

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ОМАРОВ ДЖАНАЙ МАГОМЕДОВИЧ

УДК 656.072.5:519.876.2

**ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ
МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

05.22.01 – транспортні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного університету Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Прокудін Георгій Семенович,
Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри міжнародних перевезень
та митного контролю

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Давідч Юрій Олександрович,
Харківський національний університет
Міського господарства ім. А.Н. Бекетова
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри транспортних систем і логістики

кандидат технічних наук, доцент
Любий Євген Володимирович,
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри транспортних систем і логістики

Захист відбудеться «___» _____ 2018 року о ___ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02 у Національному транспортному університеті за адресою: 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, аудиторія 333.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного транспортного університету за адресою: 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42.

Автореферат розіслано «___» _____ 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

В. І. Каськів

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Міський пасажирський транспорт відіграє значну роль в забезпеченні якості життя міського населення. Злагоджене зростання ефективності та якості роботи міського пасажирського транспорту дозволяє підвищити рівень задоволеності потреб у перевезенні пасажирів, зменшити транспортне навантаження на міську пасажирську транспортну систему (МПТС), покращити екологічну ситуацію, знизити аварійність на дорогах та кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП), забезпечити беззбиткову роботу транспортних підприємств.

Надання транспортних послуг передбачає належну їх якість, яка має відповідати вимогам, встановленим для цієї категорії продукції, і перебувати під постійним контролем та управлінням з боку міських державних адміністрацій. Проте якість перевезення пасажирів на міських маршрутах перебуває на неналежному рівні через недостатність наукового обґрунтування методів організації маршрутів і неможливість здійснення ефективного контролю якості пасажирських перевезень.

Теоретичні та методологічні основи організації раціональної роботи МПТС представлено в працях В.К. Долі, Л.Б. Міротіна, М.Г. Босняка, А.І. Воркута, В.П. Поліщука, П.Р. Левковця, О.С. Ігнатенка, Ю.С. Лігума, Є.Г. Логачова, В.С. Маруніча, Ю.П. Моспана, Й.В. Спіріна, А.Ф. Штанова, Тарасенка О.М. та інших дослідників.

Особливістю сучасних МПТС є широкий розвиток маршрутних таксомоторних перевезень, які забезпечують поїздки пасажирів в умовах підвищеної комфортності при значно менших пасажиропотоках. Це особливо важливо в період спаду попиту на перевезення, коли їх доцільно здійснювати автобусами малого класу. Оскільки маршрутні перевезення виконуються в значній мірі паралельно із звичайними маршрутами автобусів, трамваїв і тролейбусів, то виникає необхідність оптимізувати таку маршрутну схему руху транспортних засобів. За цих умов проблема збалансованого і ефективного використання і розвитку МПТС набуває виключної актуальності, а її вирішення вимагає розробки і застосування сучасних підходів і методів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з «Концепцією розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період та до 2020 року», планів НДР Міністерства освіти і науки України за напрямом «Проблеми формування раціональних транспортних логістичних систем і забезпечення ефективного функціонування їх складових» в рамках госпдоговірної науково-дослідної роботи № 171 між Національним транспортним університетом і ПП «Одіум–Престиж» на тему «Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях» (09.2013–08.2016 рр., номер державної реєстрації 0114U003950).

Метою дослідження є підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень шляхом розробки і впровадження моделей, методів та програмного забезпечення процесу раціонального визначення оптимальної кількості резервних автобусів на маршруті.

Для досягнення вказаної мети необхідно **вирішити наступні задачі:**

1. Провести аналіз сучасних моделей та методів щодо удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.

2. Удосконалити метод визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.

3. Розробити метод удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом на основі визначення оптимальної кількості резервних автобусів на маршруті.

4. Розробити імітаційну модель визначення оптимальної кількості резервних автобусів для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.

5. Удосконалити метод організації перевезень пасажирів на маршрутах МПТС за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.

6. Провести апробацію розроблених моделей та методів щодо удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів на автобусних маршрутах м. Кривий Ріг, які виконує ПП «Одіум–Престиж».

Об'єктом дослідження є процес автобусних пасажирських перевезень в системі міського громадського транспорту.

Предметом дослідження є закономірності організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом за критеріями продуктивності автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів на маршрутах.

Методи дослідження. У рамках виконання дисертаційної роботи застосовувались положення теорії транспортних процесів і систем, методики та положення системного аналізу та моделювання складних систем, методи дослідження операцій у транспортних системах, методи теорії обчислювальної математики, програмування та організації баз даних, а також методи математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Розроблено метод удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом на основі визначення оптимальної кількості резервних автобусів, який відрізняється від існуючих тим, що відображає головні вимоги пасажирів до процесу перевезення, а саме їх втрати часу на очікування посадки в автобус.

2. Розроблена імітаційна модель визначення оптимальної кількості резервних автобусів для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів, яка дозволяє шляхом використання спеціально побудованої програмної структури багаторазово прораховувати втрати часу пасажирів на очікування посадки в автобус в умовах динамічного зовнішнього середовища.

3. Удосконалено метод визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів, який через спеціально побудовані процедури підрахунку пасажирів дає об'єктивну інформацію щодо кожного рейсу і практично не призводить до значних помилок при визначенні основних характеристик рейсу.

4. Удосконалено метод організації перевезень пасажирів на маршрутах МПТС за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості їх обслуговування, який не залежить від інтервалів руху на маршруті і дозволяє визначати на ньому необхідну добову кількість автобусів з відповідним розкладом для організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні методики організації перевезень пасажирів на маршрутах МПТС за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів, яка була впроваджена у виробничу діяльність ПП «Одіум–Престиж», а також використовувалася при проведенні навчального процесу на кафедрі міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного університету.

Отримано два свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір, а саме комп'ютерної програми «Імітаційна модель роботи міських автобусів на маршруті» та літературного письмового твору науково-технічного характеру «Математична модель роботи міських автобусів на маршруті».

Розроблено «Тимчасове положення про формування та використання резерву автобусів на міських маршрутах м. Кривий Ріг», яке затверджено відділом транспорту і зв'язку виконкому Криворізької міської ради і буде дійсним до затвердження аналогічного нормативного документу Міністерством інфраструктури України.

Особистий внесок здобувача. Теоретичні та експериментальні результати досліджень, які виносяться на захист, отримано автором самостійно [7]. У спільних публікаціях автором проведено удосконалення окремих методів визначення оптимальних характеристик транспортних мереж (ТМ) [1], наведено визначення шляхів підвищення безпеки перевезення пасажирів автомобільним транспортом [2], проведено експериментальні розрахунки вартості автомобільних перевезень [3], розроблено алгоритм удосконалення організації перевезень пасажирів у великих містах [4], розроблено математичний інструментарій практичних розрахунків показників якості обслуговування пасажирів на маршруті МПТС [5], розроблено алгоритм імітації формування черги на посадку пасажирів в автобус [6], представлено дані про виробничу діяльність ПП «Одіум–Престиж» [9], розглянуто питання організації міських автобусних перевезень з використанням моделі СМО [11], проведено аналіз основних моделей потокорозподілу пасажирів [15], розглянуто питання визначення структури імітаційної моделі [16], розроблено добовий цикл роботи автобусів на маршруті [17], підготовлено статистичні дані роботи автобусів на маршруті за місячний період [18], представлено алгоритм статистичного моделювання роботи міських автобусів [21]. Роботи [8, 10, 12–14, 19, 20] є науковими працями апробаційного характеру.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та результати наукових розробок доповідались на 70–73 Наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (2014–2017 рр., м. Київ, НТУ), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні» (2015 р., м. Львів, НУ «Львівська політехніка»), Міжнародній науково-практичній конференції «Стан, проблеми та перспективи вдосконалення економіки України» (2015 р., м. Ужгород, УНУ), VI Міжнародній

науково-практичній конференції «Інформаційні управляючі системи та технології» (2017 р., м. Одеса).

