

Бойків Р.В.

*Національний університет «Львівська політехніка», вул. Бандери 12, м. Львів, Україна***АНАЛІЗ ГРАНИЧНИХ ЧАСОВИХ ІНТЕРВАЛІВ НА НЕРЕГУЛЬОВАНОМУ ПЕРЕХРЕСТІ З ІНТЕНСИВНИМ ЛІВОПОРОТНИМ ПОТОКОМ**

В роботі проведено аналіз основних характеристик транспортного потоку в зоні нерегульованого перехрестя та їх вплив на формування граничних часових інтервалів на головному напрямку з урахуванням частки лівоповоротних транспортних засобів. На перехресті існує значна інтенсивність руху на всіх підходах, оскільки через нього проходить дорога національного значення Н17 та автомагістраль міжнародного значення М06. Перехрестя характеризується всіма дозволеними маневрами, високим відсотком вантажних і поворотних транспортних засобів з головної дороги.

В результаті досліджень умов руху та параметрів транспортного потоку на перехресті встановлено, що інтенсивність руху на головній дорозі у різні періоди доби складає більше 1000 авто./год, а частка лівоповоротних транспортних засобів коливається від 10 до 30%. На основі цього на головному напрямку нерегульованого перехрестя визначено тривалість граничних інтервалів у транспортному потоці. Встановлено, що після росту інтенсивності руху прямоїдучого транспортного потоку на головній дорозі нерегульованого перехрестя понад 700 авто./год. граничний часовий інтервал починає зростати більше 10с. З'ясовано, що при збільшенні частки лівоповоротних транспортних засобів з головної дороги, тривалість граничних інтервалів на нерегульованому перехресті у транспортному потоці коливається в межах 20-25 с. Аналіз граничних часових інтервалів на головній дорозі вказує, що на безпечні режими руху на нерегульованому перехресті впливає розподіл інтенсивності руху за напрямками руху, неоднорідність транспортного потоку та частка лівоповоротних транспортних засобів.

Результати досліджень доцільно брати до уваги під вдосконалення існуючих схем організації руху на нерегульованих перехрестях. Під час визначення дозволених напрямків руху з головної дороги, необхідно враховувати закономірності зміни часових інтервалів у транспортному потоці, оскільки за певних обставин вони можуть перевищувати критичні значення і створювати потенцію небезпеки руху в зоні перехрестя.

Ключові слова: транспортний потік, нерегульоване перехрестя, інтенсивність руху, смуга руху, лівоповоротні транспортні засоби, граничний інтервал руху.

ВСТУП

Вдосконалення організації руху на перехрестях магістральних вулиць зазвичай пов'язані тільки зі зміною дозволених маневрів руху, оптимізацією пофазного роз'їзду та роботою світлофорної сигналізації чи каналізації напрямків руху. Такі підходи в обмежений термін часу дають можливість частково збільшити пропускну здатність перехресть без здійснення кардинальної зміни їх геометричних особливостей.

Вдосконалення схем дорожнього руху на нерегульованих перехрестях та розроблення режимів роботи світлофорної сигналізації на нерегульованих перехрестях базується на вхідних даних, які включають дослідження основних параметрів транспортного потоку (ТП). Неоднорідність ТП на мережі доріг, особливо на нерегульованих перехрестях, негативно відбивається на ефективності їх роботи, навіть із ростом інтенсивності руху на одному із підходів перехрестя. Різні за своїми типами і динамічними характеристиками ТЗ під час здійснення поворотного маневру в зоні перехресть, залежно від дозволених напрямків руху, знижують пропускну здатність перехрестя та підвищують потенційну небезпеку всього перехрестя.

Досліджувана ділянка цього дослідження є нерегульоване перехрестя дороги міжнародного значення М06 і дороги національного значення Н17, поблизу населеного пункту Гамаліївка. Інтенсивність руху на ділянці є достатньо великою, у зоні перехрестя та на його підходах спостерігається значна частка вантажного транспорту (з корисним навантаженням п'ять і більше тон). Пішохідні потоки на даному перехресті відсутні. Це свідчить, що значного впливу на затримки транспорту безпосередньо перед перехрестям вони не здійснюють. Перехрестя є нерегульованим, проте воно фактично розділено на дві частини. Перша частина - це прямоїдучі транспортні потоки, які рухаються в головному напрямку і включають частку лівоповоротних транспортних засобів. Друга частина – це невелике кільце для саморегульованого руху діаметром всього 30м, створене для того, щоб учасники дорожнього руху, які здійснюють рух з другорядного напрямку, а також ті, що з'їжджають з головної дороги, мали змогу безперешкодно роз'їхатись з меншою кількістю конфліктних точок.

Значно понижують безпеку руху на перехресті лівоповоротні транспортні засоби, тому в даній роботі буде досліджуватись граничний часовий інтервал для лівоповоротних транспортних засобів під час різної інтенсивності прямоїдучих транспортних засобів на головному напрямку. Це дасть можливість розробити заходи вдосконалення організації дорожнього руху та підвищення безпеки руху на нерегульованому перехресті.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Під час міграції населення та переміщення промислових об'єктів у зв'язку із війною у нашій державі, особливо актуальним стає дослідження впливу розподілу транспортних потоків на транспортну інфраструктуру і ВДМ [1]. Таке завантаження мережі не тільки порушує звичні транспортні зв'язки, але й критично впливає на мобільність та безпеку руху у транспортних вузлах. Дані про інтенсивність і склад транспортного потоку є дуже важливим для проектування, оцінки та визначення пріоритетів, тому вони повинні бути максимально точними [2].

