

Бугайов¹ І.С., Холодова О.О.², Бугайова М.О.²

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова¹
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна²*

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАСПОКОЄННЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ

Доведена актуальність вирішення проблеми постійного удосконалення організації дорожнього руху, що пов'язано з безперервним зростанням чисельності парку автомобілів та відсталим розвитком вулично-дорожньої мережі міст. Постійне збільшення скрутності дорожнього руху, а отже, різке почастищення безпосередніх контактів учасників руху, які у багатьох випадках носять характер конфліктних ситуацій, часто переростають в дорожньо-транспортні пригоди. Саме тому в статті запропоновано розглянути такий сучасний засіб організації дорожнього руху як його заспокоєння.

Аналіз існуючих засобів заспокоєння дорожнього руху дозволив виявити їх основні недоліки та переваги, які як виявилось не вирішують проблему головного протиріччя вимог організації дорожнього руху – задоволення безпеки дорожнього руху разом із максимальним забезпеченням його ефективності.

В статті проведений аналіз застосування різних схем організації дорожнього руху на перехресті, де поряд із впровадженням світлофорного регулювання розглянуті варіанти впровадження різних типів засобів заспокоєння дорожнього руху. В результаті дослідження ще раз доведено, що світлофорне регулювання – ефективний засіб забезпечення безпеки дорожнього руху на перехресті, але при цьому слід розглядати можливості застосування засобів заспокоєння дорожнього руху, які можуть йти додатковими обмеженнями швидкості при проїзді транспортними засобами перехрестя. І хоча це може призводити до збільшення затримок, додаткових зупинок та збільшення довжини заторів, але це засіб зменшення аварійності та тяжкості травмувань учасників дорожнього руху. Найбільш ефективним засобом заспокоєння руху на перехресті є дорожній пагорб.

Ключові слова: засоби заспокоєння руху, світлофорне регулювання, перехрестя, дорожньо-транспортна пригода, моделювання, критерій.

ВСТУП

Щорічне збільшення кількості автомобілів у всьому світі та зростання обсягів перевезень сприяє збільшенню інтенсивності руху. В умовах міст, а саме Харкова, з історично сформованою забудовою, це призводить до виникнення транспортних проблем, а саме забруднення навколишнього середовища, перевантаження вулиць транспортними засобами (ТЗ) та зростання затримок та кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Тому, з метою поліпшення безпеки та ефективності дорожнього руху, дуже важливо постійно вдосконалювати та розширювати транспортну інфраструктуру шляхом застосування та впровадження сучасних технологій.

Особливо гостро транспортна проблема проявляється у вузлових пунктах вулично-дорожньої мережі (ВДМ), тобто на перехрестях, які є основними місцями концентрації ДТП. Статистика говорить, що близько 40% ДТП відбувається саме на перехрестях [1].

У більшості міст України давно склалося історичне планування ВДМ: вузькі вулиці та нерівномірна мережа, яка не відповідає сучасним потребам руху ТЗ і пішоходів. Через збільшення кількості транспорту виникає перенасичення ВДМ рухом ТЗ, що не відповідає вимогам сучасного дорожнього стану [2]. Це впливає на зниження ефективності використання ТЗ, що пов'язано із зниженням швидкості руху через простоя на перехрестях, а звідси і підвищення рівня шуму, збільшення загазованості повітряного басейну міста і перевитрати паливно-мастильних матеріалів.

Сьогодні в Україні багато уваги привертається до розробки довгострокових планів розвитку ВДМ з врахуванням зростання кількості мешканців міст та змін транспортної ситуації. З'являються на дорогах ділянки, які все більше відповідають сучасним вимогам, що в свою чергу дозволяє вирішити проблеми дорожнього руху - забезпечити комфортне та безпечне пересування всіх його учасників.

Одним із напрямів забезпечення швидкого і безпечного руху в містах є застосування комплексу архітектурно-планувальних та організаційних заходів. Ступінь захищеності його учасників від ДТП та їх наслідків є складовою частиною безпеки дорожнього руху [3]. Особливо широкого використання, як найбільш ефективного засобу підвищення безпеки дорожнього руху, набуло застосування заспокоєння дорожнього руху (ЗДР).