Публікації. За результатами досліджень автором опублікована 21 наукова праця, з них 6 статей у фахових виданнях (серед них одна входить до міжнародної науково-метричної бази даних Scopus) та 13 публікацій в інших науково-практичних виданнях, отримано два свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з анотації, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, разом з якими її обсяг складає 167 сторінок, списку використаних джерел, який містить 108 найменувань, 7 додатків на 41 сторінках, ілюструється 37 рисунками, містить 7 таблиць та 105 формул.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета і завдання дослідження, викладені наукова новизна і практична цінність одержаних результатів.

Перший розділ присвячений аналізу підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень на МПТС, моделей міського автобусного сполучення. Наведено соціально-економічне обстеження якості обслуговування пасажирів міськими автобусами та загальна характеристика ТМ автобусного сполучення у м. Кривий Ріг. Виконано огляд літературних джерел, сформульовані цілі та задачі дисертаційного дослідження.

На рис. 1 надані статистичні дані щодо кількості перевезених пасажирів і пасажирообороту в Україні всіма видами транспорту за 2010-2017 роки.

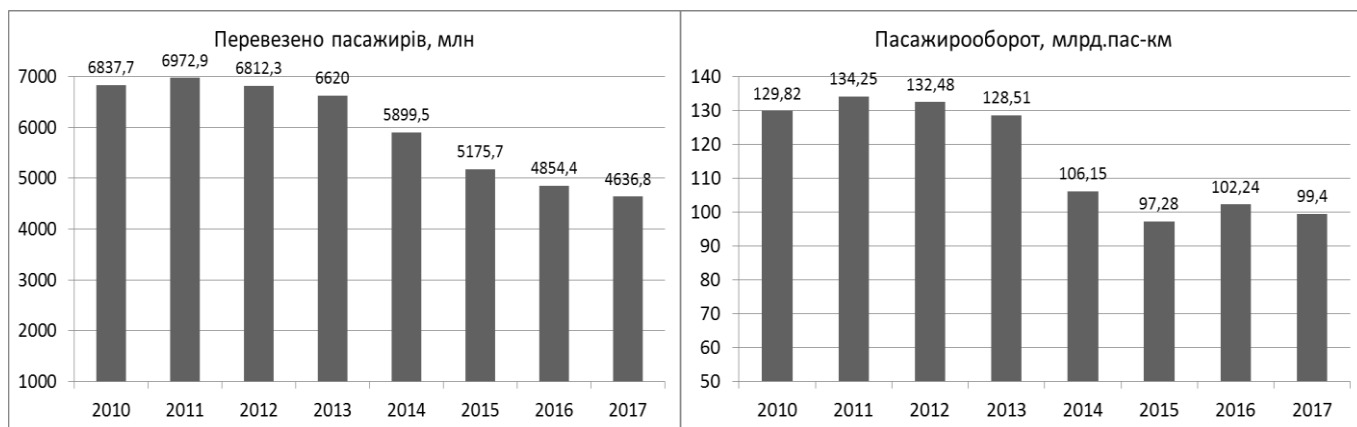


Рисунок 1 – Результати дослідження пасажирських перевезень в Україні за 2010-2017 роки

Аналізуючи негативну динаміку даних (рис. 1), яка, починаючи з 2014 року, обумовлена появою тимчасово окупованих територій, можна сказати, що обсяг перевезених пасажирів знизився за цей період на 32,19%, а пасажирооборот на 23,43%.

На рис. 2 надані статистичні дані щодо перевезень пасажирів усіма видами громадського транспорту у м. Кривий Ріг за 2011-2017 роки. Лідерство тут займають перевезення автобусами (маршрутними таксі), далі слідує, відповідно, швидкісний трамвай, звичайний трамвай і тролейбус. Проведена апроксимація даних

про перевезених автобусами пасажирів поліноміальною функцією четвертого порядку, що дала високу величину достовірності ($R^2 = 0,9607$), а лінії тренду спрямовані на збільшення.

Аналіз даних, які представлені на попередніх рисунках, свідчить про те, що незважаючи на значний спад обсягу пасажирських перевезень в Україні (а він включає і міжміські, і міжнародні перевезення), обсяги пасажирських перевезень у великих містах не тільки зменшилися, але й мають тенденцію до зростання.

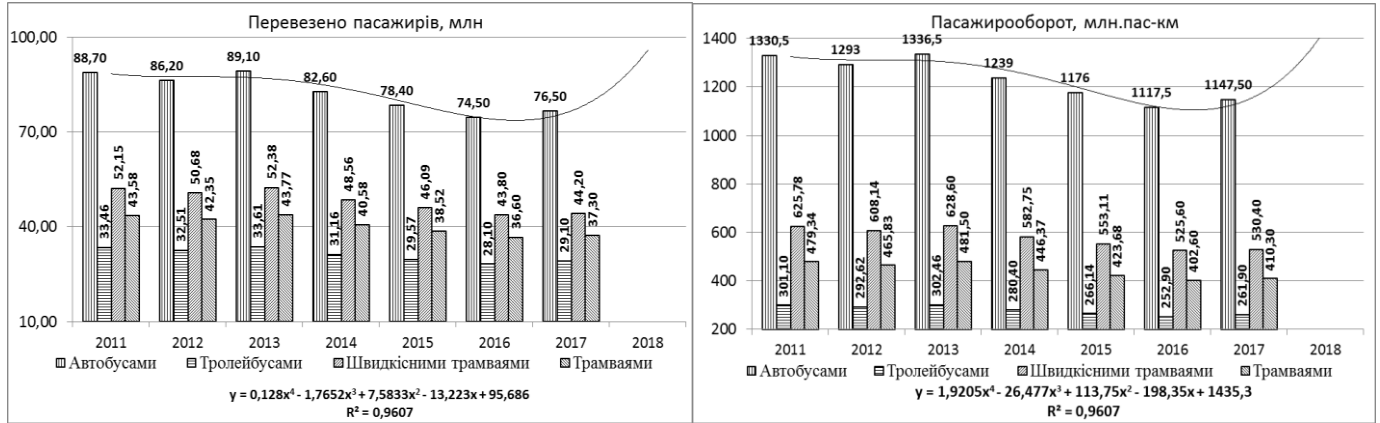


Рисунок 2–Результати дослідження пасажирських перевезень у м. Кривий Ріг за 2011-2017 роки

Значущість для пасажирів параметрів якості транспортного обслуговування міським транспортом визначалася на підставі даних натурного обстеження. Воно полягало в опитуванні пасажирів щодо параметрів перевезення, якими вони оцінюють якість виконання пересування. Загалом було виділено шістнадцять показників (факторів). Для оцінки узгодженості думок експертів було використано коефіцієнт конкордації Кендела, а для перевірки статистичної ваги коефіцієнта конкордації було розраховано емпіричне значення критерію Пірсона.

