УДК 656.13

М.Ю. Євчук, Р.В. Бойків
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЛІВОПОВОРОТНОГО РУХУ НА СЕРЕДНЮ ДОВЖИНУ ЧЕРГИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ПІДХОДІ ДО ПЕРЕХРЕСТЯ

У роботі досліджено вплив частки лівоповоротного руху на утворення черг транспортних засобів на підходах до регульованого перехрестя. На основі планувальних характеристик перехрестя та структури транспортного потоку визначено особливості організації руху типового міського перехрестя. Для оцінки закономірностей зміни середньої довжини черги використано метод імітаційного моделювання у середовищі PTV Vissim. Встановлено, що формування середніх черг транспортних засобів на підходах до перехрестя має нелінійний характер та суттєво залежить від інтенсивності руху і частки лівоповоротних потоків. Отримані результати підтверджують необхідність удосконалення організації дорожнього руху та оптимізації фаз світлофорного регулювання на міських перехрестях.

***Ключові слова**: регульоване перехрестя, інтенсивність руху, транспортний потік, довжина черги.*

The study examines the influence of the proportion of left-turn traffic on the queue formation process at approaches to a signalized intersection. An analysis of the geometric parameters of the intersection and traffic flow structure was conducted, and the operational characteristics of traffic organization at a typical urban intersection were determined. To assess the regularities of changes in the average vehicle queue length, microscopic traffic simulation modeling was performed using the PTV Vissim software environment. The results indicate that the formation of average vehicle queues at intersection approaches is nonlinear in nature and significantly depends on traffic demand and the share of left-turning traffic flows within the traffic stream. An increase in the proportion of left-turn maneuvers leads to a substantial deterioration in traffic operating conditions and an increase in queue length under high traffic volumes. The obtained results confirm the necessity of improving traffic control strategies and optimizing signal phasing parameters at urban signalized intersections.

***Key words:** signalized intersection, traffic intensity, traffic flow, queue length.*

В умовах сучасних міст спостерігається постійне зростання рівня автомобілізації, інтенсивності транспортних потоків та навантаження на вулично-дорожню мережу (ВДМ). Розвиток транспортної інфраструктури є обмеженим через складність реконструкції існуючих магістралей, фінансові витрати та просторові обмеження міського середовища. У результаті формується дисбаланс між пропускною здатністю підходів до перехресть та фактичною інтенсивністю руху транспортних засобів (ТЗ). Особливо гостро ця проблема проявляється на регульованих перехрестях із високою часткою поворотних маневрів ТЗ.

Одним із факторів, що суттєво впливає на ефективність функціонування перехресть, є лівоповоротний рух транспортних засобів. Зростання частки лівоповоротних потоків призводить до збільшення транспортних затримок, погіршення умов руху та формування черг на підходах до перехрестя. У зв'язку з цим актуальним є дослідження впливу лівоповоротного руху на довжину середніх черг на підходах до перехрестя з метою підвищення ефективності організації дорожнього руху та пропускної здатності перехресть.

У сучасних наукових дослідженнях значна увага приділяється оцінці ефективності функціонування міських перехресть, транспортних затримок та процесів формування черг ТЗ. Встановлено, що критеріями ефективності роботи перехресть є рівень транспортних затримок, ступінь завантаження підходів та параметри черг транспортних засобів [1]. Особливий вплив на ці показники мають лівоповоротні транспортні потоки, які здатні суттєво знижувати пропускну здатність перехрестя.

У наукових працях зазначається, що процес прибуття ТЗ до перехрестя є випадковим та залежить від багатьох факторів, у тому числі структури транспортного потоку, режимів світлофорного регулювання та інтенсивності поворотних ТЗ [2]. Для оцінки закономірностей формування черг та визначення впливу параметрів транспортного потоку на умови руху доцільним є використання методів імітаційного транспортного моделювання [3].

Метою даного дослідження є виявлення закономірностей впливу частки лівоповоротних транспортних потоків на середню довжину черги ТЗ на підходах до перехресть за різної інтенсивності руху з використанням сучасного програмного середовища транспортного моделювання.

Перехрестя такої конфігурації обрано з огляду на те, що воно є типовим для міських умов руху, оскільки у містах магістральні вулиці регульованого руху часто взаємодіють із вулицями місцевого значення, які характеризуються меншою пропускною здатністю та значною кількістю поворотних ТЗ. Перехрестя подібної конфігурації є характерними для міської ВДМ та суттєво впливають на ефективність організації дорожнього руху, рівень транспортних затримок і процес формування черг на підходах до перехрестя.

