

ТРАНСПОРТ

УДК 656.13

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.6.2/35>**Бойків М.В.**

Національний університет «Львівська політехніка»

Жеребецький Н.В.

Національний університет «Львівська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ З ІНТЕНСИВНИМ ТРАНСПОРТНИМ ПОТОКОМ НА ГОЛОВНОМУ НАПРЯМКУ

У роботі досліджено параметри транспортного потоку на основі натурних досліджень на перехресті вулиць з кільцевою дорогою м. Львів. Через перехрестя проходить дорога міжнародного значення М06, тому на головному напрямку спостерігається значна інтенсивність руху транспортного потоку, зокрема велика частина вантажного транзитного транспорту. Перехрестя характеризується великою площею перехрестя та ухилом проїзної частини на одному із підходів.

За результатами натурних досліджень швидкісного режиму транспортних потоків у зоні перехрестя, коли рух транспортних засобів відбувався сходу, на основі відеозйомки побудовано загальний розподіл швидкості руху на головному напрямку кільцевої дороги м. Львова із зазначенням графічного розподілу протягом дозволяючого сигналу у фазі регулювання. Розподіл швидкості руху має різкі коливання пов'язані із здійсненням поворотних маневрів транспортними засобами, які конфліктують із зустрічним потоками головного напрямку. Встановлено, що на безпечний режим руху на перехресті впливає розподіл інтенсивності транспортних потоків за напрямками руху на перехресті, дозволені лівоповоротні маневри, які конфліктують з інтенсивним зустрічним потоком головної дороги та перевищення дозволеного швидкісного режиму.

Колівання швидкості руху транспортних засобів на перехресті головного напрямку у першій фазі регулювання дозволяють стверджувати, що при роз'їзді ТЗ на зелений сигнал світлофора, ті автомобілі які проїжджають стоп-лінію сходу, значно перевищують дозволена швидкість руху в населеному пункті. Через появу у транспортному потоці поворотних ТЗ відбувається ущільнення всього ТП на підході до перехрестя, динамічний габарит починає стрімко зменшуватися до розмірів близьких гальмівному шляху, небезпека руху зростає. Швидкість є головною проблемою, яка впливає на безпечні умови руху на перехресті кільцевої дороги (дорога міжнародного значення М06) з примикаючими вулицями у населеному пункті Ямпіль. Це частково пов'язано з тим, що покращені динамічні характеристики автомобілів та задовільне дорожнє покриття сприяють навіть вищим швидкостям руху в зоні перехрестя, ніж дозволяється ПДР у населеному пункті.

Ключові слова: кільцева дорога, транспортний потік, регульоване перехрестя, швидкість руху, пофазний роз'їзд, зона перехрестя, поворотні маневри, смуга руху.

Постановка проблеми. Стрімкий ріст рівня автомобілізації з кожним роком охоплює значну кількість країн. На сьогодні, у зв'язку із війною в Україні ми спостерігаємо міграцію населення між різними містами та тенденцію переміщення промислових потужностей, виробничої і складської інфраструктури у більш безпечні приміські та міські зони [1, с. 68]. Як наслідок, це приводить до зростання кількості автомобілів і обсягів перевезень та сприяє виникненню транспортних проблем на вулично-дорожній мережі (ВДМ) міст.

Особливо це спостерігається на складних перехрестях ВДМ, магістральних вулицях, кільцевих дорогах міст та автомобільних шляхах міжнародного значення на території України. У таких місцях взаємодії всіх учасників дорожнього руху утворюються черги та затори транспортних потоків, а це викликає зниження швидкості сполучення, безпеки та погіршення умов руху.

Ріст інтенсивності руху у м. Львові, як і в інших містах, спричиняє завантаження ВДМ та автомобільних шляхів міжнародного значення, які про-

ходять територією міста, як наслідок утворюється значні черги на підходах до складних перехресть. Тому розробка заходів з підвищення ефективності роботи перехресть та безпечних умов руху є ключовим завданням щодо вирішення транспортних проблем. Забезпечення швидкого і безпечного режиму руху у місті та перехрестях з інтенсивними і неоднорідними транспортними потоками вимагає комплексу заходів планувального та організаційного характеру.

