

## АНОТАЦІЯ

*Бура Р. Р.* Вдосконалення методів мінімізації затримки транспортних потоків у містах зі щільною забудовою. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)» – Національний університет «Львівська політехніка», Міністерство освіти і науки України, Львів, 2021.

Робота присвячена вдосконаленню методів мінімізації затримки у транспортних потоках, зокрема зменшенню витрат на переміщення людей ділянками транспортної мережі за результатами надання пріоритету громадському транспорту у містах зі щільною забудовою.

У містах з радіальною та радіально-кільцевою планувальною схемою вулично-дорожньої мережі, де магістральні транспортні потоки сходяться в центральній частині, часто постає проблема перевантаження вулиць рухом. Як наслідок, збільшуються затримки всіх типів транспортних засобів, що спричиняє надмірні витрати часу на пересування користувачів приватного транспорту та пасажирів громадського транспорту. У зв'язку з цим запропоновано поділ ділянок транспортної мережі на сім типів, виходячи з їх геометричних параметрів та умов руху.

Така диференціація ділянок удосконалює існуючі методики з визначення просторової затримки транспортних потоків на різних за параметрами ділянках транспортної мережі, оскільки враховує тривалість проїзду транспортними засобами регульованих перехресть та пішохідних переходів, ділянок вулиць між ними з одночасним фіксуванням тривалості руху громадського транспорту, а також часу їх перебування на зупинкових пунктах з використанням GPS-приймачів.

Проведено натурні дослідження з визначенням основних параметрів загального транспортного потоку, а також швидкості сполучення громадського транспорту та часу його простою на зупинкових пунктах.

Проведено експериментальні дослідження з визначення зміни величини затримки та тривалості проїзду на різних (за типом та довжиною) ділянках транспортної мережі з урахуванням зміни інтенсивності руху.

У роботі розроблено та застосовано методику оцінки показників транспортних потоків на різних (за планувальними особливостями) ділянках магістральної транспортної мережі, а також вдосконалено методику визначення затримок в русі громадського транспорту на основі геоінформаційних даних.

Практичне значення результатів роботи полягає у визначенні способу надання пріоритету громадському транспорту з точки зору оптимізації руху загального транспортного потоку та громадського транспорту.

**Ключові слова:** транспортний потік, громадський транспорт, швидкість сполучення, транспортна затримка, інтенсивність руху, транспортні дослідження, транспортна система, світлофорне регулювання.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації*

*Стаття у науковому періодичному виданні інших держав*

1. Bura R. Analysis of bus rapid transit problems in cities with dense construction area / Z. Stotsko, Yu. Royko, R. Bura, O. Hrytsun // Archives of Transport System Telematics. – 2019. – vol. 12, issue 4. – P. 45–49.

*Стаття у виданнях України, що включені до міжнародних науково-метричних баз*

2. Bura R. Choose of optimal regimes of traffic light control in operating zone of pedestrian crossings / Yu. Royko, O. Hrytsun, R. Bura // Ukrainian journal of mechanical engineering and materials science. Lviv, 2018. Vol. 4, No. 1, P. 145–160.

*Статті у фахових виданнях України*

3. Бура Р. Р. Аналіз впливу трамваїв на безпеку руху / Ю. Я. Ройко, Р. Р. Бура // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Серія “Динаміка, міцність та проектування машин і приладів”. – 2017. – № 866. – С. 225–229.

4. Бура Р. Р. Особливості затримки в русі транспортних потоків зі значною часткою громадського транспорту / Ю. Я. Ройко, Р. Р. Бура, Б. В. Швець, Т. Б. Харчишин // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті : науковий журнал. – 2017. – № 2(9). – С. 150–156.

5. Bura R. Determination of delays on two-lane streets within public transport stops / Yu. Royko, R. Bura, S. Maksymiuk // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті : науковий журнал. – 2018. – № 2 (11). – С. 24–28.

6. Бура Р. Р. Вплив зупинок міського громадського транспорту на ефективність роботи перехресть / Ю. Я. Ройко, Р. Р. Бура, В. А. Давосир, С. А. Максимюк // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Серія “Динаміка, міцність та проектування машин і приладів”. – 2019. – № 910. – С. 114–121.