Проведено аналіз планувальних характеристик досліджуваного регульованого перехрестя та визначено параметри смуг руху на кожному підході. Схему дозволених напрямків руху транспортних засобів на перехресті наводимо на рис. 1.

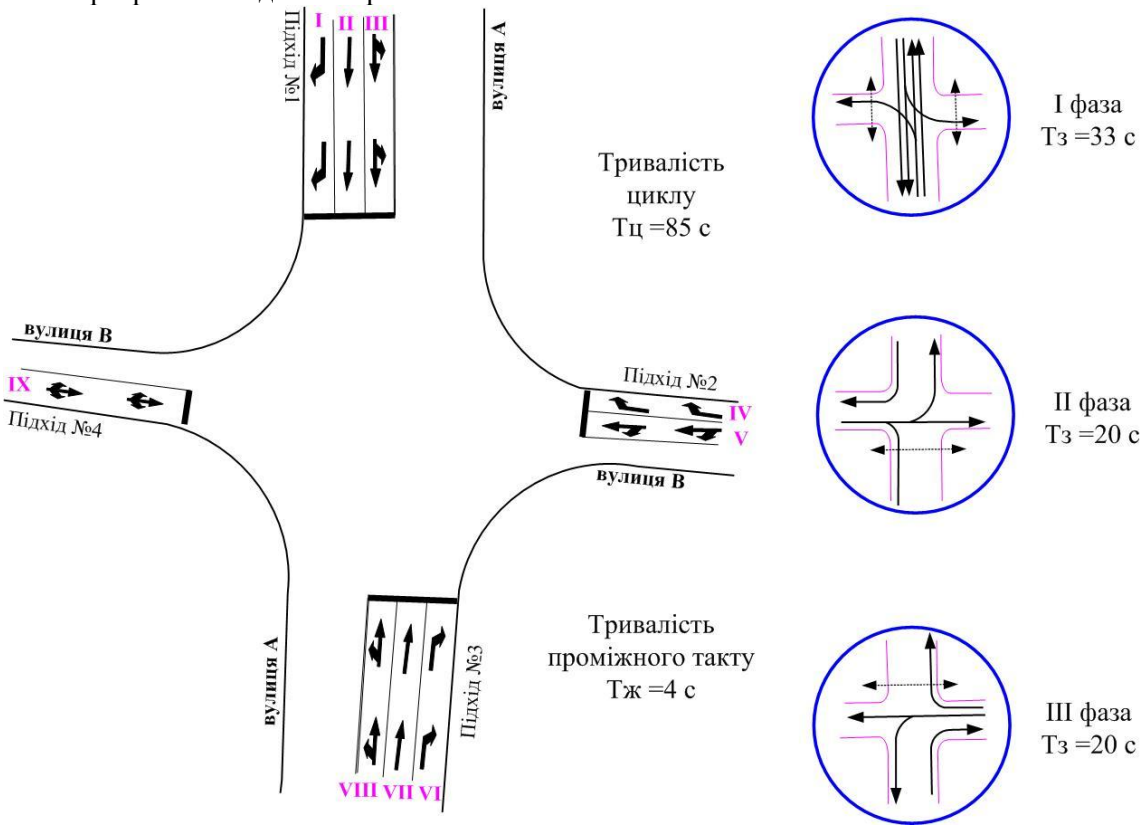
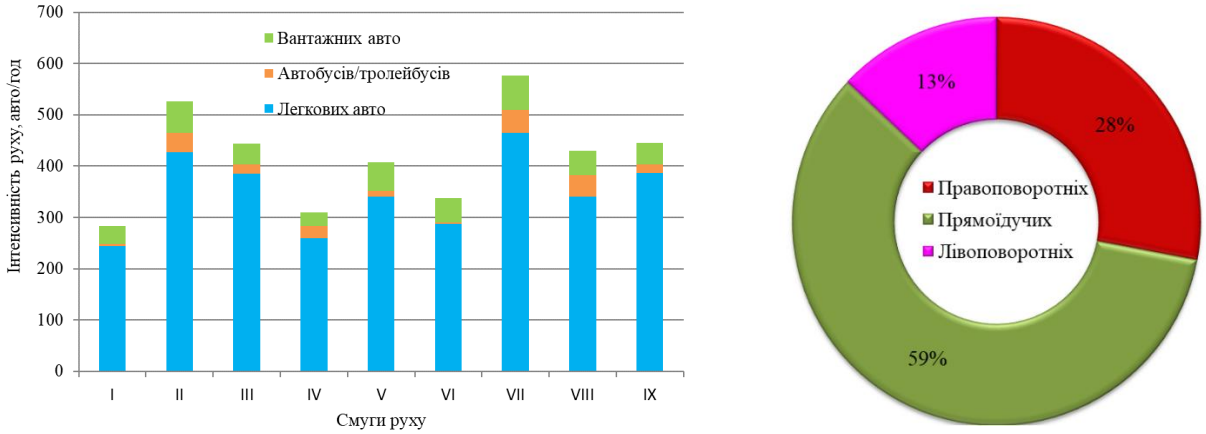


