

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА СКЛАДНИХ РОЗВ'ЯЗКАХ М. ПОЛТАВИ В СЕРЕДОВИЩІ PTV VISSIM

Зигун А. Ю., Авраменко Ю. О., Токарь Б. С.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Анотація. У статті проаналізовано організацію дорожнього руху на Київській площі м. Полтави із застосуванням імітаційного моделювання в PTV Vissim. Обґрунтовано впровадження трирівневої транспортної розв'язки, що забезпечує зростання середньої швидкості, зменшення затримок і оптимізацію транспортних потоків.

Ключові слова: транспортний вузол, імітаційне моделювання, трирівнева розв'язка, інтенсивність руху, затримка транспортних засобів, пропускна здатність.

Вступ

Сучасний розвиток міст супроводжується зростанням інтенсивності транспортних потоків, що призводить до перевантаження вулично-дорожньої мережі, збільшення затримок руху, підвищення аварійності та негативного впливу на довкілля [1]. Особливо гостро ці проблеми виявляються в складних транспортних вузлах, сформованих на перетині магістральних вулиць загальноміського значення [2]. Транспортний вузол Київської площі в м. Полтаві відіграє важливу роль у забезпеченні зв'язку центральної частини міста з основними напрямками руху. Наявна схема організації дорожнього руху визначається значними навантаженнями та зниженням пропускної здатності в пікові періоди. У сучасній практиці проектування й реконструкції транспортних вузлів важливим інструментом прийняття рішень є імітаційне моделювання транспортних потоків, яке дає змогу оцінити ефективність різних варіантів організації руху без утручання в реальну інфраструктуру [3]. Використання програмних комплексів мікромоделювання, зокрема PTV Vissim, дає змогу визначити показники затримки, середню швидкість руху й рівень завантаженості підходів [4].

Аналіз публікацій

У сучасних дослідженнях у сфері організації дорожнього руху особливу увагу приділено підвищенню ефективності функціонування міських транспортних вузлів за допомогою використання методів математичного та імітаційного моделювання. Зростання інтенсивності руху в умовах обмеженої пропускної здатності перехресть зумовлює необхідність застосування інтелектуальних підходів до прогнозування транспортних потоків і управління ними. Одним із актуальних на-

прямів є прогнозування транспортних потоків на регульованих перехрестях із застосуванням алгоритмів машинного навчання. У роботі Zhang et al. [5] запропоновано модель прогнозування інтенсивності руху на основі глибоких нейронних мереж, що сприяє підвищенню точності визначення параметрів транспортного потоку в пікові періоди.

Автори доводять, що адаптивне керування фазами світлофорів на основі прогнозних моделей зменшує затримки й підвищує середню швидкість руху. Проблема оптимізації роботи сигналізованих перехресть також висвітлюється в дослідженнях, присвячених аналітичному моделюванню транспортних затримок.

Зокрема в роботі Horbachov et al. [6] запропоновано методику розрахунку затримки транспортних засобів з огляду на групове прибуття потоків. Отримані результати демонструють вплив структури потоку на величину середньої затримки й рівень завантаженості підходів до перехрестя.

Окремий напрям сучасних досліджень стосується аналізу взаємозв'язку між структурою транспортного потоку, пропускною здатністю перехресть і екологічними показниками. У роботі Shepelev et al. [7] встановлено, що зміна режимів організації руху й оптимізація геометрії перехрестя безпосередньо впливають на рівень заторів і транспортних викидів, що є важливим у реконструкції складних міських вузлів. Значну роль у прийнятті проектних рішень відіграє мікроскопічне транспортне моделювання. У фундаментальній праці Barceló [3] обґрунтовано теоретичні засади імітаційного моделювання транспортних систем і подано методологію оцінювання показників ефективності, зокрема середньої швидкості, щільності потоку й часу затримки. Практичні аспекти застосу-

вання програмного комплексу *PTV Vissim* для аналізу сценаріїв організації руху наведено в офіційному керівництві користувача [4], що підтверджує можливість використання мікромоделювання для оцінювання ефективності реконструкції транспортних вузлів. Отже, сучасні наукові публікації підтверджують доцільність упровадження комплексного підходу до аналізу міських транспортних вузлів, який передбачає прогнозування інтенсивності руху, аналітичне визначення затримок і застосування мікроскопічного моделювання. Це створює наукове підґрунтя для обґрунтування рішень щодо реорганізації дорожнього руху на Київській площі м. Полтави.