Загалом умови дорожнього руху є результатом багатьох, різноманітних і складних взаємодій між елементами системи дорожнього руху: водіями, транспортними засобами, ВДМ та засобами керування. Однак інженери дорожнього руху приділяють мало уваги впливу своїх проєктів на учасників дорожнього руху та характеристики транспортних засобів. Навпаки, їх проєкти зосереджені на створенні оптимальної системи вулиць і доріг та засобів керування з інженерної точки зору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На перехресті, за обмеженого простору у містах, безпечного його функціонування можна досягти шляхом правильного управління транспортним потоком, однак це подекуди призводить до ускладнення руху, зниження швидкості руху та навіть збільшує ймовірність конфлікту між транспортними засобами, а інколи призводить до дорожньо-транспортних подій (ДТП) [2, с. 358]. Вулиці і дороги мають забезпечувати безпечний та зручний рух транспортних потоків на ВДМ. Складним місцем ВДМ з точки зору пропускну здатності є автомобільні дороги державного і міжнародного значення через те, що вони проєктуються різних розмірів і конфігурацій (кількості смуг руху, ширини смуг, поздовжнього похилу дороги, ширини проїзної частини).

На транспортний потік на регульованих перехрестях впливає багато чинників, серед яких є тип покриття, закономірності розподілу черг транспортних засобів у зоні перехрестя, особливості світлофорного режиму та пофазного роз'їзду, швидкість проїзду через перехрестя [3, с. 255].

ДТП на завантажених перехрестях, коли рух регулюється сигналами світлофора трапляються досить часто, незважаючи на те, що перевага чітко регулюється правилами дорожнього руху (ПДР) та однозначно визначена дорожніми знаками. Проте проблема руху ще більше ускладнюється, коли один із учасників рухається з недозволеною швидкістю [4, с. 562]. Сучасні дослідження безпеки дорожнього руху у містах [5, с. 113; 6, с. 30] з урахуванням загальних науково-практичних

тенденцій щодо підвищення безпеки дорожнього руху вказують на суттєву необхідність вдосконалення засобів регулювання дорожнім рухом, особливо світлофорного регулюванням [7, с. 11]. Сучасні заходи вдосконалення світлофорного регулювання спрямовані на створення інтелектуального світлофорного регулювання та прив'язку алгоритмів керування руху до параметрів транспортного потоку. Вказані напрямки є безсумнівно актуальними з погляду розробки заходів з вдосконалення світлофорного регулювання, але вони не передбачають явища щодо істотних змін транспортних потоків на підходах та врахування дозволених маневрів зі смуг руху на перехрестях. Світлофорне регулювання має також негативні наслідки роботи в межах збільшення аварійності на підходах до перехрестя на фоні збільшення вантажного і транзитного транспорту на магістральних і міжнародних дорогах, які необхідно враховувати у загальних заходах підвищення безпеки руху на ВДМ міст [8, с. 91]. Згідно проведених досліджень [9, с. 119], авторами запропоновано для синтезу критерію оцінки безпеки руху на міських перехрестях доріг в одному рівні зі світлофорним регулюванням враховувати виникнення додаткових ущільнень транспортних потоків відносно тих, що утворюються за нерегульованого руху на перехресті.

Проведені раніше дослідження щодо прогнозування заторів здебільшого об'єднували дані на рівні окремих сегментів доріг або транспортного потоку за окремий регламентований інтервал часу [10, с. 153]. Проте потрібне точне прогнозування виникнення заторових ситуацій на окремих смугах, що дозволить детально зрозуміти просторово-часові залежності, яке призведе до зменшення черг і підвищення ефективності їх роботи.

На магістральних і міжнародних дорогах рух вантажних автомобілів є важливою складовою транспорту для сучасної транспортної системи міста. У роботі [10, с. 156] було досягнуто значного прогресу, щоб зробити його максимально безпечним і ефективним, де розглядалась безпека руху вантажного транспорту на перехрестях, а особлива увага приділяється безпеці найбільш вразливих учасників дорожнього руху, таких як пішоходи та велосипедисти.

