

Чуйко С.П.

Відокремлений структурний підрозділ «Житомирський автомобільно-дорожній фаховий коледж Національного транспортного університету»

Шумляківський В.П.

Державний університет «Житомирська політехніка»

ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ І ПРЕДМЕТ РОЗВИТКУ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ АВТОБУСНИХ МІСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Наявна транспортна інфраструктура міських перевезень автобусами потребує подальшої модернізації. Для реалізації завдань ефективності функціонування міської транспортної системи та якості транспортних послуг необхідно підвищити інвестиційну привабливість транспорту шляхом забезпечення розвитку правового конкурентного середовища, впровадження новітніх взаємовигідних технологій, як для користувачів послуг, так і для перевізників, підвищити доступність населення і забезпечити безпеку перевезень.

У статті, на підставі результатів обстеження, встановлені основні характеристики маршрутної мережі м. Житомира та проаналізовано підходи науковців щодо підвищення транспортного обслуговування пасажиро перевезень у містах. Визначено рівень якості транспортних послуг і сформульовано нові технічні рішення удосконалення транспортної системи міста, проведено розрахунки основних показників маршрутної системи міста. Розраховано маршрутний коефіцієнт, який характеризує розгалуженість маршрутної мережі і за результатами обстеження виходить за рекомендовані межі. Це показує про дещо підвищену насиченість міської території маршрутним міським транспортом і може свідчити про середню дальність підходів пасажирів до зупинки. Було показано, що автобусна транспортна мережа міста характеризується щільністю (δ), тобто насиченістю території міста лініями автобусного транспорту. Чим вище щільність маршрутної мережі, тим менше витрати часу пасажирів на підхід до зупинок.

Найважливішою функцією транспортної системи є задоволення потреб мешканців міста в перевезеннях. Важливим фактором, що впливає на роботу транспортної системи, є безпека дорожнього руху, яка забезпечується якістю перевезень та оцінюється комфортністю транспортних засобів, середнім інтервалом руху транспортних засобів на маршруті і швидкістю доставки.

Ключові слова: транспортна система, пасажирські перевезення, маршрутна мережа, міський автобус.

Постановка проблеми. Автобусні перевезення в найближчій перспективі для більшості міст України залишаються основним видом пасажирських перевезень і мають велике соціальне значення. Надійна і ефективна робота міського пасажирського транспорту є найважливішим показником соціально-політичної і економічної стабільності міста.

Для громадського пасажирського транспорту ринковим регулятором є конкуренція перевізників за досягнення оптимального відповідності попиту і пропозиції на транспортні послуги, заснована на ціновому і нецінових факторів. Відомо, що в останні роки галузь автомобільних пасажирських перевезень зазнала значні зміни, які виражені у зміні державних автопідприємств на велику кількість підприємств різної форми господарювання, структура рухомого складу часто

не відповідає ситуації на ринку транспортних послуг, зростання об'ємів пасажирських перевезень і дорожнього руху проходить в умовах відставання темпів розвитку дорожньої інфраструктури [1, с. 161-164].

Це свідчить, що невідкладне завдання по підвищенню якості автобусних перевезень поширюється одночасно на всіх учасників транспортного процесу: пасажирів, перевізників, суспільство.

Усунути вище враховані недоліки можливо на основі визначення основних показників розвитку маршрутної мережі міста та створенні механізму впровадження концепції ефективності і якості транспортних послуг.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основними напрямками реалізації Національної Транспортної стратегії України на період до 2030 року, схваленої розпорядженням Кабінету

Міністрів від 30.05.2018 № 430-р, визначені пріоритети комплексного формування транспортної політики та ефективного державного управління, задоволення потреб населення у перевезеннях та забезпечення правової конкурентоспроможності [2, с. 3].

Сучасні наукові підходи формування нових і вдосконалення існуючих маршрутних мереж у містах країни розглядаються в роботах Сахно В.П., Горбачова П.Ф., Біліченка В.В., Форнальчика Є.Ю., Долі К.В., Мурованого І.С., Гульчак О.Д., Толока О.В. та інших.

Міські транспортні системи в Україні характеризуються високим завантаженням транспортної мережі, збільшенням часу затримки пасажирського транспорту біля зупиночних пунктів, що призводить до утворення загорів біля них. В зв'язку з цим знижується безпека і швидкість сполучення міського пасажирського транспорту [3, с. 134].

