліллієфорса на несуперечність розподілу генеральної сукупності значень випадкової величини нормальному закону. За результатами тесту встановлено, що характер розподілу випадкової величини кількості пасажирів, що перевозяться за одну годину одним транспортним засобом на 38-му маршруті, не суперечить нормальному закону. Для подальших розрахунків вводиться коефіцієнт провізної спроможності k_{nc}, який визначається як кількість перевезених за одну годину пасажирів, відносно місткості транспортного засобу. Значення коефіцієнта обрано як значення випадкової величини, розподіленої за нормальним законом, з математичним сподіванням, яке з імовірністю 95 % входить у довірчий інтервал від 2 до 3,6. Таке спрощення не дає адекватної картини щодо розподілу кількості перевезених пасажирів у кожну годину, проте дозволяє досить точно визначити сумарний добовий обсяг перевезених одним транспортним засобом пасажирів на конкретному маршруті.

Загальний обсяг пасажирів, перевезених усіма перевізниками за добу, можна визначити за формулою:

$$Q = 60 \cdot \sum_{i}^{Tp} Q_i \cdot n_i / \theta_p \,, \tag{7}$$

де: T_p – час роботи *j*-го маршруту;

Q_i – кількість пасажирів, перевезених за *i*-й період одним транспортним засобом *j*-го маршруту (визначається за формулою (8);

θ_p – час оберту одного транспортного засобу *j*-го маршруту (обирається згідно з вихідними даними);

n_i – кількість транспортних одиниць, що обслуговують *j*-й маршрут в *i*-й період (визначається за формулою (9).

$$Q_i = M \cdot k_{nc}\,, \tag{8}$$

де: M – місткість транспортної одиниці (кількість місць для сидіння);

$$n_i = \frac{\theta_p}{I_i}\ , \tag{9}$$

де: I_i – інтервал ходу транспортної одиниці на *j*-му маршруті у *i*-й період, обирається як випадкова величина, що розподілена за нормальним законом і набуває значення від $I_{\min_i}$ до $I_{\max_i}$.

Розрахунок добових обсягів перевезень пасажирів для кожного маршруту виконується окремо. Аналогічним чином визначаються добові обсяги перевезень для кожного маршруту. Окремо для кожного маршруту визначається середня продуктивність однієї транспортної одиниці *Р* пас/добу як добові обсяги перевезень відносно робочого парку; доходи перевізників (витрати пасажирів) на маршруті як добуток добового обсягу перевезень на тариф; витрати пасажирогодин на переміщення як добуток середнього часу на переміщення на маршруті на добовий обсяг перевезень.

Розрахунок витрат підприємств, що надають транспортні послуги, доцільно проводити за формулою:

$$З_i=0{,}15\cdot A_n\cdot(K_a + K_{мтб}) / (365\cdot\alpha) + П\cdot A_n\cdot K_в\cdot t_м + C_{посм}\cdot M\cdot A_n / (365\cdot\alpha) + \sum_i C_{пер}\cdot\vartheta_{ei}\cdot A_i \quad (10)$$

де: $З_i$ – витрати системи на експлуатацію *і*-го маршруту в розрахунку на один день роботи;

A_n – кількість транспортних одиниць на маршруті в години пік (береться рівним робочому парку), од.;

K_a – капіталовкладення на придбання однієї транспортної одиниці даної місткості, (визначається з Додатка А), грн;

$K_{мтб}$ – капіталовкладення в матеріально-технічну базу з утримання, ремонту та зберігання, відносно однієї транспортної одиниці, грн;

$П$ – погодинна заробітна плата водія транспортної одиниці з урахуванням різних доплат і відрахувань (береться 22,72 грн/год), грн;

$K_в$ – кількість водіїв у системі, що припадає на одну транспортну одиницю (беруться 2 водії), чол.;

$t_м$ – тривалість роботи маршруту на добу (візьмемо 16 годин), год.;

$C_{пост}$ – постійні витрати на утримання транспортної одиниці даної місткості, грн;

α – коефіцієнт випуску автобусів на лінію (візьмемо 0,85);

$C_{пер}$ – змінні (на один автомобіле-кілометр) витрати, грн;

ϑ_{ei} – експлуатаційна швидкість у *і*-й період, км/год;

A_i – кількість транспортних одиниць на маршруті в *і*-ту годину, од.

На основі формули (10) розраховується рентабельність окремих підприємств-перевізників.

Упровадження ІТС передбачає деякі зміни в технології організації перевезень, які дозволять досягти максимальної ефективності від запропонованих заходів. Умовно реалізацію цих заходів можна поділити на два етапи.

Етап 1. Установка устаткування і збирання статистичної інформації. Станом на травень 2015 р. більша частина парку автомобільного міського транспорту обладнана системою GPS. На даному етапі планується завершення модернізації всього міського транспорту й ув'язка різних видів в єдину структуру. Передбачається також уведення єдиної технології автоматизованої оплати транспортних послуг, яка в сукупності з можливостями GPS дозволить отримати статистичну інформацію, що стосується пасажиропотоків, простоїв під час стоянок (зазначених і не зазначених у маршруті), витрат часу на розгін і гальмування, витрат палива на конкретних ділянках та інші корисні дані.