Проїзд на червоний сигнал світлофора є однією з основною причиною складних аварій на регульованих перехрестях [8, с. 93], тому в роботі дослідниками відзначається, що важливо, щоб зміна перехідного інтервалу була належним чином визначена із урахуванням умов руху на

перехресті. Занадто короткий інтервал може призвести до того, що водії не зможуть безпечно зупинитися, і спричинити непередбачений проїзд на червоний сигнал. Занадто довгий перехідний інтервал між фазами регулювання може призвести до того, що водії розглядатимуть жовтий як продовження зеленої фази та будуть сподіватись закінчити маневр і проїхати на червоне світло [9, с. 122]. Тому під час розрахунку тривалості світлофорного циклу слід враховувати такі чинники, як швидкість наближення ТЗ до перехрестя та повороту транспортних засобів, час сприйняття і реакції водія, сповільнення транспортного засобу та планувальні характеристики перехрестя.

Збільшення інтенсивності транспортного потоку, особливо на складних перехрестях призводить до затримок в русі та накопичення черг автомобілів на підходах до перехресть, що понижує безпеку руху всіх учасників руху. Для оптимізації роботи перехресть, авторами у роботі [11, с. 201] описується система автоматичного регулювання світлофорів, яка використовує камеру та обробку зображень для інтелектуального управління рухом на дорозі. У статті розглядаються основні особливості такої системи, де детально описують алгоритми, які використовуються в системі та підтверджують ефективність таких інноваційних підходів управління рухом на дорозі. Результати інноваційних підходів підвищать пропускну здатність доріг та покращать умови руху на перехресті.

Постановка завдання. Метою цього дослідження є оцінка умов руху на регульованому перехресті вулиць з дорогою міжнародного значення М06, яке знаходиться на кільцевій дорозі м. Львова при нестандартній тривалості світлофорного циклу із жорсткими управлінням в умовах інтенсивних транспортних потоків на головному напрямку з урахуванням значної частки вантажного транспорту.

Для досягнення мети дослідження необхідно розв'язати такі завдання: дослідити планувальні особливості та схему дорожнього руху на перехресті; визначити інтенсивність та склад руху за напрямками на перехресті; проаналізувати параметри світлофорного регулювання та пофазного роз'їзду транспортних потоків на перехресті; виявити закономірності зміни швидкісного режиму в зоні перехрестя залежно від показників транспортного потоку; розробити рекомендації щодо підвищення ефективності роботи регульованих перехресть, де спостерігається значна інтенсивність та неоднорідність транспортного потоку.

Виклад основного матеріалу. Режим руху транспортних потоків на міських вулицях і дорогах відрізняються від позаміських умов руху та кільцевих і доріг міжнародного сполучення. Для дослідження було обрано перехрестя на ділянці об'їзної автомобільної дороги міста Львів яке знаходиться у межах с. Ямпіль, а саме Кільцева дога – вул. Шевченка – вул. Лукашевичів. По цій ділянці дороги проходить автомобільний шлях міжнародного значення М06 «Київ-Чоп». На перехресті проведено аналіз планувальних особливостей перехрестя та інтенсивності транспортних потоків, який графічно наведено на рисунку 1. Перехрестя має чотири підходи і Х-подібну форму. Головний напрямок руху на перехресті проходить за рухом транспортних потоків по кільцевій дорозі. Перехрестя є регульованим. На перехресті існує п'ять смуг руху (рис. 1.а). На другорядних вулицях на перехресті існує по одній смузі руху, з яких дозволені всі напрямки руху.

На головному напрямку з підходу № 2 існує одна смуга руху з якої також можна виконувати поротні маневри. З підходу № 1, якщо рухатись зі сторони м. Винник існує дві смуги руху, крайня права смуга (II) призначена для руху правоповоротних транспортних засобів. Перехрестя характеризується великою площею перехрестя та значною часткою транзитного вантажного транспорту.

Натурні дослідження інтенсивності транспортного потоку проведено у міжпиковий період руху робочого дня тижня для кожного напрямку на перехресті Кільцева дорога-вул. Шевченка-Лукашевичів (рис. 1.б). Відповідно епюри транспортних потоків на перехресті вулиць можна зазначити, що найбільша інтенсивність спостерігається на головному напрямку – кільцевій дорозі. З підходу № 2 у прямому напрямку (рух у сторону м. Винник) фактична інтенсивність руху є найвищою і складає 1003 авт./год. У зворотному напрямку на кільцевій дорозі (рух у сторону с. Гамаліївка) з підходу №1 фактична інтенсивність є дещо меншою і складає 795 авт./год. На примикаючих вулицях другорядного напрямку перехрестя інтенсивність є значно меншою і з вул. Лукашевичів (підхід №4) становить 350 авт./год., а з вул. Шевченка (підхід №3) – 407 авт./год.

