

ОСОБЛИВОСТІ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ МАРШРУТНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

Трушевський В.Е., кандидат технічних наук, Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, aspirerzp@gmail.com, orcid.org/ 0000-0002-5966-259X

Райда І.М., Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, raydaim.base@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3925-4692

FEATURES OF DESIGNING TRAFFIC LIGHTS FOR PUBLIC TRANSPORT

Trushevskiy Vjacheslav, Ph. D., National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia, Ukraine, aspirerzp@gmail.com, orcid.org/ 0000-0002-5966-259X

Raida I.M., National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia, Ukraine, raydaim.base@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3925-4692

Постановка проблеми.

На сучасному етапі розвитку урбаністики маршрутному транспорту загального користування разом із транспортними засобами індивідуальної мобільності відводиться ключова роль у вирішенні проблеми перевантаження вулично-дорожньої мережі автомобільним транспортом [1, 2]. Рух маршрутних транспортних засобів виконується територією населеного пункту, в тому числі й центральною його частиною, яка для великих міст характеризується високою щільністю світлофорних об'єктів, великою кількістю перехресть та пішохідних переходів. При цьому маршрутні транспортні засоби мають значні габаритні розміри та меншу маневреність, що додатково ускладнює їх рух вулично-дорожньою мережею.

У сукупності зазначені вище особливості призводять до серйозних економічних втрат при нестабільному режимі руху транспортного потоку, якому притаманні часті розгони, гальмування та зупинки транспорту. Причинами цього виступають порівняно висока вартість експлуатації маршрутних транспортних засобів загального користування та значна загальна вартість втраченого часу пасажирів при здійсненні поїздки, що одночасно знаходяться в транспортному засобі. В таких умовах доцільним є широке застосування оперативних заходів організації дорожнього руху, спрямованих на забезпечення пріоритету для пропуску маршрутних транспортних засобів загального користування з метою якнайбільшої мінімізації зазначених вище показників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Забезпеченню пріоритетності руху маршрутних транспортних засобів загального користування приділяється велика увага у багатьох літературних джерелах [3-5]. В роботі [6] пропонується певний алгоритм забезпечення просторово-часового пріоритету на регульованих перехрестях для маршрутних транспортних засобів на прикладі автобусів.

Весь набір оперативних заходів організації дорожнього руху на регульованих перехрестях, спрямованих на збільшення ефективності експлуатації маршрутних транспортних засобів громадського користування, прийнято поділяти на дві групи: заходи із активного забезпечення пріоритету та пасивного забезпечення пріоритету [7]. До пасивних заходів відносять виділення фази світлофорного регулювання у жорсткій програмі для пропуску маршрутних транспортних засобів, введення смуг руху для громадського транспорту, застосування так званих «шлюзів» для забезпечення першочергового виїзду маршрутних транспортних засобів до стоп-ліній регульованих перехресть, призначення головної дороги в напрямі руху маршрутного транспорту [8]

Активний пріоритет вимагає наявності в зоні перехрестя та на під'їздах до нього чутливих елементів – детекторів, що реагують на наближення маршрутного транспорту загального користування та, отримавши такий сигнал, передають його до дорожнього контролера. Дорожній контролер на основі отриманого сигналу проводить локальну корекцію параметрів та режиму світлофорного регулювання, забезпечуючи збільшення тривалості дозволяючого сигналу за напрямками регулювання, до яких входить траєкторія руху маршрутного транспортного засобу.

Застосування такої технології обмежується близькістю зупинок маршрутних транспортних засобів до стоп-ліній перехресть, обладнаних системою активного пріоритету. В таких випадках через нестачу часу автоматика не встигає викликати саме ту фазу регулювання, що є сприятливою для руху маршрутного транспортного засобу.

Також актуальною є проблема визначення подальшого напрямку руху маршрутного транспортного засобу, що наближається до перехрестя, де діє система світлофорного регулювання з активним пріоритетом для транспортних засобів громадського користування.