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

ЗДР як засіб контролю швидкості та інтенсивності руху вже довгий час має великий досвід застосування у багатьох країнах світу. В українській містобудівній літературі такий захід рідко розглядався і фактично не застосовувався на практиці [4]. До 2020 року в Україні був відомий лише «лежачий поліцейський». Доречі, ЗДР - це заходи, спрямовані на зменшення швидкості та інтенсивності руху на вулицях та дорогах з метою підвищення безпеки дорожнього руху та комфорту пішоходів і велосипедистів. Застосування таких заходів може бути корисним у міських районах та на вузьких вуличках з великою кількістю пішоходів та велосипедистів, де звичайний рух автомобілів може бути небезпечним.

Аналіз літературних джерел показав, що кількість засобів ЗДР дуже велика та кожний засіб має свої переваги і недоліки [5]:

1. Дорожні пагорби (ДП) зменшують швидкість руху ТЗ, що допомагає знизити ризик виникнення ДТП, збільшити час реакції водіїв на небезпечні ситуації на дорозі. Водночас ДП збільшують час руху ТЗ, витрати палива, що призводить до збільшення негативного впливу на довкілля, погіршують стан дорожнього покриття та їх недоцільне розміщення може сприяти збільшенню кількості заторів на ВДМ.

2. Підвищені пішохідні переходи (ППП) разом із забезпеченням безпеки пішоходів та зменшенням ризику їх травмування під час перетину дороги, знижують швидкість руху ТЗ, що викликає затори на підходах до пішохідних переходів. Однак зниження швидкості сприяє зменшенню ризику ДТП. Наявність підвищення може змінювати звичайний рух водіїв, призводити до нестабільності у їх русі та спричиняти необхідність додаткової уваги з їх боку. Також, ППП вимагають покращення доступу для людей з обмеженими можливостями.

3. Підвищені перехрестя (ПП), як і ППП, знижують швидкість руху ТЗ на перехресті, тим самим покращуючи безпеку руху для пішоходів та велосипедистів. Але, змушуючи водіїв їхати повільніше, ПП збільшують час руху по ВДМ, що не є ефективним при вирішенні задач з ОДР в частині мережевого управління. Висока ціна будівництва ПП може бути для нашої країни досить дорогим заходом, зокрема через потребу у додатковій площі та матеріалах. Слід відмітити і погіршення комфорту руху для пасажирів громадського транспорту через посилення відштовхувальної сили та збільшення поштовхування. ПП вимагають постійного обслуговування, тобто витрат на утримання, що можуть бути пов'язані, наприклад, з чисткою снігу та льоду взимку.

4. Шикани набули найбільшої популярності в місцях з великою кількістю пішоходів, особливо дітей. Вони також знижують швидкості руху ТЗ, що сприяє зниженню кількості ДТП та тяжкості їх наслідків. Шикани зменшують рівень шуму, забруднення навколишнього середовища та допомагають знизити витрати на утримання доріг. Однак, поряд з перевагами мають і недоліки: іноді призводять до ускладнень проїзду деяких типів ТЗ, а саме великі вантажівки та автобуси; збільшують час руху для транспорту, особливо в пікові години доби; створюють незручності для руху велосипедистів та мотоциклістів.

5. Міні-кільця, як доведена більшістю наукових досліджень, один з найдієвіших способів збільшення пропускної спроможності перехрестя [6], особливо в години «пік», коли інші перетинання можуть викликати затори. Як і попередні засоби ЗДР міні-кільця знижують швидкість руху ТЗ, а звідси і ризик виникнення ДТП. На додачу, зменшують час очікування на світлофорах, тому що рух відбувається майже без зупинки та в цілому поліпшують естетичний вигляд перехрестя, оскільки острівець може бути прикрашений зеленими насадженнями або скульптурними спорудами. Однак, навіть міні-кільце може вимагати розширення дороги, що скасується на розмірі витрат на будівництво та особливо уважного поводження водіїв при проїзді перехрестя. Тому такі перехрестя вимагають додаткового освітлення, особливо вночі або в умовах обмеженої видимості. До того ж, міні-кільця є складними елементами ВДМ для проїзду їх велосипедистами та проходження пішоходами, які можуть мати проблеми з перетинанням вулиці через нескінченний плин транспорту. Труднощі при проїзді виникають і у великогабаритних ТЗ, які не можуть повернути на ротонді з достатньою швидкістю, що також може відобразитися на появі тимчасових заторів. При впровадженні міні-кільця в районі лісосмуг, вони здатні зменшити такий вид ДТП як наїзд на тварину.

