

УДК 656.051
UDC 656.051

Холодова О.О., Левченко О.С., Наглюк І.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРИВАЛОСТІ ПРОМІЖНОГО ТАКТУ НА БЕЗПЕКУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Статистика дорожньо-транспортних пригод в Україні доводить необхідність приділення уваги заходам, спрямованим поліпшити ситуацію з аварійністю саме на перехресті – найбільш небезпечному елементі вулично-дорожньої мережі, де найбільш розповсюдженим видом пригоди є зіткнення транспортних засобів. Аналіз причин дорожньо-транспортних пригод показав, що порушення правил проїзду перехресть є однією з розповсюджених причин. Причому вирішення питання порушення водіями правила проїзду перехрестя на жовтий сигнал світлофора в останні роки набуло особливої актуальності.

Вивчення досвіду вирішення даної проблеми свідчить про кардинально різні шляхи. Повна заборона жовтого сигналу в світлофорному циклі вимагає в нашій країні значних витрат. Тим більше в деяких країнах ЄС наявність жовтого сигналу є запорукою безпеки дорожнього руху на перехресті.

В статті пропонується навести обґрунтування доцільності використання в структурі циклу світлофорного регулювання одночасної роботи забороняючих сигналів світлофора в обох конфліктуючих напрямках. Статистика дорожньо-транспортних пригод на перехрестях м. Харків, причиною яких було порушення правил проїзду перехрестя на жовтий сигнал світлофора, доводить доцільність застосування саме даного прийому, оскільки після його впровадження спостерігається зменшення кількості та тяжкості наслідків дорожньо-транспортних пригод майже на 70%.

Ключові слова: світлофорний об'єкт, проміжний такт, статистика дорожньо-транспортних пригод, перехрестя, циклограма.

ВСТУП

За даними Департаменту патрульної поліції у 2022 році кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП) в Україні зменшилася одразу на третину, що пов'язано із зниженням інтенсивності дорожнього руху під час війни. Загалом на дорогах України майже на 10% скоротилась кількість загиблих та на 32% кількість травмованих. Водночас зазначається, що через зняті дорожні знаки, відключення світла та появи штучних перешкод на дорогах збільшилась кількість ДТП з тяжкими наслідками [1]. За даними патрульної поліції [2] основними причинами ДТП в Україні в 2022 році є перевищення безпечної та дозволеної швидкості руху - 45% ДТП із загиблими та травмованими, порушення правил маневрування - 20%, порушення правил проїзду перехресть, порушення правил проїзду пішохідних переходів, недотримання безпечної дистанції, управління транспортним засобом (ТЗ) у нетверезому стані. Причому перші три із зазначених причин займають лідируючі позиції протягом останніх 7 років. Для підвищення безпеки руху та зменшення заторів, навіть під час війни, постійно проводять відповідні заходи: відновлюють роботу камер автоматичної фіксації, підтримують контроль за швидкісним режимом, впорядковують блокпости тощо.

І хоча, згідно зі статистикою, кількісний показник ДТП в Україні має тенденцію до зниження, шпальти засобів масової інформації мало не щодня рясніють новинами про ДТП на дорогах, часто з фатальними наслідками, де причиною є порушення правил проїзду перехресть. Недаремно перехрестя вважаються одними з найнебезпечніших елементів вулично-дорожньої мережі (ВДМ). Висока концентрація ТЗ на перетинанні доріг вимагає дотримання усіма учасниками дорожнього руху сигналів засобів регулювання і спеціальних правил роз'їзду, а від спеціалістів в області організації дорожнього руху (ОДР) - ефективних рішень, спрямованих на виключення ймовірності виникнення ДТП саме з цієї причини.

В свою чергу вирішення загальних завдань беззаторового та безпечного проходження ТЗ елементів ВДМ - одна з найважливіших проблем, пов'язаних з експлуатаційними втратами у транспортному русі. Підвищення ефективності роботи світлофорного об'єкта (СО) нерозривно пов'язане з оптимізацією пропускної спроможності всього регульованого вузла ВДМ, що включає раціональне та повне використання роботи СО [3].

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Технічні засоби ОДР служать для регулювання руху транспортних і пішохідних потоків. Регулювання дорожнього руху полягає у підтримці на певному рівні параметрів транспортних та пішохідних потоків, які б забезпечували виконання головних вимог, що висуваються до ОДР - ефективність та безпека.

Впровадження світлофорів підвищує безпеку дорожнього руху, усуваючи найнебезпечніші місця зіткнень. Водночас, встановлення світлофорів на перехрестях спричиняє затримки в русі, а пов'язані з цим втрати аналізуються перед тим, як перевіряти, чи можна використовувати світлофори чи ні. Необхідність запровадження світлофорного регулювання на конкретному перехресті визначається низкою критеріїв, що базуються на транспортних потоках (ТП), що перетинаються, і (або) наявністю на даному перехресті 3-х та більше ДТП за рік. Крім того, світлофорне регулювання може бути запроваджено при великих інтенсивних пішохідних потоків до таких центрів тяжіння як торговельні центри, ринки, стадіони тощо або при перетині дороги школярами в зоні розміщення шкіл.