Рис. 1. Схема організації руху транспортних потоків на регульованому перехресті

Головною дорогою на перехресті є магістральна вулиця регульованого руху (вулиця А), яка формує підходи №1 та №3. Головний напрямок має три смуги руху на підходах до перехрестя із шириною смуги руху 3,75 м та часткову каналізацію руху. На підході №1 передбачено окремі смуги для лівоповоротного, прямого та суміщеного руху, а на підході №3 організовано розподіл потоків із виділенням смуг для прямого та правоповоротного руху. Рух на перехресті вулиць організовано у три фази.

Другорядні напрямки (вулиця В), які утворюють підходи №2 та №4, мають ширину смуги руху 3,5 м. На підході №2 організовано дві смуги руху, де крайня права смуга призначена для правоповоротного руху ТЗ, а інша смуга забезпечує суміщений рух прямо та ліворуч. Підхід №4 характеризується наявністю однієї смуги руху, з якої дозволено виконання всіх напрямків маневрування. Така схема організації руху створює умови для виникнення конфліктних точок між транспортними потоками, особливо при зростанні частки лівоповоротних маневрів, що робить дане перехрестя доцільним для дослідження середньої довжини черги транспортних засобів.

Під час аналізу інтенсивності ТП на підходах до перехрестя визначено його склад на кожній смузі руху, який графічно представлено на рис. 2.



А Б

Рис. 2. Параметри транспортного потоку на регульованому перехресті: А) інтенсивність руху; Б) частка поворотних ТЗ

Аналіз інтенсивності руху транспортного потоку за смугами руху показав, що найбільше транспортне навантаження спостерігається на смугах II та VII, де сумарна інтенсивність руху перевищує 500 авт./год, тоді як найменші значення характерні для смуг I та IV. У структурі транспортного потоку переважають легкові автомобілі, частка яких формує основний обсяг руху на всіх смугах. Частка автобусів і тролейбусів є незначною та коливається в межах окремих підходів, тоді як вантажні транспортні засоби становлять помітну складову потоку, особливо на смугах із високою інтенсивністю руху. Аналіз структури напрямків руху показав, що найбільшу частку становлять прямоїдучі ТЗ – 59 %, що характерно для магістральних напрямків руху. Частка правоповоротних ТЗ складає 28 %, тоді як лівоповоротні потоки становлять 13 % від загального обсягу руху.

Модель перехрестя створена у середовищі PTV Vissim шляхом завантаження та калібрування супутникової карти досліджуваної ділянки. На її основі формуються фрагменти вулиць і з'єднувальні відрізки відповідно до дозволених напрямків руху за смугами. У моделі задаються пріоритети проїзду в конфліктних точках, а для регульованого перехрестя розміщуються світлофорні об'єкти із відповідними параметрами фазового регулювання відповідно рис. 3. Також встановлюються лічильники для визначення транспортних затримок ТЗ через перехрестя.