Безпека руху на ВДМ залежить від способу організації руху. На перехрестях із світлофорним регулюванням переважають два види дорожньо-транспортних пригод (ДТП): наїзд на автомобіль, що різко зупинився та зіткнення з автомобілем, що рухався на заборонений сигнал світлофору. На нерегульованих перехрестях, де дороги, які перетинаються, діляться на головну і другорядну, безпека руху залежить від дотримання правил почергового проїзду та часу знаходження автомобілів другорядного напрямку в конфліктній зоні. На міських нерегульованих перехрестях безпека руху визначається планувальним рішенням перехрестя та інтенсивністю руху автомобілів і пішоходів. Чим вище інтенсивність по другорядній дорозі і чим ближче вона до інтенсивності на головній дорозі, тим частіше на перехресті порушується правило черговості проїзду та створюється конфліктна ситуація [3]. Перетин траєкторій руху двох транспортних потоків вимагає від водіїв другорядного напрямку пошуку прийнятного проміжку часу між транспортними засобами на головному напрямку для виконання маневру перетину або злиття. На величину цього прийнятного інтервалу впливають: геометричні характеристики перехрестя (кут перетину проїзних частин, поздовжні ухили на підходах, кількість смуг руху на головному напрямку, видимість зони перехрестя тощо); дорожньо-кліматичні умови (тип та стан покриття, опади, температура повітря тощо); характеристики транспортних потоків (інтенсивність руху, склад транспортного потоку; дозволені швидкості руху тощо); вибір подальшого напрямку руху (перетин основного потоку або злиття з ним); спосіб організації пішохідного руху; психофізіологічні особливості водія. Кожен з цих чинників має важливе значення і за визначення пропускну здатності перехрестя і не може бути знехтуваний [4].

У роботі [5] відображено результати дослідження, де зазначається, що збільшення частки лівоповоротних транспортних засобів на смузі руху призводить до росту довжини черги перед перехрестям. Такі результати свідчать про те, що при виборі схеми організації руху на перехрестях необхідно враховувати інтенсивність транспортного потоку, але і частку поворотних транспортних засобів.

Проведені дослідження, які присвячені розробці методу вибору раціональних режимів світлофорного регулювання на перехрестях, вказують що інтенсивність руху на перехресті здійснює вплив на кількість на схильність пішоходів порушувати правила переходу проїзної частини [6].

Аналіз безпеки руху на нерегульованих перехрестях вулиць є актуальним завданням у містах, особливо коли мова йде про багатосмугові проїзні частини на їх підходах. Така небезпека в зоні перехрестя пов'язана із значною неоднорідністю транспортного потоку за складом. Авторами у своїй праці [7] запропоновано оцінку безпеки дорожнього руху на нерегульованих перехрестях за допомогою конфліктуючих транспортних потоків із урахуванням швидкості руху конфліктуючого автомобіля на головній дорозі. Однак така концепція оцінки безпечних режимів не враховує склад транспортних потоків, які конфліктують.

Якщо брати до уваги умови руху на Т-подібному перехресті, то в дослідженнях [8-9], які спрямовані на оцінку конфліктних ситуацій на нерегульованих перехрестях, результати показали, що ймовірність виникнення ДТП або зіткнення ТЗ суттєво залежить від складу транспортного потоку у зоні конфліктуючих ТП. Тобто можна зазначити, що рівень безпеки на перехрестях суттєво змінюється за умов змішаного ТП, а ймовірність зіткнення в зоні перехрестя залежить залежно від типу та поєднання транспортних засобів, їх інтенсивності та складу потоку.

У процесі дорожнього руху розрахункова пропускна спроможність вулиць і доріг, попри її нормативне значення, змінюється під впливом таких факторів, як кліматичні умови, ремонтні роботи, дорожньо-транспортні пригоди та нерівномірність інтенсивності транспортних потоків [10]. На підставі цього, мета управління і завдання збільшення пропускну здатності на нерегульованих

перехрестях полягає в узгодженні реальної пропускної спроможності кожного підходу перехрестя з інтенсивністю у різні періоди доби.

Часті затори зумовлені недостатньою пропускною спроможністю дорожньої інфраструктури та низькою швидкістю руху транспортного потоку, що спричинене великою часткою вантажних автомобілів, які рухаються повільніше, і на вузьких ділянках доріг маневр обгону є неможливим. У цей важкий період війни до західних регіонів вимушено перемістилися багато людей, а також приватних підприємств за програмою релокації від держави. Це все спричиняє величезне навантаження на транспортну інфраструктуру регіону. Приміські території та промислові зони міст заповнюються вантажним транспортом, який, у свою чергу, сповільнює транспортний потік на об'їзних, кільцевих і міських дорогах.