Для оцінки якості транспортного обслуговування пасажирів з шістнадцяти факторів було відібрано чотири основних показники, які можна використовувати при плануванні якості проектів міського пасажирського транспорту, а саме: час поїздки (x_n); час очікування транспорту ($x_{оч}$); час пішохідної складової транспортних пересувань ($x_{ни}$), який включає час підходу до початкової та відходу від кінцевої зупинок; динамічний коефіцієнт використання місткості ($x_{вм}$) транспортного засобу (ТЗ). З урахуванням відібраних факторів комплексний показник якості міського пасажирського транспорту може мати такий вигляд:

$$K_{я}^{марш} = \frac{t_{n_{min}}^{x_n}}{t_{n_{ф}}} \cdot \frac{t_{оч_{min}}^{x_{оч}}}{t_{оч_{ф}}} \cdot \frac{t_{ни_{min}}^{x_{ни}}}{t_{ни_{ф}}} \cdot \frac{\gamma_{д_{норм}}^{x_{вм}}}{\gamma_{д_{ф}}}, \quad (1)$$

де $t_{n_{min}}$ – мінімально можливий час поїздки, хв;

$t_{n_{ф}}$ – фактичний час поїздки, хв;

$t_{оч_{min}}$ – мінімальний час очікування, хв;

$t_{оч_{ф}}$ – фактичний час очікування, хв;

$t_{ни_{min}}$ – мінімальний час пішохідної складової пересування, хв;

$t_{\text{факт}}$ – фактичний час пішохідної складової транспортного пересування, хв;

$\gamma_{\text{норм}}$ – динамічний коефіцієнт використання місткості ТЗ у відповідності з чисельністю міста (нормативний);

$\gamma_{\text{факт}}$ – фактичний динамічний коефіцієнт використання місткості ТЗ.

На ефективність роботи рухомого складу на ТМ міста можуть одночасно впливати такі напрями організації автобусних перевезень пасажирів – розподіл пасажиропотоків по годинах доби, по довжині маршрутів; розрахунок оптимальних відстаней поїздок та витрат часу пасажирів на пересування; визначення типів, моделей, кількісного складу парку автобусів; оновлення, забезпечення системи ТО та контролю технічного стану рухомого складу; визначення норм та складання розкладу руху автобусів; визначення швидкості сполучення; перерозподіл по маршрутах, диспетчерське управління; розрахунок собівартості та скорочення витрат перевезень; раціональні прийоми керування водіями рухом автобусів; контроль та засоби зниження шкідливих викидів; контроль за безпекою руху.

У **другому розділі** представлено теоретичне дослідження факторів підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень, форм організації руху, заходів підвищення швидкості сполучення міських автобусів, розрахунок потрібної кількості автобусів для різних режимів руху, наукових основ перерозподілу автобусів по МПТС в години «пік» та контролю за розкладом їх руху, науково-методичних основ організації міських автобусних перевезень у рамках теорії масового обслуговування.

Основними показниками вдосконалення процесу організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом є продуктивність пасажирських перевезень та якість обслуговування пасажирів.

Продуктивність пасажирських перевезень визначається наступною формулою:

$$P = \frac{N_{nn}}{S_{na}}, \quad (0 < P \leq 1), \quad (2)$$

де N_{nn} – кількість перевезених пасажирів за звітний період;

S_{na} – сумарна пасажиромісткість автобусів на всіх маршрутах за звітний період.

$$S_{na} = \sum_{i=1}^n P_{ai} \cdot K_{ai}, \quad (3)$$

де P_{ai} – пасажиромісткість автобуса i -го класу (n – кількість класів автобусів);

K_{ai} – кількість рейсів автобусами i -го класу на всіх маршрутах за звітний період (зміну, добу, тиждень, місяць, квартал, півроку, рік).

Підвищення продуктивності пасажирських перевезень досягається шляхом раціональної організації автобусного сполучення, а саме поєднання різних форм організації руху – звичайної, скороченої та швидкісної (при цьому $P \rightarrow \max$).

Якість обслуговування пасажирів визначається наступною формулою:

$$Q = (t_1^{\text{ож}} + t_2^{\text{ож}}) \cdot P(S_0), \quad Q \leq \overline{I_{\text{эф}}}, \quad (4)$$

де t_1^{oc} – час очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням втрат першого роду, які виникають внаслідок появи кратних інтервалів руху (відсутність або недостатність резервних автобусів);

t_2^{oc} – час очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням втрат другого роду, які виникають внаслідок непродуктивних простоїв деякої кількості автобусів у резерві внаслідок відсутності потреби в них на даний момент часу. Якщо б цього не було, то використання даних автобусів на маршрутах привело б до зменшення витрат часу пасажирів на пересування;

$P(S)$ – ймовірність знаходження системи в стійкому стані, який характеризується певною кількістю особливих моментів;

$\overline{I_{ef}}$ – середній маршрутний ефективний інтервал руху автобусів.

Підвищення якості обслуговування пасажирів досягається шляхом скорочення втрат їх часу на очікування посадки в автобус за рахунок визначення необхідної кількості резервних автобусів на маршруті (при цьому $Q \rightarrow \min$).

У роботі удосконалено метод визначення кількості працюючих автобусів на маршруті. Для цього, в першу чергу, потрібно виконати розрахунок необхідного обсягу роботи автобусів на маршруті в автобусо-годинах (*автогод*):

$$t_{az} = \sum t_{azm} + (t_2 - t_1), \quad (5)$$

де $\sum t_{azm}$ – сумарні *автогод* роботи автобусів на маршруті;

t_1 – додаткові *автогод*, обмежені рівнем "мінімум";

t_2 – додаткові *автогод*, обмежені рівнем "максимум".

Кількість автобусо-змін на маршруті обчислюється за виразом:

$$A_3 = \frac{t_{az} + \sum t_0}{t_{zm}}, \quad (6)$$

де $\sum t_0$ – сумарний час нульових рейсів, *автогод*;

t_{zm} – тривалість зміни, год.

Індикатор кількості автобусо-змін роботи автобусів визначається як

$$\Delta A_3 = A_3 - 2 \cdot A_n, \quad (7)$$

де A_n – кількість автобусів, які виділені для роботи на маршруті в одну зміну.

Вирішення цього рівняння може мати три результати, які враховуються у розкладі руху, а саме:

– якщо $\Delta A_3 = 0$ – усі автобуси працюють у дві повні зміни по A_n автобусів;

– коли $\Delta A_3 > 0$ – кількість автобусів, які працюють в третю зміну, має становити ΔA_3 , а решта працюють в дві повні зміни по A_n автобусів;

– при $\Delta A_3 < 0$ – кількість автобусів, які працюють в одну зміну, дорівнюватиме $A_n + \Delta A_3$ (фактично $A_n - \Delta A_3$), а A_n автобусів – в другу.

Для прикладу на рис. 3 проведені дві горизонтальні лінії, якими відмічені максимальний та мінімальний рівні використаної кількості автобусів, а обсяг роботи автобусів на маршруті $\sum t_{azm}$ дорівнює 106*автогод*.