Етап 2. Упорядкування руху міського транспорту згідно з розробленим графіком. Даний етап передбачає введення заборони на зупинку маршрутних таксі в місцях, не зазначених у маршруті, та впровадження чіткого добового графіка руху, складеного на основі статистичних даних про розподіл пасажиропотоків у просторі та часі. Також пе-

редбачається вдосконалення системи перехресного субсидування рухомим складом перевізниками, що мають суміжні маршрути і різні часові рамки добової нерівномірності, для скорочення додаткового робочого парку, потрібного для перевезень у години пік.

Технологічний план проекту оптимізації функціонування громадського транспорту Дніпропетровська має чітку послідовність і структуру та складається з операційних і конструктивних змін. До операційних заходів належать:

– скорочення зупинок, не передбачених у маршруті;

– розвиток системи перехресного субсидування робочим парком;

– введення чіткого графіка руху громадського транспорту, в тому числі для мікроавтобусів (на базі даних, отриманих після конструктивних змін);

– зміна політики ціноутворення.

До конструктивних заходів зараховують:

– впровадження системи автоматизованої оплати та її інтеграція з GPS;

– створення єдиного інформаційно-обчислювального центру (ІОЦ) для збирання та обробки статистичної інформації;

– розробку системи підтримки користувачів транспортних послуг.

1. Скорочення зупинок, не передбачених у маршруті

Дана опція передбачає рішення не тільки технологічного, але й культурного характеру. Згідно з розпорядженням виконавчого комітету міста у Дніпропетровську дозволені зупинки маршрутних таксі в будь-якому місці, якщо це не суперечить ПДР. Користуючись даною обставиною, пасажири воліють не діставатися до зупинок, а сідати в транспорт у будь-якому місці на шляху його проходження, де їм це зручно. Нерідка ситуація, коли маршрутне таксі робить зупинки для посадки з інтервалом менше ніж півхвилини. Це викликає величезні затримки в русі, які особливо відчутні в години пік. У рамках оптимізації функціонування громадського транспорту доцільно скасувати розпорядження виконкому, яке дозволяє подібні зупинки, й організувати соціальну політику з виховання правильної транспортної культури споживачів послуг перевізників. При цьому додатковий час, який потенційний пасажир витратить на те, щоб дістатися до зупинки, зазначеної в маршруті, компенсується зменшенням часу поїздки в транспорті. Це технологічне рішення добре тим, що не потребує ніяких капітальних вкладень, і цілком реалізовується в рамках інституційних можливостей.

2. Упровадження системи автоматизованої оплати та її інтеграція з GPS

Таке рішення найбільш ресурсоємне і потребує особливої уваги. Оскільки оснащення робочого парку системою автоматизованої оплати не може проводитися паралельно на всіх маршрутах, необхідно виробляти цей процес у порядку від найпріоритетніших маршрутів до менш пріоритетних. Крім того, слід серйозно поставитися до вибору постачальника обладнання та підрядника, організувавши прозорий тендер. Крім критеріїв ціни та якості, необхідно також ураховувати наявність або відсутність в учасників тендеру можливості надати послуги “під ключ”.

3. Створення єдиного ІОЦ для збирання та обробки статистичної інформації

Введення системи автоматизованої оплати та її інтеграції з GPS не має сенсу без створення єдиного інформаційно-обчислювального центру для обробки інформації. Це проектне рішення потребує виділення спеціального приміщення, закупівлі необхідного обладнання та створення спеціальної організації, яка працюватиме в постійному режимі. Мета такої організації – збирання й обробка інформації:

– про відстань і час поїздки за кожним перегоном на кожному окремому маршруті, витрати палива, простої в пунктах зупинки й обороту;

– про пасажиропотоки на кожному маршруті й на лініях у цілому, їх розподіл за напрямками та часами доби;

– про внутрішньодобову, добову, сезонну нерівномірність, а також випадкові сплески зменшення або збільшення обсягів перевезень пасажирів як за конкретними напрямами, так і в цілому.

Отримані дані мають послужити основою для створення чітких графіків руху громадського транспорту, впровадження оптимізованої системи перехресного субсидування і в перспективі можливої зміни ув'язки світлофорів для забезпечення найвищого пріоритету пропуску громадського транспорту.

4. Розвиток системи перехресного субсидування робочим парком

Перехресне субсидування робочим парком – це система, яка передбачає тимчасове збільшення кількості транспортних одиниць на обраному маршруті в піковий для нього момент перевезень за рахунок доповнення робочого парку транспортними одиницями, не задіяними на маршрутах, що перетинаються з обраним маршрутом. Тобто збільшення необхідної кількості транспортної техніки на маршруті в годину пік компенсується технікою, яка перебуває в резерві інших маршрутів протягом усього часу пікових перевезень на першому маршруті. Введення такої системи можливе лише на пересічних маршрутах і тільки якщо моменти пікових перевезень для них не збігаються в часі.