У роботі [4, с. 132] обґрунтовані критерії впровадження спеціальних смуг на перегонах вулиць і розроблений метод, що забезпечує автобусам просторово-часовий пріоритет на регульованих перехрестях. Отримані результати досліджень свідчать, що застосування методу «спеціальна смуга у зоні перехрестя» на ізольованому регульованому перехресті дає змогу зменшити на 87% середню затримку автобусів порівняно з адаптивним керуванням без забезпечення пріоритету автобусів.

Науковці у роботі [5, с. 16] пропонують для визначення привабливості різних типів транспортних засобів на маршрутах міського громадського транспорту враховувати такі чинники, як вартість проїзду, час переміщення та динамічний коефіцієнт використання місткості транспортного засобу а також рівень доходу користувачів транспортних послуг.

Актуальним є комплексне обстеження пасажиропотоків маршрутної мережі міст Запоріжжя і Кременчука за критерієм тривалості пересування пасажирів, оптимальної структури транспортних засобів з метою заміни рухомого складу на автобуси великого та середнього класів [6, с. 312. 7, с. 163].

Для вирішення задачі маршрутизації міського пасажирського транспорту доцільно застосовувати евристичний алгоритм [8, с. 46], який дозволяє отримати раціональний варіант маршрутної мережі з урахуванням наявності транспортних засобів та можливостей їх оновлення. Показано, що подальше упорядочення маршрутної мережі пасажирських перевезень в м. Вінниці доцільно проводити за критеріями використання автобусів великої пасажиромісткості а також водночас оновлення парку тролейбусів.

Авторами статті [9, с. 36] запропоновано методу за результатами дослідження режимів руху маршрутного автомобільного пасажирського транспорту в центральній частині м. Харкова. Визначена доцільність використання екологічно чистих транспортних засобів з невисокою максимальною швидкістю руху.

У роботі [10, с. 17] представлена математична модель функціонування міського автобусного маршруту у вигляді імітаційної динамічної моделі з двома одночасними режимами руху транспортних засобів, один з яких звичайний, а інший комбінований. Застосування розробленої методики оптимізації дозволяє вибрати домінуючі параметри маршруту, які визначають організацію процесів перевезень пасажирів у часі.

Узагальнюючи огляд останніх досліджень і публікацій можна зробити висновок, що проблемі вдосконалення міської маршрутної мережі повинна передувати розробка концепції розвитку пасажирських перевезень.

Постановка завдання. Встановлення рівня якості функціонування міської маршрутної автобусної мережі на підставі загального обстеження (на прикладі м. Житомира) і визначення основних критеріїв розвитку.

Виклад основного матеріалу і дослідження. Доцільно вважати, що методичні підходи по вдосконаленню маршрутної мережі міських автобусних маршрутів великих, середніх і малих міст повинні відрізнятися по технологічним підходам. Це визвано тим, що автобусний транспорт у містах різної величини відіграє свою роль у забезпеченні потреб населення у перевезеннях (інфраструктурні особливості, наявність лінії метро, швидкісного трамваю і т.і.).

Система міського пасажирського транспорту повинна, з одного боку, створювати можливість комфортного і безпечного пересування пасажирів при найменших як тимчасових, так і грошових витратах, а з іншого – відповідати пропускній спроможності вулично-дорожній мережі (ВДМ), мінімізувати навантаження на навколишнє середовище, а також забезпечувати безпеку дорожнього руху. Це вимагає вдосконалення існуючих, а також розробки нових методів управління міськими транспортними системами, впровадження яких дозволить громадському транспорту скласти гідну конкуренцію поїздам на особистих автомобілях.

Міський пасажирський транспорт в м. Житомирі налічує 22 міських автобусних маршрутів загального користування, на яких задіяно більше 150 автобусів та 19 тролейбусних маршрутів, за

якими закріплено 152 одиниці тролейбусів. Наявний один трамвайний маршрут обслуговує муніципальне трамвайно тролейбусне підприємство, де в розпорядженні знаходиться 30 трамвайних вагонів. Загальна довжина автобусної маршрутної мережі становить 242 км, а електротранспорту міста, відповідно -125 км. Для зручності пасажирів, майже вся територія міста знаходиться у межах крокової доступності. Перевезення пасажирів автобусами здійснюється у двох режимах руху – звичайному, як основного виду перевезень, та у режимі маршрутного таксі.

