

УДК 656.13

**ВИБІР РЕЖИМУ РУХУ АВТОБУСІВ У МІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ**

Кандидати техн. наук К.Є. Вакуленко, Г.І. Фалецька

**ВЫБОР РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ АВТОБУСОВ В ГОРОДСКОМ СООБЩЕНИИ**

Кандидаты техн. наук Е.Е. Вакуленко, Г.И. Фалецкая

**CHOOSING THE MOVEMENT OF BUSES ON URBAN ROUTES**

PhD K. Vakulenko, PhD G. Faletskaya

*Проведено аналіз методів вибору режиму руху автобусів на маршрутах міста. Представлена математична модель визначення режиму руху автобусів у міському сполученні, що враховує інтереси пасажирів, через врахування зниження його доходу на виробництві внаслідок транспортного процесу, та врахування інтересів транспортного підприємства, через врахування собівартості перевезень.*

**Ключові слова:** маршрут, режим руху, транспортний засіб собівартість перевезень, транспортна стомлюваність.

*Проанализированы методы выбора режима движения автобусов на маршрутах города. Представлена математическая модель определения режима движения автобусов в городе, которая учитывает интересы пассажиров, посредством снижения его дохода на предприятии в результате транспортного процесса, и интересов транспортных предприятий, посредством себестоимости перевозки пассажира.*

**Ключевые слова:** маршрут, режим движения, транспортное средство, себестоимость перевозок, транспортная утомляемость.

*In modern society the organization of urban passenger transport (UPT) more attention is paid to the level of transport service. Requirements that relate to the carriage of passengers, directly resulting from their requests depending on the nature, scope and structure of social production and social structure of society, the level of cultural development and cultural exchange. Ensuring a high level of capacity of urban transport infrastructure will meet the demand for the movement of people and provide the necessary level of service in conjunction with economic feasibility. A mathematical model for determining the movement of buses in the city, which takes into consideration the interests of passengers, by lowering its revenue at the company as a result of the transportation process, and the interests of the transport industry, through the cost of transportation of passengers. Suggested by the approach to the choice of mode of movement on routes UPT with regard to capacity and passenger route stops corresponding links selects the following parameters of routes with combined driving mode that will satisfy the interests of passengers and the transport company.*

**Key words:** route, driving mode, the vehicle, the cost of transportation, transport fatigue.

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку суспільства при організації міських пасажирських перевезень все більше уваги приділяється рівню транспортного обслуговування. Тому забезпечення високого рівня потужності інфраструктури міського пасажирського транспорту (МПТ) дозволяє задовольнити попит на пересування населення і забезпечити необхідний рівень обслуговування при взаємозв'язку з економічною доцільністю.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.**

Вибір режимів руху транспортних засобів на маршрутах є однією з найважливіших задач при удосконаленні перевезень пасажирів, тому що безпосередньо впливає на якість обслуговування населення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проведений аналіз методів удосконалення процесу перевезень пасажирів на міському пасажирському транспорті дозволив визначити, що одним з методів удосконалення міських пасажирських перевезень є зміна маршрутної системи через впровадження експресних та швидкісних маршрутів [1, с. 19]. Метод [2, с. 91] передбачає впровадження комбінованого режиму руху за

допомогою картограмного методу визначення режиму руху на автобусних маршрутах МПТ. Недоліком запропонованого методу є трудомісткість його реалізації.

У працях [3 с. 102, 4 с. 89] при визначенні режиму руху на автобусних маршрутах МПТ в якості критерію використовується принцип покращення якості обслуговування без погіршення показників роботи транспорту, за рахунок повного перебору можливих варіантів організації сполучення на маршруті на ЕОМ. При цьому обрані за даним методом режими руху не в повній мірі відповідають вимогам і потребам пасажирів. Згідно з методом [5 с. 73] вирішення задачі доцільності впровадження комбінованого режиму руху базується на пасажирообміні зупинок пунктів та закріплених за маршрутом автобусів, що зупиняються на всіх проміжних зупинках за критерієм мінімуму сумарних витрат часу пасажирів на пересування. Недоліком цього методу є те, що не враховується потужність пасажиропотоку і кореспондуючі зв'язки зупинок маршруту.

