УДК 656.078

DOI: 10.33868/0365-8392-2022-1-273-30-34

© І. О. Хітров, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, ORCID: 0000-0003-2310-1472, e-mail: i.o.khitrov@nuwm.edu.ua
Національний університет водного господарства та природокористування

© Ihor Khitrov, Ph.D, Associate Professor, Associate Professor of the Transport Technology and Technical Service Department, ORCID: 0000-0003-2310-1472, e-mail: i.o.khitrov@nuwm.edu.ua
National University of Water and Environmental Engineering

МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ РУХУ НА ПЕРЕТИНІ З ПРИЛЕГЛИМИ ЗАЛІЗНИЧНИМИ КОЛІЯМИ

MODELLING OF THE SAFE TRAFFIC CONDITIONS OF THE INTERSECTION WITH NEARBY RAILWAY TRACKS

Анотація. *Присвячено дослідженню безпечних умов проїзду перехрестя з інтенсивним дорожнім рухом для міста Дубно Рівненської області. Представлено імітаційну модель функціонування існуючого та удосконаленого перехрестя з близькими залізничними коліями, проведено їхній аналіз та надано практичні рекомендації щодо підвищення ефективності та безпечності проїзду транспортними засобами.*

Ключові слова: *перехрестя, транспортні засоби, залізничні колії, транспортний потік, безпека, моделювання.*

Abstract. *Highway are extremely important for the economic development of Ukraine. Road intersections are the critical part of the road network in terms of capacity, service level and safety. This is a place where oppose traffic flows are constantly changing and thus changing the traffic situation.*

To study the safety of traffic, we have chosen the problematic intersection of the city of Dubno, the intersection of Mostova and Kremenetska streets, which are main roads with intensive round-the-clock traffic flow. The main feature of this intersection is the proximity location of the railway crossing.

The PTV Vissim software was used to simulate the driving conditions of this intersection. As the initial data for modeling the intersection were used: observations of traffic flows, the number of vehicles, their distribution at the intersection, accumulation at a prohibited traffic light signal while waiting for a train.

It is established, that the distribution of traffic flows in the main direction is 73,6%, while the left turn is made by 26,4%. The intersection is characterized by the 24-hour saturated traffic flow with frequent traffic stopping of vehicles of the main direction, which is due to the movement of trains.

From the point view of the organization of traffic safety, the following road situations are observed: difficult driving; non-compliance with the trajectory of turning vehicles due to the overall features of transport or the choice of an insufficient trajectory of changing the direction of movement; the choice of an insufficient rounding radius for turning right (especially observed at night); the difficulty of performing a left turn, when the signal of the main direction railway crossing is prohibited.

In order to speed up the passage of the intersection by vehicles, reduce the risk of traffic accidents while waiting for the train to pass, the convenience of crossing the road by pedestrians should be provided for:

1. Two traffic lanes in the main direction;

2. Pedestrian crossing of the main direction;

3. Marking traffic by traffic lanes;

4. Arrangement of modern lighting.

Thus, the proposed measures will improve the efficiency and safety of crossing intersection, especially in the case of nearby railway tracks. The simulated traffic conditions for passing the intersection by vehicles indicate a positive trend, namely: a decrease in the delay time for passing the intersection when making a left turn by 50.6% and an increase in the overall speed of traffic by 24.3%.

Keywords: *crossroads, vehicles, railway tracks, traffic flow, safety, modeling.*

Вступ

Автомобільні дороги є надзвичайно важливими для економічного розвитку України. Перехрестя доріг є критичним місцем дорожньої мережі з погляду пропускної здатності, рівня обслуговування та безпеки. Вони є місцем, де протилежні транспортні потоки постійно

змінюються і, тим самим змінюють дорожню ситуацію [1-3]. Особливо посилену увагу потребують перехрестя з близькими залізничними коліями.

Основними причинами дорожньо-транспортних пригод в місті Дубно Рівненської області є порушення правил маневрування, проїзду перехресть і перетину залізничних колій, що підкреслює необхідність у проведенні досліджень і обґрунтуванні запропонованих заходів, які сприятимуть покращенню безпеки дорожнього руху [4].

Для дослідження безпечності проїзду було обрано проблемне перехрестя міста Дубно перетину вулиць Мостова і Кременецька, які є магістральними з інтенсивним цілодобовим транспортним потоком. Головною особливістю цього перехрестя є близьке розміщення залізничного переїзду зі шлагбаумом, тобто перехрещення дороги із залізничними коліями на одному рівні.

Для моделювання умов проїзду транспортними засобами даного перехрестя використовувалося програмне забезпечення PTV Vissim (студентська версія) – призначене для побудови та аналізу мікроскопічної імітаційної моделі на основі кроків у часі та поведінки для реалістичного моделювання транспорту [5].