Комплексне обстеження здійснювалось на міських автобусних маршрутах загального користування в місті Житомирі, рис. 1.

Основні характеристики міських маршрутних систем визначені за підходами [8, с. 46]:

- маршрутний коефіцієнт;
- середня довжина маршруту;
- коефіцієнт розгалуженості маршрутів.

Критерії визначення складності автобусного маршруту за умовами експлуатації представлені у роботі [1, с. 164].

Маршрутний коефіцієнт K_m характеризує розгалуженість маршрутної мережі. Даний коефіцієнт визначається як відношення суми довжин усіх маршрутів до суми довжин вулиць, по яким проходять ці маршрути:

$$K_m = \frac{\sum_{i=1}^n l_{mi}}{\sum_{j=1}^m l_{cj}}, \quad 1.1$$

де, l_{mi} - довжина i -го маршруту, км; $i = (1; n)$; n - кількість маршрутів; l_{cj} - протяжність j -ї ділянки транспортної мережі, по яким проходять маршрути пасажирського транспорту, км; j - число ділянок транспортної мережі.

При розрахунках враховано, що по одній ділянці транспортної мережі проходить декілька маршрутів. Маршрутний коефіцієнт показує скільки в середньому маршрутів проходить по кожній ділянці транспортної мережі і характеризує очікувану кількість напрямлень, в яких пасажир може їхати з кожної точки мережі. Чим він більший, тим більше прямих зв'язків між мікрорайонами населеного пункту, що відповідно

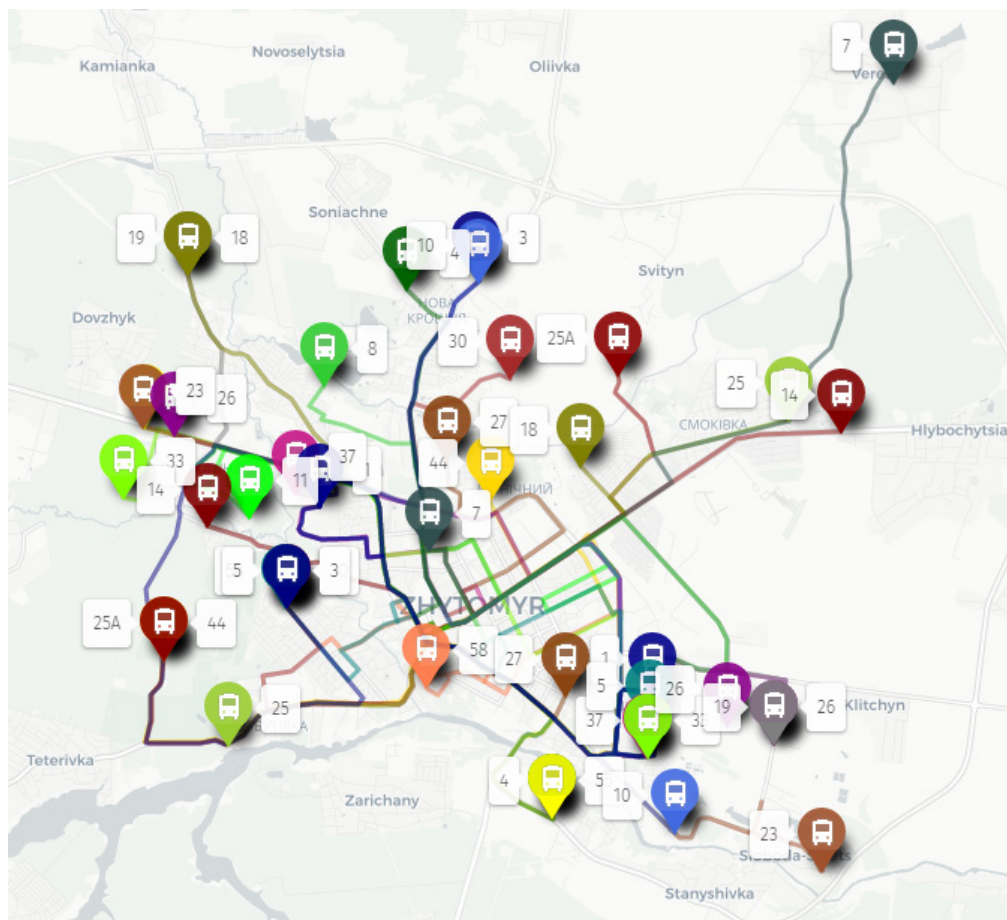


Рис. 1. Інтерактивна схема автобусної маршрутної мережі м. Житомира

характеризує про недоцільність частих пересадок пасажира при переїздах. Для добре розвинутої маршрутної мережі міста значення коефіцієнта знаходиться в межах: $K_m + 2 \dots 3,5$ і навіть більше.