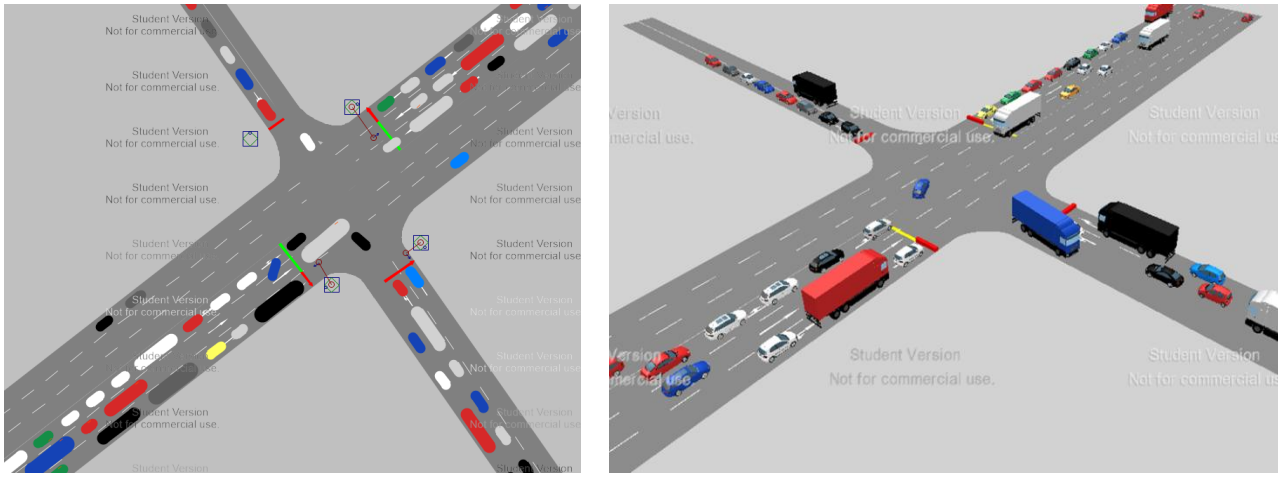


Рис. 3. Модель перехрестя міських вулиць у середовищі PTV Vissim

У базовій моделі досліджуваного перехрестя транспортний потік формувався з легкових автомобілів, вантажних ТЗ та автобусів (тролейбусів). Під час моделювання прийнято, що частка легкових транспортних засобів у складі потоку становить 85 %, що відповідає характерним умовам руху для магістральних вулиць міста. Частка поворотних потоків на головному напрямку дороги

складала 30 %, з яких 5 % припадало на правоповоротний рух, а частка лівоповоротних транспортних засобів змінювалась у межах 0–25 %. Для спрощення аналізу впливу структури транспортного потоку на середні черги на перехресті прийнято, що поздовжні ухили на підходах до перехрестя відсутні.

У всіх варіантах імітаційного моделювання тривалість світлофорного циклу становила 85 с, що відповідає результатам натурних досліджень роботи перехрестя. Тривалість дозволяючого сигналу для головного напрямку дороги складала 33 с. Під час моделювання інтенсивність транспортного потоку на смузі руху змінювалась в межах від 400 до 1000 авт./год, що дозволило оцінити закономірності зміни довжини черги за різного рівня завантаження підходів. Оскільки на другорядних напрямках перехрестя за існуючого режиму регулювання не спостерігалось заторових ситуацій, основна увага під час дослідження приділялась визначенню середньої довжини черги транспортних засобів на підходах №1 та №3 головного напрямку (вулиця А).

Результати моделювання довжини черг на підходах до досліджуваного перехрестя за зміни інтенсивностей руху ТП представлено на рис. 4.

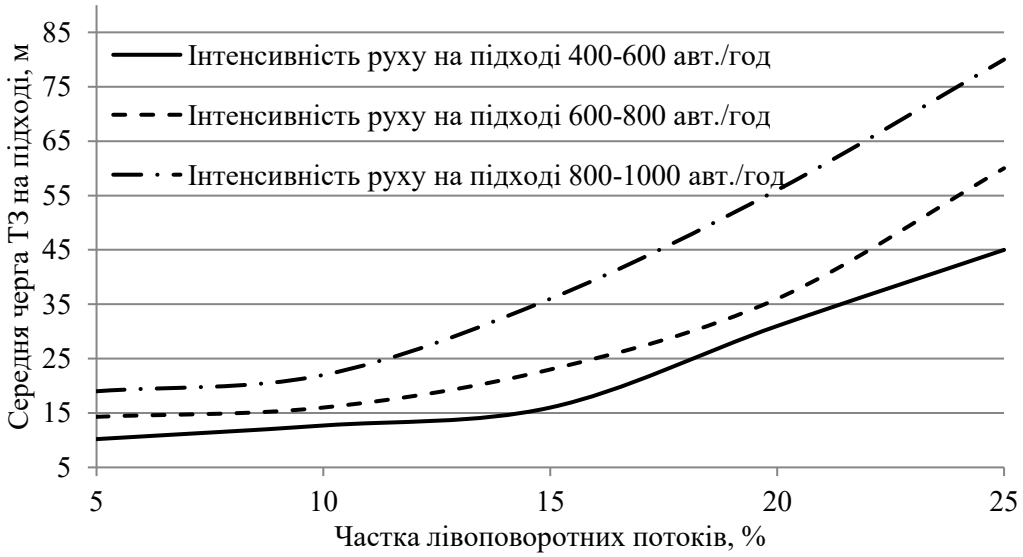


Рис. 4. Залежність середньої довжини черги ТЗ на підході до перехрестя від частки лівоповоротних потоків за різної інтенсивності руху

