

УДК 656.1

АНАЛІЗ МАРШРУТНОЇ СИСТЕМИ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ЗАПОРІЖЖЯ

Кузькін О.Ф.

PUBLIC TRANSIT SYSTEM ANALYSIS IN ZAPORIZHZHYA CITY

Kuz'kin O.F.

У статті проведено аналіз існуючої маршрутної системи та структури парку пасажирського рухомого складу міського громадського транспорту Запоріжжя (Україна). На підставі результатів комплексного обстеження пасажирських потоків встановлені основні результати показники пасажирських перевезень та ступінь ефективності використання рухомого складу на маршрутах. Встановлено недоліки пасажирської транспортної системи міста та визначені напрямки її удосконалення з метою підвищення рівня якості транспортних послуг, що надаються пасажиром.

Ключові слова: міський громадський транспорт, маршрутна система, якість перевезень.

Вступ. В сучасних умовах прискорення урбанізації та зростання рівня автомобілізації населення значення міського масового громадського транспорту (МГТ) суттєво підвищується. Забезпечення міської мобільності з повним задоволенням попиту на перевезення з боку пасажирів із залученням до числа користувачів МГТ якомога більшої кількості власників приватних автомобілів є на сьогодні його основною задачею. Важливим при цьому є максимальне скорочення витрат транспортного часу, надання пасажиром належного рівня комфорту, забезпечення просторової доступності МГТ та фінансової доступності його послуг та безумовна безпека перевезень.

Ефективність функціонування МГТ та рівень якості його послуг для пасажирів визначаються низкою чинників, серед яких особливе місце посідає розвиток його маршрутної системи. Остання є ув'язаною територіально і у часі сукупність маршрутів усіх та окремих видів МГТ, що обслуговують міські пасажирські перевезення у межах заданої транспортної мережі [1]. Розвиток маршрутної системи МГТ, безпосередньо впливаючи на витрати транспортного часу пасажиром, зумовлює, крім того, ефективність

використання пасажирського рухомого складу та показники фінансової діяльності транспортних операторів.

Змінювання попиту на перевезення пасажирів у місті під дією демографічних, архітектурно-планувальних та соціально-економічних чинників, потребують постійного аналізу рівня розвитку маршрутної системи МГТ з метою забезпечення її відповідності цьому попиту. Об'єктивний аналіз розвитку маршрутної системи МГТ міста може бути здійснений лише за наявності результативних показників пасажироперевезень. Останні можуть бути отримані лише на підставі системного (комплексного) обстеження пасажиропотоків у місті.

Постановка проблеми. Послуга МГТ, як і будь-яка інша послуга, повинна надаватися з належною якістю для її кінцевого споживача – пасажиром. Важливим при цьому є також одночасне забезпечення ефективного функціонування маршрутної системи і пасажирського рухомого складу. Об'єктивне встановлення рівня якості і ефективності пасажирських перевезень у місті потребує спільного аналізу розвитку маршрутної системи та результативних показників пасажирських перевезень. Останні, у значній мірі, можуть бути отримані лише на підставі матеріалів комплексних обстежень пасажиропотоків на маршрутній мережі міста. Комплексні обстеження пасажиропотоків, які передбачають охоплення усіх без виключення маршрутів громадського транспорту міста, доцільно проводити з певною періодичністю, зазвичай кожні 3 ... 5 років. Однак, враховуючи їх значну трудомісткість та об'єктивні економічні реалії останніми десятиліттями в Україні не проводились.

У місті Запоріжжя комплексні обстеження планово проводились у 1976, 1982, 1989 роках. Після тривалої перерви, комплексне обстеження пасажиропотоків на усіх маршрутах автобусного та електричного транспорту у місті було проведене у 2017 році. За майже 30 років маршрутна система

міста зазнала кардинальних змін. Особливо це стосується автобусного транспорту. Наявність отриманих в ході обстеження результативних показників пасажироперевезень дає можливість на підстав розрахунку показників розвитку маршрутної системи міста провести її змістовний аналіз, визначити шляхи удосконалення та оптимізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Задачі формування номенклатури показників розвитку маршрутних систем МГТ та дослідження їх впливу на ефективність роботи міського пасажирського транспорту і якість транспортних послуг були і є у центрі уваги фахівців з планування транспортної інфраструктури міст. Як свідчить аналіз публікацій [2,3], показники розвитку маршрутних систем МГТ на етапі вирішення задачі їх оптимального проектування нерідко виступають в якості складових її цільової функції або системи обмежень.