Також за результатами досліджень встановлено склад транспортного потоку на перехресті, графічно такий розподіл представлено на рис. 2.

На перехресті вулиць з кільцевою дорогою встановлено значну частку вантажного транспорту. Більшість вантажного транспорту зосереджено на

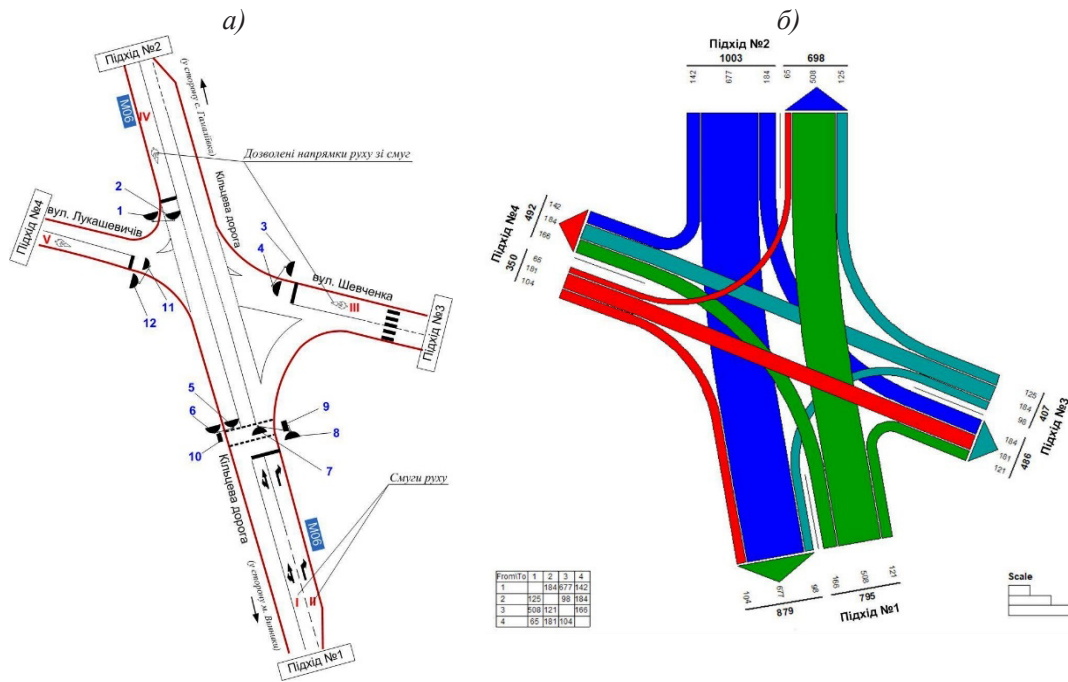


Рис. 1. Планувальні особливості перехрестя вулиць (а) та епіюра інтенсивності транспортних потоків (б)



Рис. 2. Існуючий склад транспортного потоку на перехресті вулиць

прямоїдучих напрямках кільцевої дороги, оскільки рух вантажного транспорту у населеному пункті заборонено. На перехресті переважають легкові автомобілі, частка їх складає 58%. Частка вантажних ТЗ вантажністю від 2 до 6 т становить 15%, вантажних ТЗ понад 6 т – 26%. Найменше у транспортному потоці на перехресті зафіксовано автобусів, це пояснюється тим, що перехрестя знаходиться за межами м. Львів у приміській зоні, а через перехрестя здійснюють рух автобуси у міжміському і міжнародному сполученні.

Оскільки перехрестя є регульованим, то на перехресті встановлено основні параметри світлофорного регулювання. Пофазний роз’їзд транспортних потоків на перехресті здійснюється у двох фазах регулювання (рис. 3).