7. Бура Р. Р. Визначення оптимальної тривалості світлофорного циклу на перехрестях з жорсткими типами регулювання / О. М. Грицунь, Р. Б. Рогальський, Р. Р. Бура // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті : науковий журнал. – 2019. – № 1 (12). – С. 41–47.

*Статті у інших виданнях:*

8. Royko Yu., Bura R., Rogalsky R. Justification of the criteria for allocation of separate lanes for urban public transport // Transport Technologies. – 2020. – vol. 1, № 1. – P. 1–11.

***Опубліковані праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації***

1. Бура Р. Р. Методи визначення оптимальної довжини ділянки вулично-дорожньої мережі / В. А. Давосир, Р. Р. Бура // Актуальні проблеми життєдіяльності суспільства : XXIV Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих учених. – Кременчук, 2017. – С. 110–112.

2. Бура Р. Р. Аналіз чинників, які визначають умови руху транспортного потоку у складі якого трамваї / Ю. Я. Ройко, Р. Р. Бура // Проблеми з транспортними потоками і напрямки їх розв'язання : тези доповідей II Всеукраїнської науково-теоретичної конференції. – Львів, 2017. – С. 84–85.

3. Бура Р. Р. Витрати часу на переміщення у містах зі щільною забудовою / Ю. Я. Ройко, Р. Р. Бура // Проблеми організації авіаційних перевезень і застосування авіації в галузях економіки : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. – Київ, 2017. – С. 150–153.

4. Bura R. Analysis of factors which define time losses in traffic flow / R. Bura, V. Davosyr // Litteris et Artibus : матеріали VII Міжнародного молодіжного наукового форуму. – Львів, 2017. – С. 273–274.

5. Бура Р. Р. Аналіз можливостей застосування швидкісних автобусних перевезень / Р. Р. Бура, С. А. Максимюк, В. А. Давосир // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій : матеріали 6-ої Міжнародної науково-технічної конференції. – Львів, 2018. – С. 89–91.

6. Бура Р. Р. Особливості застосування смуг для руху міського громадського транспорту / Р. Р. Бура, С. А. Максимюк // Автомобільний транспорт та інфраструктура : збірник тез I Міжнародної науково-практичної конференції. – Київ, 2018. – С. 97–99.

7. Бура Р. Р. Резерви пропускної здатності у містах зі щільною забудовою / Р. Р. Бура, С. А. Максимюк // Автобусобудування та пасажирські

перевезення в Україні : матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Львів, 2018. – С. 175–176.

8. Bura R. Analysis of instantaneous velocities on the streets with high rate of urban public transport / R. Bura, Y. Royko // Транспортні системи та технології: проблеми та перспективи розвитку : збірник тез доповідей регіональної науково-практичної конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів і учнів. – Запоріжжя, 2018. – С. 31–33.

9. Бура Р. Р. Визначення закономірностей у транспортному потоці на ділянках міської магістралі / С. А. Максимюк, Р. Р. Бура // Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Харків, 2018. – С. 207–208.

10. Bura R. Possibilities for implementation the bus rapid transit on city expressways with controlled motion / R. Bura, S. Maksymiuk // VIII Міжнародний молодіжний науковий форум “Litteris et Artibus” & 13-та Міжнародна конференція "Молоді вчені до викликів сучасної технології" : матеріали. – Львів, 2018. – С. 184–185.

11. Бура Р. Р. Аналіз розміщення зупинок громадського транспорту вздовж коридорів ШАП / Р. Р. Бура // Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем : збірник тез I міжнародної науково-технічної Інтернет конференції. – Рівне, 2019. – С. 79.

12. Бура Р. Р. Аналіз показників транспортного потоку на вулицях зі смугами для міського громадського транспорту / Р. Р. Бура, Ю. С. Купенко, М. А. Плесак // 14-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові : матеріали симпозіуму. – Львів, 2019. – С. 55–58.

