

УДК 656.13

**В.В.Біліченко**

**Вінницький національний технічний університет  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ  
ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У М. ВІННИЦЯ**

*Запропоновано класифікацію маршрутів міських пасажирських перевезень за їх призначенням в загальній схемі маршрутів, визначено найбільш раціональні режими руху на цих маршрутах а також пасажиромісткість автобусів на них. Обґрунтовано доцільність використання евристичного алгоритму формування маршрутної мережі. Наведено результати вдосконалення маршрутної мережі пасажирських перевезень у м. Вінниця.*

**Ключові слова:** пасажирські перевезення, маршрут, маршрутна мережа, режим руху, пасажирські перевезення, типи маршрутів.

**Форм 4. Табл.1. Літ 6.**

*Предложено классификацию маршрутов городских пассажирских перевозок по их назначению в маршрутной сети маршрутов, определены наиболее рациональные режимы движения на этих маршрутах а также пассажироместимость автобусов на них. Обосновано использование эвристического алгоритма формирования маршрутной сети. Приведены результаты усовершенствования маршрутной сети г. Винница.*

*The classification of urban passenger transport routes based on their purpose in the general scheme of routes - trunk (main), secondary (haul), local path, increased comfort. Determine the largest rational modes of traffic on these routes: on the trunk - express and normal driving mode; to support normal traffic; local and enhanced comfort - taxi mode. Proposed the most appropriate seating capacity of buses depending on the type of route: on main and auxiliary routes - buses high and medium capacity; routes superior and local routes - buses and vans of average capacity. The expediency of using heuristic algorithm formation of the route network. Using heuristic algorithm formation route network will take into account: first - the maximum capacity utilization of electric transportation for passengers, and secondly - actually existing at the time the network the possibility of using buses of large and medium passenger. The results improve passenger route network in Vinnitsa. Introduction of improved route network in the city of Vinnitsa possible to increase the volume of passenger traffic electrified, reduce the number of buses on the routes by 15% while improving the basic indicators of the route network, the quality of passenger transportation.*

**Постановка проблеми.** Системи міського пасажирського транспорту (МПТ) займають особливе місце в загальній структурі пасажирського транспорту, що пояснюється безупинним підвищенням ролі міст у житті суспільства, обумовленого розподілом праці та концентрацією виробництва. Міський транспорт в сучасному місті є своєрідним життєдіяльним органом, бо життя міста на сьогоднішній день не можливо уявити без постійного ефективного функціонування транспортного комплексу. Стандарти та вимоги сучасного життя зовсім інші ніж були раніше, населення повинно задовольняти свої потреби в зручному переміщенні до місць роботи, культурних та освітніх закладів, а також до місць проживання інших людей та різноманітних сфер обслуговування — ось головне завдання, яке постає перед транспортною системою міста. Якість пасажирських перевезень впливає на психологічний та фізичний стан людей, продуктивність їх праці, відпочинок. Виходячи з цього, удосконалення організації пасажирських перевезень підвищення їх якості має важливе народногосподарське та соціальне значення. Разом з цим при організації пасажирських перевезень необхідно приділяти значну увагу розробкам, спрямованим на задоволення вимог екологічної безпеки міст з тим, щоб знизити шкідливі викиди транспортних засобів. Найголовнішим критерієм ефективної роботи пасажирського транспорту має бути безпека та комфорт пасажирів, а також зручні маршрути та менші затрати часу на переїзд з одного місця до іншого.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

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 науково-практичну задачу, що торкається інтересів великої кількості городян та має величезне соціальне й економічне значення. Питаннями ефективного та безперебійного функціонування міського пасажирського транспорту (МПТ) присвячені роботи відомих українських та російських вчених П.Ф. Горбачева, В. Х. Далека, В. В. Димченко, Ю. М. Косога, В. В. Костецького, В. М. Лисюка, М. Ю. Радченко та інших. Особлива увага щодо сприяння сталому розвитку МПТ приділяється з боку Європейської комісії, яка систематично розробляє та

©В.В.Біліченко

затверджує відповідні нормативні документи. Основними завданнями найбільш значимих проектів розвитку транспортної інфраструктури в сучасних містах, які розробляються і реалізуються в даний час, є [1]: радикальне підвищення транспортної доступності; зниження тиску на існуючу транспортну інфраструктуру за рахунок впровадження нових видів транспорту і систем управління транспортними потоками; покращення екологічної ситуації; забезпечення гармонійного розвитку міста та районів за рахунок транспортної системи.