Інформація отримана на підставі результатів обстеження пасажиропотоків [11, с. 7-9], сформована в матрицю в якій вказано кількість поїздок пасажирів за певний час. Крім того, для оптимізації маршрутної системи необхідно мати дані про пасажирооборот.

Середня довжина маршруту l_{cp} представляє собою середнє значення протяжності усіх маршрутів:

$$L_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n l_{mi}}{n} \quad 1.2$$

Середня довжина маршруту безсумнівно впливає на величину експлуатаційної та технічної швидкості, використання пасажиромісткості рухомого складу, режиму роботи водіїв по змінності, експлуатаційні витрати і т.і. Значення середньої довжини маршруту доцільно пов'язувати з розмірами міста. Експертний аналіз маршрутних систем міст показав, що середня протяжність маршрутів знаходиться в межах 3...4 середніх відстаней поїздки пасажира l_{nac} . Мінімальна довжина будь якого маршруту не повинна бути менше l_{nac} , а максимальна не повинна бути більша за численне значення експлуатаційної швидкості V_e .

Коефіцієнт розгалуженості маршруту K_n – це показник відхилення траси маршруту від направлення руху пасажира по найкоротшій відстані що сполучає кінцеві пункти маршруту і визначається за підходом [12, с. 199]:

$$K_n = \frac{l_m}{l_o} \quad , \quad 1.3$$

де, l_m – довжина маршруту, км; l_o – відстань між кінцевими пунктами (по повітряній лінії, км).

Значення цього коефіцієнту свідчить про найкоротший шлях слідування пасажирів. Тому із зростанням коефіцієнта розгалуженості пов'язано збіль-

шення витрат на перевезення, витрати часу пасажирів на поїздки, непродуктивний пробіг автобусів.

Одним з головних показників оцінки планувальної структури міста є щільність ВДМ, яка визначається за формулою [13, с. 47]:

$$\delta = \frac{L_m}{S_m} \quad 1.4$$

де, δ – щільність ВДМ міста, км/км²,

L_m – сумарна довжина ВДМ, км,

S_m – площа території міста, км².

Щільність транспортної мережі, це протяжність шляхів сполучення, які припадають на 1 тис.км² площі регіону (міста) і можуть бути рекомендовані наступні значення [12, с. 202]:

У містах середня щільність транспортної мережі коливається в межах 2,0–2,5 км². У центральній частині великих міст цей показник може наближатися до 6 км².

Розраховані показники внаслідок дослідження заносимо у таблицю 2.

За результатами обстеження можна зробити наступні висновки: маршрутний коефіцієнт виходить за рекомендовані межі, так як його рекомендовані значення знаходяться в межах 1,5...2,5 км/км², це показує про дещо підвищену насиченість міської території маршрутним міським транспортом і може свідчити про середню дальність підходів пасажирів до зупинки. Щільність маршрутної мережі, розгалуженість маршрутів знаходиться у допустимих межах. Значно збільшений інтервал руху автобусів за рахунок коефіцієнту випуску і непередбачуваних відмов на лінії в поєднанні зменшеної кількості автобусів на маршруті у вечірні години.

Значення середньої технічної швидкості V_m на міських автобусних маршрутах мають понижені показники (межі $V_m = 25..30$ км /год.). Технічна швидкість найбільш повно характеризує швидкісні властивості при русі в певних умовах експлуатації і підходи її визначення представлені у роботі [14, с. 63-65].

Таблиця 2

Основні показники розвитку маршрутної мережі м. Житомира

Показник	Одиниця виміру	Значення показника	
		фактичний	довідковий
Маршрутний коефіцієнт, K_m	од.	3,27	Не надався
Щільність, δ	км/ км ²	1,84	2,5
Середня відстань поїздки, l_{cp}	км	5,3	5,3
Розгалуженість маршруту, K_n	од.	1,24	1,17
Інтервал руху автобусів, \bar{t}_{cp}	хв.	23,5	10,0
Середня технічна швидкість, V_t	км/год	22,8	28,0
Термін експлуатації автобусів	роки	5	5
Розгалуженість маршрутних схем міста автобусних маршрутів	од.	2,1	2,5

Одним з основних напрямлень досконалості перевізного процесу в автомобільній галузі є підвищення енергетичної ефективності міських автобусних перевезень. Це сприяє підвищенню конкурентоспроможності, отриманню відповідного соціального ефекту від стримання зростання тарифів на перевезення [15, с. 237].