Режими роботи систем світлофорної сигналізації характеризуються циклами, фазами та тактами. Циклом є проміжок часу, протягом якого відбувається повна зміна послідовних фаз. Фаза – це поєднання основного та проміжного тактів. Такт – це проміжок часу, протягом якого комбінація сигналів, що перемикається, залишається незмінною. Розрізняють основні та проміжні такти. Час, протягом якого горять сигнальні комбінації, що дозволяють або забороняють рух – це основний такт (зелений/червоний сигнал світлофору), а час, протягом якого горять сигнальні комбінації, що передають право на рух наступній групі ТЗ - проміжний такт (жовтий сигнал світлофору). Згідно пункту 8.7.3 правил дорожнього руху (ПДР) [4] жовтий сигнал світлофора забороняє рух і попереджає про наступну зміну сигналів. Варто відзначити, що проміжні такти корисні для безпеки дорожнього руху в перехідний період, коли рух попередньої групи ТЗ вже заборонений, а наступній групі ТЗ ще не дозволено рухатись. Саме тому за об'єкт дослідження нами обрано проміжний такт. На жовтий сигнал, не вдаючись до екстреного гальмування, дозволяється рухатися далі за умови забезпечення безпеки дорожнього руху водіям, які у разі ввімкнення жовтого сигналу або підняття регулювальником руки вгору не можуть зупинити ТЗ у місці, передбаченому пунктом 8.10 ПДР. Але, нажаль, статистика ДТП говорить, що порушення ПДР для водіїв в Україні є нормою.

Про ймовірність скасування жовтого сигналу світлофора в Україні заговорили після масштабної ДТП у квітні 2018 році в Кривому Розі, в якій загинули 9 людей, а 25 були травмовані [5]. У той час багато водіїв в Україні неправильно трактували жовтий сигнал світлофора, що спричинило аварії з людськими жертвами, тому уряд спочатку вирішив розглянути питання можливості його скасування. МВС Національної поліції та Укравтодору було доручено опрацювати питання щодо скасування жовтого сигналу світлофора, посилаючись на досвід багатьох країн, які відмовились від нього [6]. Тоді уряд мав намір лише вивчити питання використання миготливого жовтого сигналу світлофора і вирішити, чи варто від нього відмовлятися.

Жовтий сигнал світлофору відсутній в Румунії, Нідерландах, Франції, Китаї, Індії, Таїланді. Окрім того, що там світлофори мають лише червоне та зелене світло, на них встановлений таймер відліку зміни сигналу. До речі, практика проїзду перехрестя за відсутністю жовтого сигналу та таймеру відліку часу свідчить, що швидко зреагувати на зміну сигналів світлофора найчастіше буває неможливо і це провокує виникнення великої кількості конфліктних ситуацій на перехресті. В Україні таке переобладнання світлофорів потребує значних витрат.

Однак не всі країни готові відмовитись від жовтого сигналу світлофора. Хоча, наприклад, в Англії замість жовтого використовується помаранчевий сигнал, а зелений містить відтінок синього. Ці кольори призначені для людей з вадами зору і несуть ті ж самі функції, що і класичні жовтий та зелений.

Робоча група з безпеки дорожнього руху (WP.1) ЄЕК ООН займається вивченням питання застосування світлофорів у різних країнах ЄС. І в своїх щорічних звітах не згадує про відмову від миготливого жовтого, як способу для запобігання ДТП на перехрестях. Наприклад, у Бельгії, Болгарії, Чехії, Естонії та Угорщині водій повинен зупинитися на жовтий сигнал світлофора за винятком ситуації, коли він перебуває вже надто близько до обмежувальної лінії та раптова зупинка не є безпечним маневром. Є країни (зокрема, Ірландія), де водій може проїхати на миготливий жовтий, але якщо це не буде заважати безпеці дорожнього руху, в іншому випадку йому доведеться поступитися дорогою.

У Німеччині миготливий жовтий сигнал світлофора на перехрестях прирівнюється до червоного, тобто водій обов'язково повинен зупинитися. При перемиканні світлофора з червоного на зелений, тривалість жовтого сигналу становить 1 с. А при перемиканні світлофора з зеленого на червоний, тривалість жовтого сигналу світлофора залежить від максимально дозволеної швидкості. При швидкості руху 50 км/год. тривалість становить 3 с, при 60 км/год. - 4 с, при 70 км/год. - 5 с. За умови раптової зміни із зеленого на червоний сигнал світлофора підвищується ймовірність зіткнення

з ТЗ, який їде попереду. На думку експертів, збільшення тривалості проміжного такту має усунути ймовірність виникнення ДТП на перехресті, саме тому скасування жовтого сигналу світлофора є недоцільним.