Попередніми дослідженнями встановлено, що кількість і конфігурація маршрутів, які утворюють маршрутну систему міста, здебільшого визначають такі показники ефективності та якості пасажирських перевезень, як пішохідна доступність транспортних ліній [4], прямолінійність сполучення [5], рівень пересадочності поїздок [6]. Крім того, трасування маршрутів по відношенню до основних напрямків пасажирських потоків впливають на вибір рухомого складу, ступінь ефективності його використання (за пасажиромісткістю та у часі) і частоту руху [1]. Ці складові безпосередньо впливають на витрати часу пасажирів на пересування. Таким чином, задача проектування та удосконалення маршрутної системи торкається як інтересів пасажирів, так і інтересів транспортних операторів.

Відзначимо, що міста та маршрутні системи їх МГТ, незважаючи на подібність, все ж є унікальними і відмінними одна від одної. Тому аналіз і удосконалення маршрутних систем у кожному місті потребують комплексного, і разом з тим, індивідуального підходу. При цьому цей підхід повинен базуватися на узагальненому досвіді та практиці, накопичених науковцями у галузі транспортного планування міст. Це підтверджується низкою досліджень проведених у різних містах та регіонах світу [7–10].

Мета статті. На підставі інформації про маршрутну систему міста Запоріжжя та результатів комплексного обстеження пасажирських потоків, проведеного у 2017 році, розрахувати показники її розвитку, встановити та проаналізувати їх вплив на результативні показники пасажироперевезень, якість транспортного обслуговування пасажирів та ефективність використання пасажирського рухомого складу. По результатах аналізу визначити основні напрямки удосконалення організації масових міських пасажирських перевезень у місті Запоріжжя.

Результати досліджень. Місто Запоріжжя є обласним центром України і, згідно ДБН 360-92**

«Містобудування. Планування і забудова міських та сільських поселень», відноситься до групи крупних міських поселень. Площа міста у адміністративних границях складає 331,55 км², чисельність наявного населення станом на 01.01.2017 року складало 750,685 тис. осіб (744,82 тис. осіб станом на 01.02.2018 р.). Адміністративно місто поділене на сім районів (Комунарський, Олександрівський, Вознесенівський, Заводський, Дніпровський, Хортицький, Шевченківський). Міський громадський транспорт представлений автобусним (що працює у звичайному, експресному режимі руху та режимі маршрутного таксі), тролейбусним та трамвайним видами транспорту.

На початку 2017 року у місті Запоріжжя сформувалася маршрутна система МГТ, що налічувала 92 автобусних маршрути та 14 маршрутів міського електричного транспорту (7 тролейбусних та 7 трамвайних маршрутів). На маршрутній мережі МГТ розташовані 537 зупинок (рис. 1).

По результатах комплексного обстеження пасажиропотоків 2017 року встановлено, що на маршрутах міста щоденно фактично працюють 1069 одиниць пасажирського рухомого складу, з яких 970 (90,7 %) – автобуси різної місткості, 44 (4,1 %) – тролейбуси, 55 (5,2 %) – трамвайні поїзди. У структурі пасажирського рухомого складу автомобільного транспорту переважають автобуси пасажиромісткістю до 22 пасажирів (835 од. або 86,1 %).

До основних показників, які характеризують розвиток маршрутної системи МГТ, відносяться:

- 1) середня довжина маршруту \bar{l}_m , км;
- 2) маршрутний коефіцієнт k_m ;
- 3) щільність маршрутної мережі δ , км/км²;
- 4) ступінь прямолінійності маршрутів;
- 5) швидкість сполучення v_c км/год.



Рис. 1. Схема маршрутної мережі МГТ міста Запоріжжя

Середня довжина маршруту розраховується окремо за видами транспорту, що відрізняються

експлуатаційною швидкістю. Для автобусного транспорту Запоріжжя середня довжина маршруту складає $\bar{l}_m^a = 16,88$ км, для міського електричного транспорту (тролейбус, трамвай) $\bar{l}_m^e = 12,72$ км. Розподіл маршрутів МГТ Запоріжжя наведений на рис. 2.

