

Маяк М.М., Мельничук С.В., Рафальський О.І.
Житомирський державний технологічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПО МАГІСТРАЛЬНИХ ВУЛИЦЯХ м. ЖИТОМИРА

Проаналізовано стан перевезення пасажирів та організацію дорожнього руху по магістральних вулицях м. Житомирі. Проведено дослідження швидкісних параметрів руху транспортних засобів, що курсують автобусними пасажирськими маршрутами. Виявлено, що на оптимальний вибір пасажирських транспортних засобів впливає, в першу чергу, величина пасажиропотоку, по-друге, інтенсивність дорожнього руху на ділянках вулиць де проходять пасажирські маршрути. Слід також враховувати, що пасажиропотоки можуть істотно коливатися в залежності від періоду доби та днів тижня. Але практично не в усіх перевізників є можливість протягом доби замінювати рухомий склад з меншої пасажиромісткості на велику і навпаки. Тож обирають один тип рухомого складу, місткість якого встановлюють з урахуванням даних про часові напруженості пасажиропотоку по найбільш завантажених ділянках маршруту в години «пік», або про його об'єм за добу на маршруті загалом. Велика кількість малих автобусів та часті інтервали руху поставили електротранспорт в невідгідне становище, призвела до порушення організації дорожнього руху та утворення частих заторів.

Представлено попередні висновки і рекомендації щодо забезпечення потреб у перевезенні, та вибору раціонального виду транспортного засобу.

Ключові слова: пасажиропотоки, безпека руху, завантаженість вулиць, автобусний маршрут, транспортний засіб, середня технічна швидкість.

Вступ. В останній час у м. Житомирі склалася напружена ситуація з організацією дорожнього руху та пасажироперевезень. Значно зросла кількість транспортних засобів, при тому що вулиці та розв'язки міста не розраховані на сьогоднішній потік машин. По-друге, поглиблює цю ж проблему велика кількість автобусних маршрутів, на яких працюють автобуси переважно малої місткості.

До семидесяти процентів маршрутів проходить центральною магістраллю Житомира - по вул. Київській. Відсутність заїзних зупинок «карманів» фактично звужує вулиці практично на одну сугу руху в кожному напрямку. Все це призводить до частих заторів та тисняви на дорогах. Значно знизилась середня технічна швидкість маршрутних транспортних засобів до 13 км/год (для порівняння в м. Вінниця середня технічна швидкість становить більше 20 км/год). Як наслідок, погіршились якість пасажироперевезень, безпека руху та екологічність міста.

До основних причин даних проблем можна віднести наступне:

-з 80-х років минулого століття взагалі не проводились дослідження пасажиропотоків, не обґрунтовано відкрито десятки нових міських автобусних маршрутів, з використанням великої кількості малих автобусів; автобусні маршрути, на яких працювали великі автобуси взагалі зникли з вулиць міста;

-не проводились дії, направлені на підвищення пропускнуої здатності вулиць міста та організації дорожнього руху;

Така ж ситуація спостерігається в багатьох містах України. В останні роки деякими обласними центрами впроваджуються реформи пасажирського транспорту направлені на забезпечення якості пасажирських перевезень та покращення дорожнього руху. Проведені системні дослідження та запропоновані (а містах Вінниця, Кіровоград та Львів впроваджено) вдосконалені маршрутні мережі, що краще забезпечують потреби населення в переміщенні, вирішують проблему дисорганізації в організації дорожнього руху, та підвищують безпеку руху та екологічність міст.

Не дивлячись на те, що число маршрутних автобусів постійно зростає, якість обслуговування пасажирів не поліпшується. Основна причина полягає в тому, що маршрутна мережа маршрутних таксі, як правило, майже повністю дублює або заміняє автобусні та тролейбусні маршрути.

Постійний розвиток послуг транспорту висуває багато вимог як до перевізників, так і до самого транспорту. Одним із важливих аспектів розвитку автомобільного транспорту є застосування належного технічного рівня транспортних засобів з урахуванням вимог енергозбереження та безпеки руху [1]. Випадковим чином сформована маршрутна мережа штучно поставила пасажирський електротранспорт в невідгідне положення порівняно з маршрутними таксі (які, по суті, працюють як автобусні маршрути з суворо визначеними зупинками).