13. Бура Р. Р. Про обґрунтування доцільності виділення смуг для громадського транспорту / Р. Р. Бура // Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання : тези доповідей III Всеукраїнської науково-теоретичної конференції. – Львів, 2019. – С. 122–123.

14. Бура Р. Р. Про можливості функціонування швидкісних автобусних перевезень у містах з різною конфігурацією ВДМ / Р. Р. Бура, Р. Б. Рогальський, С. А. Плесак // Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання : тези доповідей III Всеукраїнської науково-теоретичної конференції. – Львів, 2019. – С. 103–104.

15. Бура Р. Р. Реалізація планів сталої міської мобільності. Плани та перспективи / Ю. Я. Ройко, Р. Р. Бура, Ю. С. Купенко // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції. – Вінниця, 2019. – С. 146–147.

16. Бура Р. Р. Аналіз безпеки руху на громадському транспорті / Ю. Я. Ройко, Р. Р. Бура, М. А. Плесак // Транспорт і логістика: проблеми та рішення : збірник наукових праць за матеріалами IX-ої Міжнародної науково-практичної конференції. – Сєверодонецьк – Одеса – Вільнюс – Київ, 2019. – С. 28–30.

17. Bura R. Investigation of tram movement indicators in general structure of traffic flow / Yu. Royko, R. Bura, V. Kindrat // ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference. – Ternopil : Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2019. – P.57-65.

18. Bura R. Possibilities of using bus rapid transit in cities with dense construction area / Yu. Royko, R. Bura, R. Rogalskyu // ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference. – Ternopil : Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2019. – P. 84-91.

## SUMMARY

*Bura R.R.* Improvement of minimization methods of traffic flow delays in cities with dense built-up area. – On the rights of manuscript.

Dissertation in support of candidature for scientific degree of Doctor of Philosophy in speciality 275 “Transport technologies (by mode)” – Lviv

Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2021.

The study is dedicated to improvement of minimization methods of delay in traffic flows, in particular to the reduction of time losses on the transportation of people by the sections of transport network in result of giving the priority to urban public transport in cities with dense built-up area.

In cities with radial and radial-circular planning scheme of the road network, where arterial traffic flows come together in the central part, the problem of overcrowding of streets by the movement arises quite often. As a consequence, delays of all types of vehicles increase which causes time losses on the travel both private transport users and urban public transport passengers. Due to this, it was proposed the division of transport network sections into seven types based on their geometric parameters and movement conditions.

Such differentiation of sections improves existing methods of determination of spatial delay of traffic flows on different by parameters sections of transport network as it considers duration of passage of the signalized intersections and pedestrian crosswalks, sections between intersections by vehicles with simultaneous fixation of the duration of urban public transport movement and also time spent by them on the stopping points with the use of GPS-trackers.

Field research with determination of the main parameters of general traffic flow and also the speed of connection of urban public transport and the time of its downtime on the stopping points is carried out.

Experimental research with determination of the change of the delay and the duration of passage of different (by type and length) sections of transport network considering the change of traffic intensity is carried out.

In the study, the method of assessment of traffic flow indicators on different (by planning peculiarities) sections of arterial transport network is developed and used, and also the method of determination of delays in the movement of urban public transport based on geoinformational data is improved.

Practical value of the results are in determination of the way of giving the priority to urban public transport in terms of optimization of general traffic flow and urban public transport movement.

**Keywords:** traffic flow, urban public transport, speed of connection, transport delay, traffic intensity, transport research, transport system, traffic light control.

## AUTHOR`S PUBLICATIONS ON THE SUBJECT OF THE THESIS

### *Articles in scientific and professional journals*

1. Bura R. Analysis of bus rapid transit problems in cities with dense construction area / Z. Stotsko, Yu. Royko, R. Bura, O. Hrytsun // Archives of Transport System Telematics. – 2019. – vol. 12, issue 4. – P. 45–49.

2. Bura R. Choose of optimal regimes of traffic light control in operating zone of pedestrian crossings / Yu. Royko, O. Hrytsun, R. Bura // Ukrainian journal of mechanical engineering and materials science. Lviv, 2018. Vol. 4, No. 1, P. 145–160.

