

Хітров І.О., Кристопчук М.Є., Пашкевич С.М.

*Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна*

## **ОЦІНОЧНІ ПОКАЗНИКИ РОЗВИТКУ МАРШРУТНОЇ СИСТЕМИ ГРОМАДСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ МІСТА ДУБНО**

Системи міського пасажирського транспорту займають особливе місце в загальній структурі пасажирського транспорту, що пояснюється безупинним підвищенням ролі міст у житті суспільства, обумовленого розподілом праці та концентрацією виробництва. Зміни в житті України призвели до значної модифікації структури потреб населення в перевезеннях і перебудові маршрутних систем більшості українських міст, яка найчастіше носила стихійний характер. У той же час прийняття рішень про зміну маршрутних систем являє собою складну задачу, що торкається інтересів великої кількості городян та має значне соціальне й економічне значення. Створення інформаційної бази міста передбачає збір вихідних даних про транспортну мережу, характеристики вулично-дорожньої мережі і попиту на переміщення пасажирів.

При цьому вибір маршрутів руху громадського транспорту, що входять у систему, відбувається на основі попередньої оцінки ефективності її функціонування. На підставі пасажиропотоків за кожним маршрутом розраховується раціональна кількість транспортних засобів, техніко-економічні і техніко-експлуатаційні показники роботи на маршрутах.

У роботі представлено аналіз оціночних показників функціонування пасажирської системи міста Дубно, дано їх характеристику, намічено шляхи покращення ефективності функціонування на перспективу.

**Ключові слова:** транспортна інфраструктура, міський пасажирський транспорт, транспортна мережа, показники міської маршрутної системи, потоки переміщення пасажирів.

### **ВСТУП**

Соціально-економічне зростання України, функціонування всіх галузей народного господарства, неможливе без транспортного сектору. Саме автомобільним транспортом забезпечується задоволення потреб в переміщенні вантажів і рухливості населення. Для більшості жителів міський пасажирський є вкрай важливим засобом досягнення місця призначення.

Ефективне функціонування системи перевезень пасажирів з транспортним забезпеченням залежить від прийнятого рівня якості надання послуг. Потребують негайного вирішення завдання щодо якісної організації і оцінки роботи міського пасажирського транспорту для сталого розвитку міст.

### **АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ**

У даний час накопичено значний досвід виконання комплексних досліджень з оцінкою ефективності функціонування міського пасажирського транспорту, результати яких представлені в наукових працях зарубіжних і вітчизняних вчених [1-5].

Стійкість та безпека функціонування транспортного комплексу міста є однією з головних задач при розробці стратегії розвитку населеного пункту. В цьому контексті, важливими стають процеси виявлення проблемних ділянок вулично-дорожньої мережі та пошуку можливих резервів для забезпечення адекватної роботи транспортної інфраструктури.

### **ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Функціонування міської мобільності в першу чергу впливає на задоволення попиту на перевезення і характеризується низькою чинників розвитку мережі транспорту, як територіально і в часовому просторі при взаємодії всіх та окремих маршрутів. Розвиток маршрутної системи дозволить скоротити витрати часу на переміщення пасажирів, ефективність використання транспортних засобів та на ефективність (економічність) фінансової діяльності перевізника.

Розвиток інфраструктури міста, його демографічного, соціально-економічного прояву потребує постійного аналізу рівня розвитку. Одним з ключових елементів є регулярний контроль показників міських пасажирських перевезень, які можуть бути визначені шляхом комплексного їх обстеження.

### **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Показники розвитку маршрутної системи, які вирішуються при плануванні транспортної інфраструктури беруть за основу цільової функції або в якості її обмежень.

Основними показниками міської маршрутної системи пасажирського транспорту є:

1. транспортна рухливість населення  $P_{тр}$
2. сумарна середня довжина маршруту ( $l_{сер}$ , км), розрахована за окремими видами транспорту;
3. маршрутний коефіцієнт ( $K_{мар}$ ), який характеризує насиченість території мережею міського

транспорту і водночас доступність знаходження зупинок (часу підходу пасажирів);

4. коефіцієнт непрямолінійності маршрутів ( $K_{нт\_мар}$ ), який характеризує ступінь прямолінійності маршрутів і впливає на затрати часу на переміщення маршрутом;

5. Швидкість маршрутного сполучення, який характеризується організацією дорожнього руху.