У випадку, якщо маршрути транспортних засобів на самому перехресті розділюються за подальшими напрямками руху, то для визначення найбільш сприятливої фази регулювання необхідна додаткова інформація щодо напрямку подальшого руху маршрутного транспортного засобу. Для розв'язання цієї проблеми застосовується маркування транспортних засобів загального користування, яке дозволяє додатковим відеодетекторам встановити маршрут їх подальшого руху [9], або підключення системи пріоритетного пропуску до даних GPS-трекінгу, аби створити можливість визначити який саме транспортний засіб проїздить наразі повз детектор і до якого маршруту руху він належить [10].

Якщо йдеться про тролейбуси або трамваї, то у джерелах [11, 12] запропоновано оригінальні датчики, які дозволяють визначити напрям подальшого руху тролейбуса чи трамвая. Принцип їх дії базується на використанні електричних сигналів, що супроводжують переведення розхідних стрілок тролейбусів чи трамваїв за умови автоматизації цього процесу.

В описаних вище випадках, коли напрями подальшого руху маршрутних транспортних засобів, що підійшли до перехрестя з одного під'їзду, є різними та на цьому перехресті діє система активного пріоритетного пропуску, набуває важливості рівень інформаційного забезпечення водіїв маршрутних транспортних засобів. Додаткова інформація про дозволені в даний час напрями руху і застосування по них пріоритету із забезпеченням повної відсутності конфліктів з іншими транспортними засобами та пішоходами могла б значно спростити роботу водія та підвищити загальну безпеку руху маршрутного транспортного засобу.

Формування цілей статті.

Основною метою дослідження є запропонування усунення описаних вище недоліків й підвищення якості надання активного пріоритету руху маршрутному пасажирському транспорту на регульованих перехрестях шляхом використання транспортних світлофорів типу 5.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Згідно з [13] транспортні світлофори типу 5 застосовуються для регулювання безконфліктним рухом маршрутних тролейбусів та автобусів за наявності спеціальної виділеної смуги для їхнього руху, а також для регулювання безконфліктного руху трамваїв. Основна умова використання – безконфліктність. Розглянемо декілька практичних прикладів використання транспортного світлофору типу 5.1 з метою поліпшення умов руху маршрутних транспортних засобів та підвищення його безпеки.

На перехресті вулиць Жаботинського та Яценка м. Запоріжжя застосовується транспортні світлофори типу 1.6 та 1.9 (рис. 1). На під'їзді по вулиці Яценка від вулиці Козачої рух нереєкових транспортних засобів дозволяється лише праворуч, оскільки на цьому перехресті для уникнення небезпечних конфліктних точок лівоповоротних траєкторій нереєкових транспортних засобів з прямими траєкторіями руху трамваїв реалізовано віднесений лівий поворот. Окрім нереєкових транспортних засобів, по вулиці Яценка від вулиці Козачої по окремому полотну до перехрестям під'їжджають також і трамваї. Для проїзду перехрестям трамваї та нереєкові транспортні засоби керуються одним і тим самим світлофором типу 1.6. Основний світлофор при цьому розташований перед перехрестям праворуч від проїзної частини, на щоглі освітлення, а дублюючі світлофори розташовані за перехрестям. Таким чином, основний сигнал зеленого кольору світлофора 1.6 (напрямок 7) дозволяє рух прямо лише для трамвая.

Таке розташування транспортного світлофору типу 1.6 є незручним для водія трамвая, оскільки йому потрібно спрямувати свій погляд вбік через чотири смуги руху. Водіїв нереєкових транспортних засобів дозволяючий сигнал основної секції з контурною стрілкою прямо взагалі вводить в оману про дозволені напрями руху, незважаючи на наявність перед перехрестям дорожнього знаку 5.16 «напрямок руху смугами», що вказує дозволений напрям лише праворуч.

Відповідно до [13], використання на цьому під'їзді окремого світлофору для регулювання руху трамваїв по трамвайних коліях, що прокладені на окремому полотні, не є обов'язковим. Таке застосування є обов'язковим лише для відокремлених проїзних частин одного під'їзду, а не для трамвайних колій. Потрібно змінити редакцію національного стандарту таким чином, аби для вулиць і доріг, що мають відокремлені трамвайні колії, застосування окремих світлофорів, розташованих в межах цих трамвайних колій, для регулювання руху трамваїв через регульовані перехрестя було б обов'язковим. В такому випадку необхідно також зазначити в тексті національного стандарту, що, по можливості, в таких випадках повинні використовуватися саме світлофори типу 5.1, а не транспортні світлофори типу 1.3, 1.6 та 1.9.