Формування зупинок додатково до зупинок, що сформовані для звичайного режиму руху, виконується за рахунок зменшення кореспонденцій пасажирів [6, с. 42].

Даний метод дозволяє ефективно вирішувати питання виділення вихідного набору зупинок для подальшого перебору варіантів, однак такий розподіл пасажиропотоків між маршрутами може призвести до не раціонального розподілу транспортних засобів між маршрутами. У роботі [7, с. 10] удосконалений метод запропонований у [6, с. 42] за рахунок діагностування маршрутів на можливість впровадження комбінованого режиму руху, обґрунтована гіпотеза вибору пасажиром виду сполучення. Однак даний підхід є трудомістким та потребує у виконанні непотрібної обчислюваної роботи. Деякі вчені при визначенні режиму руху на автобусних маршрутах МПТ використовували гіпотезу про розподіл пасажиропотоків відповідно до провізних можливостей видів транспорту [8, с. 42], однак ці методики не мають практичного застосування.

Недоліком наведених методів є те, не розглядається проблема вибору режимів руху транспортних засобів на маршрутах виходячи з інтересів пасажирів та транспортного підприємства.

В роботі [9, с. 202] запропоновано використання критерію оцінки ефективності експресних маршрутних перевезень пасажирів,

що враховує соціально-економічні наслідки транспортного процесу.

**Основна частина дослідження.** При виборі режиму руху автобусів у міському сполученні пропонується наступна цільова функція, що враховує інтереси як пасажирів, так і транспортного підприємства, за рахунок врахування витрат на експлуатацію транспорту і вартісної оцінки наслідків транспортного процесу, та в загальному виді виглядає:

$$B_{заг} = B^{(з)} + B^{(е)} / A^{(з)} + A^{(е)} = const \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $B^{(з)}$  - витрати при звичайному русі на маршруті, грн;

$B^{(е)}$  - витрати при експресному русі на маршруті, грн;

$A^{(з)}$  - кількість ТЗ, що працюють в звичайному режимі руху, од.;

$A^{(е)}$  - кількість ТЗ, що працюють в експресному режимі руху, од..

У повному розгорнутому вигляді цільову функцію (1) має вигляд:

$$B_{заг} = \frac{\tau \cdot A^{(з)} (C_{зм} \cdot V_e^{(з)} + C_{пост}) + (C_{пр-пр}^{(з)} \cdot Q_{пр}^{(з)} + C_{пр-зв}^{(з)} \cdot Q_{зв}^{(з)})}{Q_{заг}^{(з)}} + \frac{\tau \cdot A^{(е)} (C_{зм} \cdot V_e^{(е)} + C_{пост}) + (C_{пр-пр}^{(е)} \cdot Q_{пр}^{(е)} + C_{пр-зв}^{(е)} \cdot Q_{зв}^{(е)})}{Q_{заг}^{(е)}} \rightarrow \min \quad (2)$$

$A^{(з)} + A^{(е)} = const$

де  $V_e^{(з)}$ ,  $V_e^{(е)}$  - експлуатаційна швидкість на маршруті при звичайному та експлуатаційному режимах руху відповідно, км/год;

$C_{пр-пр}^{(з)}$ ,  $C_{пр-зв}^{(з)}$ ,  $C_{пр-пр}^{(е)}$ ,  $C_{пр-зв}^{(е)}$  - зниження доходу пасажирів внаслідок транспортного пересування при звичайному та експресному режимах русі в прямому та зворотному напрямках відповідно, грн;

$Q_{пр}^{(з)}$ ,  $Q_{зв}^{(з)}$ ,  $Q_{пр}^{(е)}$ ,  $Q_{зв}^{(е)}$  - об'єм перевезень на маршруті в прямому та зворотному напрямках

при звичайному та експресному режимах русі відповідно, пас.;

$C_{зм}$  - змінні витрати транспортного підприємства, грн км;

$C_{пост}$  - постійні витрати транспортного підприємства, грн/год.;

$A$  - кількість ТЗ на маршруті, од.;

$\tau$  - тривалість розрахункового періоду, год.