Метою цієї *роботи* є узагальнення результатів імітаційного моделювання щодо безпечних умов проїзду перехрестя з прилеглою залізничною колією за існуючою та удосконаленою (проєктною) організацією дорожнього руху.

Основна частина

Усі перехрестя доріг, які зустрічаються приблизно на одному рівні, що дозволяє здійснювати маневри транспорту, такі як злиття, розходження, перетинання, називаються перехрестями на рівні [3]. До них ставляться такі вимоги: зона конфлікту має бути невеликою; відносна швидкість і кут наближення транспортних засобів повинні бути невеликими; адекватна видимість; варто уникати різких змін; необхідно надати геометричні особливості; потрібно поставити відповідний дорожній знак; гарне освітлення; необхідно вжити окремих заходів для безпечного перетину перехрестя велосипедистами та пішоходами.

У місті Дубно передбачено залізничний переїзд регульованого руху II категорії, за 8 м від якого розташоване перехрестя перетину магістральної вулиць головного напрямку Мостова та Кременецька з вулицею районного значення – вул. Залізнична.

Загальна кількість смуг руху проїзної частини дороги – дві, по одній для руху в кожному напрямку, шириною 3,5 м кожна (винятком є вул. Залізнична, де під'їзд до перехрестя має дві смуги руху, 3 метри кожна).

В якості вихідних даних для моделювання перехрестя використовувалися натурні спостереження за транспортними потоками: кількості транспортних засобів, його розподілу на перехресті, накопичення під час забороненого сигналу світлофора у період очікування потяга [6].

Встановлено, що основний склад транспортних потоків головного напряму вул. Мостова складають легкові автомобілі – 68,5 % (**рис. 1**). При цьому лівий поворот на вул. Залізнична здійснюють 26,4 % транспортних засобів. Перехрестя характеризується цілодобовим насиченим транспортним потоком з частим зупиненням руху транспорту

Рис. 1. *Склад транспортних потоків головного напрямку вул. Мостова до перехрестя (часовий період з 9-17 год)*

головного напрямку, що зумовлений рухом потягів.

У середньому за одну годину через перехрестя в напрямку вул. Мостова проїжджає від 165 до 203 одиниць транспортних засобів за умови середнього значення в 192 одиниці, що свідчить про значну їх насиченість.

Із погляду організації безпеки дорожнього руху спостерігаються такі дорожні ситуації: утруднений зустрічний роз'їзд; недотримання траєкторії повороту транспортних засобів через габаритні особливості транспорту або вибору недостатньої траєкторії зміни напрямку руху; вибір недостатнього радіусу заокруглення для повороту праворуч (особливо спостерігається в нічний період доби); складність виконання повороту ліворуч за умови забороненого сигналу залізничного переїзду.

Враховуючи, що ми маємо одну смугу руху в одному напрямку, то у випадку зупинки транспортних засобів під час очікування потяга протягом 10 хвилин спостерігається значне накопичення, а ті транспортні засоби, що здійснюють лівий поворот, змушені виїжджати на зустрічну смугу руху, що своєю чергою створює небезпечну ситуацію.

Транспортний потік моделюється на основі різних параметрів, зокрема таких як розподіл смуги руху, склад транспортних засобів, контроль сигналів, наявності пішохідного руху тощо.

Послідовність виконання моделювання дорожньої ситуації – проїзду транспортних засобів через перехрестя та залізничні колії складається з таких елементів:

1. Побудова смуги руху відрізками для створення перехрестя.
2. З'єднання заданих смуг руху між собою.
3. Побудова зони малошвидкісного режиму руху під час перетину перехрестя.
4. Встановлення конфліктних точок перетину смуг руху (на заданому перехресті черговість проїзду визначається знаками пріоритету – головна дорога перетин вул. Кременецька з вул. Мостовою).
5. Розподіл вхідних транспортних потоків.
6. Вибір маршрутів руху транспортних засобів.
7. Формування складу транспортних потоків.
8. Побудова залізничної колії.
9. Встановлення об'єктів світлофорного регулювання.
10. Візуалізація моделі (**рис. 2**).
11. Аналіз показників, які впливають на безпечні умови проїзду перехрестя.

Для наочного відображення здійснимо діаграмну візуалізацію проїзду перехрестя залежно від швидкості руху транспорту (**рис. 3, а**) та часу його затримки (**рис. 3, б**).