З огляду на це, основною метою цього дослідження є встановлення тривалостей часових інтервалів, які виникають на нерегульованому перехресті автодороги міжнародного значення М06 з дорогою національного значення Н17 поблизу населеного пункту Гамаліївка за існуючої схеми організації руху. Так як на перехресті спостерігаються інтенсивні транспортні потоки, значну частку яких становить вантажний транспорт.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є аналіз граничних часових інтервалів на головній дорозі нерегульованого перехрестя із значною інтенсивністю руху за різної частки лівопоротних транспортних засобів.

Це дасть можливість обґрунтувати оптимальні параметри транспортного потоку за яких нерегульоване перехрестя буде функціонувати з найменшими затримками руху, де присутній значний рух лівопоротних транспортних засобів. Для досягнення мети роботи, необхідно виконати вирішити такі задачі: провести експериментальні дослідження основних показників транспортного потоку у різні періоди доби, дослідити планувальні особливості перехрестя, визначити зміну граничних часових інтервалів руху на головному напрямку нерегульованого перехрестя, виявити закономірності зміни граничного часового інтервалу за різної частки лівоповоротних транспортних засобів з головної дороги.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Рух транспортних засобів в міському середовищі та за межами міста суттєво відрізняються. Поза містом, особливо на автомобільних магістралях міжнародного і національного значення, середня швидкість руху є вищою, а склад транспортного потоку більше насичений вантажними автомобілями вантажопідйомністю понад 6 тон. На перехресті проведено аналіз планувальних особливостей, які зображено на рисунку 1.

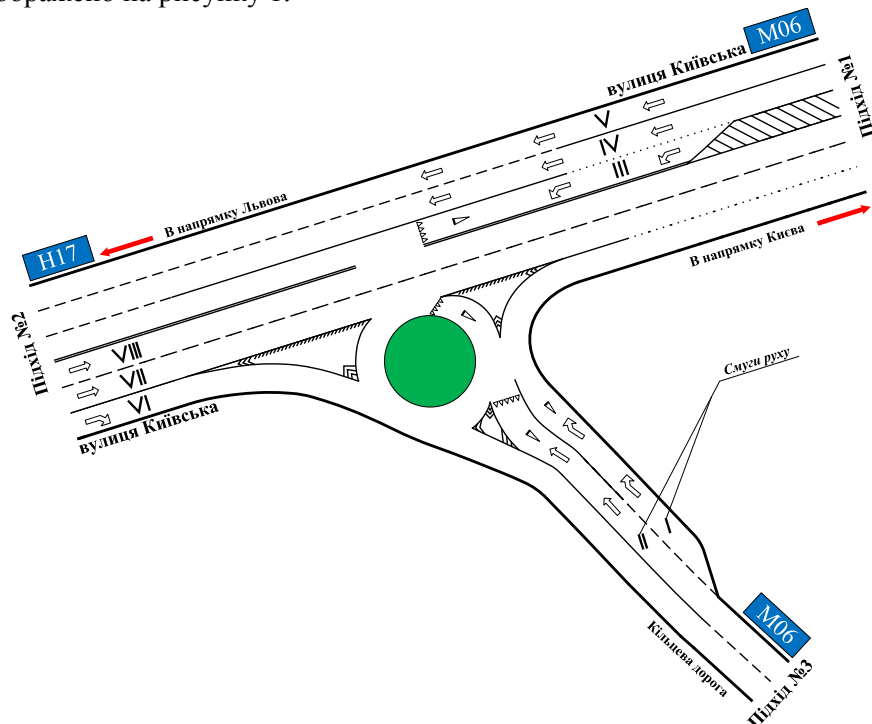


Рисунок 1 – Планувальні особливості перехрестя Кільцевої дороги-вул. Київська (Н17)

Перехрестя має три підходи та є Т-подібного типу. Перехрестя є нерегульованим, а головний напрямок це прямоїдучі транспортні засоби по вулиці Київській. На перехресті є вісім смуг руху, дві з яких це виїзд з другорядної дороги, якою в даному випадку є Кільцева дорога.

В кожному з головних напрямів є окремі поворотні смуги. В напрямку Києва це правоповоротні транспортні засоби, які повертають на Кільцеву дорогу, а у напрямку Львова - лівоповоротні транспортні засоби, які створюють найбільшу небезпеку на перехресті, оскільки перетинають потік транспортних засобів, які рухаються головним напрямом, а також перетинаються з лівоповоротними транспортними засобами, що повертають ліворуч з Кільцевої дороги.