Слід також звернути увагу, що для низки європейських експертів, жовтий сигнал світлофора є гарантією безпеки на дорогах. Зокрема, за даними останнього дослідження консалтингових фірм, що спеціалізуються у сфері громадського транспорту у Нідерландах, збільшення тривалості жовтого сигналу світлофора має підвищити безпеку дорожнього руху, оскільки існує така думка, що через надто коротку тривалість жовтого сигналу, чимало водіїв вважають, що встигнуть швидко проїхати перехрестя. Але потім маємо, що водій проїхав на червоний сигнал світлофора. Якщо ж тривалість жовтого сигналу збільшити, це надасть час водіям зреагувати правильно, тобто подумати та зробити безпечний маневр. Дослідження експертів підтверджуються і цифрами: завдяки додатковому часу кількість водіїв, які проїжджають на червоний сигнал, зменшилася на 50 %.

За останній час у м. Харкові відбулась значна кількість ДТП на регульованих перехрестях. Розглянемо найбільш резонансні з них, де причиною ДТП був виїзд на перехрестя на жовтий сигнал світлофора. 18 жовтня 2017 року, близько 20:45 на перехресті м-ну Конституції – вул. Сумської – пров. Мечникова сталася ДТП. Автомобіль Volkswagen під керуванням Геннадія Дронова врізався у позашляховик Lexus RX 350, який, за свідченнями очевидців, рухався на швидкості, що перевищує норму, за кермом якого була 20-ти річна Олена Зайцева. Lexus вилетів на тротуар перед рестораном «Пузата хата» (вул. Сумська, 2) та збив 11 людей: 5 загинули на місці, 6 опинилися у лікарні, одна з постраждалих невдовзі померла у лікарні [7]. Інша ДТП сталася 16 січня 2021 року. Автомобіль Mazda під керуванням 45-ти річного мешканця Харківської області їхав вул. Південнопроектною з боку вул. Південна у напрямку просп. Гагаріна. У цей час в нього в'їхав автомобіль KIA Optima, який рухався на жовтий сигнал світлофора по просп. Гагаріна з боку просп. Льва Ландау. Внаслідок зіткнення автомобіль KIA, яким керував 29-ти річний харків'янин, був відкинутий на острівець безпеки, де в цей час перебувала пішохід. Від травм 50-річна жінка загинула на місці [8]. Але з камер відеонагляду, що розташовані на даному перехресті можна було побачити, що водій автомобіля Mazda почав рух задалегідь до включення зеленого сигналу світлофора. В обох прикладах ДТП автомобілі, що завершували проїзд перехрестя рухались з перевищенням встановленої швидкості руху.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Таким чином, з метою зменшення кількості такого виду ДТП як зіткнення, причинами яких є порушення правил проїзду перехресть, в роботі пропонується навести обґрунтування доцільності використання в структурі циклу світлофорного регулювання одночасної роботи забороняючих сигналів світлофора в обох конфліктуючих напрямках.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Тривалість проміжного такту t_{ni} , с i -ї фази регулювання розраховується за відомою формулою

$$t_{ni} = \frac{V_{ai}}{7,2 \cdot a_T} + \frac{3,6 \cdot (l_i + l_a)}{V_{ai}}, \quad (1)$$

Де V_{ai} - середня швидкість ТЗ на підході до перехрестя і в зоні перехрестя без гальмування, км/год.; a_T - середнє уповільнення автомобілів, м/с²; l_a – довжина ТЗ, що найбільш частіше зустрічаються у потоці, м (приймаємо рівною 5 м – середня довжина легкового автомобіля); l_i - відстань від стоп-лінії до самої дальньої конфліктної крапки (ДКТ) в i -й фазі, м [3].

Тривалість проміжного такту повинна бути такою, щоб автомобіль, що наближається до перехрестя на дозвіл сигналу світлофора зі швидкістю вільного ТП, і правомірно в'їжджає на перехрестя при включенні забороняючого жовтого сигналу, встигав звільнити перехрестя (минати конфліктні точки перетину наступної фази). Мова в даному випадку йде про той ТЗ, водій якого не мав технічної можливості зупинитися в місці, регламентованому ПДР, не вдаючись при цьому до екстреного гальмування. Цим місцем може бути або «стоп-лінія», або найближча межа проїжджої частини, що перетинається, або найближча межа пішохідного переходу.

Тривалість часу руху ТЗ від «стоп-лінії» до найбільш віддаленої конфліктної точки залежить від конфігурації перехрестя, наявності елементів, що примушують знижувати швидкість (наприклад, трамвайні рейки), сторони перехрестя, з якого починає рух конфліктуючий напрямок, дальності

віднесення «стоп-лінії» даного та конфліктуючого напрямів щодо краю проїжджої частини, що перетинається, наявності ухилів тощо.

У загальному випадку тривалість часу руху ТЗ від «стоп-лінії» до найбільш віддаленої конфліктної точки складається з самостійних відрізків часу, що витрачаються ТЗ при русі, наприклад, від «стоп-лінії» до трамвайних колій, перетин трамвайних колій на зниженій швидкості, зниження швидкості при виконанні на перехресті повороту на дорогу, що перетинається, набір швидкості при русі до ДКТ.