кожну з двох змін (Ξ). Сьомий автобус відпрацює по три години у кожну з двох змін ($\boxtimes$). Восьмий автобус буде взятий з числа резервних автобусів і відпрацює по дві години у кожну з двох змін в години пік (на рис. 4 він не має штриховки).

У **третьому розділі** в процесі моделювання розв'язується задача визначення оптимальної кількості резервних автобусів, яка у загальному випадку може бути описана в термінах теорії масового обслуговування: автобус, який очікує виходу на маршрут для підміни автобуса, що зійшов з лінії, знаходиться у ненавантаженому резерві, тобто у черзі; послідовно виникаючі недовипуски і сходження автобусів з лінії утворюють потік вимог на заміну і т. ін.

Приймаючи імовірність сходження (недовипуску) одного автобуса рівною p_{cx_n} при A працюючих автобусах, маємо

$$P_z = 1 - (1 - p_{cx_n})^A, \quad (8)$$

де P_z – імовірність виникнення збою у процесі перевезень.

Якщо припустити, що:

– *наявність* автобусів у резерві автотранспортного підприємства (АТП) може приймати два умовних значення, а саме: 0 – якщо вони відсутні (або їх недостатньо) і 1 – якщо вони є в наявності у необхідній кількості;

– *укомплектованість* маршруту автобусами може також приймати два умовних значення, а саме: 0 – якщо маршрут частково не укомплектований і 1 – якщо повністю укомплектований, тоді можливі чотири ситуації, які можна представити у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 – Таблиця відповідності ситуацій умовам їх появи

Назва ситуації	Наявність резервних автобусів	Укомплектованість маршруту автобусами
<i>Перша</i>	0	0
<i>Друга</i>	0	1
<i>Третя</i>	1	0
<i>Четверта</i>	1	1

Ці ситуації мають таке пояснення:

– *перша*: резерву недостатньо або він взагалі відсутній, тому утворюється черга на поповнення маршруту резервними автобусами замість автобусів, що зійшли з лінії, тому маршрут частково не укомплектований;

– *друга*: резерв автобусів повністю використаний, але маршрут повністю укомплектований рухомим складом;

– *третя*: ця ситуація може мати три випадки – *перший*, якщо кількість резервних автобусів менша за кількість автобусів, які зійшли з маршруту (повторюється *перша* ситуація); *другий*, якщо кількість резервних автобусів дорівнює кількості автобусів, які зійшли з маршруту (повторюється *друга* ситуація); *третій*, якщо кількість резервних автобусів більша за кількість автобусів, які зійшли з маршруту (повторюється *четверта* ситуація);

– *четверта*: резерв (частина резерву) простоює через повну укомплектованість маршрутів рухомим складом.

Аналізуючи наведені ситуації, можна зробити висновки, що з подальшого розгляду можуть бути викреслені *друга* ситуація, яка повністю задовольняє умовам нормальної експлуатації автобусів на маршруті, і *третья* ситуація, яка повністю моделюється іншими ситуаціями.

Перша ситуація супроводжується втратами *першого* роду, які виникають внаслідок появи кратних інтервалів руху, що призводить до підвищення сумарних витрат часу пасажирів на пересування.

Четверта ситуація супроводжується втратами *другого* роду, наявність яких викликає непродуктивні простой деякої кількості автобусів в резерві внаслідок відсутності потреби в них на даний момент часу. Якщо б цього не було, то використання даних автобусів на маршрутах сприяло б зменшенню витрат часу пасажирів на пересування.

Число резервних автобусів для компенсації їх недовипуску на маршруті (резерв АТП) доцільно визначити знаходженням імовірності нестачі резервних автобусів. Якщо імовірність сходження (недовипуску) p_{cx_n} як резервних, так і лінійних автобусів однакова і є дуже малою, то імовірність P_n недовипуску m автобусів із A запланованих до випуску на лінію можна знайти за формулою розподілу Бернуллі:

$$P_n = C_{A-R}^m \cdot p_{cx_n}^m \cdot (1-p_{cx_n})^{A-m-R}, \quad (9)$$

де m – кількість невипущених автобусів;

R – кількість резервних автобусів.

Визначення часу очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням втрат *першого* роду t_1^{oc} розраховується за формулою

$$t_1^{oc} = \frac{I + \frac{\bar{\delta}^2}{2}}{2} = \frac{\overline{I_{ef}}}{2}, \quad (10)$$

де I – розрахунковий інтервал руху автобусів на маршруті;

$\bar{\delta}$ – стандартне відхилення інтервалу руху автобусів від розкладу руху по маршруту;

$\overline{I_{ef}}$ – середній маршрутний ефективний інтервал руху автобусів, який при *регулярному* русі автобусів на маршруті забезпечив би такий час очікування, як і *плановий* при *нерегулярному* русі.

При сходженнях автобусів з маршрутів або недовипуску автобусів із АТП в розкладі руху утворюються «вакансії», які призводять до виникнення *кратних* інтервалів і збільшення втрат часу пасажирів на очікування. На рис. 5, як приклад, показані можливі варіанти сходження з маршруту трьох автобусів.

На практиці зазвичай невідомо заздалегідь, в якому місці маршруту виникла «вакансія». Ця обставина призводить до збільшення величини t_1^{oc} , яке враховується коефіцієнтом K_A^T .

Тоді

$$t_1^{oc} = \frac{\overline{I_{ef}}}{2} \cdot K_A^T, \quad (11)$$

$$\text{де } K_A^T = \begin{cases} (A+m+1)/(A-m+1), & \text{якщо } 0 < m < A; \\ 1, & \text{якщо } m = 0; \\ 2 \cdot A + 1, & \text{якщо } m = A. \end{cases}$$

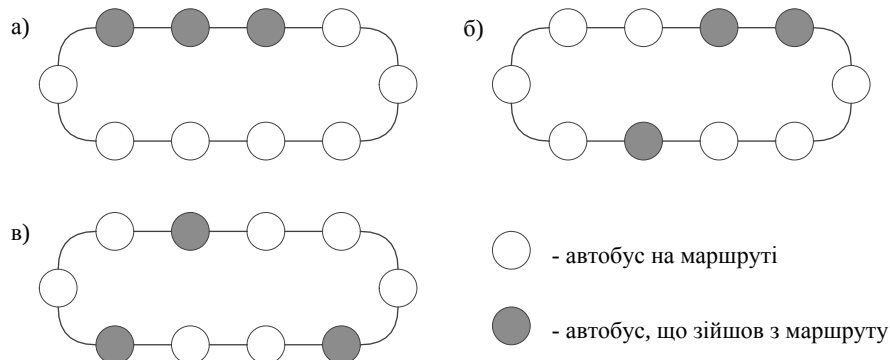


Рисунок 5 – Варіанти сходжень трьох автобусів з маршруту

Визначення часу очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням втрат другого роду t_2^{oc} розраховується за формулою

$$t_2^{oc} = \frac{\bar{I}_{ef} \cdot (A_L - R + m)}{2 \cdot A_L} \quad \text{при } R > m, \quad (12)$$

де A_L – прийнята у даному варіанті кількість автобусів на лінії.

Безпосередній вибір оптимальної кількості резервних автобусів виконують у такій послідовності:

1. На підставі евристичних міркувань ініціюють можливу ситуацію

$$S = \langle Z_{cx}, Z_v, Z_{lp} \rangle, \quad (13)$$

де Z_{cx} – кількість сходжень автобуса із маршрутної лінії;

Z_v – кількість «вакансій» в розкладі руху;

Z_{lp} – залишок автобусів в резерві.