5. Упровадження чіткого графіка руху

Виконання даного технологічного кроку можливе тільки після реалізації чотирьох попередніх, на підставі опрацьованих статистичних даних, із залученням експертів у сфері організації руху міського транспорту. Необхідно врахувати всі критерії, які можуть дестабілізувати роботу транспорту. Графіки мають бути пов'язані між собою відповідно до потреб населення в перевезеннях пасажирів і враховувати добову нерівномірність розподілу пасажиропотоків.

6. Розробка системи підтримки користувачів транспортних послуг

Крім розвитку класичної інфраструктури продажу засобів оплати, передбачається реалізація таких пунктів:

– інтеграція карт оплати з будь-якими платіжними терміналами;

– створення персональних сторінок користувачів з можливістю поповнення картки через Інтернет;

– введення регульованого порога повідомлення про потреби поповнення карти;

– видача пільгових карт за посвідченнями пільговиків.

7. Зміна політики ціноутворення

Після впровадження проекту очікується скорочення собівартості перевезень. Це може послужити поштовхом до зміни тарифів громадського транспорту. Крім того, отримані статистичні дані дозволять змоделювати динамічну систему цін, яка передбачає залежність ціни транспортної послуги від відстані, на яку вона надається. При цьому потрібно враховувати максимальні й мінімальні пороги ціни та зробити її розподіл привабливою для різних категорій пасажирів.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

Реалізація технологічного плану дозволить виконати такі завдання:

1. Скоротити витрати часу в дорозі, пов'язані з операціями оплати транспортних послуг, через упровадження автоматизованої оплатної системи. Непрямі ефекти: зниження втоми водія, підвищення безпеки руху за рахунок звільнення водія від обов'язків "кондуктора".

2. Скоротити витрати часу в дорозі, пов'язані із зупинками, які не зазначені у маршруті, а також з розгоном і гальмуванням транспорту за рахунок введення чіткого графіка. Непрямі ефекти: зменшення витрат палива, пов'язаних з розгоном та гальмуванням і рухом з неоптимальними швидкостями.

3. Зменшити робочий парк автомобілів і витрат, пов'язаних з його експлуатацією та обслуговуванням, за рахунок підвищення загальної оборотності на маршрутах і поліпшення системи перехресного субсидування рухомим складом між суміжними маршрутами. Непрямі ефекти: зменшення сумарних викидів в атмосферу.

4. Поліпшити якість пасажирських перевезень. Досягається як комплексний ефект від виконання вищенаведених завдань.

Список використаних джерел:

1. Федосов А. А. Транспортная система массового обслуживания распределения фазового типа. Принцип обслуживания с относительным приоритетом / А. А. Федосов // Автомат. и телемех. – 1992. – Вып. 10. – С. 96–104.

2. Кочегурова Е. А. Оптимизация составления маршрутов общественного транспорта при создании автоматизированной системы поддержки принятия решений / Е. А. Кочегурова, Ю. А. Мартынова // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – № 5. – Т. 323. – С. 56–57.

3. Мелихов В. А. Принципы формирования маршрутной сети [Электронный ресурс] / В. А. Мелихов, В. А. Гудков. – Режим доступа : http://www.cyberleninka.ru/article/n/printsipy-formirovaniya-marshrutnoy-seti

4. Бойко Г. В. Методика оптимизации структуры транспорта для обслуживания городских пассажирских перевозок / Бойко Г. В. – Волгоград : ВГТУ. – 2006. – 162 с.

5. Вогулякова А. Е. Управление движением городского транспорта [Электронный ресурс] / А. Е. Вогулякова. – Режим доступа : http://www.beriki.ru/2008/10/18/upravlenie-dvizheniem-gorodskogo-transporta-chast-1

6. Интеллектуальная транспортная система Москвы [Электронный ресурс] // ЦОДД. – Режим доступа : http://www.gucodd.ru/index.php/component /content/article/58

7. Комаров В. В. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика / В. В. Комаров, С. А. Гараган. – М. : Энергия, 2012.

8. Гузенко А. В. Развитие городского пассажирского транспорта мегаполиса: проблемы и перспективы / А. В. Гузенко // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – № 321.

9. Енин Д. В. Совершенствование эффективности работы городского пассажирского транспорта в соответствии с заданным расписанием движения [Электронный ресурс] // Д. В. Енин, М. А. Бочаров. – Режим доступа : http://www.science-bsea.narod.ru/2003/ekonom_2003/ enin.htm

10. Алексеев О. П. Интеллектуализация транспортных систем в задачах развития больших городов [Электронный ресурс] / О. П. Алексеев, С. В. Пронин // Автомобильный транспорт. – 2007. – № 21. – Режим доступа : http://www.cyberleninka.ru/article/n/intellektualizatsiya-transportnyh-sistem-v-adachah-razvitiya-bolshih-gorodov

11. Ампилов А. В. ИТС для повышения эффективности транспортных систем городов [Электронный ресурс] / А. В. Ампилов // T-Comm – Telecommunications and Transport magazine. Спецвыпуск "ИТС". – 2011. – Режим доступа : http://www.media-publisher.ru/pdf/ITS-2011-itog.pdf