Для виходу зі сформованої ситуації необхідно провести:

- Формування організації дорожнього руху в м. Житомирі;
- сформувані маршрутну мережу, що відповідає потребам у переміщенні;
- розрахувати інтервали руху, вибрати транспортний засіб для забезпечення необхідного рівня пасажироперевезень та покращує екологію міста необхідний.

Метою даної роботи є визначення конструктивних параметрів для вибору автобуса, що забезпечить належний рівень пасажирських перевезень в м. Житомирі.

На основі аналізу літературних джерел [2] у якості оціночних параметрів міських автобусів обираємо наступні:

- Q – пасажиромісткість;
- V_T - технічна швидкість;
- L - дальність маршруту;
- G - повна маса;
- D - динамічний фактор;
- N - потужність двигуна;
- V_{max} - максимальна швидкість руху;
- $G_{p.m}$ - загальна витрата матеріалів (палива, робочих рідин, газів, змазок, змінних агрегатів; запасних частин і ін.) за одиничний рейс по запасу палива;
- K_z коефіцієнт заповнення салону транспортного засобу;
- ϕ .опір кочення;

Потрібно відмітити серйозну значущість вибраних параметрів, бо кожний з них може служити самостійним критерієм оцінки об'єкта для потреб практики [3].

Для досягнення заданих вимог необхідно провести оптимізацію вибору за даними параметрами, що задовольнить потреби в міських пасажирських перевезень:

1. Стосовно автобуса :

- конструктивні параметри автомобіля: пасажиромісткість, габаритні розміри, конструкції салону.
- максимальна потужність двигуна N_{max} ;

- максимальний крутний момент $M_{K_{max}}$ та частоти обертання колінчастого вала двигуна, що

відповідають максимальній потужності ω_N та максимальному моменту ω_M ;

- передаточні числа трансмісії;
- коефіцієнт корисної дії трансмісії η_m ;

2. Стосовно маршруту (основна магістральна вул. Київська):

- тип покриття дороги;
- категорії дороги.

Було проведено [4] комплексне обстеження пасажиропотоків та транспортних потоків по основній магістралі м. Житомир вулиці Київській. Силуетним методом визначені пасажирські потоки по вулиці Київській в прямому і зворотному напрямку та проаналізовані години-«пік» з урахуванням усього транспорту, що проходить по головній магістралі (рис.1).

За даними дослідження виявлено найбільші напруженості пасажиропотоку в години –«пік» з 8:00 до 9:00 та 19:00 до 20:00 години(табл.1).

Дослідження транспортних потоків [5] дозволило отримати дані розподілу за видами транспорту (рис.2) та визначити чинники перешкод сталому дорожньому руху. Кількість проїжджаючих транспортних засобів за 30 хвилин в один бік становить 344 одиниці, з яких більше 100 одиниць пасажирського транспорту. Це в свою чергу призводить до утворення заторів як на протязі усього руху, так і, особливо, в місцях зупиночних пунктів.

Встановлено, що автобуси та тролейбуси не можуть вільно пересуватись тримаючись правої смуги, це спричинено хаотично припаркованими автомобілями та розташуванням самих зупиночних пунктів на правій смузі.