3. Bura R. Analiz vplyvu tramvaiv na bezpeku rukhu / Yu. Royko, R. Bura // Visnyk Natsionalnoho universytetu “Lvivska politekhniky”. Seriya “Dynamika, mitsnist ta proektuvannia mashyn i pryladiv”. – 2017. – № 866. – P. 225–229.

4. Bura R. Osoblyvosti zatrymky v rusi transportnykh potokiv zi znachnoiu chastkoiu hromadskoho transportu / Yu. Royko, R. Bura, B. Shvets, T. Kharchyshyn // Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti : naukovi zhurnal. – 2017. – № 2(9). – P. 150-156.

5. Bura R. Determination of delays on two-lane streets within public transport stops / Yu. Royko, R. Bura, S. Maksymiuk // Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti : naukovi zhurnal. – 2018. – № 2 (11). – P. 24–28.

6. Bura R. Vplyv zupynok iskoho hromadskoho transportu na efektyvnist roboty perekhrest / Yu. Royko, R. Bura, V. Davosyr, S. Maksymiuk // Visnyk



Natsionalnoho universytetu “Lvivska politekhnika”. Seriiia “Dynamika, mitsnist ta proektuvannia mashyn i prykladiv”. – 2019. – № 910. – P. 114-121.

7. Bura R. Vyznachennia optymalnoi tryvalosti svitlofornoho tsyклу na perekhrestiakh z zhorstkymy typamy rehuliuвання / O. Hrytsyn, R. Rohalskyi, R. Bura // Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti : naukovyi zhurnal. – 2019. – № 1 (12). – P. 41–47.

#### *Articles in other journals*

8. Royko Yu., Bura R., Rogalsky R. Justification of the criteria for allocation of separate lanes for urban public transport // Transport Technologies. – 2020. – vol. 1, № 1. – P. 1–11.

#### *Abstracts of the conferences*

1. Bura R. Metody vyznachennia optymalnoi dovzhyyny dilianky vulychno-dorozhnoi merezhi / V. Davosyr, R. Bura // Aktualni problemy zhyttiediialnosti suspilstva : XXIV Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia studentiv, aspirantiv ta molodykh uchenykh. – Kremenichuk, 2017. – P. 110–112.

2. Bura R. Analiz chynnykiv, yaki vyznachaiut umovy rukhu transportnoho potoku u skladi yakoho tramvai / Yu. Royko, R. Bura // Problemy z transportnymy potokamy i napriamky yikh rozviazannia : tezy dopovidei II Vseukrainskoi naukovo-teoretychnoi konferentsii. – Lviv, 2017. – P. 84–85.

3. Bura R. Vytraty chasu na peremishchennia u mistakh zi shchilnoiu zabudovoiu / Yu. Royko, R. Bura // Yu. Royko, R. Bura // Problemy orhanizatsii aviatsiinykh perevezen i zastosuvannia aviatsii v haluziakh ekonomiky : materialy V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. – Kyiv, 2017. – P. 150–153.

4. Bura R. Analysis of factors which define time losses in traffic flow / R. Bura, V. Davosyr // Litteris et Artibus : materialy VII Mizhnarodnoho molodizhnoho naukovofo forumu. – Lviv, 2017. – P. 273–274.

5. Bura R. Analiz mozhlyvostei zastosuvannia shvydkisnykh avtobusnykh perevezen / R. Bura, S. Maksymiuk, V. Davosyr // Teoriia ta praktyka

ratsionalnogo proektuvannia, vyhotovlennia i ekspluatatsii mashynobudivnykh konstruktsii : materialy 6-oi Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. – Lviv, 2018. – P. 89–91.

6. Bura R. Osoblyvosti zastosuvannia smuh dlia rukhu miskoho hromadskoho transportu / R. Bura, S. Maksymiuk // Avtomobilnyi transport ta infrastruktura : zbirnyk tez I Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. – Kyiv, 2018. – P. 97–99.