Разом з тим, у разі приведення до рівного значення проміжного такту та тривалості часу з моменту включення забороняючого жовтого сигналу світлофора для напрямку, що завершує проїзд перехрестя, та досягнення останнім, що має право в'їзду на перехрестя ТЗ, найбільш віддаленої конфліктної точки, отримана таким чином тривалість проміжного такту буде надмірно велика, з точки зору безпеки дорожнього руху. Пояснюється це тим, що червоний з жовтим забороняючі сигнали світлофора для напрямку, що починає рух, забороняє його до моменту включення зеленого сигналу. Відповідно, до зазначеного моменту потік ТЗ, що завершують проїзд перехрестя, вже подолає конфліктну точку. В результаті в ТП з'являється зайвий «запас міцності» з безпеки руху, і між ТЗ, що завершують проїзд перехрестя та починають рух, відбувається «розрив».

Тривалість проміжного такту буде тим меншою, чим далі від ДКТ розташовуватиметься ТП, який починає рух у наступній фазі. При розрахунку проміжного такту необхідно враховувати той факт, що в період проміжного такту закінчують рух і пішоходи, які раніше переходили проїжджу частину на сигнал світлофора. За цей час пішохід повинен або повернутися на тротуар, звідки він почав рух, або дійти до середини проїжджої частини (острівка безпеки, розділової смуги, лінії, що розділяє потоки зустрічних напрямків) [9].

Зазвичай новий такт позначається жовтим сигналом в напрямку, в якому раніше рухався ТП (під час основного такту). Враховуючи, що в період дії проміжного такту можливий рух ТЗ, водії яких, знаходячись близько до стоп-лінії, не змогли своєчасно зупинитися у момент його ввімкнення, тривалість жовтого сигналу не повинна становити менше 3 с. З міркувань безпеки руху (щоб водії не зловживали правом проїзду на жовтий сигнал) його тривалість не потрібно збільшувати понад 3 с. З цього можливо зробити висновок, що тривалість дії жовтого сигналу в усіх випадках повинна становити не менше 3 с.

Разом з тим, зустрічається випадок коли ТЗ, що проїхав стоп-лінію в момент виключення дозвільного сигналу необхідно для звільнення зони перехрестя більше ніж 3 с. Це пов'язано з широкою проїзною частиною в зоні перехрестя або низькою швидкістю ТЗ. У таких випадках після основного такту, зазвичай, вмикається послідовно два або більше проміжних: після закінчення 3 с на одному напрямі жовтий сигнал змінюється на червоний. У поперечному (конфліктуючому) продовжує діяти червоний сигнал, який змінюється на червоний з жовтим безпосередньо перед ввімкненням зеленого сигналу (наприклад, 1-2 с.) Таким чином на перехресті протягом визначеного часу може за всіма напрямками діяти червоний сигнал, що сприяє підвищенню безпеки руху.

Проміжні такти, що утворені описаними вище методами, отримали назву перехідних інтервалів. Для зменшення транспортних затримок тривалість перехідного інтервалу не повинна перевищувати 8 с. Якщо значення перехідного інтервалу високі, слід розглянути можливість розміщення проміжних стоп-ліній [10]. Наведемо приклади застосування таких заходів на аварійних перехрестях м. Харків.

По перше, це перехрестя м-н Конституції – вул. Сумська – пров. Мечникова. Наведемо пофазний роз'їзд та циклограму роботи СО у час скоєння ДТП (див. рис. 1). На даному СО цикл регулювання складається з трьох фаз. Тривалість циклу складає 65 с. Циклограма роботи СО наведена на рис. 2.

Розрахуємо значення проміжного такту для цього перехрестя за формулою (1)

$$t_n = \frac{40}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (60 + 5)}{40} = 7,24.$$

Після перерахунку тривалість проміжного такту між першою та другою фазою збільшуємо з 3 до 8 с. Час циклу світлофорного регулювання буде складати 70 с. Нова циклограма роботи СО на перехресті м-н Конституції – вул. Сумська – пров. Мечникова представлена на рис. 3.

Розглянемо друге перехрестя - просп. Гагаріна – вул. Південнопроектна. Наведемо пофазний роз’їзд та циклограму роботи СО під час скоєння ДТП. На даному СО цикл регулювання складається з трьох фаз. Тривалість циклу складає 87 с.

Циклограма роботи СО представлена на рис. 4, а схема пофазного роз’їзду на перехресті просп. Гагаріна – вул. Південнопроектна на рис. 5.