2. Розраховують імовірність появи цієї ситуації $P(S)$.

3. Розраховують витрати часу на очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням відповідно втрат першого (t_1^{oc}) і другого (t_2^{oc}) роду.

4. Визначають середній зважений час очікування:

$$t_{cv}^{oc} = (t_1^{oc} + t_2^{oc}) \cdot P(S). \quad (14)$$

5. Розрахунки за п.п. 1-4 повторюють для числа автобусів в резерві $R+1$, $R+2$, Оптимальним буде варіант, який забезпечує мінімальні втрати часу.

У **четвертому розділі** представлені прикладні аспекти реалізації наукових досліджень, а саме – удосконалення методу визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом, побудову імітаційної моделі щодо визначення оптимальної кількості резервних автобусів на маршруті та доведення адекватності результатів дисертаційного дослідження.

Моделювання поведінки багатьох фізичних об'єктів за допомогою комп'ютерів знайшло практичне застосування у всіх сферах діяльності людини, починаючи від

моделей технічних, технологічних і організаційних систем і закінчуючи проблемами розвитку людства і всесвіту. Із всіх видів моделювання, а це, в першу чергу, математичне, особливої уваги заслуговує імітаційне моделювання.

Імітаційне моделювання можна застосовувати для вивчення мереж транспорту і зв'язку, складних технічних комплексів, економічних і виробничих систем, технологічних систем і процесів. Імітаційне моделювання дає можливість дослідження та імітації особливостей функціонування системи в будь-яких умовах. При цьому параметри системи і навколишнього середовища можна варіювати з метою визначення оптимального варіанта структури і одержання залежностей вихідних характеристик від зміни умов. Модель дозволяє легко реалізувати імітацію роботи системи при наявності випадкових параметрів або умов. Застосування методу імітаційного моделювання корисно у випадку, коли досліджувана система не піддається вивченню аналітичними методами, а пряме експериментування із системою важке або недоцільне.

На рис. 6 представлено формалізовану схему роботи автобусів на маршрутній мережі міста (МММ), як сукупність послідовно зв'язаних між собою вхідних потоків вимог (розподілені у часі моменти сходження автобусів на маршрут – T_{sx} , моменти недовипуску автобусів на маршрут – T_{nd} , моменти поповнення автобусів на маршрут – T_{pv}), накопичувачів резервних автобусів (R_a), каналів обслуговування (розподілені у часі лінійні автобуси на маршрут – A) і вихідних потоків вимог після обслуговування – розкладу руху автобусів на маршруті.

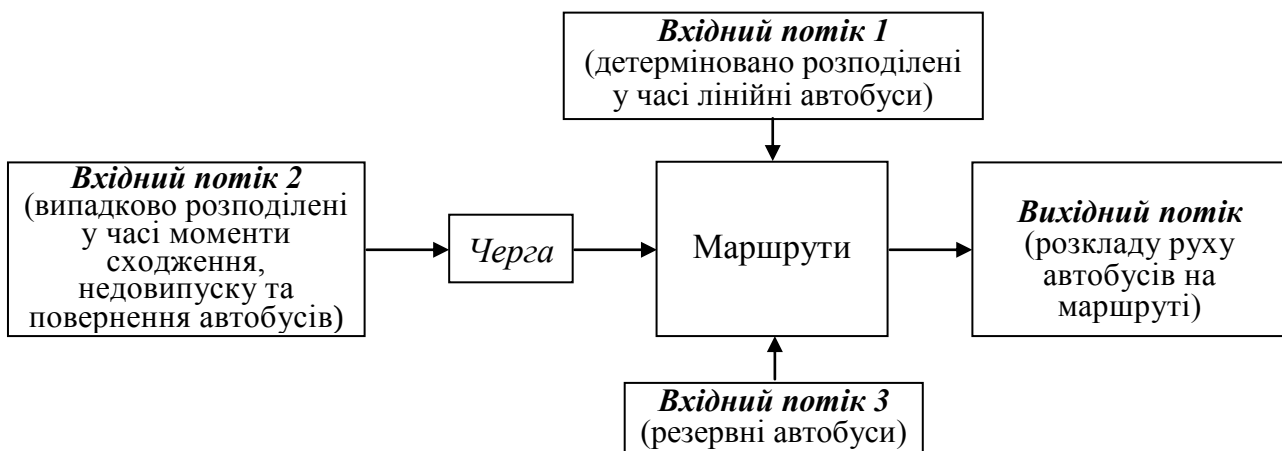


Рисунок 6 – Формалізована схема роботи автобусів на МММ

Метою моделювання цієї системи може бути вивчення таких характеристик, як довжина черги і час очікування в черзі на заміщення резервними автобусами залежно від інтенсивності вхідних потоків вимог і продуктивності каналів обслуговування, для одержання рекомендацій про оптимальну кількість резервних автобусів на маршруті. Оскільки моменти надходження вимог до системи на обслуговування – випадкові величини, довжина черги й час очікування обслуговування також будуть випадковими.

Усі елементи *вхідного потоку 2*, що надходять до системи, можна описати функцією розподілу $A(t)$ проміжків часу між моментами прибуття їх у чергу (ця функція буде різна для кожної складової потоку), тобто $A\{t\} = Pr\{Q < t\}$.

При моделюванні вид функції $A(t)$ заздалегідь може бути відомий (його можна одержати, наприклад, шляхом реєстрації і наступного статистичного

аналізу моментів прибуття вимог у чергу в реальних умовах). Практика дослідження подібних систем показує, що в багатьох випадках задовільною виявляється апроксимація функції розподілу інтервалів між моментами надходження заявок у систему експоненційною функцією:

$$A(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda t} & \text{для } t \geq 0; \\ 0 & \text{для } t < 0, \end{cases} \quad (15)$$

де λ – інтенсивність вхідного потоку (величина, зворотна до середнього інтервалу часу між надходженням двох суміжних вимог).

Для моментів сходження автобусів з маршруту $T_{sx_{i+1}} = t_i + T_{sx_i}$, де величини T_{sx_i} розподілені за законом $A(t)$, неважко довести, що якщо є випадкова величина R , розподілена рівномірно в інтервалі $(0, 1)$, то для одержання величини T_{sx_i} , що має функцію розподілу $A(t)$, треба розв'язати рівняння $A(T_{sx_i}) = R$ відносно T_{sx_i} . Зокрема, для $A(t) = 1 - e^{-\lambda t}$, $t \geq 0$, треба розв'язати рівняння $1 - e^{-\lambda T_{sx_i}} = R$. Звідси

$$T_{sx_i} = -(1/\lambda) \cdot \ln(1-R). \quad (16)$$

Алгоритм моделювання роботи автобусів на МММ представлено на рис. 7.