Транспортна рухливість міського населення  $\Pi_{тр}$  визначає річну кількість поїздок населення міським пасажирським транспортом з розрахунку на одного жителя [6]

$$\Pi_{тр} = \frac{Q}{N_{нас}}. \quad (1)$$

де  $Q$  – річний обсяг перевезень, тис. пас.;

$N_{нас}$  – чисельність населення міста, тис. пас.

Довжина маршруту руху визначає режим роботи водія маршрутки, ступінь використання пасажиромісткості рухомого складу, його експлуатаційну швидкість, витрати пального та інші складові економічної діяльності перевізника.

Короткі маршрути простіше в організації, економічно вигідніші, втім вони підвищують коефіцієнт пересадочності, мають відносно меншу експлуатаційну швидкість та ступінь використання пасажиромісткості рухомого складу. У протиположності, довгі маршрути збільшують безпересадочність сполучення, експлуатаційну швидкість та забезпечують менші експлуатаційні витрати на організацію руху [1].

Відношення сумарної довжини всіх маршрутів ( $L_{сум\_мар}$ , км) до загальної довжини маршрутної мережі ( $L_{мар}$ , км) описується маршрутним коефіцієнтом  $K_{мар}$  [6, 7]

$$K_{мар} = \frac{L_{сум\_мар}}{L_{мар}}. \quad (2)$$

За величиною маршрутного коефіцієнта можна оцінити ступінь дублювання маршрутів існуючої маршрутної мережі міста. Велике значення маршрутного коефіцієнту, з одного боку, зменшує пересадочність поїздок, а з іншого, за незмінних умов, збільшує інтервали руху на маршрутах і, відповідно, тривалість очікування пасажирів посадки на зупинках. Рекомендована величина маршрутного коефіцієнту транспортної мережі повинна становити 1,5-3,5.

Відношення довжини маршрутної мережі ( $L_{мар}$ , км) до сельбищної площі міста ( $F_{с\_м}$ , км<sup>2</sup>) описується щільністю маршрутної мережі  $\delta$  [6, 7]

$$\delta = \frac{L_{мар}}{F_{с\_м}}. \quad (3)$$

Для повноцінного функціонування транспортної інфраструктури щільність маршрутної мережі повинна становити 1,5-2,5 [8].

Відношення довжини маршруту ( $l_{мар}$ , км) до загальної повітряної лінії довжини маршруту ( $l_{нов\_мар}$ , км) описується коефіцієнтом прямолінійності маршрутів  $K_{нт\_мар}$  [9]

$$K_{нт\_мар} = \frac{l_{мар}}{l_{нов\_мар}}. \quad (4)$$

Середньозважений коефіцієнт прямолінійності маршрутів становить 1,2-1,3 [9].

На величину швидкості руху впливає низка факторів, серед яких [9]: частота зупинок на маршруті (для здійснення пасажирообміну або викликаних засобами регулювання дорожнього руху), тягово-динамічні якості рухомого складу та конструктивні особливості його пристроїв для посадки та висадки пасажирів, інтенсивність пасажирообміну, інтенсивність транспортного потоку та дорожні умови, досвід та психофізіологічний стан водія.

Рекомендована швидкість руху міського пасажирського транспорту повинна становити в межах 17-20 км/год [8].

За допомогою епюр пасажиропотоків транспортній мережі здійснюється розрахунок необхідної

кількості транспортних засобів за напрямками руху. Величини пасажиропотоків непостійні, вони змінюються, мають значну нерівномірність. Ступінь їх нерівномірності оцінюється за допомогою коефіцієнта нерівномірності  $K_n$ , який представляє собою відношення максимальної потужності пасажиропотоку  $Q_{max}$  за розрахунковий період часу до середньої потужності пасажиропотоку  $Q_c$  за цей період часу [7]

$$K_n = \frac{Q_{max}}{Q_c}. \quad (5)$$

Місто Дубно є одним із малих міст Західного регіону України. Дубно входить до складу Рівненської області і розміщене в південно-західній частині. Місто є центром Дубенського району Рівненської області. Місто має важливі автомобільні шляхи державного та європейського значення, зокрема, М-06 (Київ-Чоп), М-19 (Ковель, Брест), Е40 і Е85 та ін.