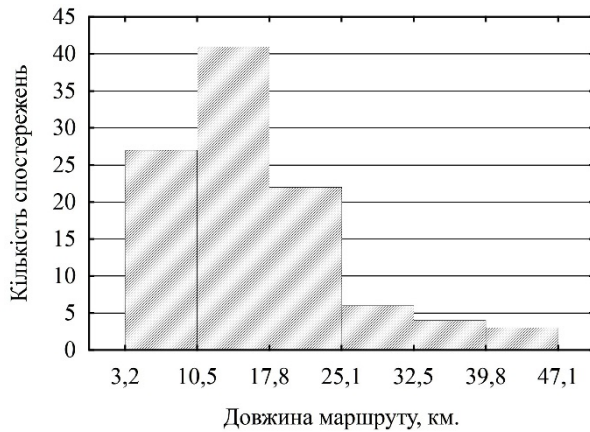


Рис. 2. Розподіл маршрутів МГТ Запоріжжя за довжиною

Довжина маршруту безпосередньо впливає на показники роботи транспортних підприємств: значення експлуатаційної швидкості і швидкості сполучення, ступінь використання пасажиромісткості рухомого складу, режими роботи водіїв та водійських бригад. Крім того, від довжини маршруту залежить регулярність руху на ньому і, таким чином, якість транспортних послуг. Короткі маршрути простіше в організації, економічно вигідніші, втім вони підвищують коефіцієнт пересадочності, мають відносно меншу експлуатаційну швидкість та ступінь використання пасажиромісткості рухомого складу. У протилежному, довгі маршрути збільшують безпересадочність сполучення, експлуатаційну швидкість та забезпечують менші експлуатаційні витрати на організацію руху [1].

Рекомендується вибирати довжину маршруту, що у будь-якому випадку не менше середньої дальності поїздки пасажирів, а максимальна та, разом з тим, оптимальна довжина маршруту повинна приблизно дорівнювати експлуатаційній швидкості [1].

Маршрутний коефіцієнт визначається як відношення сумарної довжини маршрутів L_Σ (км.) до довжини маршрутної мережі L_m (км.) [11]:

$$k_m = \frac{L_\Sigma}{L_m}. \quad (1)$$

Сумарна довжина маршрутів ГМТ м. Запоріжжя складає $L_\Sigma = 1470,8$ км. при довжині

маршрутної мережі $L_m = 296,9$ км, що дає значення маршрутного коефіцієнта $k_m = 4,95$. Маршрутний коефіцієнт характеризує ступінь дублювання маршрутів на маршрутній мережі міста. Велике значення маршрутного коефіцієнта, 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. Значення маршрутного коефіцієнта мережі МГТ рекомендується приймати у межах $k_m = 1,5 \dots 3,5$.

Щільність маршрутної мережі дорівнює відношенню довжини маршрутної мережі L_m (км) до сельбищної площі міста F_c (км²) [11], тобто

$$\delta = \frac{L_m}{F_c}. \quad (2)$$

З урахуванням сельбищної площі м. Запоріжжя $F_c = 190,1$ км², маємо щільність маршрутної мережі $\delta = 1,56$ км/км². Цей показник визначає насиченість міської території лініями МГТ та середню дальність піших підходів пасажирів до них і, таким чином, безпосередньо впливає на тривалість пересування пасажирів у місті з використанням МГТ. Згідно ДБН 360-92** «Містобудування. Планування та забудова міських та сільських поселень», щільність мережі ліній наземного МГТ на забудованих територіях міста повинна складати, як правило, $\delta = 1,5 \dots 2,5$ км/км².

Ступінь прямолінійності маршрутів характеризується коефіцієнтом непрямолінійності k_{nn} , який дорівнює відношенню довжини маршруту l_m (км) до довжини найкоротшої (повітряної) лінії, яка з'єднує його кінцеві зупинки $l_{нов}$ (км) [11]:

$$k_{nn} = \frac{l_m}{l_{нов}}. \quad (3)$$

Розподіл маршрутів МГТ м. Запоріжжя за прямолінійністю показаний на рис. 3. Середній коефіцієнт непрямолінійності маршрутної мережі в цілому по місту складає $k_{nn} = 1,62$.

За рахунок підвищення прямолінійності трас маршрутів можуть бути суттєво зменшені витрати часу пасажирів на поїздку. Рекомендоване значення коефіцієнта непрямолінійності маршрутної мережі не перевищує $k_{nn} = 1,2$ [11].

Швидкість сполучення v_c (км/год) визначає час, який пасажир витрачає на поїздку, і дорівнює середній швидкості, яку розвиває пасажирський транспортний засіб при русі за маршрутом. На величину швидкості сполучення впливає низка факторів, серед яких [11]: 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.