Натурні дослідження інтенсивності транспортного потоку проведено у різні дні тижня та пікові періоди руху. Було вибрано: понеділок о 8:00 та п'ятниця о 18:00. Ці дні було вибрані не випадково - мета полягала в тому, щоб якомога точніше визначити інтенсивність та склад ТП на перехресті під час максимального навантаження на нього транспортних засобів. Для порівняння в дослідженнях інтенсивності транспортного потоку на перехресті також було обрано суботу, 13:00. Це дало змогу наочно порівняти піковий час початку робочого тижня (понеділок 8:00), піковий час закінчення робочого тижня (п'ятниця 18:00), а також міжпіковий період (субота 13:00). Всі натурні дослідження інтенсивності руху у різні дні тижня та періоди доби за напрямками руху на перехресті зображено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Результати дослідження інтенсивності руху транспортних потоків за напрямками на перехресті у різні періоди доби

<i>Натурні дослідження станом на понеділок 8:00</i>					
Підхід №1 1070 авто/год		Підхід №2 1213 авто/год		Підхід №3 788 авто/год	
Прямийдучі 729 авто/год	Лівоповоротні 341 авто/год	Прямийдучі 849 авто/год	Правоповоротні 364 авто/год	Лівоповоротні 202 авто/год	Правоповоротні 586 авто/год
<i>Натурні дослідження станом на п'ятницю 18:00</i>					
Підхід №1 1155 авто/год		Підхід №2 1310 авто/год		Підхід №3 850 авто/год	
Прямийдучі 787 авто/год	Лівоповоротні 368 авто/год	Прямийдучі 917 авто/год	Правоповоротні 393 авто/год	Лівоповоротні 218 авто/год	Правоповоротні 632 авто/год
<i>Натурні дослідження станом на суботу 13:00</i>					
Підхід №1 835 авто/год		Підхід №2 947 авто/год		Підхід №3 614 авто/год	
Прямийдучі 569 авто/год	Лівоповоротні 266 авто/год	Прямийдучі 663 авто/год	Правоповоротні 284 авто/год	Лівоповоротні 157 авто/год	Правоповоротні 457 авто/год

Згідно зведених даних інтенсивності транспортного потоку у різні періоди доби можна зазначити, що існують значні інтенсивності на всіх підходах нерегульованого перехрестя. Найбільші інтенсивності зафіксовано за напрямком головної дороги на перехресті (підхід №1 та №2). На кожному з підходів загальна інтенсивність складалась із сумарної інтенсивності руху всіх дозволених напрямків. Найбільше навантаження на перехресті спостерігається у вечірній піковий період в п'ятницю, інтенсивність руху на загалом перехресті у цей період складає 3315 авто/год.

Якщо брати до уваги головний напрямок дороги нерегульованого перехрестя, то у транспортному потоці переважають прямоїдучі транспортні засоби. Частка правоповоротних потоків коливається у межах 10-30% залежно від підходу. На головному напрямку перехрестя також існує значна частка лівоповоротних потоків, яка змінюється від росту загальної інтенсивності руху на підході в різні періоди доби.

Аналіз показників інтенсивності руху за напрямками на нерегульованого перехрестя вказує, що найбільш завантаженим напрямком у будь-який період дня є напрямок де рухаються прямоїдучі ТП. Також на перехресті існує значна інтенсивність лівоповоротного потоку з головної дороги, що свідчить про транзитний характер руху більшості ТЗ у транспортному потоці.

У різні періоди дослідження інтенсивності руху на перехресті, встановлено, що найбільша частка лівоповоротних зафіксована на головному напрямку дороги з підходу №1. Залежно від періоду дослідження, частка цього маневру в структурі всього транспортного потоку коливалась від 10 до 30%. Графічне зображення інтенсивності руху за напрямками на перехресті в піковий період руху у п'ятницю (18:00 год) зображено на рисунку 2.

Натурні дослідження фактичної інтенсивності руху транспорту показали, що найбільша інтенсивність руху припадає на кінець тижня, у напрямку Києва (підхід №2) і становить 1310 авто/год. Найменша інтенсивність, саме в пікові години, припадає на виїзд з Кільцевої дороги (підхід №3) і становить 788 авто/год. Загалом, у головному напрямку інтенсивність руху на підходах є значно вищою.

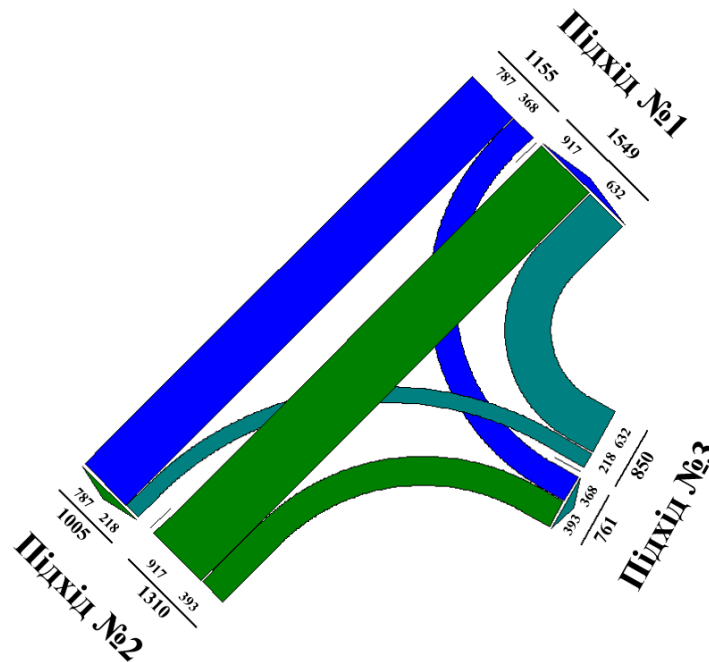


Рисунок 2 – Графічне зображення інтенсивності транспортного потоку в найбільш піковий період на перехресті

При русі автомобілів в напрямку Львова по вулиці Київській (підхід №1) спостерігається велика кількість лівоповоротних транспортних засобів. За результатами натурних досліджень встановлено, що найбільша їх кількість в п'ятницю у піковий період доби 368 авто/год.