6. Каналізування транспортних потоків надає можливість зменшити кількість конфліктних точок на елементах ВДМ, оскільки рух відбувається по визначених напрямках. Для кожного напрямку можна планувати свою раціональну роботу світлофорних об'єктів, що зменшує час очікування руху ТЗ на світлофорі. При каналізуванні може бути збільшена видимість світлофорних

об'єктів, дорожніх знаків, розмітки тощо, однак наслідком цього є збільшення витрат на їх облаштування та подальше обслуговування. Недоліком каналізованого руху є і потреба в додаткових просторових ресурсах для організації розділення потоків та зменшення пропускної спроможності дороги, що також пов'язано з розділенням потоків.

7. Перекривання перехрестя зменшує його пропускну спроможність, створюючи додаткові затори. Час на проїзд перехрестя водіями залежить від конфігурації перешкоди, бар'єрів, які в свою чергу ускладнюють рух пішоходів та велосипедистів через перехрестя. Однак такі перекидання впливають зменшення ймовірності виникнення ДТП, а саме зіткнень, зменшення кількості нещасних випадків з пішоходами та велосипедистами. Покрашується і контроль з а рухом ТЗ на перехресті.

8. Чокери знижують швидкість руху транспорту, що зменшує ризик виникнення аварій та забезпечує більшу безпеку для пішоходів та велосипедистів. Також зменшується ризик перетину розмітки дороги ТЗ. До недоліків відноситься те, що чокери підвищують ризик заторів у пікові години доби при великих обсягах руху ТЗ, через що зменшується пропускна спроможність елементів ВДМ, та унеможливають рух великогабаритних ТЗ.

9. Вставки по осі дороги забезпечують безпеку дорожнього руху шляхом покращення видимості, особливо в умовах низької освітленості або поганих погодних умов; за рахунок створення додаткового простору для руху транспорту та керування швидкістю руху; шляхом зменшення взаємодії між ТЗ, що зменшує ймовірність зіткнень; шляхом забезпечення чіткої лінії руху ТЗ, що допомагає водіям зберегти свій фокус. В цілому такі вставки покращують потік руху ТЗ, зменшуючи затори на ділянках доріг з великими інтенсивностями руху за рахунок дозволу автомобілям здійснювати обгін повільних типів ТЗ. Однак, встановлення вставок по осі дороги має високу вартість, особливо на великих ділянках дороги; через високі інтенсивності руху ТЗ може збільшуватися шум від транспорту, що створює проблеми звукоізоляції для мешканців будинків, які розташовані вздовж доріг. Такі вставки можуть збільшити розрив між смугами, що призводить часто до погіршення рівності дороги та збільшення вібрації для водіїв. Окрім цього, вставки потрібно постійно підтримувати в задовільному стані та обслуговувати, куди входить їх регулярне миття, ремонт та заміна. Не слід забувати і про погіршення видимості для водіїв на ділянках дороги з крутими поворотами або обмеженою видимістю.

Аналіз засобів ЗДР дозволяє зробити висновок, що вони можуть бути ефективними засобом контролю швидкості руху транспорту на вулицях міста, проте їх слід використовувати з розумінням, ретельно обгрунтовуючи застосування того чи іншого виду засобу.

Для вирішення проблем ОДР останнім часом дуже широко застосовують інструменти моделювання дорожнього руху. При необхідності переходу на мікрорівень, тобто при плануванні руху на окремому перехресті, групі перехресть або наочній демонстрації громадськості змін, які відбудуться в районі міста у випадку будівництва нових доріг, розв'язок тощо, застосовується моделювання в програмному забезпеченні PTV Vision VISSIM. Для оцінки ефективності засобів ЗДР, спробуємо провести аналіз впровадження різних методів ОДР на одному із аварійних перехресть м. Харків вул. Маршала Рибалка — вул. А. Ощепкова. А програмне забезпечення PTV Vision VISSIM дозволить на створити транспортні моделі руху ТЗ, що дозволить оперативно дослідити та оцінити ефективність різних заходів з удосконалення ОДР.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є підвищення безпеки дорожнього руху на перехресті вулиць А. Ощепкова та Маршала Рибалка у м. Харків за рахунок вибору найефективнішого засобу ЗДР.