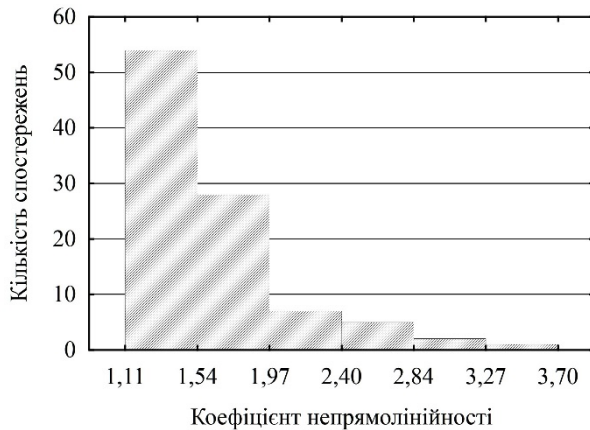


Рис. 3. Розподіл маршрутів МГТ Запоріжжя за коефіцієнтом непрямої лінійності

Розподіл маршрутів МГТ м. Запоріжжя за швидкістю сполучення наведений на рис. 4. Середнє значення швидкості сполучення в цілому по маршрутній системі дорівнює $v_c = 21,5$ км/год. Згідно з оцінками швидкості сполучення [11] таке значення швидкості сполучення відноситься до категорії дуже великої.

ДБН 360-92** рекомендує приймати швидкість сполучення для міського автобуса $v_c = 17...20$ км/год, для тролейбуса $v_c = 16...18$ км/год, для трамвая $v_c = 15...17$ км/год. Фактичні значення, отримані в ході обстеження пасажиропотоків, дорівнюють: для автобуса $v_c = 22,7$ км/год (нерідко за рахунок перевищення дозволеної швидкості та зниження безпеки дорожнього руху та перевезень пасажирів), для тролейбуса $v_c = 15,6$ км/год, для трамвая $v_c = 13,4$ км/год.

Приймаючи до уваги отримані показники розвитку маршрутної системи МГТ міста Запоріжжя на підставі їх аналізу можна зробити такі висновки:

1) маршрутна система МГТ міста Запоріжжя є надлишковою, зі значним дублюванням трас окремих маршрутів. За таких умов, в умовах конкурентної боротьби приватних перевізників, забезпечення прийнятної для пасажирів інтервалу руху на маршрутах призвело до суттєвого зменшення середньої пасажиромісткості використовуваних транспортних засобів. У той же час, щільність маршрутної мережі хоча і знаходиться у межах нормативних значень, все ж є замалою, що вказує на завищені витрати часу пасажирів на піший підхід до ліній та зупинок МГТ;

2) високий коефіцієнт непрямої лінійності маршрутної мережі свідчить про збільшення витрат пасажирів на поїздку. Втім, низька прямої лінійності сполучень частково пояснюється особливостями забудови території міста, яка насичена залізничними коліями, балками, ярами та розташуванням на двох берегах р. Дніпро з суттєво обмеженою кількістю транспортних зв'язків між ними. Однак необхідно зауважити, що непрямої лінійності маршрутної мережі в цілому компенсується високою середньою швидкістю сполучення на маршрутах. Остання забезпечується тягово-динамічними характеристиками переважаючої кількості рухомого складу малої пасажиромісткості, що працює у режимі маршрутного таксі.

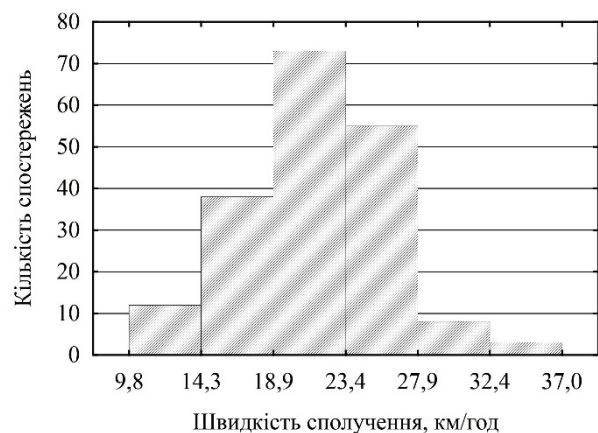


Рис. 4. Розподіл маршрутів МГТ Запоріжжя за швидкістю сполучення

До основних результативних показників пасажироперевезень, які характеризують ефективність маршрутної системи МГТ та якість надання транспортних послуг пасажиром, відносяться:

1) добовий обсяг перевезень пасажирів на маршрутній мережі міста в цілому та його розподіл по видах транспорту;

2) середня дальність маршрутної поїздки пасажиром $l_{сер}$, км;

3) інтервали руху на окремих маршрутах та на маршрутній мережі в цілому в середньому за добу та в години «пік»;

4) ступінь використання пасажиромісткості рухомого складу в середньому за добу та у години «пік».