Мета й постановка завдання

Метою роботи є аналіз наявної організації дорожнього руху в межах транспортного вузла Київської площі м. Полтави й обґрунтування доцільності впровадження тривірневої транспортної розв'язки на основі результатів імітаційного моделювання.

Виклад основного матеріалу

1. Збір вихідних показників

Під час дослідження зібрано й проаналізовано вихідні показники й обрано ділянку міста для реорганізації руху.

У Полтаві курсують автобуси у всіх місцевих напрямках, а також передмістя. Машини перебувають на утриманні підприємства «Полтаваавтотранс». Автовокзал «Полтава-1» (вул. Великотирнівська); автостанція «Полтава-2» (вул. Шевченка); автостанція «Полтава-3» припинила роботу 17.09.2020 (вул. Зіньківська); автостанція «Полтава-4» (пл. Слави). Автовокзал «Полтава-1» є на балансі підприємства «Полтаваавтотранс». Міжміські автобуси курсують у різних напрямках України. Крім того, з автовокзалу відправляються в рейси автобуси приміського значення, з'єднуючи Полтаву з численними районними центрами області.

Тролейбусна лінія діє в Полтаві з 14 вересня 1962 р. Загальна довжина контактної мережі становить 72,6 км. Разом на балансі КП «Полтаваелектроавтотранс» приблизно 90 машин. Значна частина – це машини виробництва Південного машинобудівного заводу, перші з яких надійшли в січні 1993 р. Маршрути протягом багатьох років часто змінювалися. Нині машини працюють на 10 маршрутах. Найкоротший маршрут – № 1 (13 км), найдовший – № 6 (33,8 км).

У місті поруч із трасою «Київ – Полтава» розташований міжнародний аеропорт «Полтава», що значно розвантажує пасажиропотік автомобільної дороги. Аеродром придатний для експлуатації літаків увесь рік без обмежень, у світлий час доби. Забезпечує зліт, посадку й керування літаками індексу п'ять і нижче. У зв'язку з воєнним станом аеропорт тимчасово не працює.

Під час визначення основних планувальних обмежень міста Полтави встановлено об'єкт аналізу й розроблення проектних рішень – Київська площа в м. Полтаві.

Опис ділянки. Київська площа – важливий транспортний вузол Полтави, що містить чотири вулиці загальноміського значення: Соборності, Зіньківська, Решетилівська, Тролейбусна. Ділянка розташована неподалік великого торгово-розважального центру «Київ». Перехрестя є регульованим в одному рівні (із застосуванням світлосигнальних засобів для ТЗ й пішоходів).

Вулиця Соборності загальноміського значення, в одному напрямку має три смуги руху, ширина кожної становить 3,75 м. Наявна окрема смуга руху тролейбусу. Має пішохідну смугу завширшки 7,5 м (у напрямку на Київську площу), 12,3 м (у напрямку з Київської площі) та зупинку громадського транспорту на смузі руху транспортних засобів (для заданої ділянки). Наявні в'їзди в дворові простори. Смуги руху проходять з огляду на розташування Каштанової алеї, ширина якої становить 28,4 м. Рекреаційна зона має пішохідну смугу завширшки 4,5 м з улаштованими малими архітектурними формами (стовпи освітлення, лавка для сидіння й тимчасові споруди).

Вулиця Тролейбусна загальноміського значення, у напрямку на Київську площу має дві смуги руху, ширина кожної 3,5 м, з Київської площі має одну смугу руху завширшки 3,5 м. У напрямку з Київської площі по смузі руху ТЗ розташована лінія руху тролейбуса, яка має пішохідну смугу завширшки 3 й 4 м (у напрямку на Київську площу). Рекреаційна зона споріднена з вулицею Решетилівською. Наявні в'їзди у дворові простори.