Для реалізації мети необхідно провести дослідження дорожніх умов та параметрів транспортних і пішохідних потоків, на основі яких стане можливим розробити імітаційні транспортні моделі перехрестя у програмному середовищі PTV Vision VISSIM.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перехрестя вул. А. Ощепкова (вулиця міського значення) – вул. Маршала Рибалка (магістральна вулиця районного значення) відноситься до Х-образного типу, має організований двосторонній рух транспорту, через усі вулиці здійснюється пішохідний рух. Перехрестя в існуючому вигляді зображено на рис. 1. Статистика ДТП на цьому перехресті свідчить, що основною причиною є обмежена оглядовість на ньому (див. рис. 1).

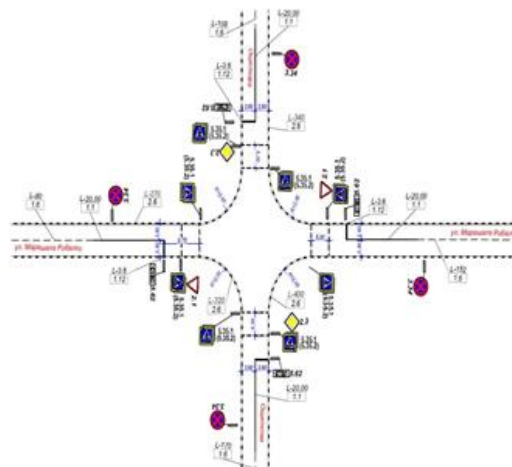


Рисунок 1 — Фото з прикладом ДТП та схема розташування технічних засобів регулювання дорожнім рухом на перехресті вул. А. Ощепкова — вул. Маршала Рибалка до 2020 року

Після великої кількості усних та письмових звернень в профільні органи, і навіть в Верховну раду, та повідомлень в соціальних мережах на перехрестя восени 2020 року було встановлено світлофорне регулювання (див. рис. 2).

