

## ОПТИМІЗАЦІЯ РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ПРИКЛАДІ М. ЧЕРКАСИ

Черкаський державний технологічний університет

### Анотація

Досліджено задачу оптимізації міської транспортної мережі за рахунок зниження рівня дублювання маршрутів альтернативними видами транспорту. Побудовано математичну модель дослідженої задачі з врахуванням ступеню дублювання тролейбусних маршрутів автобусними. Проведено аналіз існуючої мережі м. Черкаси. Виконано відповідні розрахунки та надано пропозиції щодо зменшення транспортних потоків в м. Черкаси на маршрутах з повним збігом трас.

**Ключові слова:** інтенсивність транспортного потоку, математична модель, міська транспортна мережа, оптимізація, ступінь дублювання маршрутів.

Міська транспортна мережа має складну структуру. Збільшення інтенсивності транспортних потоків маршрутного транспорту призводить до перевантаження мережі, погіршення екологічного стану в місті та надмірної конкуренції між перевізниками.

Метою даного дослідження є оптимізація мережі транспорту загального користування шляхом зниження витрат часу на пересування міським пасажирським транспортом та зниження рівня дублювання маршрутів альтернативними видами транспорту.

В процесі дослідження було здійснено аналіз маршрутів міської транспортної мережі м. Черкаси та структури парку транспорту 12 автотранспортних підприємств, що надають відповідні послуги. Визначено довжину різних маршрутів мережі та інтенсивності руху за ними. Встановлено, що щільність маршрутної мережі міського пасажирського транспорту (8,1 км/км<sup>2</sup>) значно перевищує нормативне значення. Зменшення частки дублюючих маршрутів в міській мережі є одним з шляхів її оптимізації.

В роботі [1] розв'язується задача оптимізації руху транспорту загального користування з цільовою функцією, що складається з сумарних втрат пасажирів та шкоди міському середовищу від роботи двох видів транспорту на одному маршруті, або ТЗ одного виду, працюючих від різних операторів. Проте, в математичній моделі зазначеної задачі не враховано ступінь дублювання маршрутів транспортної мережі. Для усунення даного недоліку пропонується ввести до складу моделі коефіцієнт  $\rho$ , що відображає ступінь дублювання одного транспортного маршруту іншим. Таким чином, уточнена цільова функція для двох автобусних маршрутів, що мають сполучену ділянку, набуває вигляду:

$$F(\mu^{(0)}, \mu^{(1)}) = \frac{\gamma^{(0)}\lambda^{(0)}}{\mu^{(0)}} + \frac{\gamma^{(1)}\lambda^{(1)}}{\mu^{(0)} + \mu^{(1)} - \rho \left( \frac{\mu^{(0)} + \mu^{(1)}}{2} \right)} + \delta^{(0)}\mu^{(0)} + \delta^{(1)}\mu^{(1)} =$$

$$= \frac{\gamma^{(0)}\lambda^{(0)}}{\mu^{(0)}} + \frac{\gamma^{(1)}\lambda^{(1)}}{\left( 1 - \frac{\rho}{2} \right) (\mu^{(0)} + \mu^{(1)})} + \delta^{(0)}\mu^{(0)} + \delta^{(1)}\mu^{(1)} \rightarrow \min. \quad (1)$$

де  $\mu^{(0)}$ ,  $\mu^{(1)}$  – інтенсивності потоків транспортних засобів (ТЗ), що рухаються за I та II маршрутами відповідно, ТЗ/год.;  $\delta^{(0)}$ ,  $\delta^{(1)}$  – шкоди міському середовищу від одного рейсу ТЗ на I та II маршрутах відповідно, грн.;  $\lambda^{(0)}$ ,  $\lambda^{(1)}$  – інтенсивності потоків пасажирів на I та II маршрутах, пас./год.;  $\gamma^{(0)}$ ,  $\gamma^{(1)}$  – середня вартість однієї години пасажирів, що рухаються за відповідними маршрутами, грн./год.;  $\rho = L_{01}/L_{M0}$ ;  $L_{01}$  – довжина сполученої ділянки двох

маршрутів, що визначається шляхом вимірювання на схемі існуючої маршрутної мережі, км;  
 $L_{M0}$  – довжина автобусного маршруту, що дублюється іншим, км.