У першій фазі рух на перехресті здійснюють транспортні потоки головного напрямку на кільцевій дорозі (транспортні потоки 1–6). У фазі окрім інтенсивних прямоїдучих потоків зі смуг руху I і IV дозволено здійснювати поворотні маневри, частка яких є незначною. З підходу №1 на кільцевій дорозі є окремо виділена смуга для руху правоповоротного потоку на вул. Шевченка. На перехресті існує один регульований пішохідний перехід через кільцеву дорогу. Оскільки існує велика площа перехрестя, то рух у другій фазі відбувається у два такти. У другій фазі (такт 1) дозволено рух транспортним потокам з другорядних вул. Шевченка і вул. Лукашевичів та перехід пішохідним потокам через кільцеву дорогу. У такті 2 рух пішоходів забороняється, оскільки продовжено подальший рух поворотним потокам (7 і 12) по кільцевій дорозі.

Тривалість циклу на перехресті вулиць є досить великою і складає 151 с. Тривалість першої фази, коли дозволено рух інтенсивним транспортним потокам кільцевою дорогою на перехресті складає 116 с. Друга фаза, яка призначена для пропуску другорядних напрямків на перехресті, становить – 27 с. Проте варто зазначити, що друга фаза складається з двох тактів.

Часові параметри роботи світлофорної сигналізації на перехресті вулиць наводимо у вигляді циклограми на рис. 4.

