

# Influence of operating parameters on length of route bus stretches

M.N. Isaev, E.D. Umerov

Operation and maintenance of urban road transport,  
Crimean Engineering and Pedagogical University,  
UKRAINE, Crimea, Simferopol, pen. Uchebnyi, 8  
E-mail: isaevmustafa@mail.ru

The results of study of the race length and passengers' tour timetable from one stop to another are presented in the article. There were studied en-route races which practically influence all characteristics of Metropolitan transit functioning. These characteristics are: passengers' transportation time waste, amount of in-between stoppages, operating showings and productivity of busses en-route. The studies by changing the factor of capaciousness and by changing the range of passenger traffic show that the efficient length of buss race en-route range from 0,4+0,7 km.

There were calculated the time of passenger's movement from their houses to stoppages, time of standing on the stoppage, time in the bus, time of moving from the stoppage to the final destination. Also the influence of operation showings to bus efficiency such as capaciousness, factor of capaciousness, fact of changing, cruising speed, size of rout, amount of stoppages, length of tour of one passenger.

The analysis of regularity of population settling was held. This analysis should become the definition of some characteristics of semi distance between stoppages which can be the places of communication and demand to the transportation and to the transport suggestions.

Opportunities of optimization of the race length en-route through the whole city were examined. The graphs, diagrams were built to each of the indexes. Some of them are presented in the article. All investigations were held in Simferopol city. The students of our university made the analysis at the biggest bus routs of the city.

Key words: race length, Trans Network, en-route network, passenger transportation, passenger traffic

# Вплив експлуатаційних показників на довжину перегону автобуса на маршруті

М.Н. Ісаєв, Е.Д. Умеров

Кафедра експлуатації та ремонту міського  
автомобільного транспорту  
РВНЗ «Кримський інженерно-педагогічний університет»  
УКРАЇНА, АР Крим, м. Сімферополь, пров. Учбовий, 8  
E-mail: isaevmustafa@mail.ru

*У статті представлені результати досліджень довжини перегону на затрати часу пасажирів на поїздки, а також вплив експлуатаційних показників на продуктивність автобуса, на прикладі міста Сімферополя.*

**Ключові слова** – довжина перегону, транспортна мережа, маршрутна мережа, пасажирський транспорт, пасажиропотік.

## I. Вступ

Маршрутний пасажирський транспорт (МПТ) є невід'ємною частиною життя українських міст. Він багато в чому визначає основні тенденції та напрямки розвитку міст і значною мірою впливає на життя людей. Буде незамінним і ефективним засобом пересувань більшої частини населення з місць проживання до місць роботи, МПТ одночасно накладає на городян певні обмеження. Так, пасажир міського транспорту завжди обмежений у виборі місця посадки в транспортний засіб - ним є зупинний пункт. Також, як обмеження можна розглядати умови поїздок, який надає МПТ: види транспорту, плата за проїзд, рівень комфорту при поїзді, інтервал руху на маршруті та ін. Незважаючи на це, населення міст постійно змушений пристосовуватися до тих чи інших змін у транспортній системі, розташування підприємств та організацій, транспортного обслуговування і т.д. Цей об'єктивно наглядний процес, пристосування населення до умов розселення, називається просторовою самоорганізацією. Важливу роль в цьому процесі грає кількість зупиночних пунктів у місті і значення відстаней між ними. Ці величини і їх вплив на розселення населення на сьогоднішній день залишаються не достатньо вивченими. Вивчення закономірностей розподілу відстаней між зупинками створює хорошу основу для досліджень характеру розселення населення міст і є досить актуальною темою для подальших досліджень.

Пасажирський транспорт у містах і населених пунктах задовольняє населення в перевезеннях, забезпечення їх регулярності, скорочення витрат часу на пересування. Де час пересування жителя міста підсумовується з часу, що витрачається на підхід до зупинки, очікування на зупинці, перебування в дорозі і т.д. Все це необхідно для зниження ступеня стомлюваності людини, з якою пов'язані його настрої, продуктивність і якість роботи.