Як видно з рис. 4, середня довжина черги транспортних засобів на підходах до перехрестя суттєво залежить від частки лівоповоротних транспортних потоків та інтенсивності руху на підході. За всіх досліджуваних рівнів інтенсивності спостерігається тенденція до зростання довжини черги зі збільшенням частки лівоповоротного руху. Проте характер цієї зміни є нерівномірним та значною мірою залежить від рівня завантаження підходу до перехрестя.

За інтенсивності руху 400–600 авт./год ріст частки лівоповоротних потоків до 15 % практично не призводить до суттєвого зростання середньої довжини черги, оскільки пропускна здатність підходу залишається достатньою для ефективного пропуску ТЗ. У цьому випадку середня довжина черги змінюється плавно – від приблизно 10 до 15 м. Однак при подальшому зростанні частки лівоповоротних транспортних засобів понад 15–18 % спостерігається більш інтенсивне збільшення довжини черги, яка за частки 25 % досягає близько 45-50 м.

Для інтенсивності руху 600–800 авт./год вплив лівоповоротного руху є більш відчутним. Уже за частки понад 15 % спостерігається стабільне зростання середньої довжини черги, а при 25 % лівоповоротних потоків її значення перевищує 55–60 м. Найбільш критичні умови руху характерні для інтенсивності 800–1000 авт./год, де середня довжина черги починає різко зростати вже за частки лівоповоротних потоків понад 10 %. У цьому випадку формуються значні транспортні затримки, а середня довжина черги при 25 % лівоповоротного руху досягає понад 80 м.

Отримані результати свідчать про суттєвий вплив лівоповоротних транспортних потоків на середню чергу на підходах до перехрестя. За високих рівнів інтенсивності руху навіть незначне збільшення частки лівоповоротних маневрів призводить до різкого погіршення умов руху, що вказує на необхідність удосконалення організації дорожнього руху та застосування спеціалізації смуг або окремих фаз регулювання для лівоповоротного руху.

Таким чином, відповідно результатів дослідження, ефективність функціонування підходів до перехресть значною мірою залежить від структури транспортного потоку, зокрема від частки лівоповоротних ТЗ у загальному потоці руху. Зростання частки лівоповоротних потоків призводить до суттєвого збільшення середньої довжини черги транспортних засобів, особливо за високої інтенсивності руху на підходах до перехрестя. При цьому процес формування черг має нелінійний характер, а за інтенсивності руху понад 800 авт./год спостерігається різке погіршення умов руху та збільшення рівня транспортних затримок.

1. Форнальчик Є.Ю., Ройко Ю.Я., Гілевич В.В. Розвиток науково-прикладних основ управління транспортними потоками: монографія / за заг. ред. Є.Ю. Форнальчика. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. 180 с.

2. Бойків М.В., Жеребецький Н.В. Дослідження умов руху на перехресті з інтенсивним транспортним потоком на головному напрямку / М.В. Бойків, Н.В. Жеребецький // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки». 2024 р. Том 35 (74) № 6, С. 251-258.

3. Postranskyy T., Boikiv M., Afonin M., Rogalskyi R. Selection of a traffic management scheme at an intersection taking into consideration the traffic flow composition // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 1, No. 3 (103). P. 39–46.

ЄВЧУК Мирослав Юрійович – аспірант кафедри транспортних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: myroslav.yu.yevchuk@lpnu.ua.
БОЙКІВ Роман Васильович – асистент кафедри транспортних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: roman.v.boikiv@lpnu.ua.

Myroslav Yevchuk – PhD student of the Department of Transport Technologies at Lviv Polytechnic National University, e-mail: myroslav.yu.yevchuk@lpnu.ua.
Roman Boikiv – Assistant of the Department of Transport Technologies Lviv Polytechnic National University, e-mail: roman.v.boikiv@lpnu.ua.