Найбільш прийнятною і ефективною для чисельного дослідження зниження доходу пасажирів внаслідок транспортного

пересування, транспортної стомлюваності пасажирів, визнано математичну модель розроблену Н.У. Гюлевим [10, с. 180].

Виходячи з наведеної цільової функції (2) визначено при якому співвідношенні транспортних засобів, організація експресного маршруту буде найбільш ефективною з врахуванням інтересів транспортного підприємства і пасажирів.

Для проведення дослідження був обраний Орджонікідзевський район м. Харкова, в якому більше 90% автобусних маршрутів працюють у експресному режимі. Для подальшого розгляду був обраний маршрут №42е.

За допомогою візуального та табличного методу обстеження пасажиропотоків визначена матриця маршрутних кореспонденцій та показники роботи маршруту. Для даного

маршруту за методикою [5 с. 77] були визначені зупинки, що віднесені до експресних: вул. О. Зубарева; пров. Дарьялівський; вул. Луї Пастера; Ринок «ХТЗ»; Ст.м Тракторний завод.

Надалі було проведено моделювання процесів функціонування об'єкту дослідження. При моделюванні змінювалось співвідношення кількості ТЗ, що працюють у звичайному та експресному режимах руху, що вплинуло на зміну показників роботи маршруту і, як наслідок на транспортну стомлюваність пасажирів, зниження доходу пасажирів на виробництві та зміну витрат підприємства на організацію перевізного процесу.

Залежність зміни зниження доходу пасажирів на виробництві внаслідок транспортного процесу в прямому на зворотному напрямках представлена на рис. 1, 2.

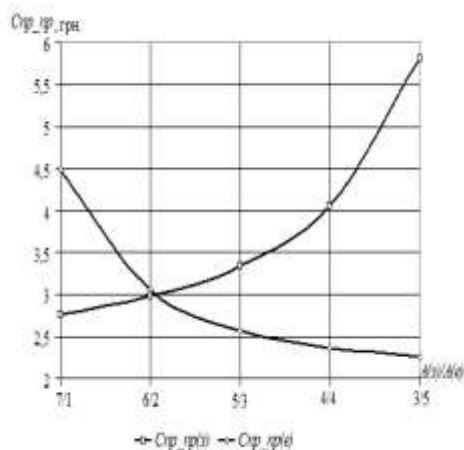


Рис. 1. Зміна зниження доходу пасажирів на виробництві внаслідок транспортного процесу в прямому напрямку

Розглядаючи залежності представлені видно, що при зменшенні кількості ТЗ, що працюють у звичайному режимі руху, і як наслідок погіршенні умов перевезення пасажирів, величина зниження доходу пасажирів на основному виробництві збільшується, відповідно до збільшення транспортної стомлюваності під час очікування маршрутної поїздки та під час самої маршрутної поїздки.

Залежність зміни витрат транспортного підприємства від різного співвідношення ТЗ представлено на рис. 3.

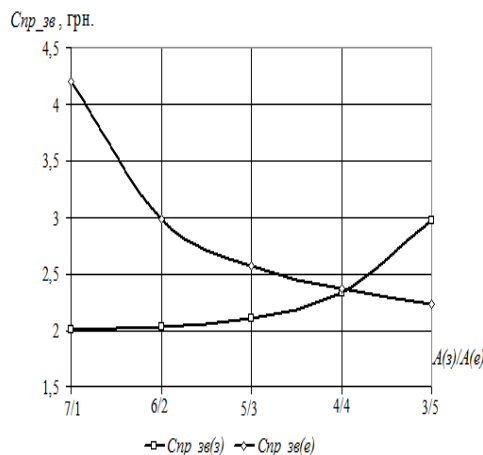


Рис. 2. Зміна зниження доходу пасажирів на виробництві внаслідок транспортного процесу в зворотному напрямку

Залежність зміни загальних витрат, що має вигляд, поданий на рис. 4.

Виходячи з математичної моделі вибору режиму руху автобусів у міському сполученні та отриманої залежності зміни загальних витрат ( $B_{заг}$ ) можна зробити висновок, що для даного маршруту оптимальним співвідношення кількості ТЗ є 5 ТЗ, що працюють в звичайному режимі руху та 3 ТЗ, що працюють в експресному режимі руху.