З транспортної точки зору, маршрутна мережа міського пасажирського транспорту повинна бути координованою у просторі і часі по зовнішніх та внутрішніх зв'язках з системою приміського і міського транспорту всіх типів, забезпечувати максимально рівномірний розподіл пасажиропотоку по довжині маршрутів, забезпечувати мінімальний інтервал між поїздками і максимальну швидкість сполучення [16, с. 2967].

Подальшим першочерговим завданням по удосконаленню маршрутної мережі пасажирських перевезень у місті має полягати у створенні механізму впровадження концепції ефективності і якості транспортних послуг, які надаються підприємствами пасажирського транспорту:

1. оновлення парку маршрутних автобусів з відповідним рівнем комфорту і екологічної безпеки;
2. досягати збільшення технічної швидкості впровадженням автоматичної системи управління рухом і збільшенням пропускної здатності ВДМ;
3. забезпечення пріоритетних умов руху пасажирському маршрутному транспорту (організація виділених смуг для руху, забезпечити пріоритетний сигнал на світлофорних об'єктах);
4. підвищити доступність до пасажирського транспорту усім верствам населення, використовувати системи GPS– моніторингу, які в режимі реального часу інформують про прибуття транспорту на зупинку;

5. забезпечити інвестиційну привабливість шляхом оптимізації автобусних маршрутів та правової конкуренції перевізників.

З введенням в автотранспортних підприємствах сучасного моніторингу роботи автобусів на міських маршрутах за допомогою GPS– навігації назріла потреба у створенні системи отримання оперативної інформації з метою прийняття рішення щодо зменшення витрати палива. Це є актуальним при контролі витрати палива автобусами з кондиціонером [17, с. 66].

Раціонально організована і якісна робота громадського транспорту дозволяє забезпечувати сталий розвиток країни та окремих міст і регіонів.

Висновки. Розвиток громадського транспорту багато в чому залежить від гармонійного поєднання загальних принципів державної транспортної політики та врахування регіональних особливостей міст і населених пунктів, а також системи поглядів суспільства і владних структур на проблему мобільності в цілому. Сформовано основні завдання по вдосконаленню маршрутної системи міста в частині якості надання послуг. Вирішенню питань вдосконалення маршрутної мережі міста, повинно передувати розробка концепції розвитку пасажирських перевезень.

Подальша реалізація цього підходу може бути направлена на нові розробки по прогнозуванню попиту транспортної привабливості при автобусних перевезеннях на міських маршрутах та підвищення екологічних показників рухомого складу. З метою зменшення впливу на забруднення атмосферного повітря на вулицях міста відпрацьованими газами від транспортних засобів електрифікація автобусного парку може розглядатись як одне з потенційних рішень.

Список літератури:

1. Чуйко С.П. Визначення складності автобусного маршруту за умовами експлуатації. Вісник ЖДТУ. Житомир : ЖДТУ, 2018. № 2 (82). С. 160–165.
2. Урядовий портал органів виконавчої влади України. Київ. 2018. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/proshvalennya-nacionalnoyi-transportnoyi-strategiyi-ukrayini-na-period-do-2030-roku> (дата звернення 17.06.2022).
3. Хітров І.О., Кристопчук М.Є., Пашкевич С.М. Моделювання параметрів функціонування зупиночних пунктів громадського пасажирського транспорту. Вісник машинобудування та транспорту. 2019.– Вінниця: ВНТУ, – № 2(10). С.134-140.
4. Зубачик Р.М. Вдосконалення методів забезпечення пріоритетного руху для маршрутних автобусів на вулично-дорожній мережі міста: дис... канд. техн. наук: 05.22.01. НУ «Львівська політехніка», Львів. 2015.185 с.
5. Аулін В. В., Голуб Д.В. Теоретичне обґрунтування прогнозування розподілу попиту пасажирів на послуги різних типів міського транспорту. Вісник ЖДТУ: Сер. Технічні науки. 2014. № 2(69). С. 16 – 20.
6. Кузькін О.Ф. Аналіз розвитку та рівня якості послуг громадського транспорту Запоріжжя. Журнал Вчені записки ТНУ ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 29(68) № 2, 2018. С 305-313.
7. Мороз М.М. Удосконалення транспортної системи пасажирських перевезень м. Кременчук. Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво).– Вип. 2 (41). – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – С. 156–164.