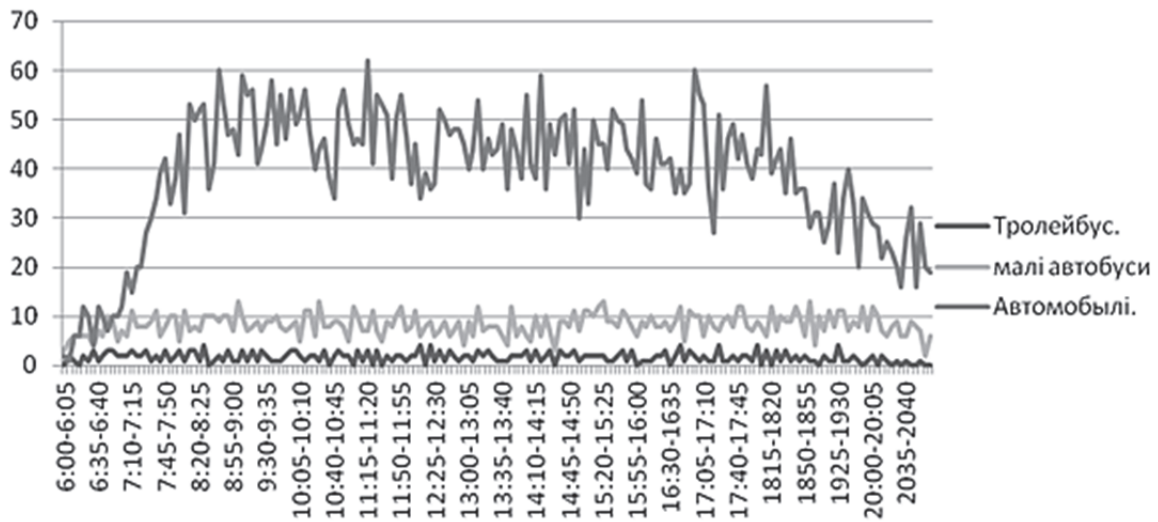


Рис.1. Пасажи́ропоті́к по вулиці Київській

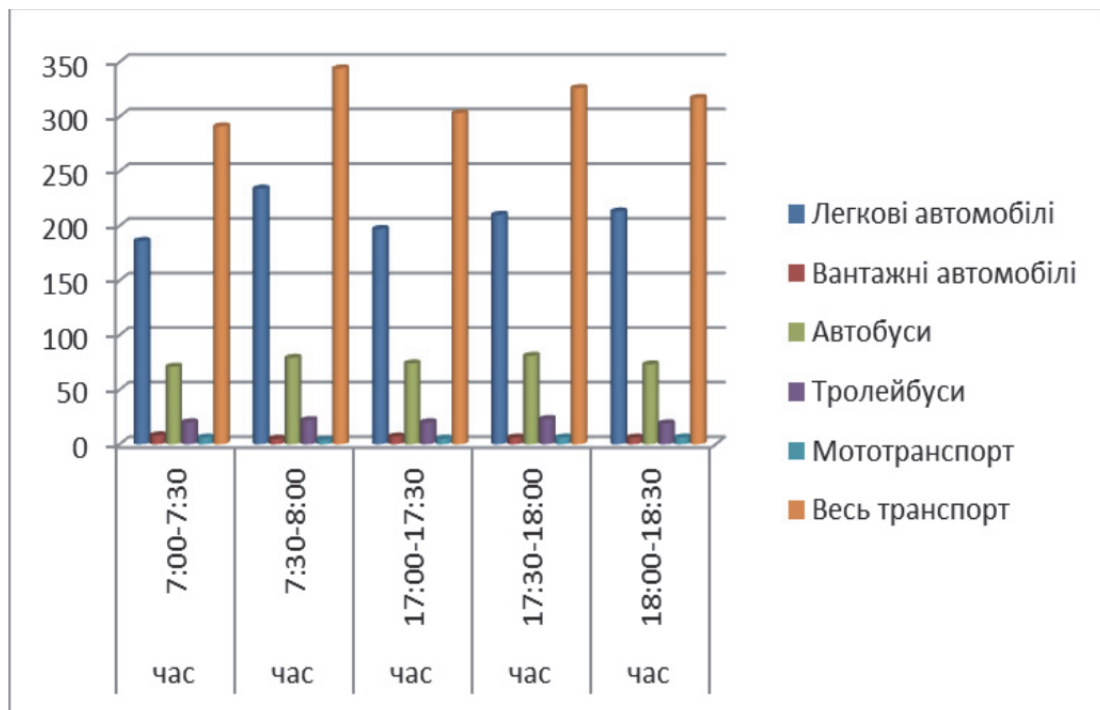


Рис.2. Розподіл транспортних потоків за видами ТЗ по вул. Київській в напрямку центра міста (7:00-8:00 та 17:00-18:30)

На основі проведених досліджень отримуємо параметри дорожнього руху такі як середня технічна швидкість по правій смугі руху , тривалість зупинки складає приблизно 15 с (0.25 хв.), відповідно середня технічна швидкість по лівій смугі руху (для порівняння в м. Вінниця середня технічна швидкість становить більше 20 км/год [6]), коефіцієнт заповнення салону транспортного засобу в середньому $K_z = 0,8$, ККД трансмісії $\eta_m - 0.85$ [], опір кочення $\phi = 0,025$, середнє необхідне прискорення для забезпечення «вклинювання» в потік транспортним засобом $a = 0,5$ (м/с²)

Параметри дослідженого пасажиропотоку [7]: пікова напруженість пасажиро потоку на вул. Київській – $Q_{max} = 4260$ чол./год, кількість тролейбусів 18 шт./год, кількість автобусів малої та середньої пасажиромісткості 112 шт./год.