Гістограма інтенсивності транспортного потоку (рис. 3) на підходах до перехрестя у різні дні, чітко демонструє, що в п'ятницю інтенсивність транспортного потоку була найвищою на всіх підходах до перехрестя.

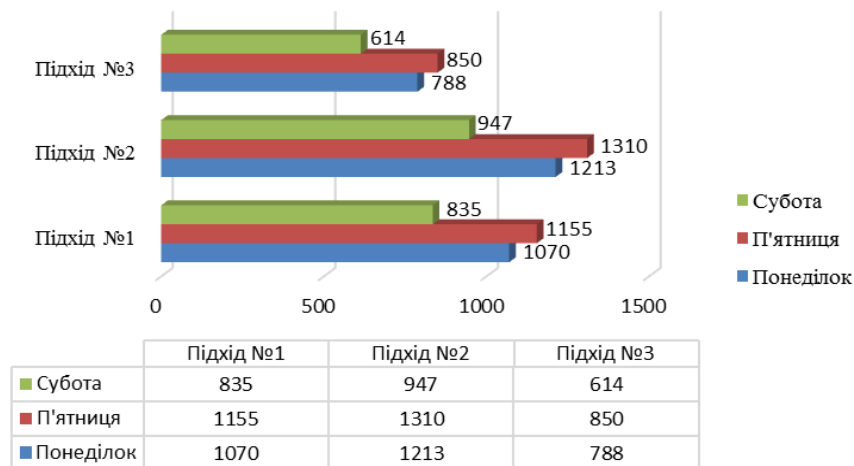


Рисунок 3 – Гістограма інтенсивності транспортного потоку на підходах до перехрестя

З урахуванням дня з найвищою інтенсивністю руху серед тих, у які проводилися натурні спостереження, було визначено відсоткове співвідношення прямоїдучих, правоповоротних і лівоповоротних транспортних засобів, а також склад транспортного потоку. Встановлено що частка вантажного транспорту вантажопідйомністю більше 6 тон є значною і складає 27% (рисунок 4).



(а) та складом транспортного потоку (б)

За допомогою аналітичного розрахунку визначено, що в міжпіковий період інтенсивність руху транспорту орієнтовно на 28% менша ніж у пікові години доби. Такі коливання негативно впливають на безпеку дорожнього руху на нерегульованому перехресті. Нерівномірний розподіл ТП у різні періоди доби призводять до накопичуванню автомобілів та збільшення часу очікування на проїзд зони перехрестя або здійснення поворотних маневрів.

За умов нерівномірності і неоднорідності ТП, найбільшу небезпеку і ускладнення в русі на нерегульованих перехрестях створює лівоповоротний транспортний потік, який перетинає головний напрямок з великою інтенсивністю. Накопичення черги з лівоповоротних транспортних засобів створює небезпеку для інших учасників дорожнього руху, які рухаються через перехрестя.

Нерегульоване перехрестя вулиць розташоване у приміській зоні є типовим Т-подібним перехрестям магістральних вулиць з інтенсивним рухом транспортних потоків на всіх його підходах. Тому, для таких умов руху, є важливим, перевірити за якого граничного часового інтервалу на головній дорозі та частки поворотних ТЗ у різні періоди доби, тривалість інтервалу буде прийнятною (найменшою) для безпечного здійснення лівоповоротного маневру.

На нерегульованому перехресті такі безпечні поворотні маневри (які не створюють аварійних ситуацій) можливі тільки за наявності достатньо великого часового інтервалу в основному потоці на головній дорозі. Визначення часового інтервалу між автомобілями у потоці здійснювався на основі відеофіксації з подальшим опрацюванням і визначенням тривалості між автомобілями у перерізі дороги А-Б (рис.5).