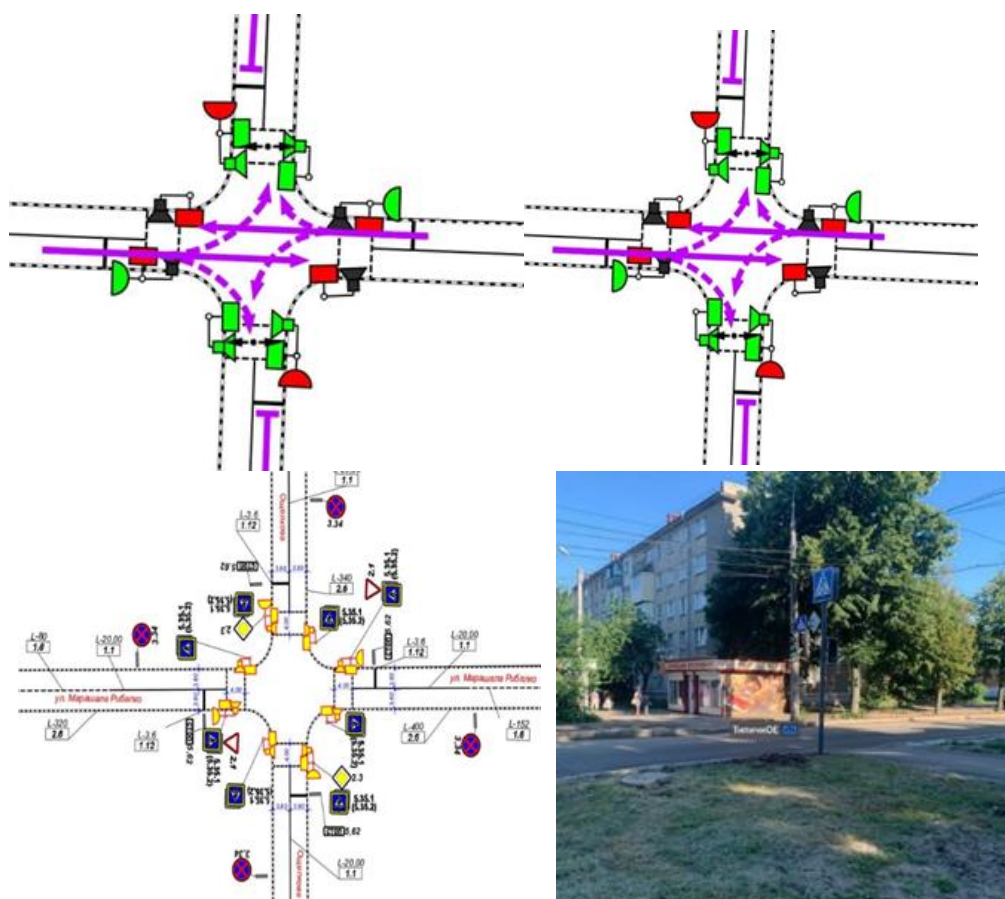


Рисунок 2 — Існуюча схема пофазного роз'їзду та розташування технічних засобів регулювання дорожнім рухом на перехресті вул. А. Ощепкова — вул. Маршала Рибалка

Однак розташування МАФ, які здійснюють підприємницьку діяльність з продажу продовольчих товарів, так і залишилось, що не занадто відобразилось на зменшенні ДТП, особливо

під час воєнних дій, коли відбувались відключення світла. Ускладнюють дорожній рух і ТЗ, які здійснюють розвантаження товарів в МАФ, що також обмежує необхідну для безпечного руху видимість.

Для підвищення безпеки дорожнього руху на даному перехресті необхідно підвищити перш за все видимість, для чого необхідний провести демонтаж існуючих МАФ. Однак, таких захід, поперше, не є популярним, так як може призвести до втрати робочих місць, а по-друге, згідно даних з кадастру ряд земельних ділянок під цими МАФами мають відповідні дозвільні документи.

Тож, для підвищення безпеки дорожнього руху на даному вузлі, з урахуванням існуючих дорожніх умов, необхідно зменшувати швидкість руху ТЗ. Із зниженням швидкості зменшиться і нормативне значення видимості [7], яке буде відповідати існуючому стану перехрестя.

Зниження швидкості можливо реалізувати із застосуванням:

- відповідних дорожніх знаків (недієвий захід);
- застосування світлофорного регулювання (недієвий захід);
- застосування засобів ЗДР.

В кожного із вищеперелічених заходів є свої переваги та недоліки. Який із цих варіантів більш ефективний спробуємо визначити із застосуванням імітаційного моделювання в PTV Vision VISSIM. У ході експериментальних досліджень буде змінюватися інтенсивність руху транспортного потоку. Вона варіюватиметься від базової інтенсивності до + або – 20% із кроком 10% .

Тож, розглянемо такі варіанти моделювання ОДР на перехресті вул. А. Ощепкова – вул. Маршала Рибалка: регульоване перехрестя (РП); влаштування на проїзній частині ДП; влаштування на проїзній частині ППП; влаштування на проїзній частині ПП.

Після проведення моделювання різних варіантів ОДР проведено аналіз критеріїв функціонування ОДР [8]. Було обрано найбільш впливові критерії для оцінювання розроблених заходів та визначено рівень обслуговування (LOS) [9]: середня затримка руху ТЗ; кількість зупинок ТЗ; середня довжина затору; максимальна довжина затору.

Цільова функція критерію оцінювання варіантів ОДР на перехресті має вид:

$$\begin{matrix} РП \\ ДП \\ ППП \\ ПП \end{matrix} = \begin{cases} N_{зуп}^{ТЗ} \\ L_{max}^{затор} \\ t_{cp} \\ L_{зат} \end{cases} = f(N) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де N - інтенсивність транспортного потоку, авт./год;

$N_{зуп}^{ТЗ}$ - кількість зупинок ТЗ, од.;

t_{cp} - середня затримка ТЗ, с;

$L_{зат}$ - довжина затору, м;

$L_{max}^{затор}$ - максимальна довжина затору, м.

Для визначення виду та параметрів моделей були використана сучасна комп'ютерна програма обробки статистики Statgraphics, яка дозволяє описати отриману статистику різними видами математичних функцій. Результати обробки експериментальних даних наведені в таблиці 1.