**Мета статі.** Аналіз маршрутної мережі пасажирських перевезень у місті Вінниці, методів формування маршрутної мережі, змін мережі в процесі реалізації концепції розвитку маршрутної мережі пасажирських перевезень. Визначення перспектив розвитку маршрутної мережі.

**Основні результати досліджень.**

Орієнтуючись на результати 56-го Всесвітнього Конгресу Міжнародного Союзу громадського транспорту, що проходив в Римі в 2005 році і ухвалив фундаментальні основи ефективного вирішення проблеми функціонування і розвитку громадського транспорту, враховуючи недостатньо ефективне функціонування існуючої мережі пасажирського автомобільного транспорту необхідно здійснити всебічний перегляд хаотично сформованої функціонуючої маршрутної мережі. При цьому необхідно враховувати критерії ефективності пасажирських перевезень, що базується на концепції соціально – етичного маркетингу, який стосовно міського пасажирського транспорту полягає в наступному: пасажирів зацікавлені в отриманні послуг з необхідним рівнем комфортності перевезень, нижчій вартості та мінімальному часу пересування, власники транспорту піклуються відносно вищих грошових прибутків, а суспільство в цілому завжди стурбоване станом і збереженням навколишнього середовища в містах, забруднення якого у великих містах більше ніж на 50% створюється автомобільним транспортом

Для забезпечення системного підходу до вирішення задач по вдосконаленню перевезень пасажирів в м. Вінниця розроблено концепцію розвитку пасажирського автомобільного транспорту. Концепцію розроблено на основі нормативно правових актів, що регулюють перевезення пасажирів в Україні. В Концепції визначаються шляхи розв'язання проблем подальшого вдосконалення перевезень пасажирів, виходячи з нових завдань, що постали перед пасажирським транспортом в умовах поживлення і відновлення реального сектора економіки, потреби в якісному наданні послуг перевезення пасажирів на маршрутах загального користування юридичними та фізичними особами.

Мета концепції полягає в удосконаленні перевезень пасажирів у транспортній системі міста Вінниці із забезпеченням покращення організації, техніко-економічних показників та екологічної безпеки.

Маршрутна мережа пасажирських перевезень складатиметься з певних типів маршрутів. Найбільш поширеною є класифікація маршрутів за організацією руху автобусів на маршруті та за розташуванням маршруту на території міста.

На нашу думку при формуванні маршрутної мережі важливе значення мають не тільки наведені вище ознаки класифікації маршрутів а і їх призначення в загальній схемі маршрутів.

Виходячи з наведеного пропонується наступна класифікація маршрутів за призначенням:

- магістральні (основні) маршрути, які з'єднують великі пасажироутворюючі пункти зі сталим пасажиропотоком і проходять по вулично-дорожній мережі міста, що дозволяє безперешкодний рух автобусів великої місткості. Ці маршрути утворюються, якщо пасажиропотік на них (обсяг перевезень пасажирів) є сталим і його величина встановлена згідно з методикою вивчення попиту населення на пасажирські перевезення дозволяє використовувати автобуси великої або середньої місткості з забезпеченням рекомендованих інтервалів руху;

- допоміжні (підвізні) маршрути – основним призначенням яких є перевезення пасажирів від пасажироутворюючих пунктів до магістральних (основних) маршрутів та маршрутів електротранспорту з метою забезпечення безперешкодного пересування пасажирів транспортною мережею міста. Ці маршрути в більшості випадків призначені для з'єднання районів з малою щільністю населення, переважно приватної забудови, з основними маршрутами;

- місцеві маршрути – перевезення пасажирів в межах окремих районів міста;

- маршрути підвищеного комфорту – які з'єднують окремі райони міста переважно з малою щільністю населення (райони приватної забудови) з основними пасажиропотоками транспортної

системи міста, культурними, освітніми закладами, закладами охорони здоров'я тощо. Такі маршрути доцільно організовувати по дорогах які не використовуються для організації основних маршрутів.

Режими руху транспортних засобів за маршрутами пасажирського транспорту встановлюються, базуючись на даних досліджень з врахуванням критерію ефективності міських пасажирських перевезень:

- магістральний (основний) маршрут – на цих маршрутах найбільш доцільно застосовувати звичайний та експресний режими руху;
- допоміжні (підвізні) маршрути, виходячи з необхідності перевезень пільгових категорій пасажирів та вирішення соціальних задач доцільно застосовувати звичайний режим руху;
- місцеві маршрути та маршрути підвищеного комфорту – ефективнішим є режим маршрутного таксі.