Одним з найважливіших початкових етапів в оптимізації системи автомобіль-пасажир-навколишнє середовище, є первинна оптимізація потенційних властивостей автомобіля. На цьому етапі варіюють тільки конструктивними і режимними параметрами агрегатів автомобіля, причому

тільки тими, які впливають на зниження часу руху і витрати палива при русі автомобіля по горизонтальній дорозі з мінімальним коефіцієнтом опору коченню.

Рух на маршруті, в загальному випадку, складається з етапів розгону, рівномірного руху, гальмування (включаючи рух накатом). Найбільш вагомим для міських умов експлуатації автобуса є етап розгону. На його частку за попередніми даними доводиться за часом - 36%, по витраті палива - 65%. Розгін автобуса відбувається при відносно значних прискореннях і неусталеному режимі роботи двигуна.

Вибору кількості місткості та технічній компоновці транспортного засобу для роботи на маршруті присвячені роботи ряду дослідників [8,9,10,11,12]. При цьому необхідну кількість автобусів визначається згідно [12] за формулою:

$$A_M = \frac{T_0 Q_{\max}}{N},$$

де Q_{\max} - пасажиропотік на найбільш завантаженому ділянці маршруту на годину «пік»;

N - повна номінальна місткість автобуса;

T_0 - час оборотного рейсу.

При організації нових маршрутів, коли відома величина пасажиропотоку, потрібна кількість автобусів на початковий період можна визначити орієнтовно за часом оборотного рейсу, прийнятому інтервалу I :

$$A_M = \frac{T_0}{I}$$

Для покращення організації дорожнього руху по центральній магістральній вул. Київській, посиляючись на досвід європейських міст, необхідно на пасажирських маршрутах залишити електротранспорт, а малі автобуси замінити великими із збільшенням інтервалу руху. При цьому вже на сьогодні існуючі троллейбусні маршрути можуть забезпечити при повному використанні пасажиромісткості тролейбуса приблизно 1500 чол./год. Іншу частину пасажиро потоку необхідно забезпечувати великими автобусами:

$$Q_{ат} = Q_{\max} - Q_{тр}$$

Якщо попередньо прийняти інтервал i_x руху такий самий як у тролейбусів $i_a = i_{тр}$, отримаємо частку пасажиропотоку, яка припадає на великі автобуси $Q_{ат}$:

$$Q_{ат} = Q_{\max} - Q_{тр} = 4260 - 1500 = 2760 \text{ чол.}$$

де $Q_{тр}$ - максимальний пасажиропотік, що може задовольнити електротранспорт

Приймаючи номінальну пасажиромісткість автобуса $A_{ат} = 90$ чол., проводимо розрахунок пасажиромісткості салону $N_{ат}$:

$$N_{ат} = \frac{Q_{ат}}{A_{ат}} = \frac{2760}{90} = 31 \text{ чол.}$$

При попередньому виборі двигуна та трансмісії міського автобуса важливо щоб, двигун мав високий крутний момент в межах малої кількості обертів, що в сою чергу обумовлено частими зупинками та розгонами на лінії міських пасажирських маршрутах.

Основними вимогами для даних розрахунків маємо $V_{\max} = 60-90$ км/год, прискорення $a \geq 0,5$ (м/с²) та екологічні норми Euro 3 - Euro 5.

За отриманими даними попередні проведені розрахунки початкових характеристик міського автобуса (Табл1), що задовольняють потребам пасажирів у переміщенні основною магістраллю м. Житомира становлять:

Параметр	Характеристика
Потужність двигуна, к.с	від 120
крутний момент, Нм	550-800
Формула дверей автобуса	1-2-2, 2-2
К-сть місць для сидіння	24-32
К-сть місць номінальна	90

Таким чином попередньо запропоновано замінити середні та малі маршрутні ТЗ на великі автобуси CityLAZ-10LE Львівського автобусного заводу, які мають номінальну пасажиромісткість 89 чоловік, потужність двигуна 180-190к.с. та відповідають вимогам міського транспорту та європейським стандартам екології Euro 3.