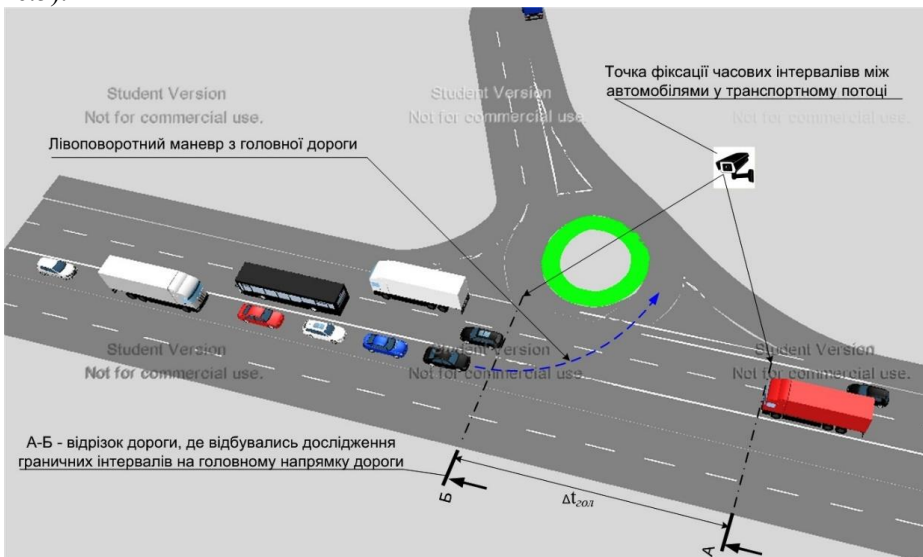


Рисунок 5 – Схема дослідження граничного часового інтервалу на головній дорозі ($\Delta t_{\text{гол}}$) нерегульованого перехрестя Кільцева дорога - вул. Київська (Н17)

Згідно розробленої схеми експериментальних досліджень граничного часового інтервалу на головній дорозі для здійснення лівоповоротного маневру визначено тривалості інтервалів між автомобілями за різних параметрів транспортного потоку на перехресті. На основі цього, для різних періодів натурних досліджень, отримано графічні залежності зміни тривалості граничного часового

інтервалу залежно інтенсивності руху на головній дорозі перехрестя з урахуванням частки лівоповоротних ТЗ (рис.6). За результатами дослідження параметрів транспортного потоку на нерегульованому перехресті, встановлено динаміку зміни граничного часового інтервалу на головній дорозі від частки лівоповоротних потоків, яка становила 10-30%.

Час очікування на перехресті для здійснення лівого повороту на нерегульованому перехресті - це проміжок часу, протягом якого водій, який має намір здійснити маневр, однак змушений очікувати на часовий інтервал в потоці зустрічного транспорту для завершення маневру без порушення правил дорожнього руху та не створюючи небезпечних ситуацій для інших учасників руху. Зміна граничного інтервалу на головній дорозі (рис. 6) демонструє, як змінюється час очікування для здійснення маневру лівого повороту за коливання інтенсивності руху на головному напрямку та різної частки лівоповоротних транспортних засобів становить (10%-30%).

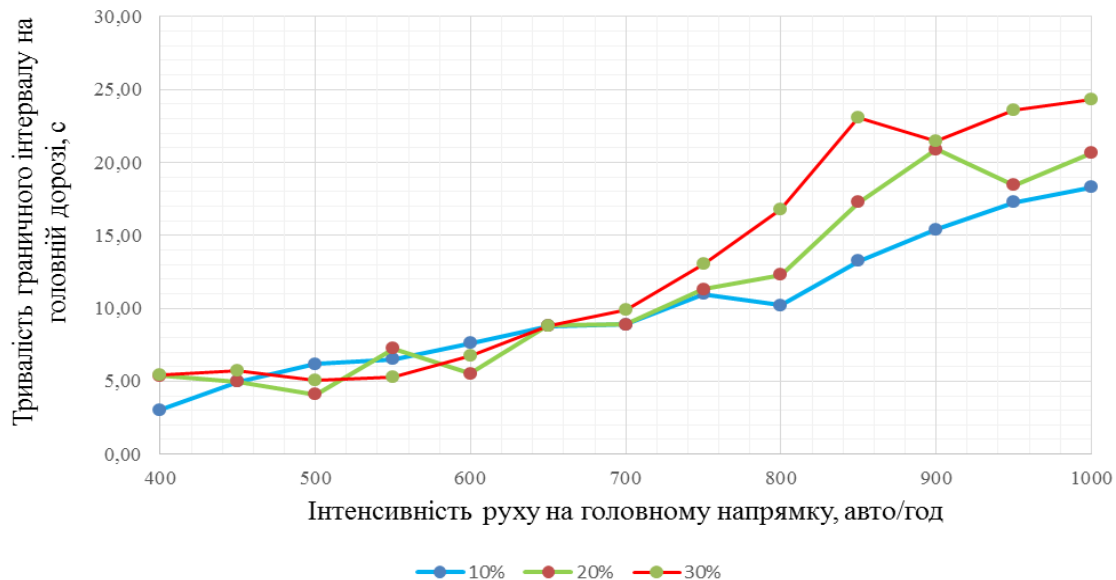


Рисунок 6 – Зміна тривалості граничного часового інтервалу залежно інтенсивності руху на головній дорозі нерегульованого перехрестя

За незначної інтенсивності руху (до 700 авто/год) на головній дорозі нерегульованого перехрестя, граничний часовий інтервал у ТП є незначним і коливається від 5 до 10 с незалежно від частки лівоповоротного потоку. Це пояснюється великими розривами у транспортному потоці та можливістю поворотним потокам здійснити маневр за низьких значень інтенсивності руху зустрічних прямоїдучих потоків. Найбільші граничні часові інтервали доводиться очікувати лівоповоротним транспортним засобам за інтенсивності зустрічного руху на підході до перехрестя більше 900 авто/год та частки лівоповоротних ТЗ – понад 20%.