Головним параметром, що впливає на витрати часу пасажирів на пересування, є довжина перегону і середня швидкість на маршруті [1]. Отже, довжина перегону є чинником, що впливає на перевезення

пасажирів, а також на кількість зупиночних пунктів у місті. Вивчення закономірностей розподілу відстаней між зупинками є досить актуальною темою на сьогоднішній день.

Багатьма дослідниками доведено, що підвищення часу пересування людини на роботу з використанням пасажирського транспорту всього лише на 10 хв. у порівнянні зі встановленою нормою (не більше 30 хв. в один кінець) призводить до зниження продуктивності праці на 2,5-4%. При виборі людиною місця роботи транспортні фактори не впливають на результати вибору, достатнього для того, щоб вважати їх основними. Це вимагає ретельної відповідальної перевірки умов формування розселення населення по території міста. Першим кроком на шляху виявлення причин існування закономірностей розселення є визначення характеристик поділу відстаней між зупинками як місць зв'язку, попиту на перевезення та транспортні пропозиції. Вивчення цього показника є досить трудомістким процесом, тому знайти приклади таких досліджень дуже важко.

## II. Аналіз літератури

Найбільш великим попитом на перевезення є трудові повідомлення. Тому закономірності просторої самоорганізації населення розглядаються як закони трудового розселення. Під розселенням розуміють розподіл населення в межах певної території - країни, регіону, міста, району і т.д. Розселення розглядаються в залежності дальності повідомлення або від витрат часу на переміщення, щодо центрів транспортного тяжіння. Ці функції розселення можна визначити методом теоретичних розрахунків. Використання закону Вебера-Фехнера теоретично отримав логнормальний закон розселення за витратами часу на переміщення. Ця модель є ймовірнісною і враховує особливість формування поведінки населення при виборі місць проживання щодо місць роботи. Ряд авторів уточнюють модель Г.В. Шелейховського-А.І. Ванке; А.Г. Динкін і Є.Г. Молчан модифікували її з урахуванням різного трудового тяжіння до місць роботи окремих членів сімей. Першим кроком на шляху виявлення причин існування закономірностей розселення має стати визначення характеристик поділу відстаней між зупинками як місць зв'язку, попиту на перевезення та транспортні пропозиції.

Довжина перегонів на маршруті впливає практично на всі показники функціонування міського пасажирського транспорту, в тому числі на витрати часу пасажирів на пересування. Внаслідок цього, організація технологічного процесу перевезення пасажирів неможлива без визначення раціональної довжини перегону [1].

При вирішенні завдання оптимізації довжини перегону маршруту міського пасажирського транспорту, дослідники використовували різні підходи. Одні визначали цю величину тільки з позиції пішого пересування пасажирів. Так, оптимальну довжину перегонів між пунктами зупинок, за даними роботи [1], брали в залежності від значення максимальної пішохідної доступності. При максимальному радіусі пішохідної доступності, рівному 400 м, отримали значення оптимальної довжини перегону, що лежить в інтервалі 640-680 м. Інші дослідники наводять

дані, що оптимальна довжина перегонів на міських маршрутах повинна знаходитися в інтервалі 300-500м [6]. У необхідних випадках відстань між пунктами зупинок може бути 800-1000 м [7]. На думку інших дослідників, залежність витрат часу на пересування від довжини перегону є складною і багатофакторною і не може бути визначена ізольовано від ряду інших завдань [1]. Існуючі методи оптимізації довжини перегону не повністю враховують її вплив на технічну швидкість, час простою транспортного засобу на остановочному пункті, величину інтервалу між рухом транспортних засобів [1]. Фактично ж, ці параметри є, в свою чергу, складними функціями, залежними від ряду інших чинників.

Дослідники роблять висновок, що довжина перегону впливає на час підходу пасажирів до остановочного пункту і витрати часу на проміжні зупинки при транспортному пересуванні. У неявному вигляді довжина перегону впливає також на технічну швидкість, середній час простою транспортного засобу на остановочному пункті, середня відстань поїздки і залежить від щільності транспортної мережі [1].

Внаслідок цього, визначення довжини перегону, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування, можливо тільки з урахуванням розгляду зазначених параметрів як функцій різних змінних.

## III. Мета роботи

На прикладі міста Сімферополя визначити середню довжину перегону і відстань між зупинками від їх кількості, які забезпечують мінімальні витрати часу на пересування.