Для задоволення потреб в перевезенні пасажирів основною магістраллю м. Житомир в годину «пік» необхідно 31 автобуси великої пасажиромісткості замість існуючих 122 автобусів малої та середньої пасажиромісткості та 18 тролейбусів.

Висновки:

1. Відсутність наукового аналізу, обґрунтування маршрутів пасажирського транспорту та не раціонального вибору транспортних засобів призвело до зниження ефективності, якості пасажироперевезень та до порушення організації вуличного руху по головним магістралям м. Житомир (утворення заторів, підвищення аварійності, зниження швидкості сполучення).

2. Вибрано основні оціночні параметри транспортних засобів категорії М₂, що враховують основні експлуатаційні властивості – пасажиромісткість, динамічність, економічність.

3. Для вирішення проблеми пропонуємо:

- Розробити концепцію міської транспортно-пасажирської мережі, що враховує реальну картину потреб населення в переміщенні та організацію дорожнього руху з урахуванням заміни малих та середніх автобусів на великі.

- Впровадити результати дослідження та вибору рухомого складу в транспортно-пасажирську мережу м. Житомира.

1. Бурдаков В.Д. Квалиметрия транспортных средств. Методика оценки эффективности использования / Бурдаков В.Д. - М.: Издательство стандартов, 1990. – 160 с.

2. Рудзінський В.В., Мельничук С.В., Рафальський О.І., Шумляківський В. П. / Дослідження стану пасажироперевезень в місті Житомирі, аналіз проблеми / / Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. - 2014. - № 2. - С. 117-122.

3. Рафальський О.І. Дослідження стану пасажирських перевезень у м. Житомир/О.І.Рафальський // Вісник ЖДТУ. – Житомир, 2012. - №3, С.164-164.

4. Маяк М.М. и Мельничук С. В., Рафальський О.І. Стан пасажироперевезень у м. Житомирі: Тези міжвузівської науково-практичної конференції, присвяченої Дню науки ЖДТУ Т.1., С. 19-20.

5. Архипов С. Г. Повышение эффективности технической эксплуатации городских автобусов за счет рациональной адаптации их к условиям маршрута движения: Автореф. Дисс. канд. техн. наук. М. 1999.-19 с.

6. Маяк М.М., Мельничук С.В., Кравченко О.М., Рафальський О.І. Оптимізація вибору рухомого складу для пасажирських автомобільних перевезень в м. Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 143/2013. Серія: Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 143/2013. Серія: машиноприладобудування та транспорт. — Севастополь, 2013.

7. В. А. Гудков Пасажирские автомобильные перевозки: Учебник для вузов / [В.А.Гудков и др.]. –М.: Телеком, 2004. – 448 с.

8. Афанасьев Л.Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки: Учебник для вузов/ Л.Л. Афанасьев, Н.Б. Островский, СМ. Цукерберг-М.: Транспорт, 1984. - 333 с.

9. Страментов А.Е. Городской транспорт/ А.Е. Страментов, В.Г. Сосянс, М.С. Фишельсон - М.: Стройиздат, 1969 - 415 с.

10. Шефтер А.И. Обоснование и разработка нормативов минимальной обеспеченности пассажирскими транспортными средствами городского транспорта общего пользования - М., 2003. - 61 с.

11. Дуднев Д.И. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом: учеб. пособие / Дуднев Д.И., Климов М.И., Менн А.А. - М.: Транспорт, 1974. - 296 с.

12. Блатнов М.Д. Пассажиры автомобильные перевозки / М.Д. Блатнов. – : Транспорт, 1981. – 198 с.