По результатах обстеження пасажиропотоків на маршрутній мережі МГТ м. Запоріжжя протягом буднього дня тижня у квітні 2017 року встановлено, що загалом за день на громадському транспорті міста здійснюється $Q_{доб} = 633708$ маршрутних поїздок, з яких 75,4 % припадає на автобусний, 10,8 % на тролейбусний та 13,8 % на трамвайний вид міського транспорту. У таблиці 1 наведені дані змінювання добового обсягу перевезень пасажирів по роках, у які проводились аналогічні обстеження.

Таблиця 1
Динаміка змінювання добового обсягу перевезень пасажирів у місті Запоріжжя по результатах комплексних обстежень пасажиропотоків

Показник	Роки			
	1976	1982	1989	2017
1. Добовий обсяг перевезень МГТ разом, тис. пас., у тому числі:	1342,7	1388,3	1530,4	633,71
автобусами	545,1	549,9	624,7	477,9
тролейбусами	381,3	392,2	454,0	68,26
трамваями	416,3	446,2	451,7	87,58
2. Наявна чисельність мешканців міста, тис. осіб	780,7	824,0	883,9	750,7
3. Добова транспортна рухливість населення, поїздок/мешканця	1,719	1,685	1,731	0,844

Аналізуючи дані, наведені у таблиці 1 можна констатувати той факт, що останніми десятиліттями відбулося значне зменшення добового обсягу перевезень пасажирів та суттєвий перерозподіл частки виконуваних перевезень у бік автобусного транспорту. Основні причини цього – скорочення наявної чисельності населення міста та довжини мережі міського електричного транспорту, а також різке збільшення рівня автомобілізації населення.

У порівнянні з 1989 роком на сьогодні сумарна довжина тролейбусних і трамвайних маршрутів у місті Запоріжжя скоротилась з 311,6 км. до 183 км. (на 41,3 %), а щодобовий випуск рухомого складу зменшився з 280 од. до 99 од. (на 64,6 %). За той же час сумарна довжина автобусних маршрутів збільшилась з 775,8 км. до 1287,8 км. (на 66,0 %), а щодобовий випуск рухомого складу зріс більш ніж у тричі – з 303 од. до 970 од.

Рівень автомобілізації населення, який на початку 90-х років минулого століття в Україні оцінювався у 18 автомобілів на 1000 мешканців, станом на 2017 рік може бути оцінений величиною 200 автомобілів на 1000 мешканців [12], тобто зріс практично у 10 разів. Внаслідок цього добова кількість поїздок на МГТ, що припадає на одного мешканця міста, скоротилась більш ніж удвічі – з 1,731 (1989 р.) до 0,844 (2017 р.).

Середня дальність поїздки пасажира розраховується як відношення транспортної роботи з перевезень пасажирів W (пас-км), виконаної на певному маршруті (групі маршрутів, на маршрутній мережі в цілому) протягом певного проміжку часу, до обсягу перевезень пасажирів на цьому маршруті за той же проміжок часу. Цей показник є визначальним при встановленні величини вартості проїзду пасажира на маршруті та залежить від розмірів та планування міста, розподілу пасажиропотоків на маршрутній мережі МГТ та топології її розвитку.

У таблиці 2 наведені дані про добову транспортну роботу МГТ м. Запоріжжя та середню дальність маршрутної поїздки пасажира у 1989 та 2017 роках.

Таблиця 2
Транспортна робота МГТ Запоріжжя та середня дальність поїздки пасажира у місті по роках

Показник	Роки			
	1976	1982	1989	2017
1. Добова транспортна робота МГТ разом, тис. пас.-км,	5 497	5 221	5 620	3 645
у тому числі:	2 568	2 415	2 724	3 100
автобусів	1 453	1 625	1 718	249,2
тролейбусів	1 476	1 181	1 178	295,6
трамваїв				
2. Середня дальність маршрутної поїздки пасажира в цілому по мережі, км,	4,09	3,76	3,67	5,75
у тому числі:				
автобусної	4,71	4,39	4,36	6,49
тролейбусної	3,67	3,35	3,78	3,65
трамвайної	3,67	3,35	2,61	3,38

Як видно з таблиці 2, середня дальність маршрутної поїздки у місті Запоріжжя у за період з 1989 року до сьогодні зросла більш ніж у 1,5 рази. Це зростання, зумовлене збільшенням сельбищної території міста, перерозподілом місць прикладення праці відносно місць проживання, відбулося в основному за рахунок автобусних перевезень. Збільшенню середньої дальності поїздки пасажира автобусами сприяв також розвиток маршрутної мережі та, відповідно, зменшення рівня пересадочності поїздок на цьому виді МГТ. У той же час, середня дальність поїздки пасажира на міському електричному транспорті є значно меншою і практично не змінилася.