На рисунку 3 наведені залежності зміни критерієв оцінки заходів при змінненні інтенсивності руху ТЗ для різних варіантів ОДР.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз результатів моделювання варіантів ОДР за обраними критеріями на перехресті при зміні інтенсивності ТП показав:

- результат моделювання критерію «середня затримка транспортних засобів» показав, що при базовій (968 авт./год) та найменшій (774 авт./год) інтенсивності кращий результат має ДП («лежачий поліцейський») – 8,3 с та 6 с середньої затримки на перехресті. Хоча, при збільшеній інтенсивності на 20 % (1161 авт./год) – кращий показник має «світлофорне регулювання», а саме 11 с середньої затримки на перехресті;

- результат моделювання критерію «кількість зупинок ТЗ» показав, що при всіх запропонованих інтенсивностях кращий результат має «світлофорне регулювання». А саме, 0,61

кількість зупинок транспортних засобів при базовій інтенсивності, 0,52 та 0,58 кількість зупинок ТЗ при -20 % та +20 %;

Таблиця 1 - Результати обробки експериментальних даних у програмі Statgraphics

Варіанти ОДР на перехресті	Залежність	Коефіцієнт кореляції	Durbin-Watson statistic	Середня абсолютна помилка
РП	$N_{зуп}^{ТЗ} = 0,13 \cdot e^{0,202 \cdot N}$	0,98	2,37091 (P=0,3757)	0,06
	$t_{cp} = 49,3 - 0,105 \cdot N + 0,000064 \cdot N^2$	0,92	2,76416 (P=0,1743)	0,74957
	$L_{max}^{затоп} = 281,174 - 0,598 \cdot N + 0,00036 \cdot N^2$	0,93	2,98212 (P=0,3532)	3,39711
	$L^{затоп} = 53,3 - 0,12 \cdot N + 0,00007 \cdot N^2$	0,94	2,8274 (P=0,2180)	0,571
ДП	$N_{зуп}^{ТЗ} = 0,13 \cdot e^{0,202 \cdot N}$	0,98	2,37091 (P=0,3757)	0,06
	$t_{cp} = 49,3 - 0,105 \cdot N + 0,000064 \cdot N$	0,94	2,76416 (P=0,1743)	0,74957
	$L_{max}^{затоп} = 281,174 - 0,598 \cdot N + 0,00036 \cdot N^2$	0,93	2,98212 (P=0,3532)	3,39711
	$L^{затоп} = 53,3 - 0,12 \cdot N + 0,00007 \cdot N^2$	0,94	2,8274 (P=0,2180)	0,571
ППП	$N_{зуп}^{ТЗ} = 0,18 \cdot e^{0,002 \cdot N}$	0,97	2,55008 (P=0,4872)	0,045
	$t_{cp} = 1,2 \cdot e^{0,002 \cdot N}$	0,97	2,68434 (P=0,5745)	0,056
	$L_{max}^{затоп} = 2,0079 \cdot e^{0,0019 \cdot N}$	0,88	2,00113 (P=0,1882)	1,18287
	$L^{затоп} = 53,3 - 0,12 \cdot N + 0,00007 \cdot N^2$	0,94	2,9 (P=0,2280)	0,58
ПП	$N_{зуп}^{ТЗ} = 6,1 - 0,013 \cdot N + 0,00008 \cdot N^2$	0,99	3,16238 (P=0,5507)	0,022
	$t_{cp} = 77,89 - 0,17 \cdot N + 0,0001 \cdot N^2$	0,99	3,55963 (P=0,9331)	0,773
	$L_{max}^{затоп} = 291,35 - 0,66 \cdot N + 0,00042 \cdot N^2$	0,99	2,63448 (P=0,1049)	0,772594
	$L^{затоп} = 75,77 - 0,179 \cdot N + 0,00011 \cdot N^2$	0,99	2,65844 (P=0,1158)	0,378