REFERENCES

1. Burdakov, V. (1990). *Qualimetry vehicles. Methods of assessing the effectiveness of use.* [Kvalimetrija transportnyh sredstv. Metodika ocenki jeffektivnosti ispol'zovanija]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 160 p.
2. Rudzins'kij, V., Mel'nichuk, S., Rafalskij, A. & Shumljakivskij, V. (2014). Research of the passenger in Zhytomyr, problem analysis. *Advances in mechanical engeneering and transport.* [Suchasni tehnologii v mashinobuduvanni ta transporti]. Vol. 2. Lutsk, pp. 117-122.
3. Rafal's'kij, A. (2012). Research of passenger transport in the city. Zhitomir / [Doslidzhennja stanu pasazhirs'kih perevezen' u m. Zhitomir]. *Visnik ZHDTU.* №3. Zhitomir, pp. 164 -164.
4. Majak, M., Mel'nichuk, S. & Rafal's'kij, A. Transport in the city. Zhitomir [Stan pasazhiropervezen' u m. Zhitomiri]. *Tezi mizhvuzivs'koï naukovo-praktichnoï konferencii, prisyjachenoi Dnju nauki ZHDTU.* Vol. 1., pp. 19-20.
5. Arhipov, S. (1999). *Improving the efficiency of the technical operation of buses by their rational adaptation to the conditions of the route dvizheniya* [Povyshenie jeffektivnosti tehnichekoj jekspluatacii gorodskih avtobusov za schet racional'noj adaptacii ih k uslovijam marshruta dvizhenija]: Avtoref. Diss. kand. tehn.nauk. Moscow, 19 p.
6. Majak, M., Mel'nichuk, S. & Rafal's'kij, A. (2013). Optimization of choice of rolling stock for passenger road transport/ [Optimizacija viboru ruhomogo skladu dlja pasazhirs'kih avtomobil'nih perevezen'] *Visnik SevNTU: zb. nauk. pr. Serija: mashinoprikladobuduvannja ta transport.* Vol. 143. Sevastopol'.
7. Gudkov, V. (2004). *Passenger road transport.* [Pasazhirs'kie avtomobil'nye perevozki]: Uchebnik dlja vuzov Moscow, Telekom Publ., 448 p.
8. Afanas'ev, N., Ostrovskij, S. & Cukerberg, M. (1984). *Integrated transport system and road transport.* [Edinaja transportnaja sistema i avtomobil'nye perevozki]. Uchebnik dlja vuzov. Transport publ., 333 p.
9. Stramentov, V. & Sosjans, M. (1969). *Urban transport.* [Gorodskoj transport]. Moscow, Strojizdat Publ., 415 p.
10. Shefter, A. (2003). *Justification and development of minimum security standards for passenger vehicles, urban public transport.* [Obosnovanie i razrabotka normativov minimal'noj obespechennosti passazhirs'kimi transportnymi sredstvami gorodskogo transporta obshhego pol'zovanija]. Moscow, 61 p.
11. Dudnev, D., Klimov, M. & Menn, A. (1974). *Organization of passengers' transportation by road transport.* [Organizacija perevozok passazhirov avtomobil'nym transportom]. Moscow, Transport Publ, 296 p.
13. Blatnov, M. (1981). *Passenger road transportation.* [Passazhirs'kie avtomobil'nye perevozki]. Transport Publ., 198 p.

Н.Н. Маяк, С.В. Мельничук, О.І.Рафальський. «Оптимизация выбора подвижного состава для пассажирских автомобильных перевозок по магистральных улиц г. ЖИТОМИР».

За последние годы на улицах Житомира появилось десятки новых автобусных маршрутов, на которых работают автобусы малого и среднего классов. Новые маршруты открывались без научного обоснования, что может базироваться только на исследовании пассажиропотоков. Использование большого количества малых и средних автобусов на относительно тесных улицах города, привело к нарушению организации дорожного движения, повышению аварийности и образованию заторов в центральной части города, является традиционной проблемой и большинства других городов Украины.

Целью данной работы является определение конструктивных параметров для выбора автобуса, обеспечит надлежащий уровень пассажирских перевозок в г. Житомире.

Проанализировано состояние перевозки пассажиров и организации дорожного движения по магистральным улицам г. Житомира. Проведено исследование скоростных параметров движения транспортных средств, курсирующих автобусными пассажирскими маршрутами и представлены предварительные выводы и рекомендации по обеспечению потребностей в перевозке, и выбора рационального вида транспортного средства.

Одним из важных аспектов развития автомобильного транспорта является применение надлежащего технического уровня транспортных средств с учетом требований энергосбережения и безопасности движения.