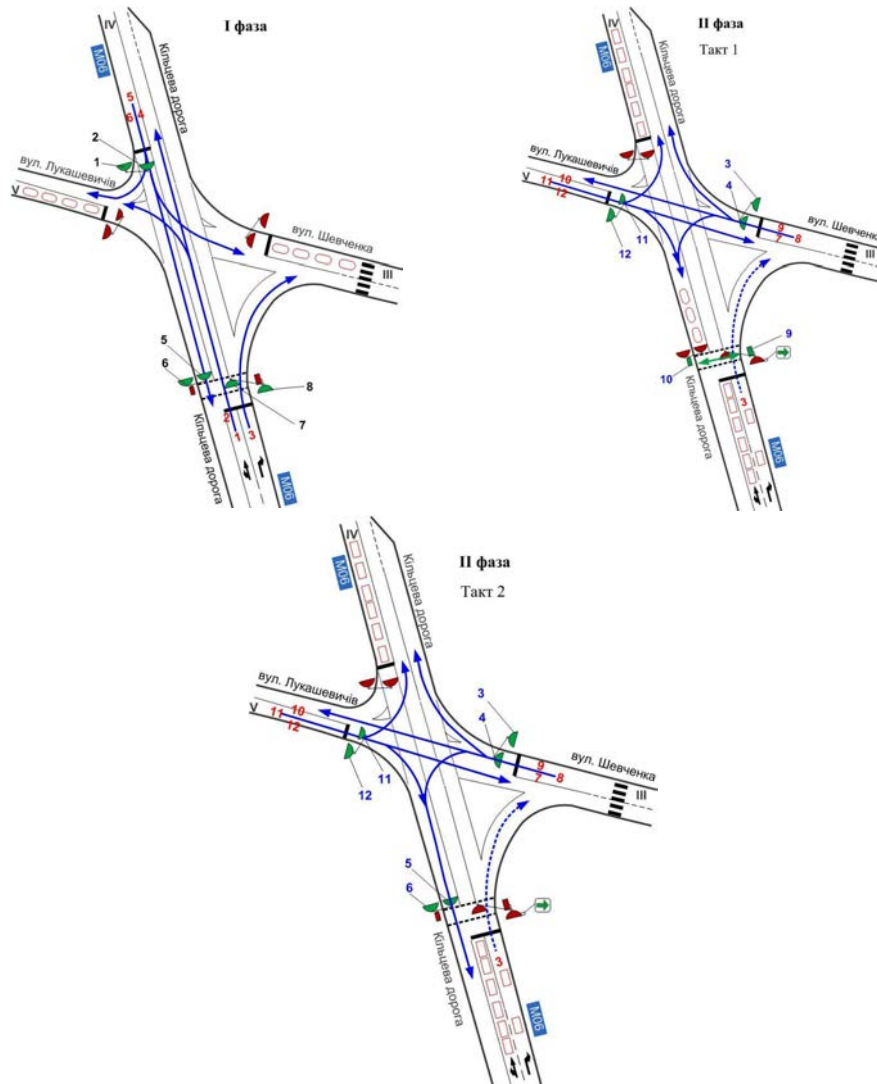


Рис. 3. Існуючий пофазний роз'їзд транспортних потоків на перехресті

Номер світлофора	Графік увімкнення сигналів ($T_c = 151c$)					Тривалості сигналів		
	25	50	75	100	125	t_3	$t_ж$	t_4
1,2,7,8	[Green bar from 0 to 100s]					116	4	31
3,4, 11,12	[Red bar from 0 to 100s]					27	4	120
9,10	[White bar from 0 to 100s]					16	-	135
5,6	[Green bar from 0 to 100s]					127	8	16

Рис. 4. Циклограма роботи світлофорної сигналізації на перехресті

Перший такт дозволяє рух транспортним потоками з вул. Шевченка і вул. Лукашевичів. Для цього цим потокам для виїзду на перехрестя сигналізують основний і дублюючий світлофорний об'єкт 7–9 і відповідно 10–12. Також у цій фазі переходять проїзну частину кільцевої дороги пішоходи, для цього їм у фазі виділено 16 с. У дру-

гому такті забороняється рух пішоходам і шляхом увімкнення дозволяючого сигналу на головній дорозі світлофорами 5–6, дозволено продовжити рух і покинути зону перехрестя транспортним засобам, які виїхали на перехрестя з другорядного напрямку. Такий часовий розрив пов'язаний із значною площею перехрестя та потребою про-

пуску пішохідних потоків через кільцеву дорогу з інтенсивним рухом транспорту. Тривалість перехідного інтервалу на перехресті складає 4 с.

Проблема, яка зафіксована на регульованому перехресті, полягає у високій інтенсивності руху на головному напрямку кільцевої дороги, де також існує значна частка транзитного вантажного транспорту, оскільки це автомобільна дорога міжнародного значення. На перехресті існує тільки одна смуга в кожному напрямку руху з якої дозволено лівоповоротний маневр, який значно підвищує небезпеку в русі в зоні перехрестя. Оскільки на перехресті вулиць існує значний ухил проїзної частини, якщо рухатись у сторону м. Винник, де навіть поодинокі поворотні транспортні засоби створюють черги на підході до перехрестя у зв'язку із високою інтенсивністю зустрічного транспортного потоку.

Поява поворотних транспортних засобів, які бажали здійснити поворотний маневр з головної дороги призводила до різкої зміни всього транспортного потоку в зоні перехрестя. ТП на головному напрямку розвивають доволі значні швидкості руху, тому раптова поява у потоці поворотного ТЗ, протягом фази регулювання викликала небезпеку в русі. Така ситуація пояснюється тим, що для безпечно пропуску лівоповоротних транспортних засобів на перехресті має практично зупинитись і зустрічний потік, оскільки рух ТП здійснюється в одній фазі.

Для визначення зміни швидкості руху на головному напрямку перехрестя кільцевої дороги проведено дослідження на основі покадрового аналізу відеозапису роботи перехрестя протягом однієї години. Під час дозволяючого сигналу у першій фазі, яка становить 116 с фіксували окремі транспортні засоби на стоп-лінії та визначали їх швидкість руху. Графічні результати дослідження наведено на рис. 5.

У прямому напрямку руху на головній дорозі перехрестя рух транспортного потоку здійснюється у сторону м. Винник, а у зворотному – рух транспортного потоку відбувається у сторону с. Гамаліївка. Як видно з графіку, з початком увімкнення дозволяючого сигналу у фазі регулювання швидкість транспортних засобів починає зростати. Зважаючи на значну тривалість фази на головному напрямку у понад 100 с, швидкість руху є доволі високою і становить у середньому 60 км/год для обох напрямків. У прямому напрямку руху швидкість є дещо вищою, це пояснюється тим що з цього підходу існує значний ухил проїзної частини до зони перехрестя і складає 65–78 км/год, що перевищує допустимий правилами дорожнього руху швидкісний режим у населеному пункті. Якщо брати до уваги рух у зворотному напрямку, то тут спостерігається дещо нижча швидкість в зоні перехрестя, яка становить у середньому 55–65 км/год. Різкі стрибки швидкості на рис. 5 посеред фази регулювання характеризуються поя-