Згідно з існуючими рекомендаціями тип транспортного засобу залежить, в першу чергу, від обсягу перевезень на маршруті та його довжини.

Базуючись на даних дослідження можна стверджувати, що ефективними транспортними засобами будуть:

- на магістральних та допоміжних маршрутах - автобуси великої та середньої місткості;
- на маршрутах підвищеного комфорту та місцевих маршрутах - автобуси середньої місткості та мікроавтобуси.

Аналіз методів організації міських пасажирських перевезень показує, що процеси розглядаються, як правило, на кожному виді транспорту ізольовано, без урахування координації їх роботи. Неадекватність стратегій управління взаємодією транспортних систем призводить до зниження рівня транспортного обслуговування населення та неминучих економічних збитків, як на кожному виді транспорту, так і на транспортних підприємствах. Тому однією з важливих проблем постає створення методів координованих перевезень пасажирів у міському сполученні з урахуванням взаємодії різних видів транспорту.

Можна виділити три основних способи до формування структури маршрутної мережі пасажирських перевезень у містах: емпіричний, евристичний та математична оптимізація. Перший спосіб обмежений за кількістю альтернативних варіантів мережі, які можуть бути оцінені за розумний час. Додавання засобів інтерактивної графіки до системного аналізу значною мірою збагачує розробку й оцінку мереж. Можна перевірити значно більше мереж за значно менший час. Однак при цьому способі проявляється тенденція зсуву до існуючої мережі, і тому нетрадиційні рішення не можуть бути досліджені. Більше того, немає гарантії, що будуть знайдені рішення, близькі до оптимального. На противагу цьому способу, математична оптимізація, що базується на лінійному програмуванні або загальному цілочисельному програмуванні, приведе до побудови оптимальної мережі, за заданих обмежень, і не буде зміщатися до існуючої мережі.

Математична оптимізація дає найкращий результат при побудові або проектуванні нових мереж пасажирських перевезень, або при вдосконаленні мереж які можуть бути змінені повністю. Однак в умовах коли маршрутна мережа не може бути змінена повністю результати математичної оптимізації не можуть бути реалізовані в повному обсязі, що призводить до отримання результату який важко оцінити. Неможливість або недоцільність повної зміни маршрутної мережі може бути обумовлена, в першу чергу, наявністю маршрутів електротранспорту зміна або ліквідація яких недоцільна з економічної точки зору.

Евристичні способи «наводять міст» над розривом між системним аналізом за допомогою засобів інтерактивної графіки і способами математичної оптимізації. В евристичних способах використовуються систематичні процедури для формування й удосконалення маршрутної мережі. Складність проблеми в цілому скорочується за рахунок її розділення на окремі компоненти. У рамках кожного компонента можливо отримати гарне, а іноді й оптимальне рішення. Складність і вимоги до обчислювальної потужності ще більше скорочуються за рахунок обмеження кількості взаємодій між компонентами. Хоча евристичні способи не гарантують одержання оптимальної мережі, але початкові умови й інші параметри можна змінювати так, щоб збільшити шанси на те, що реальний оптимум, який міг бути отриманий за допомогою математичної оптимізації, був включений у діапазон розглянутих мереж.

При вдосконаленні маршрутної мережі пасажирського автомобільного транспорту м. Вінниця використано евристичний алгоритм [3] який дозволив врахувати існуючу мережу трамвайних та тролейбусних маршрутів та можливі зміни цієї мережі. Розробка рекомендацій по вдосконаленню маршрутної мережі базувалась на результатах вивчення попиту населення на пасажирські перевезення, який попередньо був проведений. Визначення обсягів перевезень на різних маршрутах, показників роботи рухомого складу на маршрутах проводилось табличним методом згідно з методикою вивчення попиту населення на пасажирські перевезення затвердженою наказом міністерства транспорту України. Обробка результатів проводилась по спеціально розробленій програмі [4]. Визначення кількості та пасажиромісткості автобусів на маршрутах проводилось по спеціально розроблених програмах [5.6].