## IV. Виклад основного матеріалу

Визначення щільності транспортної мережі. Міська транспортна мережа складається з маршрутних мереж окремих видів пасажирського транспорту загального користування. З існуючих основних видів міського пасажирського транспорту (метро, трамвай, тролейбус, автобус), автобус, є найбільш поширеним, а в багатьох містах і єдиним видом транспорту. Використання того чи іншого виду міського пасажирського транспорту залежить, насамперед, від його провізної здатності і собівартості перевезень. У великих містах найкраще застосовувати всі види міського транспорту, координуючи і розподіляючи роботу між ними відповідно до їх техніко-експлуатаційними якостями, відповідно до яких кожен вид міського транспорту має області найбільш раціонального застосування. Автобус здійснює короткі поїздки в центрі міста з багатьох напрямків, що збігається з лініями метро, трамвая, тролейбуса, для збільшення повноти маршрутних зв'язків. Особливе місце займає забезпечення приміських сполучень. Автобусна лінія може обслужити до 7 тис. пас / г. при одній стрічці руху і до 10 тис. пас / год при паралельному напрямку багатомісних автобусів [4].

У великих містах мережі окремих видів пасажирського транспорту пов'язані між собою і забезпечують прямий зв'язок всіх великих пунктів скупчення пасажирів, пов'язуючи внутрішню міську мережу з

лініями приміського сполучення. Транспортна мережа організується з розрахунком можливості заміни окремих напрямків, в години пік, при непередбачених утвореннях великих пасажиропотоків. Сукупність маршрутів різних видів транспорту, нанесених на плані міста, називається транспортною мережею міста. Відповідно автобусна мережа складається з автобусних маршрутів.

Насиченість міста (району) пасажирськими повідомленнями характеризується маршрутним коефіцієнтом  $\mu_m$  - ставленням сумарної довжини маршрутів  $\sum L_m$  до сумарної довжини вулиць  $\sum L_{ул}$ , по яких проходить хоча б один з маршрутів [4]:

$$\mu_m = \sum L_m / \sum L_{ул} \quad (1)$$

Щільність транспортної мережі  $\delta_c$  (в км/км<sup>2</sup>) визначається відношенням сумарної довжини маршрутів  $\sum L_m$  до площі  $F$  міста (району), виключаючи площа парків, стадіонів, промислових об'єктів і т.д.:

$$\delta_c = \sum L_m / F, \text{ км/км}^2. \quad (2)$$

Цей показник коливається в межах 1-2,5 км<sup>2</sup>.

$F=107,4 \text{ км}^2$ ;  $\sum L_m = 220 \text{ км}$  (для м. Сімферополь);

Звідси можемо знайти  $\delta_c$ :

$$\delta_c = 220/107,4 = 2,04 \text{ км/км}^2$$

Перегоном називається відстань між двома суміжними пунктами зупинок. Довжина перегону залежить від розташування маршруту на території міста і коливається в межах 300 ... 700м

Середня довжина перегону на маршруті визначається для одного напрямку:

$$l_{п} = L_m / (n_{ост} - 1), \text{ км} \quad (3)$$

для кільцевого маршрута:

$$l_{п} = L_m / n_{ост}, \text{ км} \quad (4)$$

де  $n$  – кількість зупинок [4].

В результаті перевірки та доопрацювання моделей маршрутних мереж пасажирського транспорту, були отримані характеристики розподілу відстаней між зупинками, представлені в таблиця.

#### Загальна характеристика відстаней між зупинкам

Кількість відстаней, од	Найменше значення, км	Найбільше значення, км	Середнє значення, км	Середньоквадратичне значення, км
220	0,400	0,800	0,570	0,630

Після розрахунків щільності транспортної мережі у місті Сімферополі можна підвести такі висновки. Після розрахунків ми отримали коефіцієнт щільності транспортної мережі, який складає 2,04. Зараз можливо зробити висновки, що на 1 км<sup>2</sup> розташовується біля 2 км маршрутної мережі. Цей коефіцієнт є оптимальним для багатьох міст. Середня довжина маршрута складає 15 км, середня кількість зупинок складає -31 (3), середня довжина перегону складає 0,4км. Це доводить розподіл відстаней між зупинками в залежності від їх кількості в містах.