Рис. 5. Результати зміни швидкості руху на стоп-лініях головного напрямку перехрестя при появі у потоці поворотних транспортних засобів

вою у транспортному потоці легкових автомобілів, які точно проїдуть на зелений сигнал, дозволяють собі прискорення і перевищення допустимої швидкості руху, щоб швидше проїхати і покинути зону перехрестя. Аналіз спостережень і фіксації швидкісного режиму транспортних засобів вказує на те, що частина водіїв дозволяють перевищення швидкісного режиму в зоні перехрестя, коли впевнилися що проїдуть перехрестя сходу за допомогою світлофорного об'єкту із таймером зворотного відліку. Схожа ситуація характерна для прямого і зворотного напрямків руху у періоду закінчення тривалості зеленого сигналу, де водії намагаються встигнути перетнути стоп-лінію і проїхати перехрестя, на основі табло зворотного відліку, яке показує, скільки часу ще горітиме сигнал у фазі регулювання.

На підходах до перехрестя кільцевої дороги, де з однієї смуги дозволений рух і поворотних ТЗ, під час появи автомобіля, який хоче здійснити лівоповоротний маневр відбується значне коливання швидкісного режиму. Як видно з рис. 5, поява навіть одного транспортного засобу викликає різку зміну швидкості руху всього транспортного потоку. Тут є дві характерні зони на графіку, за інтенсивного зустрічного руху, транспортний засіб практично зупинився для появи достатнього часового інтервалу на головному напрямку, щоб виконати лівоповоротний маневр, тут швидкість наближається до нуля. У другому випадку, за умови значного розриву у зустрічному транспортному потоці, автомобілю для здійснення поротного маневру довелося тільки сповільнитись та знизити швидкість, щоб покинути зону перехрестя. Зазвичай така ситуація спостерігається коли на поворотний маневр очікує легковий автомобіль, а водій зустрічного транспортного засобу сигналізує що пропускає автомобіль.

Згідно аналізу швидкостей руху на підходах до перехрестя, режим руху на ділянці головної дороги з інтенсивним рухом має коливальний характер.

На безпеку в зоні перехрестя також впливають навіть поодинокі поворотні транспортні засоби на напрямках з інтенсивним рухом транспортного потоку, особливо коли у потоці існує значна вантажного транспорту. Це пов'язано з тим, що рух на магістральних, об'їзних та міжнародних дорогах характеризується значною швидкістю та неоднорідністю транспортного потоку.

За результатами дослідження встановлено, що схема організації руху на регульованому перехресті вулиць за існуючого жорсткого світлофорного регулювання не в повній мірі враховує значну інтенсивність руху та структуру транспортного потоку, що в свою чергу впливає на пропускну здатність перехрестя та безпеку його проїзду.

Висновки. За результатами натурних досліджень встановлено, що інтенсивності транспортних потоків, яка прибуває до перехрестя, супроводжується значною неоднорідності потоків та коливанням рівня завантаження окремих смуг руху. Однак транспортні потоки не є стаціонарними, і в них можуть виникати значні розриви у транспортному потоці або різка зміна швидкісного режиму у зоні перехрестя, що негативно впливає на безпеку руху.

Управління транспортним потоком на перехрестях, а також їх функціонування безпосередньо залежить від площі перехрестя, дозволених напрямків руху на ньому, наявності у транспортному потоці різних за складом транспортних засобів. Для підвищення безпеки руху на регульованих перехрестях вулиць з інтенсивним швидкісним рухом необхідно застосовувати засоби відеонагляду та встановлення камер контролю швидкості на підходах до них з метою зниження швидкості руху транспортних засобів. Для вдосконалення організації дорожнього руху на підходах та в зоні перехрестя на міжнародних автошляхах необхідна наявність мінімум двох смуг руху в одному напрямку з метою відведення поворотних маневрів з головних напрямків руху.