Вулиця Решетилівська загальноміського значення, у напрямку руху на Київську площу має дві смуги руху, які розширюються в три смуги, кожна з яких завширшки 3 м. У напрямку на вул. Тролейбусну на першій смузі має зелену стрілку повороту, у напрямку на вул. Зіньківську має одну смугу руху завширшки 3 м. Рекреаційна зона розташо-

вана в напрямку на Київську площу та з'єднується з відповідною зоною вулиці Тролейбусної.

Вулиця Зінківська загальноміського значення, у напрямку на Київську площу має три смуги руху, кожна з яких завширшки 3,5 м. Крайня смуга має зелену стрілку повороту на вул. Решетилівську. У напрямку руху з Київської площі має дві смуги руху, кожна завширшки 3,5 м. Особливістю цієї вулиці є зупинка для тимчасового зберігання ТЗ в напрямку з Київської площі. Кількість паркомісць – 12 штук, п'ять штук призначені для паркування на смузі руху ТЗ і п'ять місць – для поздовжнього паркування. Вулиця Зінківська має пішохідну смугу завширшки 4,6 м (у напрямку на Київську площу) і 9 м (у напрямку з Київської площі).

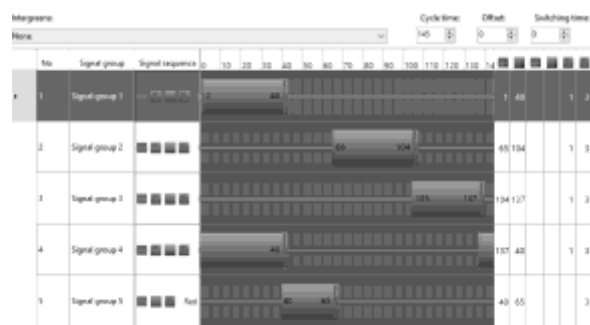
2. Збір вихідних показників

На базі комплексної оцінки основних планувальних обмежень проаналізовано стан дорожніх умов на заданій ділянці. ОДР на ділянці вулично-дорожньої мережі досліджується з огляду на такі фактори: наявність і стан розмітки на заданій ділянці; знакова обстановка; наявність або відсутність смуг озеленення; дослідження освітленості перехрестя й прилеглих вулиць; стан полотна дороги на заданій ділянці.

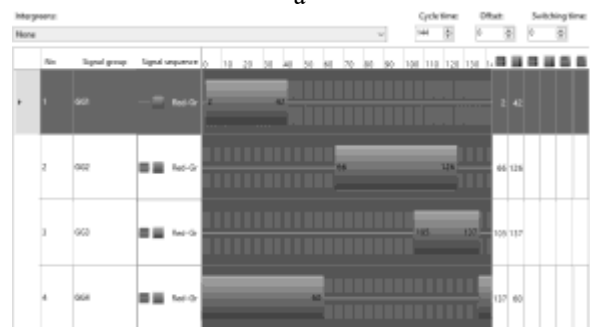
Визначення інтенсивності руху на Київській площі міста Полтави. Основними показниками, за якими визначають технічні й геометричні параметри вулиць і доріг населених пунктів та їх елементів, є розрахункова інтенсивність руху всіх його учасників. З метою подальшого аналізу й моделювання заданої транспортної розв'язки проведено натурні спостереження, під час яких визначено інтенсивність руху ТЗ й пішоходів. Для встановлення перспективних транспортних потоків розрахунки виконувались на мікрорівні – для окремих ділянок і транспортних розв'язок мережі з використанням методик транспортного моделювання в програмному комплексі *PTV Vissim*. Транспортні потоки вуличною мережею населеного пункту визначено розрахунком із застосуванням прогнозних імітаційних транспортних моделей. Транспортні потоки на магістральній мережі міста загалом розраховувалися відповідно до [8]. Заміри інтенсивності руху транспортної розв'язки вимірювалися в години пік. Для м. Полтави, а саме для Київського району, визначено такі години пік: 8:00–10:00 год ранку й 16:00–18:00 год вечора. Заміри проводилися в будні та вихідні

для кожної вулиці перехрестя. Найбільшу інтенсивність руху було зафіксовано в будні дні впродовж 16:00–18:00 год вечора.