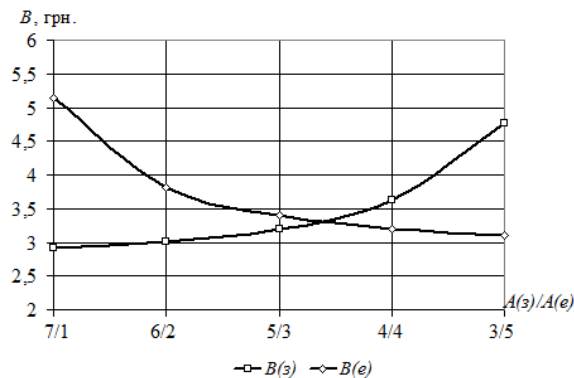


Рис. 3. Зміна витрат транспортного підприємства при різному співвідношенні ТЗ на маршруті



Рис. 4. Зміна загальних витрат ( $B_{заг}$ ) для визначення потрібної кількості експресних автобусів для заданого маршруту

**Висновки з дослідження.** Запропонований підхід до вибору режиму руху на маршрутах МПТ з врахуванням потужності пасажиропотоку і кореспондуючих зв'язків зупинок маршруту дозволяє обирати такі

параметри роботи маршрутів з комбінованим режимом руху, що будуть задовольняти інтереси пасажирів та транспортного підприємства.

#### Список використаних джерел

1. Вакуленко, К.Є. Особливості управління міськими пасажирськими транспортними системами [Текст]: монографія / К. Є. Вакуленко, К. В. Доля. – Харків: НТМТ, 2013. – 171 с.
2. Самойлов, Д.С. Городской транспорт [Текст]: учебник для вузов / Д.С. Самойлов. – М.: Стройиздат, 1975 – 287 с.
3. Горбачев, П.Ф. Основы теории транспортных систем [Текст ] / П.Ф. Горбачев, И.А. Дмитриев. – Харьков: ХНАДУ, 2002. – 202 с.
4. Геронимус, Б.Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте [Текст] / Б.Л. Геронимус, Л.В. Царфин. – М.: Транспорт, 1988. – 192 с.
5. Антошвили, М.Е. Оптимизация городских автобусных перевозок [Текст] / М.Е. Антошвили, С.Ю. Либерман, И.В. Спирин. – М.: Транспорт, 1985. – 102 с.
6. Зильбербрандт, Ю. Организация ускоренного и экспресс-сообщения в Сан-Франциско [Текст] / Ю. Зильбербрандт // Автотранспорт и перевозки. – 2004. - № 11. – С. 42-43.

7. Коцюк, А.Я. Совершенствование автобусных маршрутных систем в крупных и крупнейших городах [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.22.01 "Транспортные системы" / Александр Яковлевич Коцюк. – К., 1990. – 20 с.

8. Спирин, И.В. Городские автобусные перевозки [Текст]: справочник / И.В. Спирин – М.: Транспорт, 1991. – 237 с.

9. Лежнева, О.І. Організація перевезень пасажирів у містах [Текст]: навч. посібник / О.І. Лежнева. – Харків: Точка, 2010. – 311 с.

10. Доля, В.К. Пасажирські перевезення [Текст]: підручник / В.К. Доля. – Харків: Вид-во «Форт», 2011. – 504 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор Ю.О. Давідіч

---

Вакуленко Катерина Євгенівна, канд. техн. наук, доцент, кафедра транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова. E-mail: vakulenko.e@mail.ru.  
Фалецька Галина Іванівна, канд. техн. наук, доцент, кафедра транспортних систем і логістики. Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова.

Vakulenko Ekaterina, Ph.D. of Technical Sciences, Associate professor, Department of Transport Systems and Logistacs, O.M. Beketova National University of Urban Economy. E-mail: vakulenko.e@mail.ru.

Faletskaaya Galina, Ph.D. of Technical Sciences, Associate professor, Department of Transport Systems and Logistacs, O.M. Beketova National University of Urban Economy.