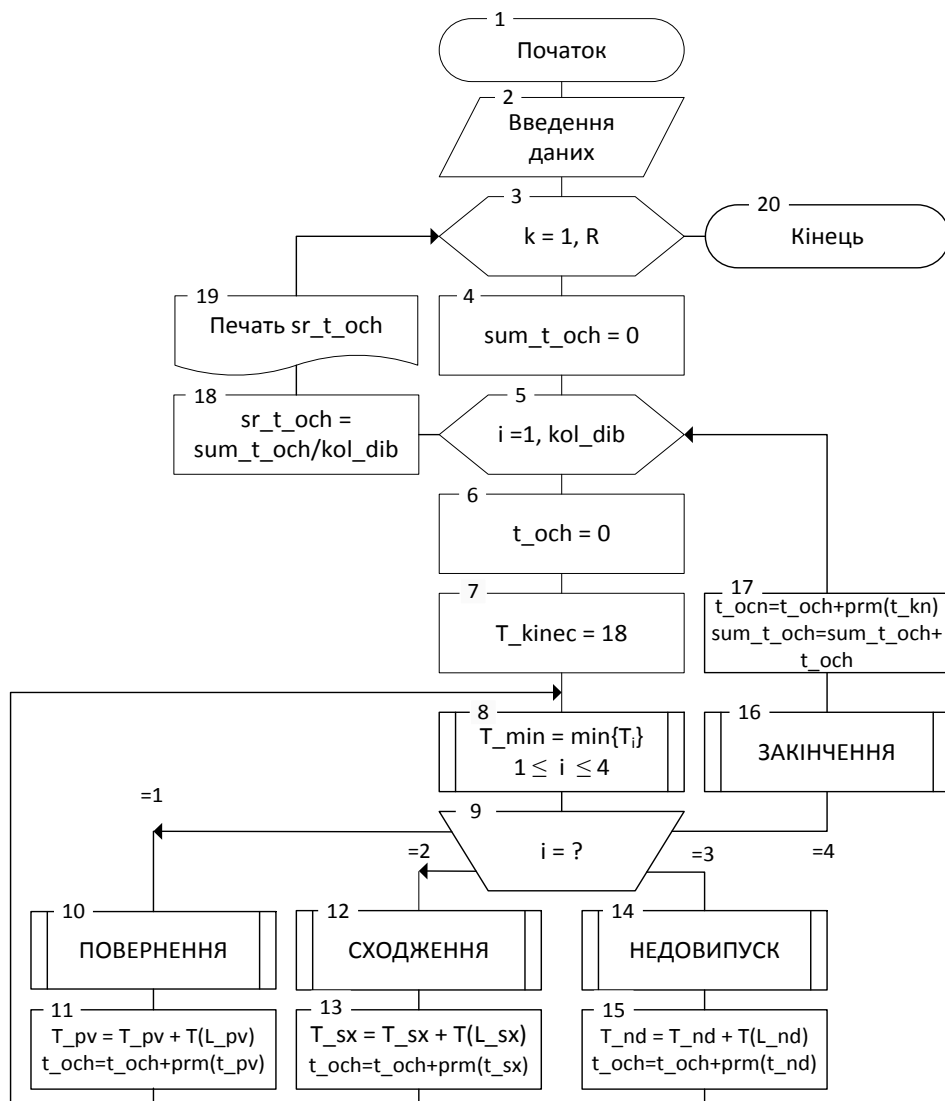


Рисунок 7 – Схема алгоритму моделювання роботи автобусів на МММ

Розглянута система імітаційного моделювання була реалізована в середовищі об'єктно-орієнтованого програмування *Delphi*. На рис. 8 представлено часову діаграму роботи цієї системи.

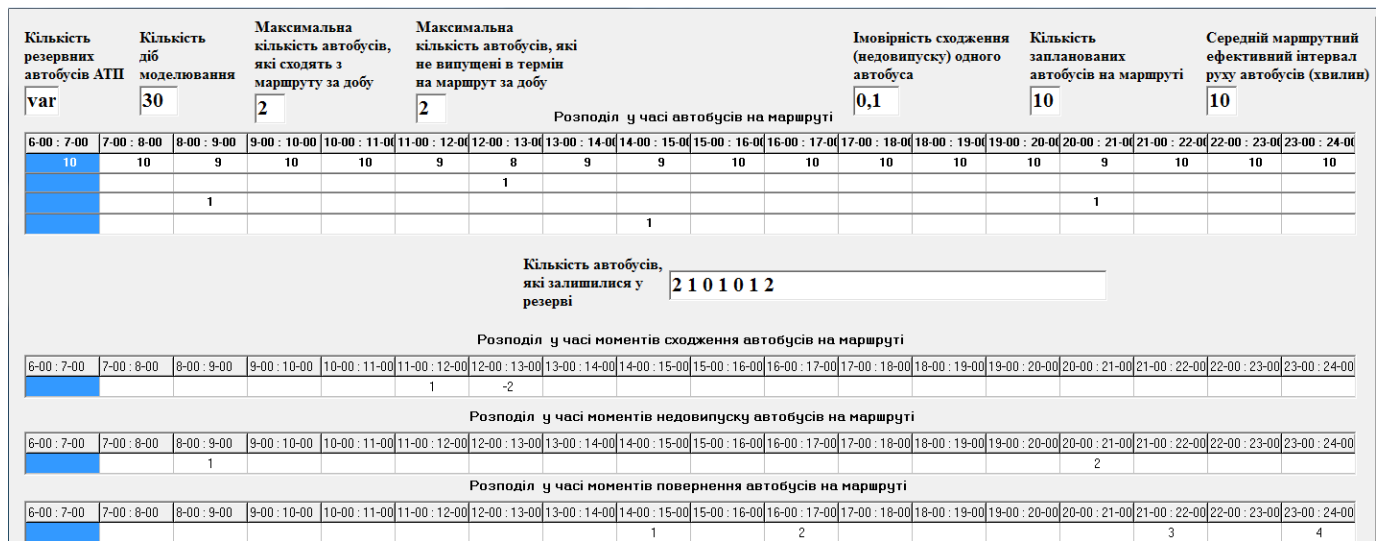


Рисунок 8 – Часова діаграма роботи системи імітаційного моделювання

По завершенню циклу в системі виробляється результуюча інформація про значення сумарних витрат часу на очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням відповідно витрат *першого* ($t_1^{oч}$) і *другого* ($t_2^{oч}$) роду, наприклад:

=====
10,84
5,16
7,44
8,33
8,16

Аналізуючи отриману інформацію, можна зробити висновок про те, що оптимальною кількістю резервних автобусів, при якій витрати часу на очікування пасажиром посадки в автобус з урахуванням відповідно втрат *першого* (t_1^{oc}) і *другого* (t_2^{oc}) роду будуть мінімальними (5.16), є два резервних автобуси.

У **додатках** до дисертаційної роботи наведено статистичні дані про виробничу діяльність ПП «Одіум–Престиж» та всіх видів громадянського транспорту м. Кривий Ріг, акти впровадження матеріалів дисертації у виробництво і навчальний процес, свідоцтва про реєстрацію авторського права.

ВИСНОВКИ

Дисертація присвячена вирішенню важливого науково-практичного завдання підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень шляхом розробки і впровадження нових моделей, методів та програмного забезпечення визначення оптимальної кількості резервних автобусів, що відображає головні вимоги пасажирів до процесу перевезення, а саме втрати часу пасажирів на очікування посадки в автобус. Основні результати, отримані в даній дисертаційній роботі, полягають у наступному:

1. Проведено аналіз сучасних моделей та методів щодо удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів, який виявив, що якість транспортного обслуговування характеризують такі фактори як транспортне обслуговування всіх соціальних груп населення, регулярність руху, розмір транспортного тарифу, витрати часу на пересування, комфортабельність перевезень. Вагомим фактором серед перерахованих є витрати часу на пересування, складовою яких є втрати часу пасажирів на очікування посадки в автобус.