Транспортна магістральна мережа міста Дубно сформована основними меридіональними (зокрема, вул. Шевченка, Сурмичі, Семидубська) та широтними (Залізнична, Мирогощанська) вулицями (рис. 1). Частково територією міста проходить об'їзна дорога.

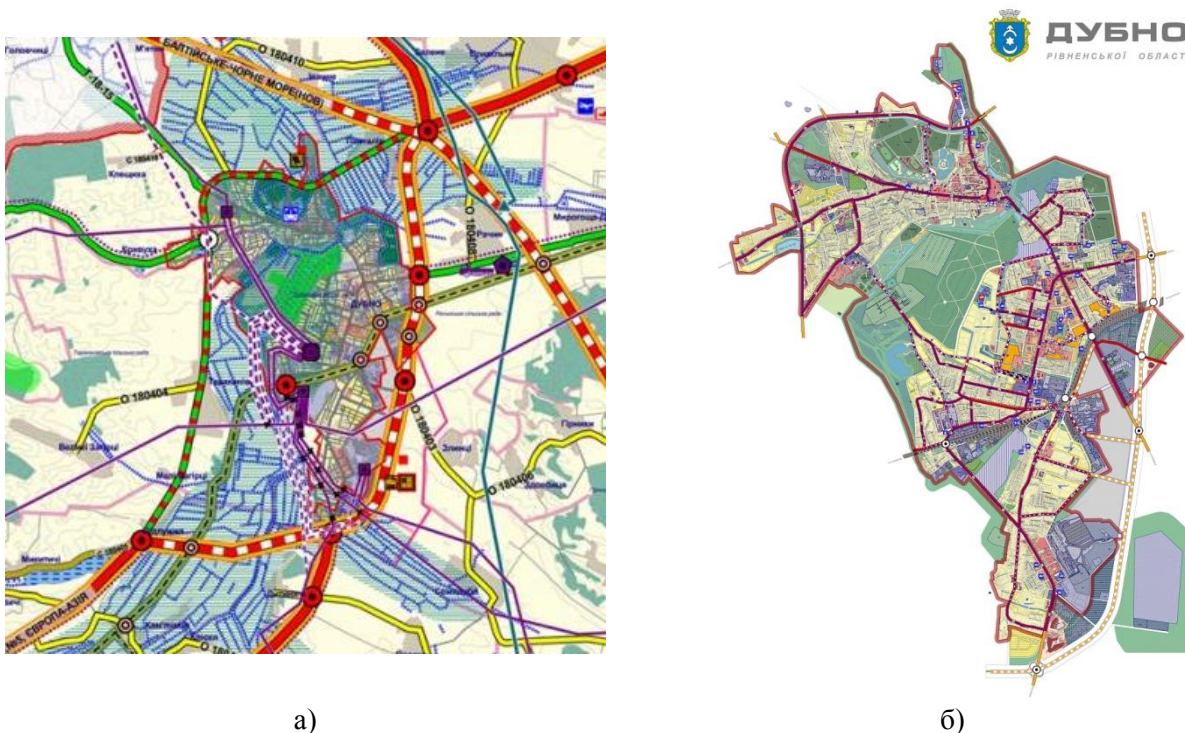


Рисунок 1 – Місто Дубно з його головними автомобільними шляхами (а) та вулично-дорожньою мережею (б) [10]

Важливими об'єктами інфраструктури для організації і безпеки перевезень пасажирів є наявність трьох мостових переходів (водопропускна канава вул. Львівська і вул. Михайла Грушевського та через річку Ікву по вул. Замковій).

Особливістю планування міста Дубно є наявність електрифікованої залізниці із розгалуженою системою колій. Зокрема функціонують три переїзди. Щодо організації перевезень пасажирів містом вкрай важливим є залізничний переїзд сторону Цукрового заводу, який розміщений на перетині вулиці Залізничної та Страклівської.

Система функціонування пасажирського транспорту міста Дубно направлена на задоволення трудових, культурно-побутових та інших видів потреб в пересуванні пасажирів. Зокрема передбачено 30 громадських (автобусних) маршрутів із звичайним режимом руху. Загальна протяжність всіх маршрутів в обидві сторони становить близько 174 км. Громадський транспорт здійснює перевезення пасажирів вулично-дорожньою мережею з двостороннім рухом.