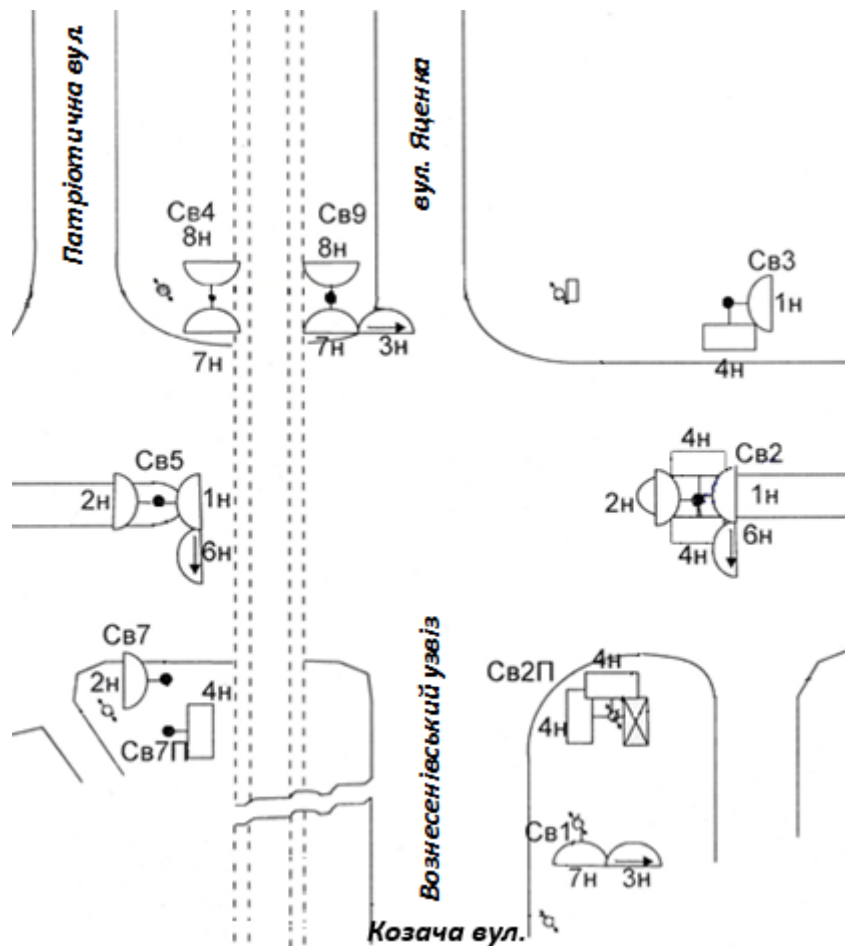


Рисунок 1 – Схема розташування засобів регулювання на перехресті вулиць Перемоги та Яценка
 Figure 1 – Scheme of the traffic lights location at the intersection of Peremohy and Yatsenko streets

Також необхідно зробити обов'язковим застосуванням лише транспортних світлофорів типу 5.1 у випадках, коли, відповідно до режиму світлофорного регулювання, тривалості мінімальних часових проміжків у фазах регулювання, до яких включені траєкторії руху трамваїв та нерейкових транспортних засобів з цього ж під'їзду, є різними. В такому випадку при необов'язковості застосування світлофору типу 5.1 буде існувати можливість застосування світлофорів типів 1.3, 1.6 та 1.9 для регулювання руху трамваїв.

У такій ситуації водіями нерейкових транспортних засобів світлофор для регулювання руху трамваїв, що рухаються по окремому полотну, може бути сприйнятий як дублюючий світлофор, розташований ліворуч від проїзної частини для основного світлофора, який призначено для регулювання руху нерейкових транспортних засобів. Особливо ця небезпека помилкового сприйняття світлофора для регулювання руху трамваїв, як дублюючого, буде проявлятися в темну пору доби та в умовах недостатньої видимості, коли орієнтування водіїв ускладнено. Саме така ситуація склалася в м. Запоріжжі на перехресті вулиць Іванова та Безіменної під час руху вулицею Іванова в напрямі від вулиці Карпенка-Карого (рис. 2).