Аналіз світлофорного регулювання. Під час роботи визначено характеристики ССЗ й за встановленими показниками побудовано та розроблено програму ССЗ для наявного стану Київської площі (рис. 1). Проведено заміри циклів сигналів для ТЗ й пішоходів.



а



б

Рис. 1. Програма ССЗ для наявного стану: а – цикли ССЗ для ТЗ на перехресті; б – цикли ССЗ для пішоходів на перехресті

3. Аналіз наявного стану

Під час аналізу наявного стану проаналізовано такі показники: середня швидкість, середня щільність потоку, час затримки й навантаження. Відповідно до досліджених показників побудовано картограми й діаграми.

Зважаючи на аналіз середньої швидкості на перехресті, визначено такі характеристики:

- 1) найменшу швидкість зафіксовано на вул. Тролейбусній і вул. Зінківській;
- 2) найбільшу середню швидкість зафіксовано на вул. Решетилівській і на зеленій стрілці вул. Зінківській – вул. Решетилівській.

Відповідно до аналізу середньої щільності потоку на перехресті визначено такі характеристики:

- 1) найменшу щільність ТЗ зафіксовано на вул. Решетилівській і на зеленій стрілці вулиць Зінківській – Решетилівській;

2) найбільшу щільність ТЗ зафіксовано на вулицях Зінківській, Соборності й Тролейбусній.

Зважаючи на аналіз часу затримки на перехресті, визначено такі характеристики:

1) найменший час затримки ТЗ зафіксовано на вул. Решетилівській і на зеленій стрілці вулиць Зінківській – Решетилівській;

2) найбільший час затримки ТЗ зафіксовано на вулицях Зінківській, Соборності, Тролейбусній.

З огляду на аналіз навантаження на перехресті визначено такі характеристики: найбільше навантаження ТЗ припадає на ділянки зупинки громадського транспорту на вул. Соборності у двох напрямках руху. Це зумовлено відсутністю карману для заїзду громадського транспорту на зупинку. Зупинка розташована безпосередньо на смузі руху ТЗ.

Транспортна модель була розроблена за допомогою програмного комплексу *PTV Vissim* (рис. 2). Модель використовує вихідні параметри, обчислені під час натурних спостережень.



Рис. 2. Загальний вигляд моделі перехрестя

Унаслідок аналізу наявного стану перехрестя було визначено завдання щодо реорганізації дорожнього руху: 1) збільшити середню швидкість перехрестя; 2) замінити світлофорне регулювання.

4. Реорганізація дорожнього руху на визначеній ділянці

Під час реорганізації дорожнього руху визначено ступінь технічного вдосконалення наявного стану перехрестя, а саме розв'язку в трьох рівнях. Відповідно до запропонованої схеми на першому рівні розташовані вул. Зінківська й частина вул. Соборності. На дру-

гому рівні – вулиці Соборності й Решетилівська. На третьому розташована вул. Тролейбусна.

За ступенем технічного вдосконалення й забезпечення безпеки руху транспортної розв'язки запропонована модель належить до неповних. Неповними вважаються моделі, на яких є точки перехрестя потоків руху в одному рівні на другорядних дорогах, а також на яких є точки перехрестя потоків руху в одному рівні на основних дорогах (смуга руху тролейбуса в напрямку руху вулицями Соборності – Тролейбусною). Загальний вигляд перехрестя подано на рис. 3.



Рис. 3. Загальний вигляд запропонованої моделі перехрестя

Під час вивчення запропонованої моделі проаналізовано такі показники: середня швидкість, середня щільність потоку, час затримки й навантаження. Відповідно до дослідженої інформації було побудовано картограми й діаграми.

5. Порівняльний аналіз наявного стану на запропонованій моделі перехрестя

Після оброблення зібраних показників (розд. 2, 3, 4 цієї статті) було прийнято рішення щодо подальшого порівняння основних характеристик: для кожної вулиці перехрестя й для загального стану перехрестя (рис. 4).