Враховуючи специфічні особливості вулично-дорожньої мережі, відзначимо, що більшість маршрутів мають спільні ділянки проходження (рис. 2). До таких ділянок з найбільшою кількістю

маршрутів відносяться вулиці Сурмичі, Забрама, Данила Галицького. Відзначимо, що планувальна характеристика мережі вулиць не дозволяє розмежувати маршрути руху пасажирського транспорту без уникнення їх дублювання.

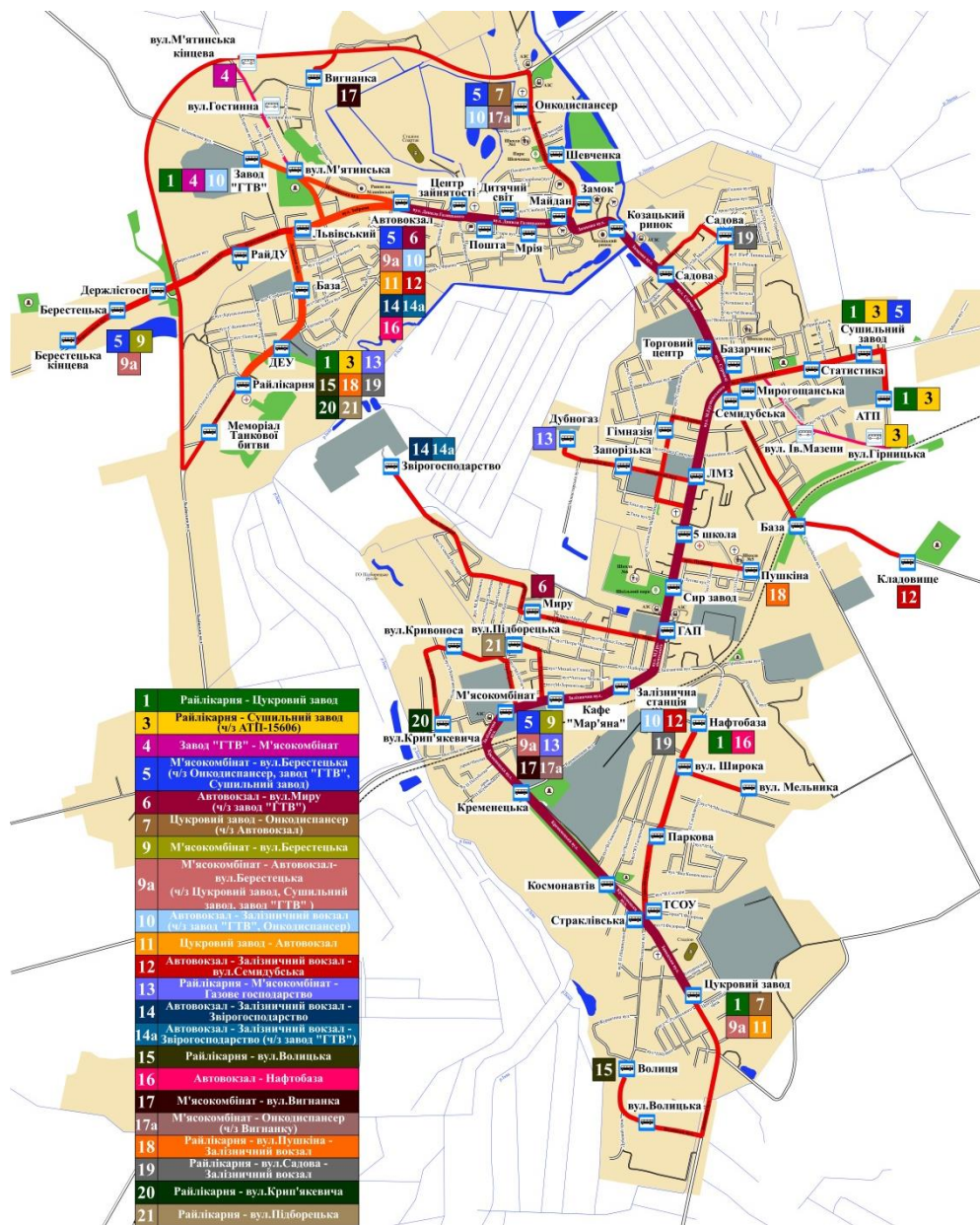


Рисунок 2 – Загальна схема руху міського пасажирського транспорту міста Дубно

Оцінимо ефективність функціонування системи перевезень пасажирів міста Дубно.