За початковим варіантом режим роботи світлофора напряму регулювання 6 відрізнявся від режиму роботи основного та дублюючого світлофорів за напрямом регулювання 3. В умовах відсутності денного освітлення складалася ситуація, коли водії, що рухалися крайньою лівою смугою по вулиці Іванова сприймали основний світлофор, призначений для регулювання руху трамваїв за напрямом регулювання 6 за дублюючий напряму регулювання 3, ніби то розташований за перехрестям. Для уникнення ризиків було проведено синхронізацію режимів роботи світлофорів за напрямками регулювання номер 3 і 6, що, хоча і трохи збільшило затримки трамваїв, проте значно підвищило рівень безпеки руху для нерейкового транспорту та пішоходів, що переходять проїзну частину за напрямом регулювання 8.

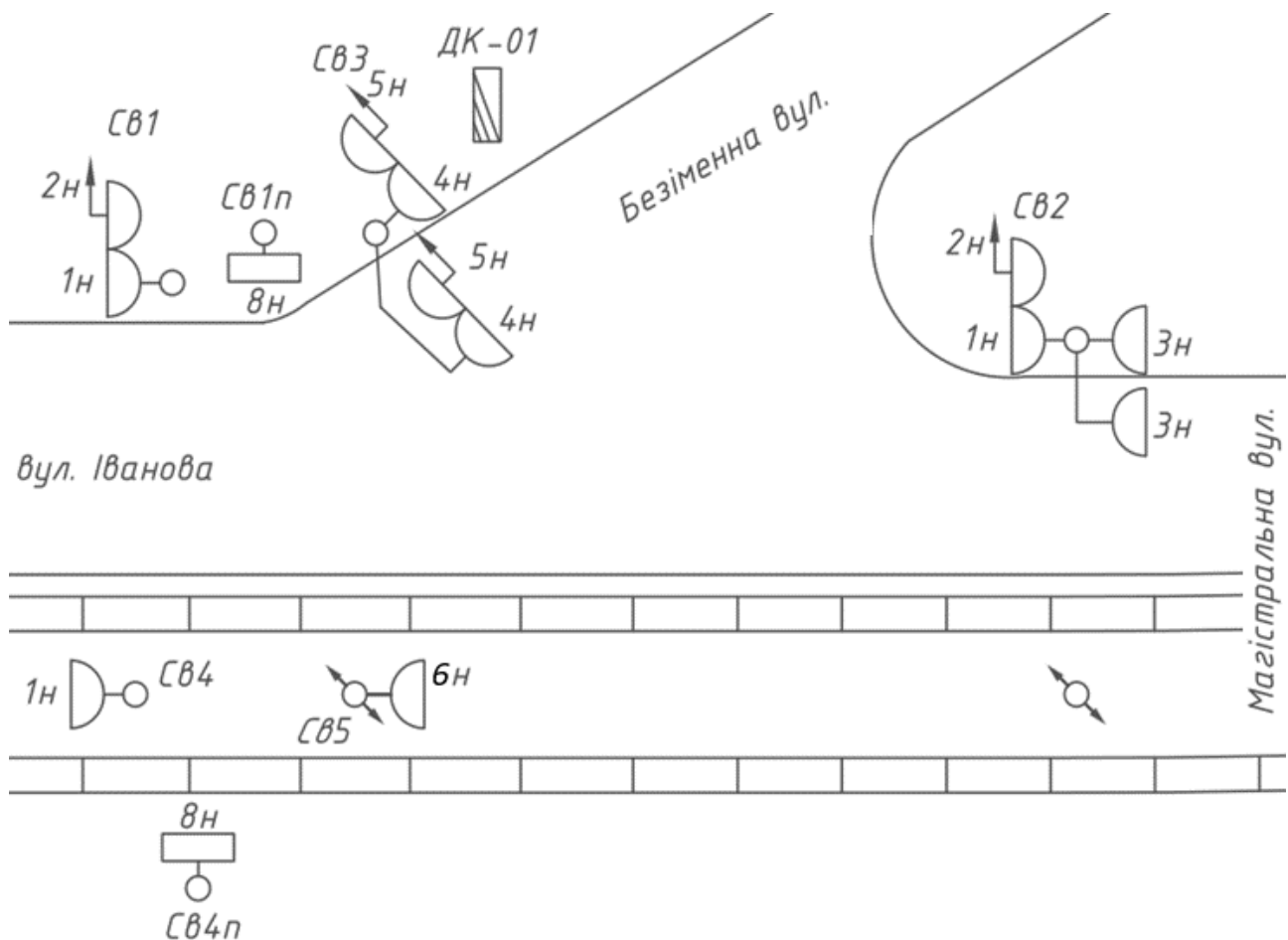


Рисунок 2 – Схема розташування засобів регулювання на перехресті вулиць Іванова та Безіменної
 Figure 2 – Scheme of the traffic lights location at the intersection of Ivanova and Bezymennaya streets

Відповідно до [13], застосування зеленого миготливого сигналу перед завершенням зеленого сигналу є обов'язковим. Зелений миготливий сигнал працює протягом трьох секунд та інформує водіїв про те, що рух транспортних засобів за даним напрямом дозволяється, проте час дії дозволяючого сигналу спливає, і незабаром буде увімкнено сигнал, що забороняє рух. У світлофорах типу 5.1, призначених для регулювання руху маршрутних транспортних засобів за траєкторіями, які є безконфліктними, тим самим стандартом передбачається миготіння нижнього сигналу під час завершення інтервалу, призначеного для руху маршрутних транспортних засобів в певному напрямку. Однак, у випадку, якщо світлофором типу 5.1 регулюється рух маршрутних транспортних засобів загального користування в кількох напрямках руху, миготіння нижнього сигналу набуває неоднозначного сенсу. Якщо є декілька подальших напрямків руху маршрутних транспортних засобів, то водіям цих транспортних засобів буде незрозуміло, для якого з напрямків подальшого руху миготіння нижнього сигналу показує завершення дозволяючого сигналу.