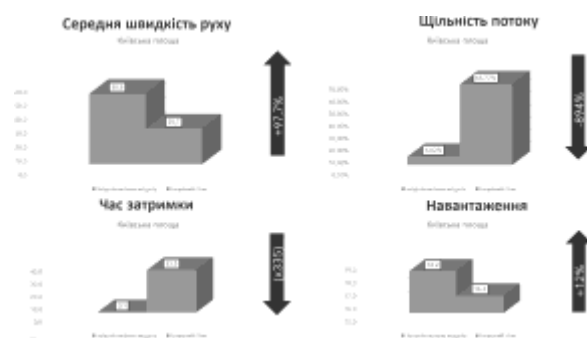


Рис. 4. Порівняльні гістограми основних характеристик перехрестя

Результати реорганізації дорожнього руху:

- 1) збільшено середню швидкість на перехресті (97,7 %);
- 2) збільшено кількість місць для тимчасового зберігання транспортних засобів (+18 паркомісць);
- 3) запроєктовано нерегульоване перехрестя у трьох рівнях;
- 4) запроєктовано заїзні кармани для зупинок громадського транспорту;
- 5) запроєктовано підземні пішохідні переходи.

Висновки

У дослідженні комплексно проаналізовано стан транспортного вузла Київської площі м. Полтави з використанням натурних спостережень та імітаційного моделювання в програмному комплексі *PTV Vissim*. Встановлено, що наявна організація дорожнього руху визначається значними затримками транспортних засобів, підвищеною щільністю потоку й нерівномірним розподілом навантаження на окремих підходах до перехрестя.

Запропонована трирівнева транспортна розв'язка дала змогу суттєво підвищити ефективність функціонування вузла, зменшити конфліктність транспортних потоків і покращити умови руху як для транспортних засобів, так і для пішоходів.

Порівняльний аналіз підтвердив зростання середньої швидкості руху, зменшення часу затримки й оптимізацію транспортного навантаження. Результати дослідження свідчать про доцільність упровадження запропонованих проектних рішень у процесі модернізації складних міських транспортних вузлів з огляду на сучасні вимоги безпеки, пропускну здатність і містобудівні обмеження.

Література

1. Вулиці та дороги населених пунктів: ДБН В.2.3-5:2018. Київ: Мінрегіон України, 2018. 64 с.
2. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування: ДБН В.2.3-4:2015. Київ: Мінрегіон України, 2015. 91 с.
3. Barceló J. Fundamentals of Traffic Simulation. New York: Springer, 2010. 440 p.
4. PTV Vissim 2023: User Manual / PTV Group. Karlsruhe: PTV Group, 2023. 892 p.
5. Zhang Y., Shang K., Cui Z., Zhang Z., Zhang F. Research on traffic flow prediction at intersections based on DT-TCN-Attention. *Sensors*. 2022. Vol. 22, No. 1. Art. 1. DOI: 10.3390/s22010001.

6. Horbachov P., Liubyi Y., Koliy O. Аналітичне моделювання транспортних затримок на регульованих перехрестях при груповому прибутті транспортних засобів до них. Системи управління, навігації та зв'язку. 2022. № 3. С. 45–52.
7. Shepelev V., Glushkov A., Slobodin I., Balfaqih M. Studying the relationship between the traffic flow structure, the traffic capacity of intersections, and vehicle-related emissions. *Mathematics*. 2022. Vol. 10, No. 9. Art. 1530. DOI: 10.3390/math10091530.
8. Планування та забудова території: ДБН Б.2.2-12:2019. Київ: Мінрегіон України, 2019. 177 с.