Поїздки конкретного пасажиря носять імовірнісний характер. Враховуючи планувальні особливості міста в середньому за рік становить 167 поїздок, що відповідає потребам малого міста.

В основному транспортна маршрутна мережа міста за окремими маршрутами характеризується незначною їх довжиною в межах 6-14 км. З огляду на це, дані маршрути простіші в організації та економічно вигідніші (порівняно з довгими).

Оціночна величина маршрутного коефіцієнта  $K_{мар}$  становить 2,35, що свідчить про задовільний рівень розвиненості маршрутної мережі міста і підкреслює значне дублювання маршрутів існуючої маршрутної мережі міста.

Щільність маршрутної мережі  $\delta$  становить 2,5, що вказує на розвиненість маршрутної мережі малого міста.

Розрахункове значення коефіцієнта прямолінійності маршрутів  $K_{пн\_мар}$  становить від 1,8 до 5,1 і характеризується як помірно прямолінійні.

Швидкість поїздки на маршруті (сполучення) визначається головним чином часовим періодом руху пасажирів до місця призначення, від кількості зупинок на маршруті, технічного стану транспортного засобу, дорожньої ситуації. Оціночна середня швидкість руху становить 18-20 км/год з його максимальним значенням до 28-32 км/год.

Маршрути громадського транспорту починають функціонувати починаючи з 5-6 години зранку і закінчуються о 22-23 годині. Тривалість рейсу найбільша 40 хв. для маршруту слідування «Цукровий завод-Районна лікарня», найменша – 15 хв. «М'ясокомбінат – вул. Берестецька».

При дослідженні похвилинного розкладу руху міського пасажирського транспорту відмічене часове накопичення автобусів за однаковим часом їх прибуття на зупинки, наприклад, на зупинці «Базарчик» в напрямку Цукрового заводу.

Навантаження транспортної мережі міста Дубно характеризується нерівномірним часовим розподілом пасажиропотоків, які в свою чергу визначаються потужністю всієї системи (рис. 3).