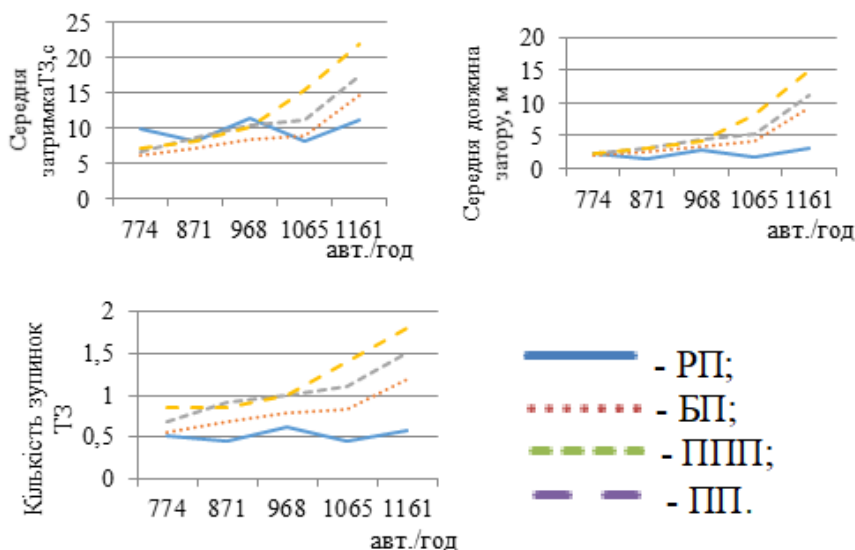


Рисунок 3 - Графіки залежності критеріїв ефективності в залежності від заходу заспокоєння руху при різних значеннях інтенсивності руху

- результат моделювання критерію «середня довжина затору» показав, що при базовій (968 авт./год.) та найбільшій (1161 авт./год.) інтенсивності кращій результат має «світлофорне регулювання» – 2,9 м та 3 м середньої довжини затору на перехресті. Хоча, при найменшій інтенсивності в – 20 % (774 авт./год) – кращій показник має ДП, а саме 2,1 м середньої довжини затору на перехресті.

ВИСНОВКИ

В результаті досліджень доведено, що впровадження світлофорного регулювання на перехресті вул. А Ощепкова - вул. Маршала Рибалка є доцільним методом ОДР, але при цьому не слід виключати застосування ефективних доповнень до обмеження швидкості на елементах ВДМ — засобів ЗДР. Серед можливих для застосування засобів ЗДР нами запропоновано впровадити на перехресті використання саме ДП, який менш ніж всі впливає на затримки руху при проїзді перехрестя та дозволяє зменшити небезпеку та тяжкість травмувань учасників дорожнього руху.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Статистика ДТП в Україні. Патрульна поліція: веб-сайт. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> (дата звернення: 23.02.2023).
2. Лобашов О.О., Прасоленко О.В. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб. Харків, 2011. 221 с.
3. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / Бакуліч О.О. та ін.; за ред. В.П. Поліщука. Київ. 2014 467 с.
4. Для чого потрібні засоби заспокоєння дорожнього руху. Дивись INFO: веб-сайт. URL: <https://dyvys.info/2021/05/13/dlya-chogo-potribni-zasoby-zaspokoyennya-dorozhnoho-ruhu/> (дата звернення: 10.04.2023).
5. ДСТУ 4123:2020. Безпека дорожнього руху. Засоби заспокоєння руху. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 2020-08-06]. ДП «УкрНДНЦ», 2020. 43 с.
6. Любий Є. В., Левченко О. С., Сиромятнікова М. С. Аналіз ефективності використання міні-кільцевих розв'язок. *Луцький національний технічний університет*. 2018. Вип. 61. С. 110 – 117.
7. ДБН В.2.3-4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. [Чинний від 2016-04-01]. Київ, 2015. 104 с.
8. Іванов В. О. Розподілена система імітаційного моделювання дорожнього руху. *Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка*. 2008. № 48. С. 41–45.
9. Traffic Calming Measures. *A Community of Transportation Professionals*: веб-сайт. URL: [Traffic Calming Measures - Institute of Transportation Engineers \(ite.org\)](https://www.trafficcalming.org/) (дата звернення: 20.04.2023)