Было проведено комплексное обследование пассажиропотоков и транспортных потоков по основной магистрали г. Житомир улице Киевской. Силуэтным методом определены пассажирские потоки по улице Киевской в прямом и обратном направлении и проанализированы время- «пик» с учетом всего транспорта, проходящего по главной магистрали. Что тем самым дало возможность расчета транспортного средства для работы на городских магистральных улицах.

Выводы:

1.Отсутствие научного анализа, обоснования маршрутов пассажирского транспорта, но не рационального выбора транспортных средств привело к снижению эффективности, качества пассажироперевозок и к нарушению организации уличного движения (образование заторов, повышения аварийности, снижение скорости сообщения).

2.Вибрано основные оценочные параметры транспортных средств, учитывающие основные эксплуатационные свойства транспортных средств - пассажироместимость, динамичность, экономичность.

3. Для решения проблемы предлагаем:

-разработать Концепцию городской транспортно-пассажирской сети, учитывающий реальную картину потребностей населения в перемещении и организации дорожного движения.

-воплотить результаты исследования и выбора подвижного состава в транспортно-пассажирскую сеть г. Житомир.

M. Maiak, S. Melnychuk, O. Rafalskyi. «Optimization of selection of fleet for passenger transportation on streets in Zhytomyr city».

Last years on the streets of Zhytomyr city dozens of bus-routes appeared with buses of small-rate and middle classes. New routes started without any scientific justification, which may be based only on *research of passenger flow*. The application of great number of small-rate and middle class buses on relatively narrow streets of the city lead to violation of traffic, increase of accidents and formation of jams in central part of the city which is a traditional problem of majority of other cities of Ukraine.

The purpose of this paper is determination of *reasonable parameters* for the selection of bus, ensuring proper level of *passenger transportation* in Zhytomyr city.

This analyzed the condition of transportation of passengers and organization of *traffic* on the main streets of Zhytomyr city. A study of speed parameters of vehicle traffic that is routed by passenger buses and presented preliminary findings and recommendations on the needs in traffic, and rational selection of type of vehicle.

One of the most important aspects of road transport is the use of appropriate technological level of vehicles to meet the requirements of energy saving and safety.

There have been a comprehensive survey and passenger traffic on the main street of Zhytomyr city: Kyiv Street. The Silhouette method determined by passenger flows on Kyiv Street in a forward and reverse ways and analyzed "rush hours" taking into account all vehicle passing along the main street.

Conclusions:

1. Lack of scientific analysis, study routes and passenger transport is not a rational choice of vehicles has led to a decrease in efficiency, quality and passenger organizations to disruption of traffic (congestion formation, increased accidents, reduced connection speed).

2. Selected basic evaluation parameters vehicles that take into account the basic operational properties of vehicles - passenger capacity, dynamics, economy.

3. We suggest the following to solve the problem:

- To develop the concept of urban transport and passenger network, taking into account the real needs of the people in the picture and move traffic management.

- Implement research results and the choice of rolling stock in *passenger transport and network of Zhytomyr city*.

АВТОРИ:

Маяк Микола Михайлович, д.т.н., професор кафедри „Автомобілі і механіка технічних систем”, Житомирський державний технологічний університет;

Мельничук Сергій Володимирович, к.т.н., доцент кафедри „Автомобілі і механіка технічних систем”, Житомирський державний технологічний університет; e-mail: s.v.melnichuk@ztu.edu.ua

Рафальський Олексій Ігорович асп., асистент кафедри „Автомобілі і механіка технічних систем”, Житомирський державний технологічний університет; e-mail: lesha-rafa@meta.ua

AUTHORS:

N. MAIAK, Ph.D. in Engineering, Professor of the Department of Automobiles and Technical System Mechanics, Zhytomyr State Technological University;

S. MELNYCHUK, Ph.D. in Engineering, Assoc. Professor of the Department of Automobiles and Technical System Mechanics, Zhytomyr State Technological University; e-mail: s.v.melnichuk@ztu.edu.ua

A. RAPHALSKYI, postgraduate student, assistant of the Department of Automobiles and Technical System Mechanics, Zhytomyr State Technological University; e-mail lesha-rafa@meta.ua

Стаття надійшла в редакцію 05.09.2015р.