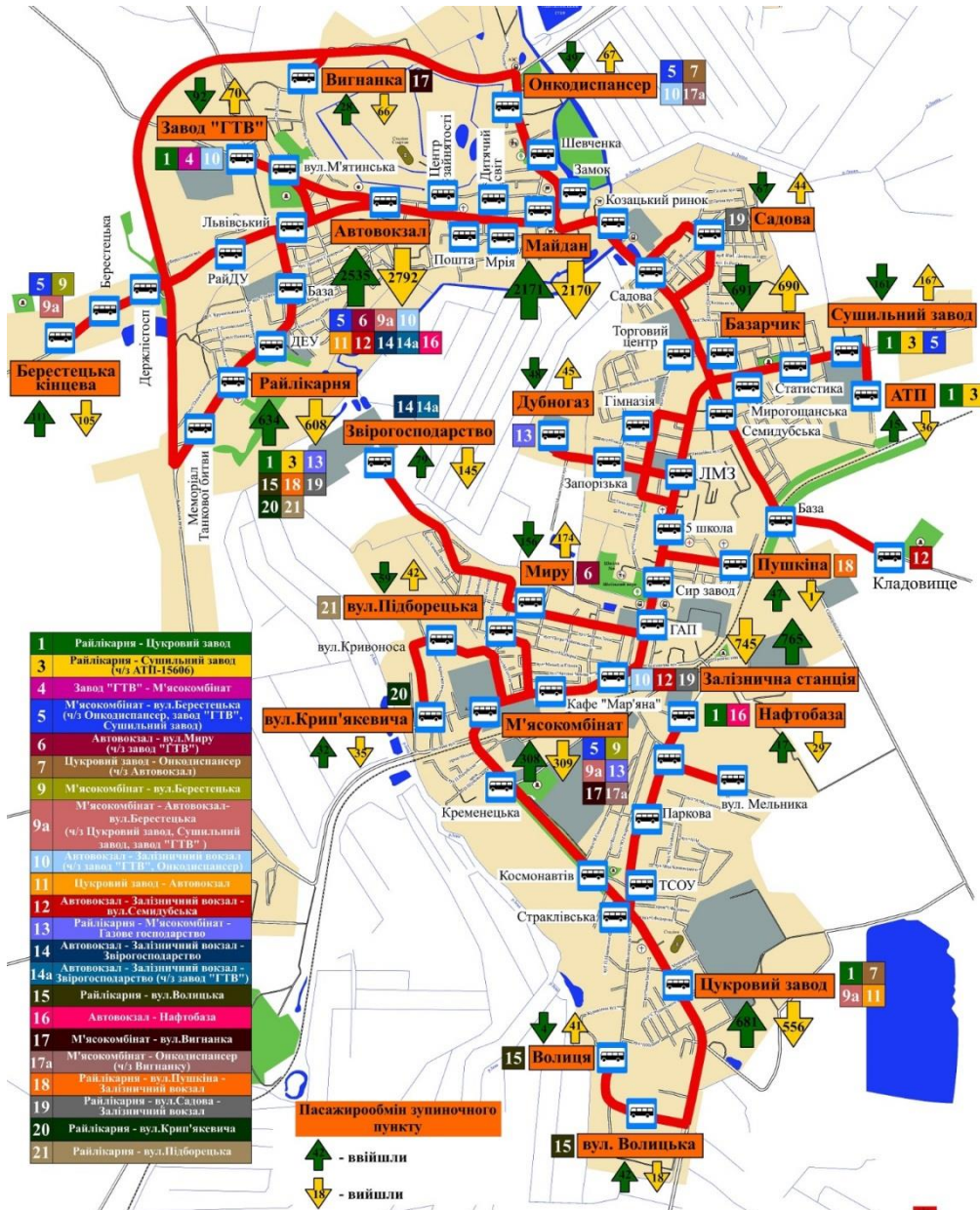


Рисунок 3 – Сумарні добові потоки переміщення пасажирів містом Дубно на зупиночних пунктах

Коефіцієнти нерівномірності пасажиропотоків мають такі значення:

- коэффициенти нерівномірності за годинами доби 1,5-2,0;
- коэффициенти нерівномірності за днями тижня 1,1-1,25;
- коэффициенти нерівномірності за напрямками 1,3-1,6.

На основі аналізу кількості перевезених пасажирів маршрутами руху (наприклад, «Цукровий завод – Районна лікарня») міста Дубно, встановлено, що в ранкові і вечірні періоди кількість перевезених пасажирів сягає максимуму (навіть і більше на 10-20%) паспортної технічної пасажиромісткості транспорту. Це в свою чергу негативно впливає на якість перевезень і потребує правильної організації перевезень, одним з напрямів реалізації якої є збільшення пасажиромісткості в особливі періоди.

В місті Дубно рух громадського транспорту здійснюється найрозповсюдженішими транспортними засобами ПАЗ-4234, БАЗ А079.04, БАЗ А079.14, БАЗ А079.23, Богдан А069.21, ЗАЗ А07А11-VAN. Щодо вікового складу транспортних засобів, відзначимо, що більшість транспортних засобів вже мають термін експлуатації 10-12 років (64%) і більше. Загальна пасажиромісткість основних і резервних маршруток в основному складає 40-42 пасажири. Нажаль, тільки один автобус обладнано для перевезення осіб з індивідуальними потребами.

### **ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Функціонування міської мобільності в першу чергу впливає на задоволення попиту на перевезення і характеризується низькою чинників розвитку мережі транспорту, як територіально і в часовому просторі при взаємодії всіх та окремих маршрутів.

Розвиток маршрутної системи дозволить скоротити витрати часу на переміщення пасажирів, ефективність використання транспортних засобів та на ефективність (економічність) фінансової діяльності перевізника. Соціальний аспект удосконалення організації міських пасажирських перевезень неможливий без урахування інтересів пасажирів (споживачів транспортних послуг). Механізм покращень міських перевезень в більшості регулює відомчі економічні відносини, а також ресурсні можливості транспортних перевізників.