Це призводить до неповного використання часу дозволяючого сигналу, бо, як правило водії в таких випадках у разі увімкнення миготливого сигналу вже не проїжджають стоп-лінію. Тому забезпечення повноти інформації про той напрям, за яким саме зараз завершується рух і завершується білий дозволяючий сигнал є дуже актуальною. Особливо це стосується великогабаритних транспортних засобів, рух яких й без непотрібних зупинок значно впливає на безпеку та пропускну спроможність регульованих перехресть.

Дуже актуальним постає інформування про напрямки руху, для яких дія дозволяючого місячно-білого сигналу завершується, при застосуванні детекторів транспорту, які в якості чутливих елементів використовують спеціальні частини контактної мережі, призначені для управління автоматичними стрілками. При певній конфігурації структури світлофорного циклу деякі напрями трамвайного руху є перехідними, тобто включені до кількох послідовних фаз регулювання. Тому, коли по деяких із напрямів відведений для руху час завершується, для інших напрямів цього ж під'їзду дозволені інтервали часу тривають і зупинка в такому випадку є необґрунтованою.

Зважаючи на зазначене, пропонується, щоб у транспортних світлофорах типу 5.1 останні 3 секунди дії дозволяючого сигналу відбувалося миготіння ще й того сигналу у секції верхньої частини світлофора, який відповідає за напрям руху, за яким завершується дозволяючий сигнал.

Відповідно до вимог [13], рух транспортних засобів громадського користування може регулюватися світлофором типу 5.1 лише в тому випадку, коли траєкторії руху маршрутних транспортних засобів, включені до напрямів регулювання, які керуються світлофором типу 5.1, не мають конфліктних точок злиття та перетину. Втім, така ситуація може проявлятися на регульованому перехресті не протягом усього часу, коли дозволено рух цим маршрутним транспортним засобам.

Мається на увазі, що частину циклу регулювання ці транспортні засоби можуть рухатися, маючи при цьому умовно безпечні конфлікти, тобто такі, де порядок роз'їзду транспортних засобів та пішоходів в конфліктних точках визначений пунктами Правил дорожнього руху для регульованих перехресть. В інший час рух маршрутних транспортних засобів за цими траєкторіями або заборонений або дозволений безконфліктно.