Інтервали руху на міських маршрутах, що визначаються як проміжок часу між послідовними відправленнями маршрутних транспортних засобів з зупинок, впливають на витрати часу пасажира на очікування прибуття транспорту у місці посадки. Фактичні інтервали руху на маршрутах МГТ м. Запоріжжя, отримані по результатах комплексного обстеження пасажиропотоків 2017 року, наведені у таблиці 3.

Таблиця 3
Інтервали руху на маршрутах МГТ міста Запоріжжя

Вид транспорту	Середній маршрутний інтервал руху, хв.	
	за добу	за години «пік»
Автобус	10,2	8,1
Тролейбус	27,6	18,5
Трамвай	19,8	13,1
В цілому по мережі	13,5	10,0

Очевидно, інтервали руху на автобусних маршрутах міста є цілком прийнятними та зручними для пасажирів і, при відсутності відмов у посадці

через нестачу вільних місць у салоні транспортних засобів, забезпечують пасажирів відносно невелику тривалість очікування. Втім, мережева частота руху маршрутного транспорту на центральних вулицях міста значно перевищує пропускну спроможність зупиночних пунктів і створює незручності при посадці пасажирів. Інтервали руху на мережі міського електричного транспорту, особливо на тролейбусній мережі міста слід визнати незадовільними.

Степінь використання пасажиромісткості рухомого складу характеризується коефіцієнтом використання пасажиромісткості рухомого складу γ , що дорівнює відношенню фактичної кількості пасажирів у салоні транспортного засобу q_{ϕ} до його номінальної пасажиромісткості q_n [1]:

$$\gamma = \frac{q_{\phi}}{q_n} \quad (4)$$

Середньодобові значення коефіцієнта використання пасажиромісткості рухомого складу та ці ж значення за години «пік» на міських маршрутах МГТ м. Запоріжжя наведені у таблиці 4.

Таблиця 4

Степінь використання пасажиромісткості рухомого складу на маршрутах МГТ міста Запоріжжя

Вид транспорту	Середній коефіцієнт використання пасажиромісткості	
	за добу	за години «пік»
Автобус	0,71	0,83
Тролейбус	0,25	0,27
Трамвай	0,27	0,30
В цілому по мережі	0,59	0,69

Відзначимо, що коефіцієнти використання пасажиромісткості для автобусного транспорту є досить високими. Втім, з урахуванням того, що розрахунковий коефіцієнт використання пасажиромісткості усереднений по усім перегонам маршрутної мережі, на практиці як у години «пік», так і у інші години доби нерідко спостерігається переповнення салону транспорту пасажирами та перевезення останніх у незадовільних умовах. Відповідно, на найбільш завантажених перегонах маршрутів зростає кількість випадків відмови пасажирів у посадці, що збільшує їх тривалість очікування на зупинках та загальні витрати часу на пересування. Разом з тим, ефективність використання пасажиромісткості рухомого складу міського електричного транспорту є низькою. З урахуванням великих інтервалів руху, нерідко незадовільного технічного стану рухомого складу міського тролейбуса і трамвая, низьку надійність сполучення через стан транспорту, шляху та контактної мережі, можна констатувати факт, що привабливість міського електротранспорту для пасажирів є низькою. Через це їм користуються переважно пасажирів, що мають право

безкоштовного проїзду згідно чинного законодавства України.

Таким чином, аналіз результативних показників та умов пасажироперевезень МГТ міста Запоріжжя дає підстави зробити такі основні висновки:

1) добова транспортна рухливість пасажирів на МГТ міста Запоріжжя складає 0,844 поїздки на одного мешканця міста та зменшилась за останні десятиліття внаслідок зростання рівня автомобілізації населення. Одночасно відбулось збільшення частки обсягу перевезень, виконуваних автомобільним транспортом (автобусами) зі скороченням обсягу перевезень, довжини маршрутної мережі та випуску рухомого складу міського електричного транспорту;

2) середня дальність маршрутної поїздки пасажирів автобусами майже у два рази перевищує аналогічний показник для електротранспорту. Таким чином, автобусні перевезення є більш привабливими для пасажирів на відносно великі відстані, у той час як поїздки електротранспортом – на відносно короткі відстані;

3) інтервали руху на міських автобусних маршрутах є комфортним для пасажирів та забезпечують для останніх прийнятний час, що витрачається на очікування на зупинках. Інтервали руху на маршрутах міського трамвая слід визнати задовільними, а тролейбуса – незадовільними, що, у поєднанні з невисокою швидкістю сполучення, суттєво зменшує привабливість міського електротранспорту для пасажирів;

4) у той час, як рухомий склад автомобільного транспорту нерідко працює з перевантаженням та перевозить пасажирів у незадовільних умовах (особливо у години «пік»), пасажиромісткість рухомого складу міського електротранспорту використовується протягом доби вкрай низько.