До 23 лютого 2012 р. перевезення пасажирів в місті Вінниця здійснювались на 15 тролейбусних маршрутах та 5 трамвайних маршрутах, 47 автобусних маршрутах: з них 9 – в звичайному режимі руху, 38 – в режимі руху маршрутного таксі. При цьому на маршрутах перевезень щоденно працювало 62 трамвая, 93 тролейбуса, 461 автобус: з них 14 – великої пасажиромісткості, 91 – середньої пасажиромісткості, 356 – малої пасажиромісткості.

В результаті проведених досліджень, базуючись на наведених вище принципах було розроблено і впроваджено вдосконалену маршрутну мережу яка складається з 15 тролейбусних маршрутів, 6 трамвайних маршрутах, 47 автобусних маршрутах: з них 9 – в звичайному режимі руху, 6 – в експресному режимі, 28 – в режимі руху маршрутного таксі. Кількість транспортних засобів на маршрутах перевезень становить: трамваїв – 79, тролейбусів – 111, автобусів 311, з них в звичайному режимі – 23, в експресному режимі – 32, маршрутних таксі – 256.

Використання евристичного алгоритму формування маршрутної мережі дозволило врахувати: по перше - максимальне використання можливостей електротранспорту для перевезення пасажирів, по друге – реально існуючі на момент запровадження мережі можливості використання автобусів великої і середньої пасажиромісткості.

Порівняння запропонованої та попередньої маршрутної мережі проводилось за наступними показниками [6]:

Маршрутний коефіцієнт ( $K_M$ ) характеризує розгалуженість маршрутної мережі – відношення суми довжин всіх маршрутів ( $\sum L_{k-j}, м$ ), до суми довжин усіх вулиць і проїздів ( $\sum L_{k-j}, вул.$ ), по яких проходять маршрути пасажирського транспорту:

$$K_M = \frac{\sum L_{k-j}, м}{\sum L_{k-j}, вул.} \quad (1)$$

Маршрутний коефіцієнт показує, скільки в середньому маршрутів проходить по кожній ділянці мережі, і характеризує зразкову кількість напрямків, в яких пасажир може їхати з кожної точки мережі. Чим він вищий, тим більше зручностей для пасажирів. Для добре розвинутої транспортної мережі міст він дорівнює  $K_M = 2-3,5$ , а для слаборозвинутої мережі  $K_M = 1,2-1,3$ .

Маршрутна транспортна мережа характеризується щільністю ( $\delta$ ), тобто насиченістю території міста лініями пасажирського маршрутного транспорту:

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n L_{k-j}, вул.}{S_r} \cdot \left( \frac{K_M}{км^2} \right), \quad (2)$$

де  $S_r$  – площа міста, км<sup>2</sup>.

Чим вище щільність мережі, тим менше витрати часу пасажирів на підхід до зупинок. Для великих міст  $\delta = 2 - 2,5 \frac{\text{км}}{\text{км}^2}$ , а для центральних районів міста  $\delta = 5 - 7 \frac{\text{км}}{\text{км}^2}$ .

Протяжність підходу до зупинок визначається:

$$l_{nx} = \frac{1}{3\delta} + \frac{l_{nep}}{4}, (\text{км}) \quad (3)$$

де  $l_{nep}$  – протяжність перегону, відстань між зупинними пунктами.

На підставі цього аналізу можна зробити такі висновки: для скорочення часу на підхід треба збільшувати ( $\delta$ ) і зменшувати ( $l_{nep}$ ). Але треба врахувати, що збільшення ( $\delta$ ) дозволяє розосередити пасажиропотік, а зменшення ( $l_{nep}$ ) – знизити швидкість руху автобуса і збільшити час доставки пасажирів до місця призначення.

Розгалуженість маршрутних схем міського пасажирського транспорту визначається коефіцієнтом ( $\mu$ ):

$$\mu = \frac{L_M}{L_C}, \quad (4)$$

де  $L_M$  – сумарна протяжність маршрутів міського транспорту, км;

$L_C$  – протяжність маршруту одного виду транспорту.

Розгалуженість  $\mu$  повинна знаходитись в межах 2-4. При значеннях  $\mu > 4$  – дуже велика розгалуженість і низька насиченість транспортними засобами. При значеннях  $\mu < 2$  – погано поєднані маршрути, погана взаємодія різних видів транспорту.