Також у процесі проведення аналізу встановлено, що одним із вагомих чинників, який безпосередньо впливає на продуктивність і якість міських автобусних перевезень, є наявність у автотранспортних підприємств достатньої кількості резервних автобусів, оскільки недостатня їх кількість призводить до створення черг на поповнення маршруту резервними автобусами замість автобусів, що зійшли з лінії, що, в свою чергу, призводить до виникнення кратних інтервалів руху і збільшення втрат часу пасажирів на очікування посадки в автобус. З іншого боку можуть мати місце непродуктивні простої певної кількості автобусів в резерві внаслідок відсутності потреби в них на даний момент часу. Якщо б цього не було, то використання даних автобусів на маршрутах сприяло б зменшенню витрат часу пасажирів на пересування.

2. Удосконалено метод визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів, який через спеціально побудовані процедури підрахунку пасажирів дає репрезентативну інформацію щодо кожного рейсу і практично не призводить до значних помилок при визначенні. Удосконалення методу дозволило на 25-30% скоротити час проведення обстеження автобусних маршрутів і час внесення даних обстеження до відповідної бази даних.

3. Розроблено метод удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом на основі визначення оптимальної кількості резервних автобусів, який відрізняється від існуючих тим, що відображає головні вимоги пасажирів до процесу перевезення (втрати часу пасажирів на очікування посадки в автобус), є зручним для цілей моделювання і контролю в процесі функціонування маршруту. Використання запропонованого методу дозволило на 10-15% скоротити час очікування пасажирами на зупинках автобусів, підвищити регулярність їх руху.

4. Розроблено імітаційну модель визначення оптимальної кількості резервних автобусів для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів, яка дозволяє шляхом використання спеціально побудованої програмної структури багаторазово прораховувати втрати часу пасажирів на очікування посадки в автобус в умовах динамічного зовнішнього середовища.

5. Удосконалено метод організації перевезень пасажирів на маршрутах МПТС за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів, що не залежить від інтервалів руху на маршруті і дає можливість визначати на маршрутах необхідну добову кількість автобусів з відповідним розкладом для організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом.

6. Проведено експериментальну апробацію і впровадження моделей та програмного забезпечення по визначенню оптимальної кількості резервних автобусів:

– при виконанні госпдоговірної науково-дослідної роботи № 171 між Національним транспортним університетом і Приватним підприємством (ПП) «Одіум–Престиж» на тему «Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях» (09.2013–08.2016 рр., номер державної реєстрації 0114U003950);

– на 10 автобусних маршрутах м. Кривий Ріг, які виконує ПП «Одіум–Престиж», що дозволило приблизно на 12% знизити витрати на здійснення пасажирських перевезень, а також підвищити достовірність і оперативність інформації;

– у навчальному процесі кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль» Національного транспортного університету МОН України.

– при розробці «Тимчасового положення про формування та використання резерву автобусів на міських маршрутах м. Кривий Ріг», яке затверджено відділом транспорту і зв'язку виконкому Криворізької міської ради на 75 міських автобусних маршрутах і буде дійсним до затвердження аналогічного нормативного документу Міністерством інфраструктури України.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз

1. Omarov, D. Improvement of the Methods for Determining Optimal Characteristics of Transportation Networks / G. Prokudin, O. Chupaylenko, O. Dudnik, A. Dudnik, D. Omarov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. N. 6/3 (84). P. 54–61. (ISSN 1729-3774, DOI:10.15587/1729-4061.2016.85211), <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/85211>.

Статті у наукових фахових виданнях

2. Омаров, Д.М. Defining the ways to increase the safety of hazardous goods in international automobile transportation / Г.С. Прокудін, Д.М. Омаров, М.Г. Босняк, І.Г. Лебідь, Ю.С. Грисюк, О.В. Гусев // Управління проектами, системний аналіз і логістика : Науковий журнал, Вип. 11. – К.: НТУ, 2013. – С. 91–99.

3. Омаров, Д.М. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв'язанні багатоетапних транспортних задач / Г.С. Прокудін, Д.М. Омаров, А.М. Дмитриченко, Н.М. Цимбал, О.С. Дудник // Вісник НТУ, № 31. – К.: НТУ, 2015. – С. 450–462.

4. Омаров, Д.М. Удосконалення організації перевезень пасажирів у великих містах / Г.С. Прокудін, Д.М. Омаров, О.Г. Прокудін // Управління проектами, системний аналіз і логістика, Вип. 16, Част. 1: «Технічні науки». – К.: НТУ, 2015. – С. 125–135.

5. Омаров, Д.М. Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях / Г.С. Прокудін, Д.М. Омаров, О.Г. Прокудін // Вісник НТУ, № 1 (34) : Серія «Технічні науки». – К.: НТУ, 2016. – С. 378–387.

6. Омаров, Д.М. Приклад побудови імітаційних моделей у транспортних системах / Д.М. Омаров, Г.С. Прокудін, К.О. Майданик, І.О. Ремех, Ю.В. Пилипенко, О.Г. Прокудін // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал, Вип. 17, Част. 1: «Технічні науки». – К.: НТУ, 2016.– С. 67–79.

Опубліковані праці апробаційного характеру

7. Омаров, Д.М. Приклад моделювання роботи міських автобусів на маршруті / Д.М. Омаров // Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті, Вип. 4. – К.: НТУ, 2016. – С. 38–47.

8. Омаров, Д.М. Підвищення ефективності та якості автобусних пасажирських перевезень / Д.М. Омаров, Г.С. Прокудін // Тези допов. 70-ї наук. конф. ПВС, аспір., студ. та співр. відокр. структур. підрозд. ун-ту. – К.: НТУ, 2014. – С. 209.

9. Омаров, Д.М. Статистичні та соціологічні дослідження параметрів, які впливають на продуктивність та якість автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях / Г.С. Прокудін, Є.Ю. Білокобила, Д.М. Омаров // Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (проміжний, 1 етап), № ДО 0215U002234: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. – К.: НТУ, 2014. – 95 с.

10. Омаров, Д.М. Застосування сучасних інформаційних технологій при розв’язанні багатоетапних транспортних задач / Г.С. Прокудін, О.С. Дудник, Д.М. Омаров, М.Г. Іщенко, В.Ю. Пелих // Тези доп. 71-ї наук. конф. ПВС, аспір., студ. та співр. відокр. структур. підрозд. ун-ту. – К.: НТУ, 2015. – С. 281.

11. Омаров, Д.М. Теоретичні дослідження підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях і розробка методики по їх удосконаленню / Г.С. Прокудін, Є.Ю. Білокобила, Д.М. Омаров // Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (проміжний, 2 етап), № ДО 0215U002234: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. – К.: НТУ, 2015. – 89 с.

12. Омаров, Д.М. Підвищення якості обслуговування пасажирів міськими автобусами в м. Кривий Ріг / Д.М. Омаров, Г.С. Прокудін, О.А. Чупайленко // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції “Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні”. – Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2015. – С. 222–223.