При оцінці ступеня відповідності розподілів, отриманих наборів випадкової величини відстаней, між зупинками в місті Сімферополі, теоретичним законом розподілу оцінок, параметрів теоретичних

законів виконувалася за допомогою методу максимальної правдоподібності. Графік емпіричних і теоретичних розподілів для міста представлені на рис. 1.

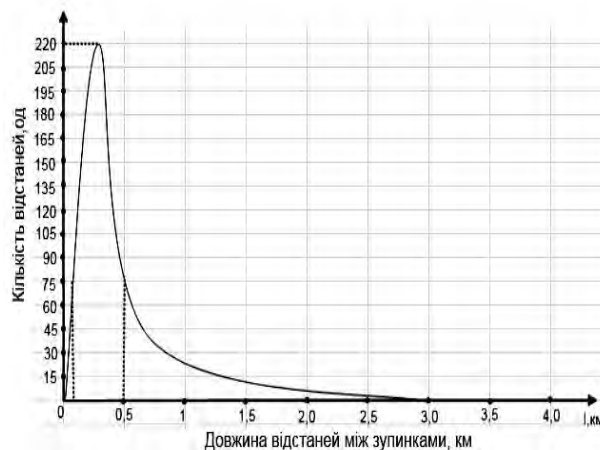


Рис.1. Розподіл відстаней між зупинками в м. Сімферополі

Аналіз відстаней між зупинками в місті Сімферополі показує, що він підкоряється загальним закономірностям. Можна сказати, що розрахункові параметри законів розподілу не залежать від величини міста або його географічних характеристик (витягнутості, округлості), що підтверджує дослідження в роботі [6]. Отриманий в результаті аналізу графік розподілу випадкової величини нагадує криві розселення, запропоновані Г.В. Шелейховським. Отже, закономірності розселення населення формуються відповідно до закону розподілу відстаней між зупинками міського пасажирського транспорту [3], незалежно від кількості зупинок і незалежно від кількості перегонів.

Існуючі методи оптимізації довжини перегону не повністю враховують її вплив на технічну швидкість, час простою транспортного засобу на останочному пункті та величину інтервалу між рухом транспортних засобів. Фактично ж, ці параметри  $\epsilon$ , в свою чергу, складними функціями, залежними від ряду інших чинників. Довжина перегону впливає на час підходу пасажира до останочному пункту і витрати часу на проміжні зупинки при транспортному пересуванні. У неясному вигляді довжина перегону впливає також на технічну швидкість, середній час простою транспортного засобу на останочному пункті, середня відстань поїздки і залежить від щільності транспортної мережі [1]. Внаслідок цього, визначення довжини перегону, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування, можливо тільки з урахуванням розгляду зазначених параметрів як функцій різних змінних. Цільову функцію визначення довжини перегону маршруту міського пасажирського транспорту, можна представити в наступному вигляді [6]:

$$t_{п} = 2t_{пеш}(l_{п}) + t_{ож}(l_{п}) + t_{тр}(l_{п}) \rightarrow \min \quad (5)$$

де  $2t_{пеш}(l_{п})$  - час пішохідного руху від пункту відправлення до останочному пункту або від зупинкового пункту до пункту призначення;  $t_{ож}(l_{п})$  -

час на очікування транспорту на остановочном пункті;  $t_{\text{пр}}(l_n)$  - час руху в транспортному засобі.

Для вирішення поставленого завдання всі параметри залежності (5) були описані у вигляді функцій, від довжини перегону. Був проведений аналіз зміни часу пересування в залежності від факторів, які характеризують маршрут міського пасажирського транспорту. В якості цих факторів були розглянуті: коефіцієнт використання місткості транспортного засобу; значення пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту; питома потужність двигуна автобуса; номінальна місткість транспортного засобу; щільність транспортної мережі; швидкість транспортного потоку; довжина маршруту; середня дальність поїздки. На першому етапі було проаналізовано зміну витрат часу пасажирів при здійсненні пересування в залежності від довжини перегону, графічне зображення якої наведено на рис. 2.