Аналіз результатів вдосконалення маршрутної мережі міста Вінниці в розрізі наведених показників представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Показники маршрутної мережі

Показник	Маршрутна мережа	
	Вдосконалена	До вдосконалення
Маршрутний коефіцієнт	3,37	4,8
Щільність мережі	1,73	1,75
Протяжність підходу до зупинки	0,246	0,248
Розгалуженість маршрутних схем:		
автобусних маршрутів	5,3	8,2
трамвайних маршрутів	12,7	12,7
тролейбусних маршрутів	4,3	4,3
маршрутів ТЗ в режимі маршрутного таксі	2	2,8

На основі даних наведених в табл. 1 можна зробити наступні висновки: маршрутний коефіцієнт вдосконаленої мережі, на відміну від попередньої, входить в рекомендовані межі; щільність маршрутної мережі та протяжність підходу до зупинки майже не змінилися; деяких змін зазнала розгалуженість маршрутних схем – довжина трамвайних і троллейбусних маршрутів не змінилася, автобусних маршрутів побільшало, збільшилась розгалуженість маршрутів транспортних засобів в режимі маршрутного таксі.

Подальше вдосконалення маршрутної мережі пасажирських перевезень у місті Вінниця у відповідності з розробленою концепцією доцільно проводити за рахунок збільшення кількості

маршрутів на яких передбачається використання автобусів великої пасажиромісткості а також оновлення парку тролейбусів та збільшення їх кількості.

**Висновки.** При розробці маршрутної мережі пасажирських перевезень у містах доцільно розглядати класифікацію маршрутів за їх місцем в маршрутній мережі. Вирішенню питань вдосконалення маршрутної мережі повинна передувати розробка концепції розвитку пасажирських перевезень. При вирішенні задачі маршрутизації МПТ доцільно застосувати евристичний алгоритм, який з допомогою математичного моделювання процесу перевезення пасажирів в містах, дозволяє отримати раціональний варіант маршрутної мережі з урахуванням наявності транспортних засобів та можливостей їх оновлення. Запровадження вдосконаленої маршрутної мережі в місті Вінниця дозволило підвищити обсяги перевезень пасажирів електротранспортом, зменшити кількість автобусів на маршрутах на 15% при цьому покращити основні показники маршрутної мережі, якість перевезення пасажирів.

1. Амоша О. І. Європейський досвід забезпечення ефективного функціонування підприємств міського пасажирського транспорту [Електронний ресурс] / О. І. Амоша, О. С. Філіппова // Економіка будівництва і міського господарства. – 2010. – Том 6. № 4. Режим доступу до журн.: [www.nbuv.gov.ua/portal/Soc.../st-02.pdf](http://www.nbuv.gov.ua/portal/Soc.../st-02.pdf).
2. Біліченко В.В. Аналіз та обґрунтування методів формування маршрутної мережі пасажирських перевезень у містах / В. В. Біліченко, О. В. Расновський // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI міжнародна науково-практична конференція. Тези доповідей. – Вінниця. – 2013. – С. 164-165
3. Біліченко В.А.В. Комп'ютерна програма. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи кільцевого маршруту пасажирського автомобільного транспорту на основі результатів вивчення попиту населення на перевезення. Свідоцтво на реєстрацію авторського права на твір №51636. - Київ: Державна служба інтелектуальної власності України. - Дата реєстрації: 09.10.2013 Цимбал С.В.
4. Біліченко В. В. «Оптимізація розвитку маршрутної мережі шляхом вибору раціональної кількості і пасажиромісткості автобусів при одночасному використанні різних режимів руху» / В. В. Біліченко, С. О. Романюк // Свідоцтво на реєстрацію авторського права на твір № 37394. – Київ : МОНУ. Державний департамент інтелектуальної власності. – Дата реєстрації : 16.03.2011.
5. Біліченко В. В. Комп'ютерна програма «Підвищення ефективності функціонування виробничої системи міських пасажирських автобусних перевезень шляхом оптимізації кількості та пасажиромісткості автобусів на маршруті» / В. В. Біліченко, С. О. Романюк // Свідоцтво на реєстрацію авторського права на твір № 37778. – Київ : МОНУ. Державний департамент інтелектуальної власності. – Дата реєстрації : 05.04.2011.
6. Босняк М. Г. Пасажирські автомобільні перевезення / М. Г. Босняк. – К. : Видавничий дім «Слово», 2009. – 272

Стаття надійшла до редакції 01.05.2014