Список літератури:

1. Сотнікова А. О. Аналіз транспортної поведінки населення України під час початкової фази повномасштабного вторгнення. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2023. № 6. С. 65–70. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2023-171-6-65-70>
2. Форнальчик С. Ю. Вплив швидкості проїзду регульованого перехрестя на інтенсивність потоку насичення / С. Ю. Форнальчик, І. А. Могила, В. В. Гілевич // *Комунальне господарство міст*. – 2012. – № 103. – С. 355–366.
3. Murat, Yetis Sazi, Sabit Kutluhan, and Ziya Cakici. Investigation of cyclic vehicle queue and delay relationship for isolated signalized intersections. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 111 (2014): 252-261. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.058>
4. Parmar D., Gore N., Rathva D., Dave S., Jain M. Modelling Queuing of Vehicles at Signalized Intersection. In: Mathew T., Joshi G., Velaga N., Arkatkar S. (eds) *Transportation Research. Lecture Notes in Civil Engineering*, 2020, vol 45. Springer, Singapore., pp. 557-565. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9042-6_44

5. Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху: навч. посіб. / В. Поліщук, О. П. Дзюба. – К. : Знання України, 2008. – 175 с.
6. Gălușcă, Narciza-Izabela, et al. Crossing speeds of cars through signalized intersections. *Journal of Engineering Sciences* 3 (2023): 26-34. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30\(3\).03](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30(3).03)
7. Wang J., Duan X., Wang P., Qiu A.G., & Chen Z. Predicting urban signal-controlled intersection congestion events using spatio-temporal neural point process. *International Journal of Digital Earth*, 17(1). 2024, pp. 1-24. <https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2376270>
8. Ahrholdt Malte, Grant Grubb, and Erik Agardt. Intersection Safety for Heavy Goods Vehicles. *Advanced Microsystems for Automotive Applications 2009: Smart Systems for Safety, Sustainability and Comfort*, (2009), 87-96. https://doi.org/10.1007/978-3-642-16362-3_23
9. Hamidi Hodjat and Ali Kamankesh. An approach to intelligent traffic management system using a multi-agent system. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 16, 112-124 (2018). <https://doi.org/10.1007/s13177-017-0142-6>
10. Royko Yuriy, Oleg Hrytsun and Romana Bura. Choose of optimal regimes of traffic light control in operating zone of pedestrian crossing. *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science* 4.1 (2018): 144-159. <https://doi.org/10.23939/ujmems2018.01.144>
11. Кривенчук Ю.П., Бойків М.В., Бойків Р.В. Інформаційна система автоматичного регулювання алгоритму роботи світлофора // *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки.* – 2023. – № 6 (329). – С. 199–203. <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2023-329-6>

Boikiv M.V., Zhrebetskyi N.V. STUDY OF TRAFFIC CONDITIONS AT INTERSECTION WITH A HEAVY TRAFFIC FLOW IN THE MAIN DIRECTION

The paper investigates the main parameters of traffic flow based on field studies at the intersection of streets with a ring road in Lviv. The international road M06 passes through the intersection, so there is a significant traffic volume in the main direction, including a large part of freight transit traffic. The intersection is characterized by a large area and a roadway slope on one of the approaches.

According to the results of field studies of the speed mode of traffic flows in the intersection area, when the traffic was moving from the east, the general distribution of traffic speed in the main direction of the ring road of Lviv was built based on video recording, indicating the graphical distribution during the permissive signal. The distribution of traffic speed has sharp fluctuations due to turning maneuvers by vehicles that conflict with oncoming traffic in the main direction. It is established that the safe mode of traffic at the intersection is influenced by the distribution of traffic volume by traffic directions at the intersection, the allowed left-turn maneuvers that conflict with the intense oncoming flow of the main road, and the excess of the permitted speed limit.

Fluctuations in the speed of vehicles at the intersection in the main direction in the first phase of control allow us to assert that when vehicles pass the green traffic signal, those cars that pass the stop-line from the start significantly exceed the permitted speed in the settlement. Due to the appearance of turning vehicles in the traffic flow, the entire vehicle is densified on the approach to the intersection, the dynamic distance begins to rapidly decrease to the size close to braking distance, and the traffic hazard increases. Speed is the main problem that affects safe traffic conditions at the intersection of the ring road (international road M06) with adjacent streets in the village of Yampil. This is partly because the improved dynamic characteristics of vehicles and satisfactory road surface contribute to even higher speeds in the intersection area than allowed by the traffic rules in the settlement.

Key words: ring road, traffic flow, signalized intersection, speed of movement, phase sequence, zone of intersection, turn maneuvers, traffic lane.