REFERENCES

1. Statystyka DTP v Ukraini. Patrolna politsiia: veb-sait. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> (data zvernennia: 23.02.2023).
2. Lobashov O.O., Prasolenko O.V. (2011) Praktykum z dystsypliny «Orhanizatsiia dorozhnoho rukhu»: navch. posib. Kharkiv. 221.
3. Orhanizatsiia ta rehulivannia dorozhnoho rukhu: pidruchnyk / Bakulich O.O. ta in.; za red. V.P. Polishchuka. Kyiv. 2014. 467 s.
4. Dlia choho potrebni zasoby zaspokoiennia dorozhnoho rukhu. Dyvys INFO: veb-sait. URL: <https://dyvys.info/2021/05/13/dlya-chogo-potribni-zasoby-zaspokoyennya-dorozhnoho-ruhu/> (data zvernennia: 10.04.2023).
5. DSTU 4123:2020. Bezpeka dorozhnoho rukhu. Zasoby zaspokoiennia rukhu. Zahalni tekhnichni vymohy. [Chynnyi vid 2020-08-06]. DP «UkrNDNTs», 2020. 43 s.
6. Liubyi Ye. V., Levchenko O. S., Syromiatnikova M. S. (2018) Analiz efektyvnosti vykorystannia mini-kiltsevykh rozv'iazok. *Lutskyi natsionalnyi tekhnichniy universytet*, 61, 110 – 117.
7. DBN V.2.3-4:2015. Sporudy transportu. Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo. [Chynnyi vid 2016-04-01]. Kyiv, 2015. 104 s.
8. Ivanov V. O. (2008) Rozpodilena systema imitatsiinoho modelivannia dorozhnoho rukhu. () *Visnyk NTUU «KPI». Informatyka, upravlinnia ta obchyslivalna tekhnika*. № 48., 41–45.
9. Traffic Calming Measures. *A Community of Transportation Professionals*: veb-sait. URL: [Traffic Calming Measures - Institute of Transportation Engineers \(ite.org\)](https://www.trafficcalming.org/) (data zvernennia: 20.04.2023)

Ig. Bugayov, O. Kholodova, M. Buhaiova. Assessment of the efficiency of implementation of traffic calming means at the intersection

The relevance of solving the problem of continuous improvement of the organization of road traffic, which is connected with the continuous growth of the number of cars and the backward development of the street and road network of cities, has been proven. The constant increase in road traffic, and therefore a sharp increase in direct contacts between road users, which in many cases have the character of conflict situations, often turn into traffic accidents. Therefore, the article proposes to consider such a modern means of traffic management as its calming.

The analysis of the existing means of traffic regulation made it possible to identify their main shortcomings and advantages, which, as it turned out, do not solve the problem of the main contradiction of the requirements of traffic organization - ensuring the safety of traffic along with its maximum efficiency.

The article analyzes the application of various schemes of traffic organization at the intersection, where, along with the implementation of traffic light regulation, options for the application of various types of traffic calming agents are considered. As a result of the study, it has once again been proven that traffic light regulation is an effective means of ensuring road traffic safety at the intersection, but at the same time, the possibility of using traffic calming devices, which may be accompanied by additional speed limits when vehicles pass through the intersection, should be taken into account. And although this can lead to increased delays, additional stops and longer traffic jams, it is a means of reducing the number of road accidents and the severity of injuries to road users. The most effective means of calming traffic at an intersection is a road hump.

Key words: means of slowing down traffic, traffic light regulation, intersection, road accident, modeling, criterion.

БУГАЙОВ Ігор Сергійович, старший викладач кафедри транспортних систем і логістики Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, e-mail: igorbugayov1@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-9091-0248>.

ХОЛОДОВА Ольга Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри організації та безпеки дорожнього руху, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: olgakholodova2807@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0002-4217-0548>.

БУГАЙОВА Марина Олександрівна, старший викладач кафедри організації та безпеки дорожнього руху, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: kazmar2383@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-1889-9555>.

Igor BUGAYOV, senior lecturer of Department of Transport Systems and Logistics Kharkiv National University of Urban Economy named after O.M. Beketova e-mail: igorbugayov1@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-9091-0248>

Olga KHOLODOVA, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Assoc. Professor of Department of Traffic Management and Road Safety, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: olgakholodova2807@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0002-4217-0548>.

Maryna BUHAIOVA, senior lecturer of Department of Traffic Management and Road Safety, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: kazmar2383@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-1889-9555>.

DOI 10.36910/automash.v1i20.1036