7. Bura R. Rezervy propusknoi zdatnosti u mistakh zi shchilnoiu zabudovoiu / R. Bura, S. Maksymiuk // Avtobusobuduvannia ta pasazhyrski perevezennia v Ukraini : materialy III Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii. – Lviv, 2018. – P. 175–176.

8. Bura R. Analysis of instantaneous velocities on the streets with high rate of urban public transport / R. Bura, Y. Royko // Transportni systemy ta tekhnolohii: problemy ta perspektyvy rozvytku : zbirnyk tez dopovidei rehionalnoi naukovo-praktychnoi konferentsii sered studentiv, vykladachiv, naukovtsiv, molodykh uchenykh, aspirantiv i uchniv. – Zaporizhzhia, 2018. – P. 31–33.

9. Bura R. Vyznachennia zakonomirnosti u transportnomu pototsi na diliankakh miskoi mahistrali / S. Maksymiuk, R. Bura // Perspektyvni napriamy rozvytku rehionalnykh transportnykh ta lohistychnykh system : materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. – Kharkiv, 2018. – P. 207–208.

10. Bura R. Possibilities for implementation the bus rapid transit on city expressways with controlled motion / R. Bura, S. Maksymiuk // VIII Mizhnarodnyi molodizhnyi naukovyi forum “Litteris et Artibus” & 13-ta Mizhnarodna konferentsiia "Molodi vcheni do vyklykiv suchasnoi tekhnolohii" : materialy. – Lviv, 2018. – P. 184–185.

11. Bura R. Analiz rozmishchennia zupynok hromadskoho transportu vzdovzh korydoriv BRT / R. Bura // Innovatsiini tekhnolohii rozvytku mashynobuduvannia ta efektyvnoho funktsionuvannia transportnykh system : zbirnyk tez I mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi Internet konferentsii. – Rivne, 2019. – P. 79.

12. Bura R. Analiz pokaznykiv transportnoho potoku na vulytsiakh zi smuhamy dlia miskoho hromadskoho transport / R. Bura, Yu. Kuppenko, M. Plesak // 14-y Mizhnarodnyi symposium ukrainskykh inzheneriv-mekhanikiv u Lvovi : materialy symposiumu. – Lviv, 2019. – P. 55–58.

13. Bura R. Pro obruntuvannia dotsilnosti vydilennia smuh dlia hromadskoho transport / R. Bura // Problemy z transportnymy potokamy i napriamy yikh rozv‘iazannia : tezy dopovidei III Vseukrainskoi naukovo-teoretychnoi konferentsii. – Lviv, 2019. – P. 122–123.

14. Bura R. Pro mozhlyvosti funktsionuvannia shvydkisnykh avtobusnykh perevezen u mistakh z riznoi konfiguracyieiu VDM / R. Bura, R. Rogalskyi, S. Plesak // Problemy z transportnymy potokamy i napriamy yikh rozv‘iazannia : tezy dopovidei III Vseukrainskoi naukovo-teoretychnoi konferentsii. – Lviv, 2019. – P. 103–104.

15. Bura R. Realizatsiia planiv staloi miskoi mobilnosti. Plany ta perspektyvy / Yu. Royko, R. Bura, Yu. Kuppenko // Suchasni tekhnolohii ta perspektyvy rozvytku avtomobilnoho transportu : materialy XII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. – Vinnytsia, 2019. – P. 146–147.

16. Bura R. Analiz bezpeky rukhu na hromadskom transporti / Yu. Royko, R. Bura, M. Plesak // Transport i lohistyka: problemy ta rishennia : zbirnyk naukovykh prats za materialamy IX-oi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. – Sievierodonetsk – Odesa – Vilnius – Kyiv, 2019. – P. 28–30.

17. Bura R. Investigation of tram movement indicators in general structure of traffic flow / Yu. Royko, R. Bura, V. Kindrat // ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference. – Ternopil : Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2019. – P.57-65.

18. Bura R. Possibilities of using bus rapid transit in cities with dense construction area / Yu. Royko, R. Bura, R. Rogalskyi // ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference. – Ternopil : Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2019. – P. 84-91.