Отримані дані дозволять визначити пріоритетні напрями та спрогнозувати заходи на покращення функціонування міської пасажирської транспортної системи для умов сталого розвитку міста.

### **ВИСНОВКИ**

Формування раціонального варіанту маршрутної мережі міста базується на об'єктивних даних про потреби населення у пересуваннях та сучасних методах моделювання процесу перевезення пасажирів маршрутним транспортом на основі встановлених показників пасажирських перевезень (комплексне обстеження необхідно проводити кожні 3-5 років). Першочергово необхідно забезпечити якісні показники надання послуг з перевезення, які направлені на безпечність перевезень, комфортність, екологічність, тощо. Для формування ефективної системи пасажирського транспорту необхідно знати не лише напрямки і величини (потужності) пасажиропотоків, а також ступінь їх нерівномірності. Як перспективний варіант маршрутної системи пропонується використання транспортних засобів раціональної пасажиромісткості та рекомендацій щодо необхідності корегування розкладів руху на маршрутах.

### **ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ**

1. Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. Теория городских пассажирских перевозок. Москва : Высш. школа, 1980. 534 с.
2. Formation and Distribution Flows of External Transport in the City / Krystopchuk M., Pashkevych S., Khitrov I., Tkhoruk Y. *Reliability and Statistics in Transportation and Communication. RelStat 2019. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2020. Vol 117. P. 141-150 Springer, Cham. DOI:10.1007/978-3-030-44610-9\_15.
3. Кристопчук М. Є. Соціально-економічна ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення : монографія. Рівне : НУВГП, 2012. 158 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1645> (дата звернення: 16.10. 2020)
4. Farber Steven, Liwei Fu. Dynamic Public Transit Accessibility Using Travel Time Cubes: Comparing the Effects of Infrastructure (dis)investments over Time. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2017. Vol. 62. P. 30-40. DOI:10.1016/j.compenvurbsys.2016.10.005.
5. Othayoth Darshana, Bhimaji K. Katti. Modelling Trip Distribution Using Fuzzy Logic Approach. *Transportation in Developing Economies*. 2017. Vol. 3. P. 157-168. doi:10.1007/s40890-017-0036-y.
6. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. Москва : Академия, 2010. 400 с.
7. Доля В. К. Пасажирськи перевезення. Харків : Вид-во «Форт», 2011. 504 с.
8. ДБН Б.2.2-12:2018. Планування і забудова територій. Київ : Міністерство регіонального

розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. 187 с.

9. Спирин И. В. Перевозки пассажиров городским транспортом. Москва : ИКЦ «Академкнига», 2004. 413 с.

10. Генеральный план. *Дубенська міська рада* : веб-сайт. URL: <https://dubno-adm.gov.ua/dubenchaniu/arkhitektura-ta-mistobuduvannja/generalnii-plan.html> (дата звернення 08.10.2020).

#### REFERENCES

1. Efremov Y. S., Kobozev V. M. & Yudyn V. A. (1980). *Teoriya horodskiykh passazhirskiykh perevozkok*. Moscow : Vyssh. shkola.

2. Krystopchuk M., Pashkevych S., Khitrov I. & Tkhoruk Y. Formation and Distribution Flows of External Transport in the City. Reliability and Statistics in Transportation and Communication. RelStat 2019. Lecture Notes in Networks and Systems. 117, 141-150. DOI:10.1007/978-3-030-44610-9\_15.

3. Krystopchuk M. YE. (2012). Sotsialno-ekonomichna efektyvnist pasazhyrskoyi transportnoyi systemy prymiskoho spoluchennya : monohrafiya. Rivne: NUWM. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1645>.

4. Farber Steven & Liwei Fu. (2017). Dynamic Public Transit Accessibility Using Travel Time Cubes: Comparing the Effects of Infrastructure (dis)investments over Time. Computers, Environment and Urban Systems. 62, 30-40. DOI:10.1016/j.compenvurbsys.2016.10.005.

5. Othayoth Darshana & Bhimaji K. Katti. (2017). Modelling Trip Distribution Using Fuzzy Logic Approach. Transportation in Developing Economies. 3, 157-168. doi:10.1007/s40890-017-0036-y.