References

9. Streets and Roads of Settlements: DBN V.2.3-5:2018. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2018. 64 p.
10. Highways. Part I. Design: DBN V.2.3-4:2015. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2015. 91 p.
11. Barceló J. Fundamentals of Traffic Simulation. – New York: Springer, 2010. 440 p.
12. PTV Vissim 2023: User Manual / PTV Group. Karlsruhe: PTV Group, 2023. 892 p.
13. Zhang Y., Shang K., Cui Z., Zhang Z., Zhang F. Research on traffic flow prediction at intersections based on DT-TCN-Attention. *Sensors*. 2022. Vol. 22, No. 1. Art. 1. DOI: 10.3390/s22010001.
14. Horbachov P., Liubyi Y., Koliy O. Analytical modeling of traffic delays at signalized intersections under grouped vehicle arrivals. *Control, Navigation and Communication Systems*. 2022. No. 3. P. 45–52.
15. Shepelev V., Glushkov A., Slobodin I., Balfaqih M. Studying the relationship between the traffic flow structure, the traffic capacity of intersections, and vehicle-related emissions. *Mathematics*. 2022. Vol. 10, No. 9. Art. 1530. DOI: 10.3390/math10091530.
16. Planning and Development of Territories: DBN B.2.2-12:2019. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2019. 177 p.

Зигун Аліна Юрїївна, доцент кафедри будівництва та цивільної інженерії,

alinazygun@gmail.com,

тел. +38 050-105-77-96;

Авраменко Юрїї Олександрович, доцент кафедри будівництва та цивільної інженерії,

avramenko.pntu@gmail.com,

тел. +38 050-505-07-44;

Токарь Богдан Станіславович, студент,

тел. +38 099-002-42-76,

bogdan07771@gmail.com.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 36011, Україна, м. Полтава, пр. Віталія Грицаєнка, 24.

Simulation modeling of traffic reorganization at complex intersections in poltava in the PTV Vissim

Abstract Problem. Rapid growth of urban traffic volumes leads to congestion, increased delays, reduced intersection capacity, and higher environmental impacts, particularly within complex signalized transport nodes. Kyivska Square in Poltava represents a critical urban junction where heavy peak-hour demand causes substantial operational inefficiencies and uneven traffic load distribution. **Goal.** The aim of this study is to analyze the existing traffic organization at Kyivska Square in Poltava and to substantiate the feasibility of implementing a three-level grade-separated interchange based on simulation modeling results. **Methodology.** The research is based on field observations conducted during peak hours (8:00–10:00 and 16:00–18:00) on weekdays and weekends. Traffic volumes of vehicles and pedestrians, signal timing parameters, and geometric characteristics of the intersection were collected and analyzed. A microscopic simulation model of the existing traffic conditions was developed using PTV Vissim software. Key performance indicators, including average speed, traffic density, delay time, and load distribution, were evaluated. A proposed three-level interchange model was then designed and simulated under identical traffic demand conditions, followed by a comparative analysis of performance indicators. **Results.** The findings indicate that the existing signalized intersection experiences significant delays, high traffic density, and reduced operational efficiency during peak periods. The proposed three-level interchange substantially improves traffic performance, increasing average speed (up to 97.7%), reducing vehicle delay, redistributing traffic load more evenly, and improving public transport

operations through the introduction of bus bays and grade-separated pedestrian crossings. **Originality.** The study integrates field data collection with detailed microscopic modeling to justify a multi-level interchange solution for a specific urban transport node. **Practical value.** The results can support evidence-based decision-making in the modernization of complex urban intersections and enhance traffic safety, capacity, and overall mobility in medium-sized cities.

Key words: transport node, simulation modeling, three-level interchange, traffic intensity, vehicle delay, traffic capacity.

Zyhun Alina, Ph.D., Assoc. Prof, Department of Building and Civil Engineering, ORCID: 0000-0002-1743-2294, alinazygun@gmail.com;

Avramenko Yurii, Ph.D., Assoc. Prof, Department of Building and Civil Engineering, ORCID: 0000-0003-2132-5755, avramenko.pntu@gmail.com;

Tokar Bohdan, Master's Student. Department of Building and Civil Engineering, ORCID: 0000-0003-2925-3100, bogdan07771@gmail.com.

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic».

Стаття надійшла до редакції / Received: 13.02.2026.

Прийнята до друку після рецензування / Revised and Accepted: 24.02.2026.

Дата публікації статті / Published: 11.05.2026.