З метою зниження рівня дублювання тролейбусних маршрутів автобусними доречно уточнити модель (1), враховуючі статистичні дані щодо розподілу респондентів за видами транспорту. В процесі аналізу результатів анкетування населення визначено, що перевагу автобусам надають 58,4% пасажирів, тролейбусам – 29,6%, а 12% респондентів користуються як автобусом, так і тролейбусом. Таким чином, розрахунок інтенсивності транспортних потоків здійснюється з врахуванням часткових коефіцієнтів пасажиропотоків, за I маршрут приймається – тролейбусний, а відповідна цільова функція має наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 F(\mu^{(0)}, \mu^{(1)}) &= \frac{\gamma^{(0)}\lambda^{(0)}}{\mu^{(0)}} + \frac{\gamma^{(1)}\lambda^{(1)}}{\mu^{(0)} + \mu^{(1)} - \rho(0,296\mu^{(0)} + 0,06(\mu^{(0)} + \mu^{(1)}))} + \delta^{(0)}\mu^{(0)} + \delta^{(1)}\mu^{(1)} = \\
 &= \frac{\gamma^{(0)}\lambda^{(0)}}{\mu^{(0)}} + \frac{\gamma^{(1)}\lambda^{(1)}}{\mu^{(0)} + \mu^{(1)} - \rho(0,356\mu^{(0)} + 0,06\mu^{(1)})} + \delta^{(0)}\mu^{(0)} + \delta^{(1)}\mu^{(1)} = \\
 &= \frac{\gamma^{(0)}\lambda^{(0)}}{\mu^{(0)}} + \frac{\gamma^{(1)}\lambda^{(1)}}{\mu^{(0)}(1-0,356\rho) + \mu^{(1)}(1-0,06\rho)} + \delta^{(0)}\mu^{(0)} + \delta^{(1)}\mu^{(1)} \rightarrow \min,
 \end{aligned} \quad (2)$$

тоді як  $L_{M0}$  відповідає довжині тролейбусного маршруту, км.

В процесі розв'язання оптимізаційних задач (1) та (2) досліджено парк ТЗ кожного з транспортних операторів м. Черкаси та враховано обмеження ТЗ на пасажиромісткість. Для кожної задачі застосовано відкоригований узагальнений метод можливих Лагранжа [2] та розв'язано 15 оптимізаційних підзадач для маршрутів з повним дублюванням (збіг маршрутних трас двох видів транспорту не менше ніж 75%). За результатами оптимізації запропоновано нову маршрутну мережу та визначено оптимальні режими роботи на її маршрутах.

Запропоновані математичні моделі можуть бути використані при виконанні транспортних проектів і планів реконструкції транспортної мережі міста.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Корягин М. Е. Равновесные модели системы городского пассажирского транспорта в условиях конфликта интересов / М. Е. Корягин. – Новосибирск : Наука, 2011. — 140 с.
2. Таха Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е издание / Хэмди А. Таха. – М.: Вильямс, 2005. – 912 с.

**Костьян Наталія Леонідівна**, к. т. н., доцент, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, 438knl@gmail.com

**Тарандушка Людмила Анатоліївна**, к. т. н., доцент, завідувач кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, tarandushkal@ukr.net

**Рудь Максим Петрович**, к. т. н., доцент, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, m.rud@chdту.edu.ua

## OPTIMIZATION OF PASSENGER TRAFFIC ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF CHERKASY

### Abstract

*The problem of optimization of the urban transport network by reducing the level of duplication of routes by alternative modes of transport has been investigated. A mathematical model of the investigated problem is built taking into account the degree of duplication of trolleybus routes by bus routes. The analysis of the existing network in the city of Cherkasy is carried out. The corresponding calculations have been made and proposals have been made to reduce traffic flows in the city of Cherkasy on routes with complete coincidence of the route tracks.*

**Keywords:** traffic flow intensity, mathematical model, municipal transport network, optimization, the degree of duplication of routes.

**Tarandushka Lyudmyla**, PhD, docent, Head of the Department of vehicles and technology for their operation, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, tarandushkal@ukr.net

**Kostian Nataliia**, PhD, docent, Associate Professor of the Department of vehicles and technology for their operation, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, 438knl@gmail.com

**Rud Maksym**, PhD, docent, Associate Professor of the Department of vehicles and technology for their operation, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, m.rud@chdту.edu.ua