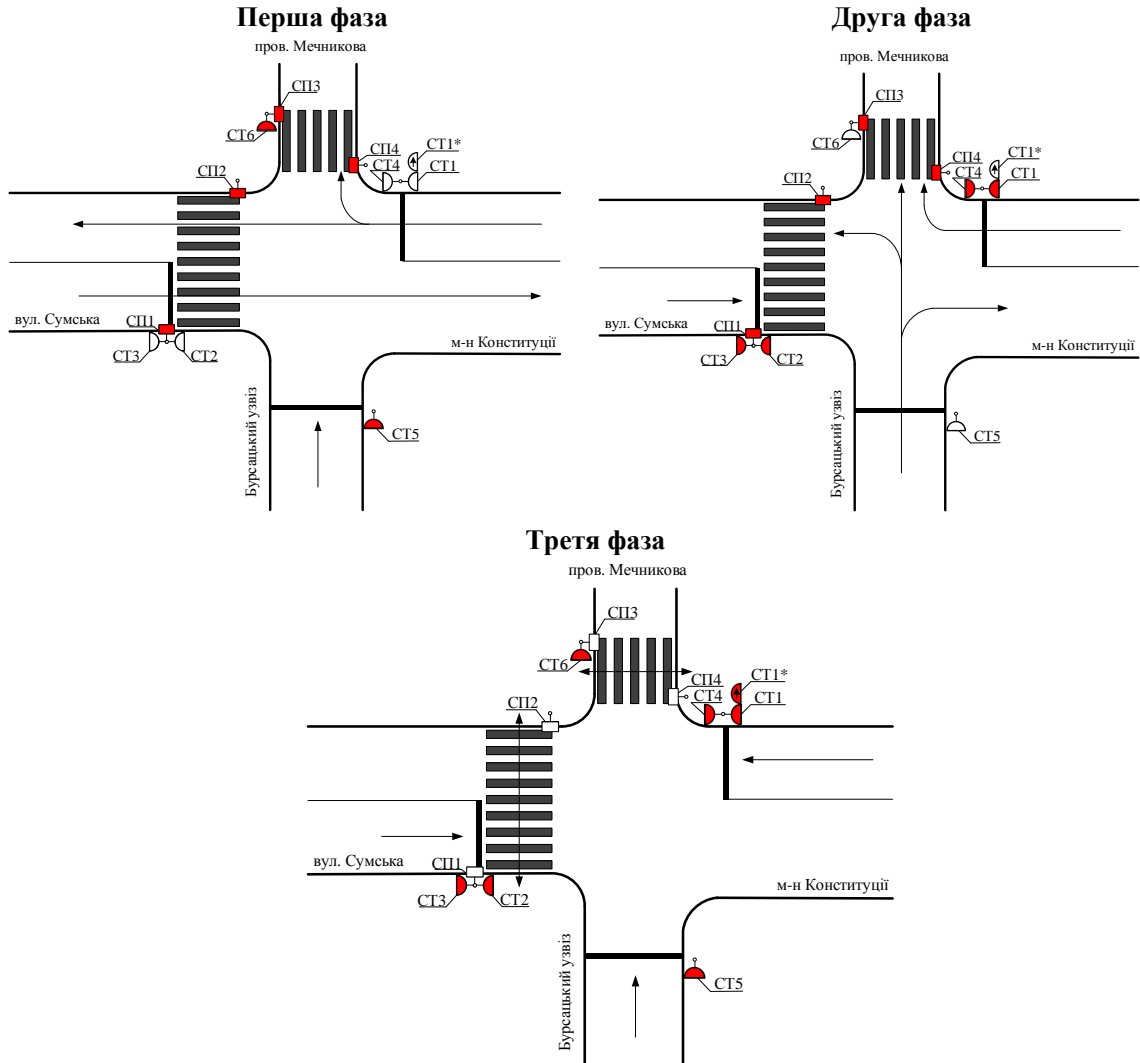


Рисунок 1 – Схема пофазного роз’їзду на перехресті м-н Конституції – вул. Сумська – пров. Мечникова

Позначення світлофору	Тривалість циклу, с	
СТ1, СТ2 СТ3, СТ4	21	37
СТ5, СТ6	26	24
СТ1*	35	
СП1, СП2 СП3, СП4	41	18

Умовні позначення:

- червоний сигнал;
- зелений сигнал;
- жовтий сигнал;
- зелений миготливий сигнал;
- червоний з жовтим сигналом.

Рисунок 2 – Циклограма роботи СО на перехресті м-н Конституції – вул. Сумська – пров. Мечникова



Умовні позначення:

- червоний сигнал;
- зелений сигнал;
- жовтий сигнал;
- зелений миготливий сигнал;
- червоний з жовтим сигналом.

Рисунок 3 – Запропонована циклограма роботи СО на перехресті м-н Конституції – вул. Сумська – пров. Мечникова



Умовні позначення:

- червоний сигнал;
- зелений сигнал;
- жовтий сигнал;
- зелений миготливий сигнал;
- червоний з жовтим сигналом.

Рисунок 4 – Циклограма роботи СО просп. Гагаріна – вул. Південнопроектна

Проведемо розрахунок значень проміжного такту для цього перехрестя за формулою (1)

$$t_n = \frac{40}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (45 + 5)}{40} = 5,89.$$

Після перерахунку тривалість проміжного такту між кожною фазою збільшуємо з 3 до 6 с. Час циклу світлофорного регулювання буде складати 93 с. Нова циклограма роботи СО на перехресті просп. Гагаріна – вул. Південнопроектна представлена на рис. 6.