8. Біліченко В.В. Проблеми та перспективи розвитку маршрутної мережі пасажирських перевезень у м. Вінниці. Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Луцьк, 2014. Випуск № 45. С. 42-47.
9. Горбачов П.Ф., Воронков А.І., Колій О.С., Нікітченко І.М. Параметри руху маршрутного автомобільного пасажирського транспорту в центральній частині м. Харкова. Вісник ХНАДУ, вип.60, 2013. С. 34-37.
10. Гульчак О. Д. Підвищення ефективності міських пасажирських перевезень на основі удосконалення організації руху автобусів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Гульчак Оксана Дмитрівна. – Київ, НТУ:2005. -25 с.
11. Рудзінський В.В., Маяк М.М., Мельничук С.В., Рафальський О.І., Чуйко С.П. Обстеження пасажиропотоків на транспорті загального користування м. Житомир та оцінка основних техніко-експлуатаційних параметрів для вибору міських автобусів. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Науковий журнал. Серія «Технічні науки». – Житомир: ЖДТУ, 2016. – № 2(77) – С. 6-9.
12. Маруніч В.С., Шморгун Л.Г. та ін. Організація та управління пасажирськими перевезеннями: підручник/ за ред. доц. В.С. Маруніч, проф. Л.Г. Шморгуна – К.: Міленіум, 2017. – 528 с.
13. Управління міським пасажирським транспортом : навч. посібник / К. Є. Вакуленко, К. В. Доля ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 257 с.
14. Маяк М.М., Мельничук С.В., Головня Р.М., Чуйко С.П. До питання визначення технічної швидкості міського маршрутного автобуса в залежності від умов експлуатації. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. Луцьк: ЛНТУ.1018. № 1(10). С. 58-65.
15. Чуйко С.П. Кравченко О.П. Зниження енергоємності перевізного процесу міського автобуса по контролю витрати палива. Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту: матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції, 25-27 жовтня 2021р. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 237-240.
16. Біліченко В. В. Методичні підходи до вдосконалення міської маршрутної мережі. Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ. Вінниця, 22-24 березня 2017р. С. 2967-2969.
17. Чуйко С.П., Кравченко О.П. Особливості управління витратою палива міських автобусів в системі супутникового моніторингу. Транспорт та логістика: Сучасні виклики та перспективи розвитку: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 18 листопада 2021р. Одеса: ДУ ІПЕЕД НАН України, 2021. С. 66-69.

Chuiko S.P., Shumlyakivsky V.P. AIN PARAMETERS AND THE SUBJECT OF THE ROUTE NETWORK DEVELOPMENT OF THE BUS CITY TRANSPORTATION

The existing transport infrastructure of the urban transportation by buses requires further modernization. It is necessary to increase the investment attractiveness of the transport by ensuring the development of a legal competitive environment, the introduction of the latest mutually beneficial technologies for both service users and carriers, to increase the accessibility of the population and the safety of the transportation to achieve the objectives of the efficiency of the urban transport system functioning and the quality of transport services.

Based on the results of the survey, the main characteristics of the route network of Zhitomir are established; and the approaches of scientists to improve the transport service of city passenger operations are analyzed in this paper. The level of the transport services quality was determined and new technical solutions were provided to improve the transport system of the city, calculations of the main indicators of the city route system were made. The route coefficient characterizing the branching of the route network and, according to the results of the survey, goes beyond the recommended limits is calculated. This shows a somewhat increased density of the urban area with public transport and may indicate the average distance of passengers' way to the bus stop. It is shown that the city transport network is characterized by the density (δ), that is, the vehicle population of the city area with bus transport lines.

The higher the density of the route network is, the less time passengers spend on approaching stops. The most important function of the transport system is to meet the needs of city residents in transportation. An important factor affecting the operation of the transport system is a road safety, which is ensured by the quality of the transportation and is assessed by the comfort of vehicles, the average interval of vehicles on the route and the speed of delivery.

Key words: transport system, passenger operations, route network, city bus.