13. Омаров, Д.М. Методи оптимізації перевезень пасажирів і вантажів на території України / Д.М. Омаров, Г.С. Прокудін, О.А. Чупайленко, О.С. Дудник // Матеріали доповідей Міжнародної науково-практичної конференції “Стан, проблеми та перспективи вдосконалення економіки України”, у 2-х частинах. – Ужгород: Видавничий дім “Гельветика”, 2015. – Ч. 2. – С. 125–126.

14. Омаров, Д.М. Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях конгломераціях / Д.М. Омаров, Г.С. Прокудін // Тези доп. 72-ї наук. конф. ПВС, аспір., студ. та співр. відокр. структур. підрозд. ун-ту. – К.: НТУ, 2016. – С. 233.

15. Омаров, Д.М. Аналіз сучасних моделей міського автобусного сполучення / Г.С. Прокудін, О.А. Чупайленко, О.С. Дудник, Д.М. Омаров // Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference “Topical Problems of Modern Science and Possible Solutions” (September 28–29, 2016, Dubai, UAE). – International Scientific

and Practical Conference “WORLD SCIENCE”, № 10(14), Vol. 1, page 50–52, October 2016.

16. Омаров, Д.М. Визначення оптимальних параметрів, які впливають на продуктивність та якість автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях / Г.С. Прокудін, І.І. Прокудіна // Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях”, (заключний), № ДО 0216U002813: Націон. транс. ун-т. – № ДР 0114U003950. – К.: НТУ, 2016. – 115 с.

17. Омаров, Д.М. Застосування імітаційного моделювання для підвищення ефективності роботи міських автобусів / Д.М. Омаров, Г.С. Прокудін, Ю.В. Пилипенко // Тези доп. 73-ї наук. конф. ПВС, аспір., студ. та співр. відокр. структ. підрозд. ун-ту. – К.: НТУ, 2017. – С. 258.

18. Омаров, Д.М. Алгоритм статистичного моделювання роботи міських автобусів / Д.М. Омаров, Г.С. Прокудін, О.А. Чупайленко, О.Г. Прокудін, О.С. Дудник // Multidisciplinary Scientific Edition: International Academy Journal: Web of Scholar: ISSN 25180167X, 2(11) March 2017. – С. 11–13.

19. Омаров, Д.М. Математична модель резервування міських автобусів на маршруті / Д.М. Омаров, Г.С. Прокудін, О.А. Чупайленко, О.Г. Прокудін // Інформаційні управляючі системи та технології / Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 20-22 вересня 2017 р., Одеса. – Одеса: «ВидавІнформ НУ «ОМА», 2017. – С. 95–97.

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір

20. Омаров, Д.М. Комп'ютерна програма “Імітаційна модель роботи міських автобусів на маршруті” / Д.М. Омаров, Г.С. Прокудін, О.А. Чупайленко, О.Г. Прокудін // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. – № 72380, Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. – заяв. від 04.04.2017 № 73001; дата реєстр. 22.06.2017. – 17 с.

21. Омаров, Д.М. Літературний письмовий твір науково-технічного характеру “Математична модель роботи міських автобусів на маршруті” / Д.М. Омаров, Г.С. Прокудін, О.А. Чупайленко, О.Г. Прокудін // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. – № 72377, Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. – заяв. від 04.04.2017 № 72998; дата реєстр. 22.06.2017. – 11 с.

АНОТАЦІЯ

Омаров Д.М. Підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Національний транспортний університет Міністерства освіти і науки України, Київ, 2018.

Дисертаційне дослідження присвячено підвищенню продуктивності та якості міських автобусних перевезень шляхом удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом на основі визначення оптимальної кількості резервних автобусів.

В роботі розроблений метод удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом на основі визначення оптимальної кількості

резервних автобусів. На основі методу розроблена імітаційна модель визначення оптимальної кількості резервних автобусів для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.

Вдосконалено метод визначення попиту населення на перевезення міським громадським транспортом для підвищення продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів та метод організації перевезень пасажирів на маршрутах міської пасажирської транспортної системи за критеріями продуктивності міських автобусних перевезень та якості обслуговування пасажирів.

Результати проведених наукових досліджень було впроваджено в роботу автопідприємств м. Кривий Ріг та використано в навчальному процесі Національного транспортного університету при підготовці фахівців для транспортної галузі країни.

Ключові слова: маршрут, моделювання, доба, вакансії, черга на заміщення, дисципліна черги, повернення на лінію, інтервал стаціонарного стану.

АННОТАЦІЯ

Омаров Д.М. Повышение производительности и качества городских автобусных перевозок. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. – Национальный транспортный университет Министерства образования и науки Украины, Киев, 2018.

Диссертационное исследование посвящено решению важной научно-практической задачи повышения производительности и качества городских автобусных перевозок путем совершенствования организации перевозок пассажиров городским общественным транспортом на основе определения оптимального количества резервных автобусов, что приведет к уменьшению потерь времени пассажиров на ожидание посадки в автобус и непродуктивного использования подвижного состава автопредприятий.

В работе разработан метод совершенствования организации перевозок пассажиров городским общественным транспортом на основе определения оптимального количества резервных автобусов. Он отличается от существующих тем, что отражает главные требования пассажиров к процессу перевозки (потери времени пассажиров на ожидание посадки в автобус), является удобным для целей моделирования и контроля в процессе работы автобусов на маршруте.

На основе этого метода разработана имитационная модель определения оптимального количества резервных автобусов для повышения производительности городских автобусных перевозок и качества обслуживания пассажиров, которая за счет специально построенной программной структуры позволяет многократно просчитывать потери времени пассажиров на ожидание посадки в автобус в условиях динамично меняющейся внешней среды.

Усовершенствованы метод определения спроса населения на перевозки городским общественным транспортом для повышения производительности городских автобусных перевозок и качества обслуживания пассажиров и метод организации перевозок пассажиров на маршрутах городской пассажирской транспортной системы по критериям производительности городских автобусных перевозок и качества обслуживания пассажиров.

Результаты проведенных научных исследований были внедрены в работу автопредприятий г. Кривой Рог, что позволило примерно на 12% снизить затраты на осуществление пассажирских перевозок, а также повысить достоверность и оперативность информации, и используются в учебном процессе Национального транспортного университета при подготовке специалистов для транспортной отрасли страны.

Ключевые слова: маршрут, моделирование, сутки, вакансии, очередь на замещение, дисциплина очереди, возвращение на линию, интервал стационарного состояния.

ABSTRACT

Omarov D.M. Increased productivity and quality of urban bus services. – On the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of a candidate of technical sciences in specialty 05.22.01 – transport systems. – National Transport University Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2018.

The dissertation is devoted to the increase of productivity and quality of urban bus transportations by improving the organization of passenger transportation by public transport on the basis of determining the optimal number of reserve buses.

The method for improving the organization of passenger transportation by urban public transport was first developed on the basis of determining the optimal number of reserve buses.

On the basis of this method, an imitation model for identifying the optimal number of reserve buses for increasing the productivity of urban bus services and the quality of passenger service has been developed.

An improved method for determining the population's demand for urban public transport for increasing the productivity of urban bus services and the quality of passenger service and the method of organizing passenger transportation on the routes of the city passenger transport system according to the criteria for the performance of urban bus services and the quality of passenger service.

The results of the research work was introduced in Ukraine transport companies and are used in the educational process of National Transport University for training specialists for the transport sector of the country.

Keywords: route, simulation, day, vacancies, queue on replacement of, queue discipline, returning to the line, interval stationary.