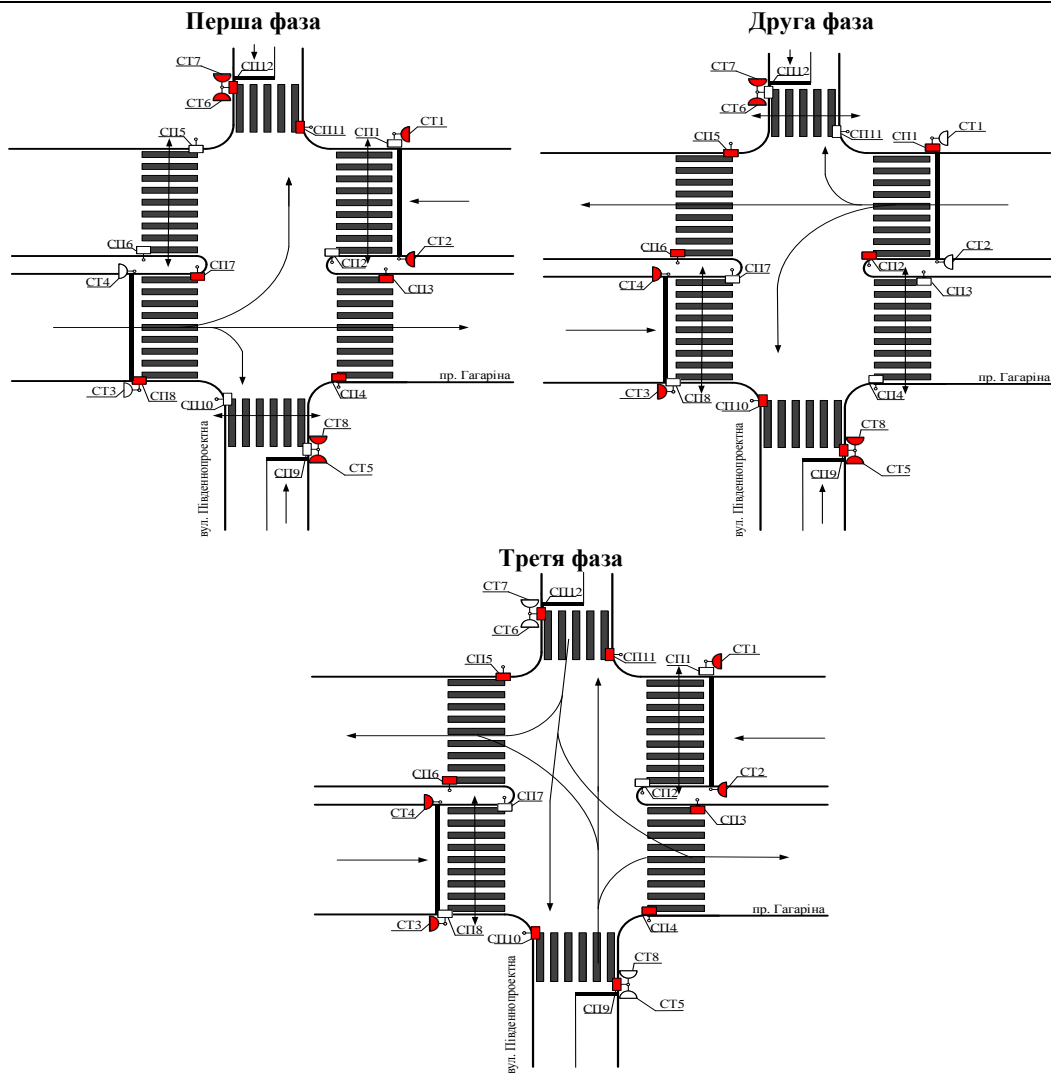


Рисунок 5 – Схема пофазного роз’їзду на перехресті просп. Гагаріна – вул. Південнопроектна

Позначення світлофору	Тривалість циклу, с	
СТ1, СТ2	30	25
СТ3, СТ4	22	64
СТ5, СТ6 СТ7, СТ8	64	22
СП5, СП6 СП9, СП10	22	68
СП3, СП4 СП11, СП12	31	25
СП1, СП2	22	40
СП7, СП8	31	56

Умовні позначення:

- червоний сигнал;
- зелений сигнал;
- жовтий сигнал;
- зелений миготливий сигнал;
- червоний з жовтим сигналом.

Рисунок 6 – Запропонована циклограма роботи СО на перехресті просп. Гагаріна – вул. Південнопроектна

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Найбільш раціональним прийнято вважати тривалість проміжного такту 3-5 с. Пояснюється це достатністю 3 с для психологічної оцінки ситуації та прийняття рішення про завершення проїзду перехрестя або вжиття заходів до зупинки, а також психологічно достатніх 2 с на включення сигналу «червоний з жовтим» для підготовки водіїв до зміни забороняючого сигналу на дозвіл, дають у сумі 5 с. При необхідності більш тривалий період заборони руху може бути організований лише за рахунок одночасної заборони руху в обох конфліктуючих напрямках, тобто включення загального забороняючого червоного сигналу [11].