Аналіз розвитку маршрутної системи МГТ міста Запоріжжя та результативних показників пасажирських перевезень у місті, отриманих в результаті комплексного обстеження пасажиропотоків, проведеного у 2017 році виявив, що вона має низку недоліків, що безпосередньо впливають на ефективність використання рухомого складу та якість транспортних послуг. Для їх усунення та удосконалення маршрутної системи МГТ по результатах обстеження пасажиропотоків пропонується такий комплекс заходів:

1) оптимізація маршрутної мережі, спрямована на зменшення ступеня дублювання маршрутів та збільшення прямолінійності поїздки;

2) приведення пасажиромісткості рухомого складу на автобусних маршрутах у відповідність до потужності пасажиропотоків на них шляхом заміни рухомого складу малої пасажиромісткості на рухомий склад середньої та великої пасажиромісткості для забезпечення належних умов перевезення пасажирів з прийнятним для них інтервалом руху;

3) оновлення рухомого складу міського електричного транспорту та збільшення кількості його випуску на лінію з одночасним забезпеченням належного стану контактної мережі, енергетичного господарства та трамвайної колії;

4) підвищення регулярності руху маршрутних транспортних засобів та контролю виконання графіків їх руху з запровадженням загальноміської диспетчеризації МГТ на базі систем GPS;

5) удосконалення інформаційного забезпечення пасажирів щодо розкладів руху на маршрутах та час прибуття транспортних засобів у режимі реального часу через супиночні інформаційні системи та мобільні додатки.

Висновки. На підставі проведеного аналізу сучасного стану розвитку маршрутної системи МГТ Запоріжжя, результативних показників пасажирських перевезень та ефективності використання пасажирського рухомого складу у місті на підставі результатів комплексного обстеження пасажирських потоків у місті у 2017 році, виявлено недоліки організації перевезень пасажирів та запропоновано комплекс заходів щодо її удосконалення, спрямованих на підвищення рівня якості надання транспортних послуг МГТ пасажиром.

Література

- Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М. : Высшая школа, 1980. – 535 с.
- Guihaire, V. Transit network design and scheduling: A global review / V. Guihaire, J. K. Hao // *Transportation Research Part A : Policy and Practice*. – 2008. – Vol. 42. – № 10. – P. 1251-1273.
- Kepaptsoglou, K. Transit route network design problem / K. Kepaptsoglou, M. Karlaftis // *Journal of transportation engineering*. – 2009. – Vol. 135. – № 8. – P. 491-505.
- Wu, C. Optimizing public transit quality and system access: the multiple-route, maximal covering/shortest-path problem / C. Wu, A. T. Murray // *Environment and Planning B : Planning and Design*. – 2005. – Vol. 32. – № 2. – P. 163-178.
- Monteiro F. B. A proposal of indicators for evaluation of the urban space for pedestrians and cyclists in access to mass transit station / F. B. Monteiro, V. B. G. Campos // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. – 2012. – Vol. 54. – P. 637-645.
- Кузькін, О. Ф. Аналіз маршрутних мереж міського електричного транспорту методами теорії графів / О. Ф. Кузькін // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2016. – Т. 2. – № 4. – С. 19-25.
- Дудкин, Е. П. Анализ транспортной системы Санкт-Петербурга и возможности повышения в ней роли пригородных железных дорог / Е. П. Дудкин, Н. Е. Коклева, Н. В. Левадная // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. – 2004. – № 2. – С. 89-97.
- Le-Klähn, D. T. Analysis of visitor satisfaction with public transport in Munich / D. T. Le-Klähn, C. M. Hall, R. Gerike // *Journal of Public Transportation*. – 2014. – Vol. 17. – № 3. – P. 68-85.
- Hernández, D. Perceived vs. Actual Distance to Transit in Santiago, Chile / D. Hernandez, R. Witter // *Journal of Public Transportation*. – 2015. – Vol. 18. – № 4. – P. 16-30.
- Singh, S. K. Review of urban transportation in India / S. K. Singh // *Journal of public transportation*. – 2005. – Vol. 8. – № 1. – P. 79-97.
- Спирин, И. В. Перевозки пассажиров городским транспортом / И. В. Спирин. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 413 с.
- Шевченко, І. Ю. Регіональна диференціація автомобілізації населення України / І. Ю. Шевченко // *Економіка: реалії часу*. – 2015. – № 3(19). – С. 41-46.