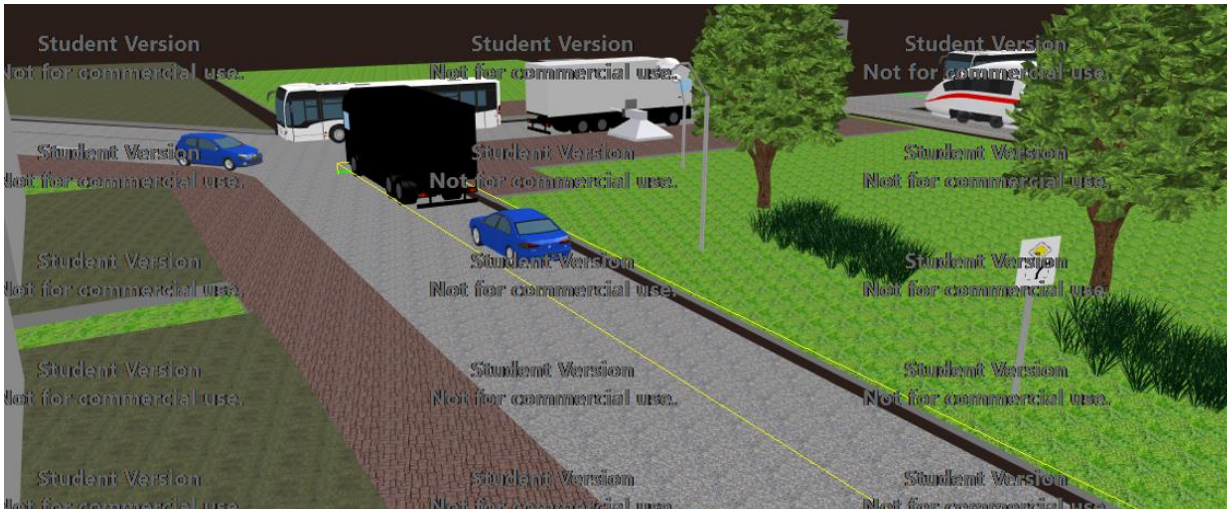
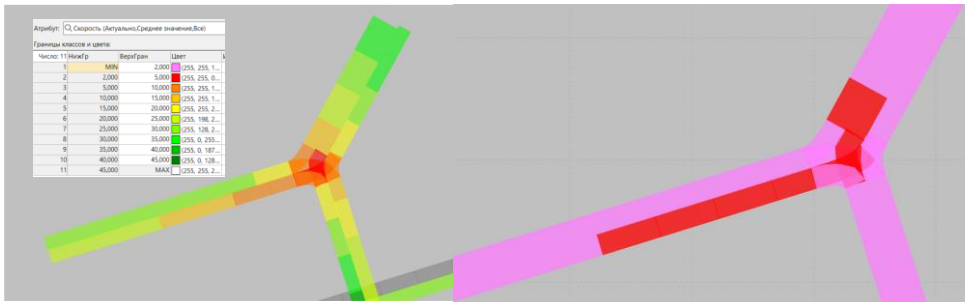


Рис. 2. *Візуалізація побудованої моделі існуючого перехрестя*

Аналіз діаграм показує:

- при під'їзді до перехрестя швидкість транспортного потоку зменшується до 20-25 км/год, досягаючи найменшого значення під час проїзду перехрестя, особливо при повороті ліворуч до 5-10 км/год (виділено червоним кольором). Після проїду перехрестя швидкість зростає, що цілком очевидно.

- при підході до перехрестя з головного напрямку руху з вул. Мостова, спостерігається збільшення часу затримки транспортних засобів, особливо для повороту ліворуч на вул. Залізничній (виділено червоним кольором).



а) *б)*

Рис. 3. *Діаграма зміни швидкості руху транспорту на перехресті (а) та часу затримки (б)*

12. Підвищення ефективності та безпечності проїзду перехрестя.