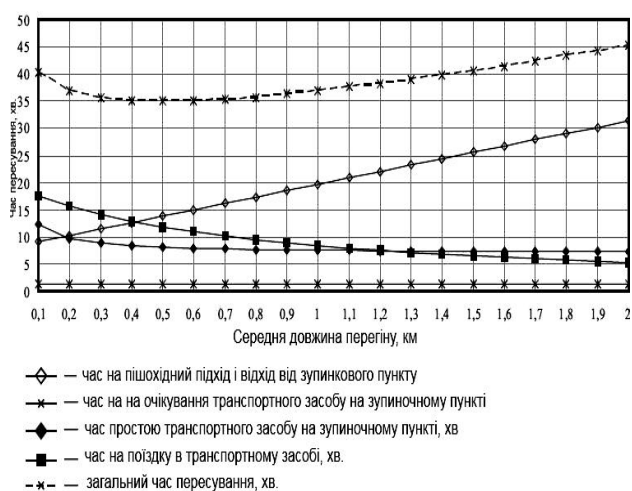


Рис. 2. Зміна витрат часу пасажирів при здійсненні пересування

При цьому використовувалися такі умови пересування: коефіцієнт заповнення салону автобуса  $g = 0,7$ ; значення пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту  $Q_{\text{max}} = 1500$  пас./ч; потужність двигуна автобуса  $W = 19,8$  кВт/т; номінальна місткість транспортного засобу  $q_n = 22$  пас.; щільність транспортної мережі  $\delta = 2,04$  км/км<sup>2</sup>; швидкість транспортного потоку  $V_t = 19,8$  км/ч; довжина маршруту  $L_m = 15$  км; середня дальність поїздки  $l_{\text{с.п.}} = 2,9$  км,  $n_{\text{ост}} = 31$ . Дані взято для автомобіля БАЗ-А079 "Еталон" (дані підтверджуються формулою Зільбертала [7]).

За результатами досліджень при зміні місткості автобуса  $\gamma_c$  с 0,1-1,3 и пасажиронапруженності  $Q_{\text{max}} = 500-4000$  пас/ч, довжина перегону лежить в межах 0,4-0,7 км, а зміна часу на поїздку практично несуттєво (31 -39 хв). При використанні транспортних засобів більшої місткості та зменшенні питомої потужності автобуса, довжина перегону при найменшому часу пересування пасажирів збільшується до 0,5 ÷ 0,8 км.

## Висновок

1. Довжина перегонів на маршруті впливає практично на всі показники функціонування міського пасажирського транспорту: на витрати часу пасажирів на пересування, на кількість проміжних зупинок, а так само впливає на техніко-експлуатаційні показники і продуктивність автобусів на маршруті. Внаслідок цього, організація технологічного процесу перевезення пасажирів неможлива без визначення раціональної довжини перегону.

2. Час, який пасажир витрачає на їзду з однієї точки в іншу, залежить від багатьох факторів. Це і місткість автобуса, його питома потужність, пасажиропотік - ці фактори впливають на довжину перегону автобуса на маршруті. Провівши дослідження, змінюючи коефіцієнт місткості, змінюючи діапазон пасажиропотоків видно, що раціональна довжина перегону автобуса на маршруті коливається в межах 0,4 ÷ 0,7 км.

## Література

- [1] Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок: / Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1980. – 535 с.
- [2] Дуднев Д. И. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом./ Дуднев Д. И., Климова М. И., Менн А. А. – М.: Транспорт, 1974. – 296 с.
- [3] Розанов Ю.А. Теория вероятностей, случайные процессы и математическая статистика / Ю.А. Розанов. – М. : Наука, 1989. 320 с.
- [4] Сулейманов Э. С. Организация грузовых и пассажирских автомобильных перевозок / Сулейманов Э. С., Абдулгасис А.У. – Симферополь: ДИАИПИ, 2010. – 240 с.
- [5] Энглези И.П. Закономерности изменения средней длины перегона, обеспечивающей минимальные затраты времени пассажиров на передвижение. / Энглези И.П., Калужный М.В. Вісник Донецкої академії автомобільного транспорту. №1, 2010 С.4-9.
- [6] Спирин И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом. / Спирин И.В. Справочное пособие М.: ИКЦ «Академкнига» 2005.-413с