6. Spirin Y. V. (2010). Orhanizatsiya i upravleniye passazhirskimi avtomobilnyimi perevozkami. Moscow : Akademiya.

7. Dolya V. K. (2011). Pasazhyrski perevezennya. Kharkiv : Vyd-vo «Fort».

8. DBN B.2.2-12:2018. (2018). Planuvannya i zabudova terytoriy. Kyiv : Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrayiny.

9. Spirin Y. V. (2004). Perevozki passazhirovi horodskim transportom. Moscow : YKTS «Akademkniha».

10. Heneralnyy plan. Dubenska miska rada : web-site. URL: <https://dubno-adm.gov.ua/dubenchaniu/arkhitektura-ta-mistobuduvannja/generalnii-plan.html>

#### ***I. Khitrov, M. Krystopchuk, S. Pashkevych. Estimated indicators of the development of the public passenger transport route system in Dubno.***

The development of the city's infrastructure, its demographic, socio-economic manifestation, requires a constant analysis of the level of development. The functioning of urban mobility primarily affects the satisfaction of transport demand and is characterized by a number of factors in the development of the transport network, both geographically and in time space with the interaction of all and individual routes.

The development of the route system will reduce the time spent on the movement of passengers, the efficiency of the use of vehicles and the efficiency (economy) of the financial activity of the carrier. The social aspect of improving the organization of urban passenger transport is impossible without taking into account the interests of passengers (consumers of transport services). The mechanism for improving urban transport in most cases regulates departmental economic relations, as well as the resource capabilities of transport carriers.

A key element is the regular monitoring of urban passenger transport indicators, which can be determined through a comprehensive survey. The data obtained will make it possible to identify priority areas and predict measures to improve the functioning of the urban passenger transport system for the conditions of sustainable development of the city.

The main indicators of the urban route system of passenger transport are: transport mobility of the population; total average route length; route coefficient (characterizes the saturation of the territory with the urban transport network and at the same time the availability of stopping locations); non-straightforward ratio of routes (characterizes the degree of straightforward routes and affects the time spent moving along the route); the speed of the route message.

The length of the route determines the mode of operation of the minibus driver, the degree of use of the passenger of the capacity of the rolling stock, its operational speed, fuel costs and other components of the carrier's economic activity.

By the value of the route coefficient, it is possible to estimate the degree of duplication of routes of the existing route network of the city. The large value of the route coefficient, on the one hand, reduces the number of transfers, and on the other, under constant conditions, increases the intervals of traffic on routes and, accordingly, the length of waiting for passengers to board at stops.

The speed is influenced by a number of factors, including: the frequency of stops on the route (for passenger exchange or caused by traffic control means), the traction and dynamic qualities of the rolling stock and the design features of its devices for boarding and disembarking passengers, the intensity of passenger exchange, the intensity of traffic flow and road conditions, experience and psychophysiological state of the driver.

**Key words:** transport infrastructure, city passenger transport, transport network, indicators of a city route system, streams of movement of passengers.

*ХИТРОВ Ігор Олександрович*, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: [i.o.khitrov@nuwm.edu.ua](mailto:i.o.khitrov@nuwm.edu.ua); <https://orcid.org/0000-0003-2310-1472>;

*КРИСТОПЧУК Михайло Євгенович*, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: [m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua](mailto:m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua); <https://orcid.org/0000-0002-8701-4469>;

*ПАШКЕВИЧ Світлана Михайлівна*, старший викладач кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: [s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua](mailto:s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua). <https://orcid.org/0000-0001-7667-8932>.

*Ihor KHITROV*, PhD, Associate Professor of the Transport Technology and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, e-mail: [i.o.khitrov@nuwm.edu.ua](mailto:i.o.khitrov@nuwm.edu.ua); <https://orcid.org/0000-0003-2310-1472>;

*Mykhailo KRYSTOPCHUK*, PhD., Associate Professor, Head of the Transport Technology and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, e-mail: [m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua](mailto:m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua); <https://orcid.org/0000-0002-8701-4469>;

*Svetlana PASHKEVYCH*, Senior Lecturer of the Transport Technology and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, e-mail: [s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua](mailto:s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua). <https://orcid.org/0000-0001-7667-8932>.

DOI 10.36910/automash.v2i15.402