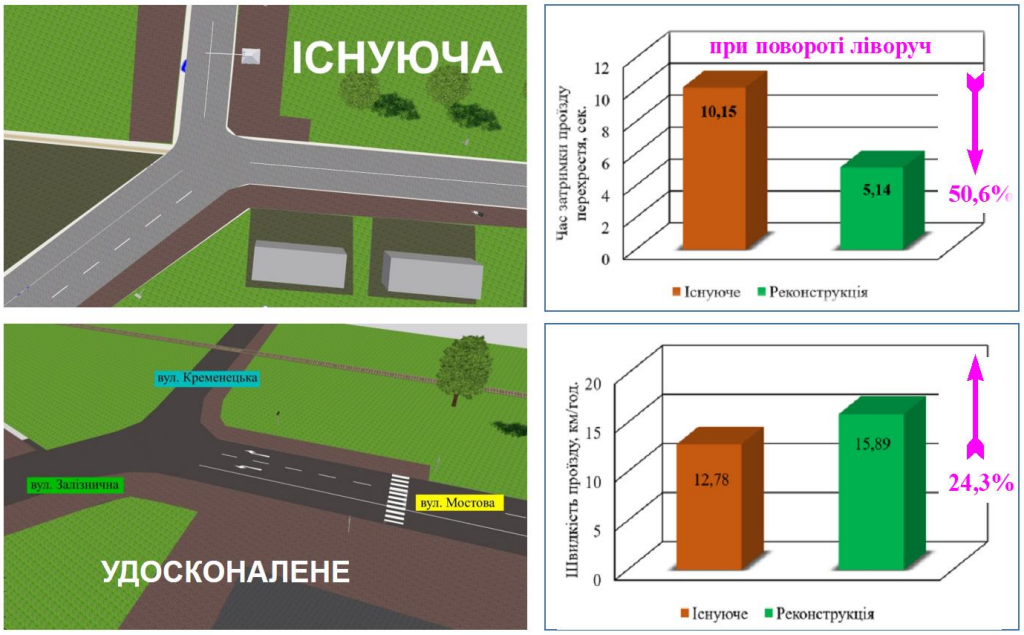
Головним аргументом підвищення безпечності проїзду перехрестя під час виконання лівого повороту (особливо при накопиченні транспортних засобів на дорозі під час очікування проїзду потяга) є нанесення двох смуг руху (шириною 3 м кожна) головного напрямку на підході до перехрестя. Збільшення загальної ширини проїзної частини до 9,5 м можливе, оскільки права частина узбіччя має достатній запас, територія не містить будівель і споруд.

Також необхідно передбачити:

- пішохідний перехід головного напрямку (вул. Мостова);
- нанесення розмітки руху транспорту за смугами руху;
- облаштування сучасного освітлення.

Відобразимо дані зміни у вигляді реконструкції головного напрямку – вул. Мостова із використанням того ж програмного забезпечення PTV Vissim студентська версія (**рис. 4**).

Результати проведеного аналізу основних показників, які мають вплив



а) *б)*

Рис. 4. *Схема удосконалення головного напрямку – вул. Мостова із нововведеннями (а) та оцінка його ефективності (б)*

на безпечні умови проїзду перехрестя із залізничною колією показують (мається на увазі, у випадку з однією смугою руху):

- час затримки проїзду перехрестя в середньому складає 10,15 с (максимальне значення 20,12 с) – без врахування часу проїзду потяга;

- швидкість руху транспортних засобів через перехрестя в середньому складає 12,78 км/год.

Запропонований варіант розподілу транспортних потоків за двома смугами руху сприятиме зменшенню часу затримки проїзду перехрестя при здійсненні лівого повороту на 50,6 %, а також збільшенні загальної швидкості руху транспорту на 24,3 % за головним напрямком (**рис. 4, б**).

Висновки

Таким чином, запропоновані заходи покращення ефективності та безпечності проїзду перехрестя у випадку з близькими залізничними колями підтверджуються результатами імітаційного моделювання. Наведені рекомендації щодо збільшення кількості смуг руху та загальної ширини проїзної частини можуть бути реалізовані для міста Дубно.

References

1. Renkas, A., Rudenko, D., & Tovaryanskyy, V. (2021). Pidvyshchennia efektyvnosti funktsionuvannia perekhrest z vysokointensyvnymy transportnymy ta pishokhidnymy potokamy [Enhancing the effective functioning of in tersections with intensive traffic and pedestrian flows]. *Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, 23, 61-67 [in Ukrainian].

2. Denysenko, O. (2021). Vyznachennia zatrymok transportnykh zasobiv na rehulovanomu perekhresti [Determining vehicle delays at a controlled intersection]. *Municipal economy of cities*, 142, 83-90 [in Ukrainian].

3. *Design of intersection*. (2022). Ilahia College of Engineering & TechnologRetrieved November 06, 2022 from http://www.icet.ac.in/Uploads/Downloads/CE%20366%20TRAFFIC%20ENGINEERING%20AND%20MANAGEMENT.pdf

4. Patrol Police of Ukraine. (2023). Statistics. Retrieved from https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/ [in Ukrainian].

5. *PTV Vissim.* (2021). Germany. PTV Planning Transport. Verkehr AG, 37.

6. Khitrov, I. (2022). Doslidzhennia umov bezpechnoho proizdu perekhrestia z blyzkymy zaliznychnymy koliiamy [Research of the Conditions for Safe Crossing of the Intersection with Nearby Railway Tracks]. *Central Ukrainian Scientific Bulletin*. 6, 37, 188-196 [in Ukrainian].