References

- Efremov, I. S. Teorija gorodskih passazhirskih perezovok / I. S. Efremov, V. M. Kobozev, V. A. Judin. – M. : Vysshaja shkola, 1980. – 535 s.
- Guihaire, V. Transit network design and scheduling: A global review / V. Guihaire, J. K. Hao // *Transportation Research Part A : Policy and Practice*. – 2008. – Vol. 42. – № 10. – P. 1251-1273.
- Kepaptsoglou, K. Transit route network design problem / K. Kepaptsoglou, M. Karlaftis // *Journal of transportation engineering*. – 2009. – Vol. 135. – № 8. – P. 491-505.
- Wu, C. Optimizing public transit quality and system access: the multiple-route, maximal covering/shortest-path problem / C. Wu, A. T. Murray // *Environment and Planning B : Planning and Design*. – 2005. – Vol. 32. – № 2. – P. 163-178.
- Monteiro F. B. A proposal of indicators for evaluation of the urban space for pedestrians and cyclists in access to mass transit station / F. B. Monteiro, V. B. G. Campos // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. – 2012. – Vol. 54. – P. 637-645.
- Kuz'kin, O. F. Analiz marshrutnih merezh mis'kogo elektrichnogo transportu metodami teorii grafiv / O. F. Kuz'kin // *Shidno-Cvroejs'kij zhurnal peredovih tehnologij*. – 2016. – T. 2. – № 4. – S. 19-25.
- Dudkin, E. P. Analiz transportnoj sistemy Sankt-Peterburga i vozmozhnosti povysheniya v nej roli prigorodnyh zheleznyh dorog / E. P. Dudkin, N. E. Kokleva, N. V. Levadnaja // *Izvestija Peterburgskogo universiteta putej soobshhenija*. – 2004. – № 2. – S. 89-97.
- Le-Klähn, D. T. Analysis of visitor satisfaction with public transport in Munich / D. T. Le-Klähn, C. M. Hall, R. Gerike // *Journal of Public Transportation*. – 2014. – Vol. 17. – № 3. – P. 68-85.
- Hernández, D. Perceived vs. Actual Distance to Transit in Santiago, Chile / D. Hernandez, R. Witter // *Journal of Public Transportation*. – 2015. – Vol. 18. – № 4. – P. 16-30.
- Singh, S. K. Review of urban transportation in India / S. K. Singh // *Journal of public transportation*. – 2005. – Vol. 8. – № 1. – P. 79-97.
- Spirin, I. V. Perevozki passazhirovo gorodskim transportom / I. V. Spirin. – M. : IKC «Akademkniga», 2004. – 413 s.
- Shevchenko, I. Ju. Regional'na dyferenciacija avtomobilizacii' naselelnja Ukrai'ny / I. Ju. Shevchenko // *Ekonomika: realii' chasu*. – 2015. – № 3(19). – S. 41-46.

Кузькин А. Ф. Анализ маршрутной системы городского общественного транспорта Запорожья.

В статье выполнен анализ существующей маршрутной системы и структуры парка пассажирского подвижного состава городского общественного транспорта Запорожья (Украина). На основании результатов комплексного обследования пассажирских потоков установлены результативные показатели пассажирских перевозок и степень эффективности использования подвижного состава на маршрутах. Установлены недостатки пассажирской транспортной системы города и предложен комплекс мероприятий по ее совершенствованию с целью повышения уровня качества транспортных услуг, предоставляемых пассажирам.

Ключевые слова: городской общественный транспорт, маршрутная система, качество перевозок.

Kuz'kin O. Public transit system analysis in Zaporizhzhya city.

Investigation and analysis of public transit development and transit vehicle fleet structure in Zaporizhzhya city (Ukraine) are performed. The values of average route length, route coefficient, transit network density, route directness and commercial speed on the routes are calculated and their influence on the level of public transit service is analyzed. On the base of the passenger flows studies which carried out in 2017 the result indicators of public transportations (daily volume of public transportations, passengers' average trip length, and route headways) and transit vehicles capacity utilization efficiency are determined. The flaws of the present urban transit system are pointed out. The complex of improvements is suggested to increase the level of public transit service which includes transit network and transit fleet structure optimization, technical facilities of municipal electric transport renovations, increasing of service regularity and information providing support.

Key words: urban public transit, route system, quality of transportations.

Кузькін О. Ф. – канд. техн. наук, доцент кафедри «Транспортні технології» Запорізького національного технічного університету, м. Запоріжжя, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Стаття подана 02.04.2018.