Аналіз статистичних даних, отриманих в Департаменті патрульної поліції управління патрульної поліції в Харківській області, свідчить про доцільність застосування даного прийому (див. табл. 1). З таблиці 1 можна побачити, що після впровадження відповідних заходів, кількість ДТП поступово скоротилась на 67%, а ДТП з загиблими та травмованими 5 років поспіль не фіксувались. Результати аналізу даних про ДТП на перехресті просп. Гагаріна – вул. Південнопроектна свідчать так само. Слід лише зауважити, що дані про загиблих в 2021 році, стосуються періоду, коли ще не було впроваджено одночасну заборону руху в обох конфліктуючих напрямках. Нажаль, війна в Україні поки що не дає можливості однозначно підтвердити ефективність даного заходу через зменшення інтенсивності руху ТП на ВДМ м. Харків в 2022 році.

Таблиця 1 – Дані про ДТП по роках на перехресті м-н Конституції – вул. Сумська – пров. Мечникова

Рік	Кількість ДТП	Кількість загиблих, чол.	Кількість, що отримали легкі тілесні ушкодження, чол.	Кількість, що отримали ушкодження середньої тяжкості, чол.	Кількість, що отримали тяжкі тілесні ушкодження, чол.
2017	6	5	3	-	6
2018	5	-	-	-	-
2019	5	-	-	-	-
2020	2	-	-	-	-
2021	2	-	-	-	-
2022	-	-	-	-	-

Таблиця 2 – Дані про ДТП по роках на перехресті просп. Гагаріна – вул. Південнопроектна

Рік	Кількість ДТП	Кількість загиблих, чол.	Кількість, що отримали легкі тілесні ушкодження, чол.	Кількість, що отримали ушкодження середньої тяжкості, чол.	Кількість, що отримали тяжкі тілесні ушкодження, чол.
2017	-	-	-	-	-
2018	2	-	-	-	-
2019	3	-	3	-	-
2020	-	-	-	-	-
2021	3	2	-	-	-
2022	-	-	-	-	-

ВИСНОВКИ

В результаті дослідження вдалось з'ясувати, що для безпечного перетинання перехрестя слід брати до уваги не тільки психофізіологічні особливості водіїв, але і геометричні параметри перехрестя, а також не зменшувати тривалість проміжного такту до 3-5 с, а проектувати графіки роботи СО на перехрестях таким чином, щоб ТЗ уникали зіткнення за рахунок одночасної заборони руху в обох конфліктуючих напрямках. Застосування таких інтервалів в світлофорному циклі дозволяє досягати зниження аварійності майже на 70%.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. В Україні під час війни різко зменшилася аварійність на дорогах: основні причини ДТП. Фокус: веб-сайт. URL: <https://focus.ua/uk/auto/519811-v-ukraine-vo-vremya-voyny-rezko-snizilas-avarynost-na-dorogah-osnovnye-prichiny-dtp> (дата звернення: 22.02.2023).

2. Статистика ДТП в Україні. Патрульна поліція: веб-сайт. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> (дата звернення: 23.02.2023).

3. Кучвара І.М. Автоматизована система управління на транспорті : конспект лекцій. Тернопіль: ТНТУ, 2018. 85 с.
4. Правила дорожнього руху 2023. *Дорожні знаки. Штрафи. Законодавство*: веб-сайт. URL: <https://vodiy.ua/pdr/> (дата звернення: 24.02.2023).
5. ДТП у Кривому Розі: кількість загиблих зростає. *Слово і діло. Аналітичний портал*: веб-сайт. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2018/04/25/novyna/suspilstvo/dtp-kryvomu-rozi-kilkist-zahyblykh-zroslo> (дата звернення: 25.02.2023).
6. В Україні хочуть відмінити жовтий сигнал світлофора: як це вплине на безпеку дорожнього руху? *Охорона праці і пожежна безпека*: веб-сайт. URL: <https://oppb.com.ua/news/v-ukrayini-hochut-vidminyty-zhovtyy-sygnal-svitlofora-yak-ce-vplyne-na-bezpeku-dorozhnogo-ruhu> (дата звернення: 24.02.2023).
7. Кровавое ДТП в Харькове: Зайцева и Дронов получили по 10 лет. *BBC News Україна*: веб-сайт. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-russian-47376187> (дата звернення: 26.02.2023).
8. В Харькове в результате столкновения двух авто погибла пешеход, стоявшая на островке безопасности. *Весь Харьков*: веб-сайт. URL: <https://allkharkov.ua/news/crime/smertelnoe-dtp-na-ostrovke-bezopasnosti-novye-podrobnosti.html> (дата звернення: 26.02.2023).
9. Організація та безпека дорожнього руху: Підручник / Бакуліч О.О. та ін.; за заг. ред. В. П. Поліщука. Київ, 2016. 467 с.
10. Томашевський В.М., Печенежський Д.С. Концептуальні основи імітаційного моделювання автомобільного дорожнього руху. "Автоматика-98": праці П'ятої Української конференції з автоматичного управління. Київ: НТТУ "КПІ", 1998. С. 317 – 323.
11. Степанчук О. В. Методологія підвищення ефективності функціонування вулично-дорожньої мережі міст : дис... д-ра техн. наук: 05.23.20 / Київськ. нац. ун-т буд-ва і арх-ри. Київ, 2018. 444 с.