Наведений графік на рис. 6 вказує, що прослідковується чітка залежність між тривалістю граничного часового інтервалу на головній дорозі та інтенсивністю руху зустрічного транспортного потоку. Отримана залежність характеризує утворення значних часових інтервалів на головній дорозі та змушують довго очікувати безпечного здійснення поворотного маневру за інтенсивності зустрічного руху більше 800 авто/год. та частки лівоповоротних потоків більше 20 %.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Результати дослідження параметрів транспортного потоку на нерегульованому перехресті вул. Київська – Кільцева дорога поблизу населеного пункту Гамаліївка демонструють чітку залежність інтенсивності руху від доби і дня тижня, що має важливе значення для планування оптимізації роботи перехрестя та вдосконалення організації дорожнього руху.

На практиці аналіз граничних часових інтервалів у транспортному потоці у зоні нерегульованих перехресть в умовах насиченого руху за допомогою експериментальних досліджень дозволить оцінити безпеку дорожнього руху та ефективність його роботи за різних параметрів транспортного потоку.

Результати досліджень мають стати основою для оптимізації схем організації руху на нерегульованих перехрестях. При визначенні пріоритетних напрямків руху на головній дорозі важливо аналізувати закономірності розподілу часових інтервалів між транспортними засобами.

Ігнорування можливості перевищення граничних значень часових інтервалів у ТП може призвести до підвищення ризику виникнення небезпечних ситуацій у зоні перехрестя.

ВИСНОВКИ

За результатами досліджень було визначено, що піковий період з найбільшою інтенсивністю руху спостерігається у вечірні години пік. Значна інтенсивність руху на нерегульованому перехресті в поєднанні з великою часткою вантажного транспорту створює незначні часові інтервали для проїзду перехрестя транспортними засобами, які здійснюють лівий поворот. Це призводить до утворення довгих черг транспортних засобів, що мають намір виконати лівоповоротний маневр. Епюра інтенсивності руху в головному напрямку щодо граничного часу на головній дорозі показує, що при інтенсивності понад 700 авто/год граничний часовий інтервал на проїзд перехрестя перевищує 20 секунд.

Натурні дослідження зафіксували пікову інтенсивність прямоїдучих ТЗ в головному напрямку на рівні 917 авто/год, що створює небезпечні ситуації на перехресті, які часто призводять до дорожньо-транспортних пригод.

Результати досліджень граничних часових інтервалів у транспортному потоці рекомендовано використовувати під час вдосконалення схем організації дорожнього руху на нерегульованих перехрестях. Під час організації дозволених напрямків руху зі смуг руху, необхідно враховувати закономірності зміни граничних часових інтервалів на головній дорозі перехрестя, оскільки за певних обставин вони можуть бути значними, перевищувати критичні значення, що буде підвищувати небезпеку всього перехрестя.

Отримані результати вказують на те, що при вдосконаленні схеми руху на нерегульованих перехрестях необхідно враховувати не тільки інтенсивність руху самого транспортного потоку, але й частку транспортних засобів, які виконують різні маневри з головної дороги.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сотнікова А. О. Особливості формування транспортних потоків в умовах війни : дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії : 275 – транспортні технології (за видами) / Анна Олександрівна Сотнікова ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2024. – 194 с.
2. Žiliūtė L., Laurinavičius A., & Vaitkus, A. (2010). Investigation into traffic flows on high intensity streets of Vilnius city. *Transport*, 25(3), 244-251.
3. Єрмак О.М. Дослідження впливу інтенсивності руху транспортного потоку на безпеку перетинання перехрестя // *Комунальне господарство міст: Наук.-техн. зб. Вип.103*. – Харків: ХНАМГ, 2012. – С. 351-355
4. Євчук, М. Ю. Дослідження граничних часових інтервалів на нерегульованих перехрестях / М. Ю. Євчук, О. М. Грицунь // *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, ХНАДУ*. – Харків, 2013. – Вип. 4. – С. 45-47.
5. Bojkiv M., Postransky T., Afonin M. Establishing patterns of change in the efficiency of regulated intersection operation considering the permitted movement directions // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2022. – Vol. 4/3 (118). – С. 17–26. DOI:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.262250>
6. Fornalchyk, Y., Kemytskyi, I., Hrytsun, O., & Royko, Y. (2021). Choice of the rational regimes of traffic light control for traffic and pedestrian flows. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences (SREES)*, 30(1), 38–50. <https://doi.org/10.22630/PNIKS.2021.30.1.4>
7. Babu, S.S., and Vedagiri, P. (2017). Traffic Conflict Analysis of Unsignalised Intersections under Mixed Traffic Conditions: *European Transport\Trasprti Europei*, No. 66, pp. 1–12.
8. Goyani, J., Pawar, N., Gore, N., Jain, M., & Arkatkar, S. (2019). Investigation of traffic conflicts at unsignalized intersection for reckoning crash probability under mixed traffic conditions. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 13, 2091-2110.
9. Bonela, S. R., & Kadali, B. R. (2022). Review of traffic safety evaluation at T-intersections using surrogate safety measures in developing countries context. *IATSS research*, 46(3), 307-321.
10. Абрамова Л. С. Визначення балансу між параметрами дорожнього руху / Л. С. Абрамова, С. В. Капінус // *Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектура*. – 2018. – Вип. 140. – С. 91-97.