REFERENCES

1. V Ukraini pid chas viiny rizko zmenshyasia avariinist na dorohakh: osnovni prychny DTP. Fokus: veb-sait. URL: <https://fokus.ua/uk/auto/519811-v-ukraine-vo-vremya-voyny-rezko-snizilas-avarynost-na-dorogah-osnovnye-prichyny-dtp> (data zvernennia: 22.02.2023).
2. Statystyka DTP v Ukraini. Patrolna politsiia: veb-sait. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> (data zvernennia: 23.02.2023).
3. Kuchvara I.M. (2018). Avtomatyzovana systema upravlinnia na transporti: konspekt lektsii. Ternopil: TNTU, 85.
4. Pravya dorozhnogo rukhu 2023. Dorozhni znaky. Shtrafy. Zakonodavstvo: veb-sait. URL: <https://vodiy.ua/pdr/> (data zvernennia: 24.02.2023).
5. DTP u Kryvomu Rozi: kil'kist zahyblykh zroslo. Slovo i dilo. Analitychnyi portal: veb-sait. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2018/04/25/novyna/suspilstvo/dtp-kryvomu-rozi-kilkist-zahyblykh-zroslo> (data zvernennia: 25.02.2023).
6. V Ukraini khochut vidminyty zhovtyi syhnal svitlofora: yak tse vplyne na bezpeku dorozhnogo rukhu? Okhorona pratsi i pozhezhna bezpeka: veb-sait. URL: <https://oppb.com.ua/news/v-ukrayini-hochut-vidminyty-zhovtyy-sygnal-svitlofora-yak-ce-vplyne-na-bezpeku-dorozhnogo-ruhu> (data zvernennia: 24.02.2023).
7. Krovavoe DTP v Kharkove: Zaitseva y Dronov poluchyly po 10 let. BBC News Ukraina: veb-sait. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-russian-47376187> (data zvernennia: 26.02.2023).
8. V Kharkove v rezultate stolknoveniia dvukh avto pohyblya peshekhod, stoiavshaia na ostrovke bezopasnosti. Ves Kharkov: veb-sait. URL: <https://allkharkov.ua/news/crime/smertelnoe-dtp-na-ostrovke-bezopasnosti-novye-podrobnosti.html> (data zvernennia: 26.02.2023).
9. Polishchuk V. P. (Eds). (2016). Orhanizatsiia ta bezpeka dorozhnogo rukhu. Kyiv, 467.
10. Tomashevskiy V.M. & Pechenezhskiy D.S. (1998). Kontseptualni osnovy imitatsiinoho modeliuvannia avtomobilnogo dorozhnogo rukhu. "Avtomatyka-98": pratsi Piatoi Ukrainiskoi konferentsii z avtomatichnogo upravlinnia. Kyiv: NTU "KPI", 317 – 323.
11. Stepanchuk O. V. (2018). Metodolohiia pidvyshchennia efektyvnosti funktsionuvannia vulychno-dorozhnoi merezhi mist: dys... d-ra tekhn. nauk: 05.23.20 / Kyivsk. nats. un-t bud-va i arkh-ry. Kyiv, 444.

O. Kholodova, O. Levchenko, I. Nahliuk. Study of the influence of the duration of the intermediate cycle on road safety

Traffic accident statistics in Ukraine prove the need to pay attention to measures aimed at improving the accident situation precisely at the intersection - the most dangerous element of the street-road network, where the most common type of accident is the collision of vehicles. The analysis of the causes of traffic accidents showed that violation of the rules of crossing the intersection is one of the common causes. Moreover, in recent years, solving the issue of drivers violating the rules of passing through an intersection at a yellow traffic light has become particularly relevant.

Studying the experience of solving this problem shows radically different ways. The complete prohibition of the yellow signal in the traffic light cycle requires significant costs in our country. Moreover, in some EU countries, the presence of a yellow signal is a guarantee of traffic safety at the intersection.

The article proposes to justify the feasibility of using in the structure of the cycle of traffic light regulation the simultaneous operation of prohibiting traffic signals in both conflicting directions. The statistics of traffic accidents at intersections in Kharkiv, the cause of which was a violation of the rules for passing through the intersection at a yellow traffic light, prove the feasibility of using this method, since after its implementation, the number and severity of the consequences of traffic accidents is reduced by almost 70%.

Key words: traffic light object, intermediate beat, traffic accident statistics, intersection, cyclorama.

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>.

ЛЕВЧЕНКО Олена Сергіївна, старший викладач кафедри організації і безпеки дорожнього руху, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: levchenkoelena77@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-0507-2965>.

НАГЛЮК Іван Сергійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри організації і безпеки дорожнього руху, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: isnagluk@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0001-9411-4479>.

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>.

Olena LEVCHENKO, senior lecturer of Department of Traffic Management and Road Safety, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: levchenkoelena77@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-0507-2965>.

Ivan NAHLIUK, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Traffic Management and Road Safety, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: isnagluk@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0001-9411-4479>.

DOI 10.36910/automash.v1i20.1057