REFERENCES

1. Sotnikova A. O. Peculiarities of the formation of transport flows in wartime: dissertation for the degree of Doctor of Philosophy: 275 – transport technologies (by type) / Anna Oleksandrivna Sotnikova; Ministry of Education and Science of Ukraine, National University "Lviv Polytechnic". – Lviv, 2024. – 194 p. (in Ukrainian).

2. Žiliūte L., Laurinavičius A., & Vaitkus, A. (2010). Investigation into traffic flows on high intensity streets of Vilnius city. *Transport*, 25(3), 244-251 (in English).
3. Yermak O.M. Doslidzhennia vplyvu intensyvnosti rukhu transportnoho potoku na nebezpeku peretynannia perekhrestia // *Komunalne hospodarstvo mist: Nauk.-tekhn. zb. Vyp.103. – Kharkiv: KhNAMh*, 2012. – S. 351-355. (in Ukrainian).
4. Yevchuk, M. Yu. Doslidzhennia hranychnykh chasovykh intervaliv na nerekhulovanykh perekhrestiaakh / M. Yu. Yevchuk, O. M. Hrytsun // *Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnolohii : zb. nauk. pr. / M-vo osvity i nauky Ukrainy, KhNADU. - Kharkiv, 2013. - Vyp. 4. – C. 45-47. (in Ukrainian).*
5. Bojkiv M., Postransky T., Afonin M. Establishing patterns of change in the efficiency of regulated intersection operation considering the permitted movement directions // *Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2022. – Vol. 4/3 (118). – P. 17–26. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.262250> (in English).*
6. Fornalchuk, Y., Kernyskyy, I., Hrytsun, O., & Royko, Y. (2021). Choice of the rational regimes of traffic light control for traffic and pedestrian flows. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences (SREES)*, 30(1), 38–50. <https://doi.org/10.22630/PNIKS.2021.30.1.4> (in English).
7. Babu, S.S., and Vedagiri, P. (2017). Traffic Conflict Analysis of Unsignalised Intersections under Mixed Traffic Conditions: *European Transport/Trasporti Europei*, No. 66, pp. 1–12. (in English).
8. Goyani, J., Pawar, N., Gore, N., Jain, M., & Arkatkar, S. (2019). Investigation of traffic conflicts at unsignalized intersection for reckoning crash probability under mixed traffic conditions. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 13, 2091-2110. (in English).
9. Bonela, S. R., & Kadali, B. R. (2022). Review of traffic safety evaluation at T-intersections using surrogate safety measures in developing countries context. *IATSS research*, 46(3), 307-321. (in English).
10. Abramova L. S. Vyznachennia balansu mizh parametramy dorozhnoho rukhu / L. S. Abramova, S. V. Kapinus // *Komunalne hospodarstvo mist. Seriya : Tekhnichni nauky ta arkhitektura. - 2018. - Vyp. 140. - S. 91-97. (in Ukrainian).*

Boikiv R.V. Analysis of limit time intervals at unsignalized intersection with high rate of left-turning vehicles.

The paper analyzes the main characteristics of traffic flow in the area of an unsignalized intersection and their influence on the formation of limit time intervals in the main direction, considering the share of left-turning vehicles. The intersection has a significant traffic volume on all approaches, as the national road H17 and the international highway M06 pass through it. The intersection is characterized by all permitted maneuvers, a high percentage of freight vehicles, and turning vehicles from the main road.

The study of traffic conditions and traffic flow parameters at the intersection found that the traffic volume on the main road at different times of the day is more than 1000 veh/h, and the share of left-turning vehicles ranges from 10 to 30%. Based on this, the duration of the limit time intervals in the traffic flow is determined in the main direction of the unsignalized intersection. It was found that after the increase in the volume of the direct traffic flow on the main road of the unsignalized intersection exceeds 700 veh/h, the maximum time interval begins to increase by more than 10 s. It has been found that with an increase in the share of left-turning vehicles from the main road, the duration of the limit time intervals at an unsignalized intersection in the traffic flow varies between 20-25 s. The analysis of time limits on the main road shows that safe traffic modes at an unsignalized intersection are affected by the distribution of traffic volumes by direction, traffic flow heterogeneity, and the share of left-turning vehicles.

The results of the research should be considered when improving existing traffic management schemes at unsignalized intersections. When determining the permitted directions of movement from the main road, it is necessary to take into account the patterns of change in intervals in the traffic flow, since under certain circumstances they may exceed critical values and create potential traffic hazards in the intersection area. **Keywords:** traffic flow, unregulated intersection, traffic intensity, lane, left-hand vehicles, limit interval of movement.

Keywords: traffic flow, unsignalized intersection, traffic volume, traffic lane, left-turning vehicles, limit time interval.

БОЙКІВ Роман Васильович, асистент кафедри транспортних технологій Національного університету «Львівська політехніка», e-mail: roman.v.boikiv@lpnu.ua. <https://orcid.org/0009-0001-4824-208X>

Roman BOIKIV, Assistant of the Department of Transport Technologies Lviv Polytechnic National University e-mail: roman.v.boikiv@lpnu.ua. <https://orcid.org/0009-0001-4824-208X>

DOI 10.36910/automash.v1i24.1715