В такому випадку пропонується частину світлофорного циклу утримувати світлофор типу 5.1 в погашеному стані. Відповідно до вимог Правил дорожнього руху, в цій частині циклу водії маршрутних транспортних засобів, що зазвичай керується сигналами світлофорів типу 5.1, повинні керуватися сигналом світлофора для нереєкових транспортних засобів з цього ж під'їзду. Тобто вимкнення світлофора типу 5.1 відповідає поточній ситуації: або рух взагалі заборонено червоним сигналом світлофора для нереєкового транспорту, або рух дозволено з частковим конфліктом.

Таке застосування на практиці відкрило широкі можливості для збільшення пропускної здатності за лівоповоротною траєкторією на перехресті проспекту Соборного та бульвару Шевченка у м. Запоріжжі при русі по проспекту Соборному від Південноукраїнської вулиці з лівим поворотом в напрямку вулиці Жаботинського (рис. 3). Напрямок руху, що регулюється світлофором типу 5.1 - № 10.

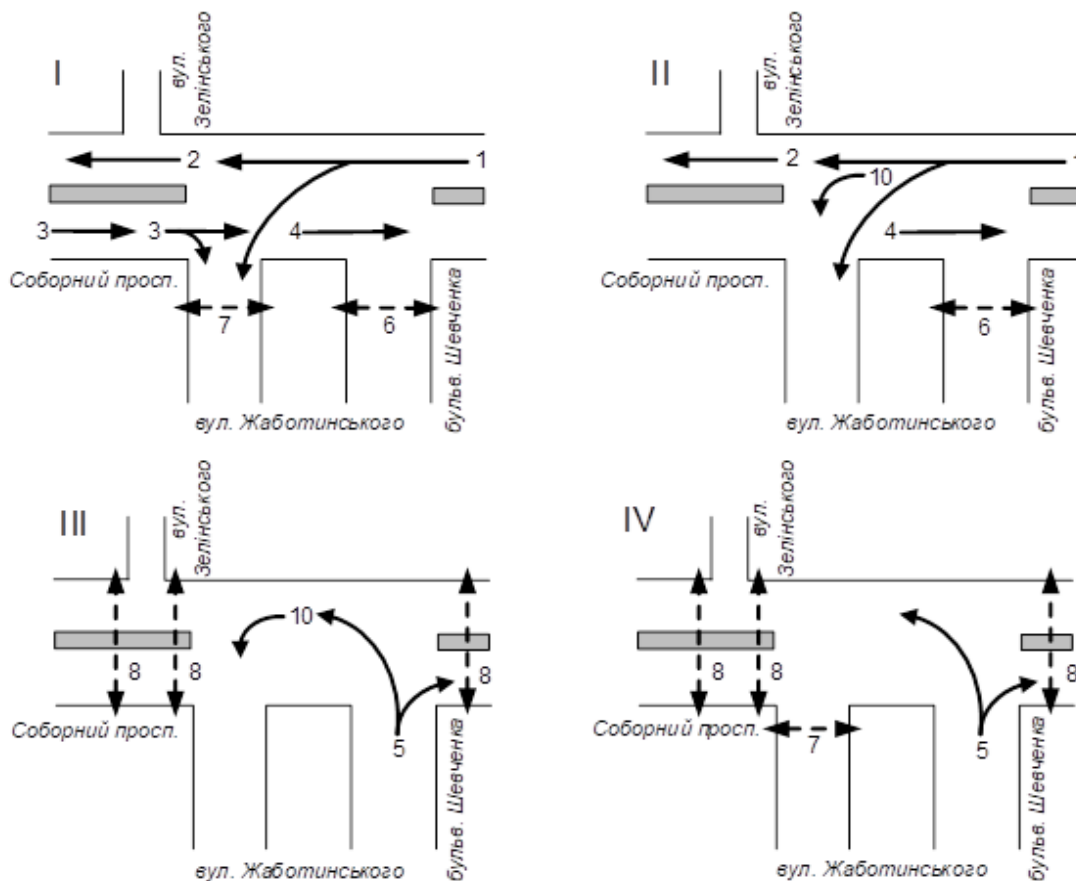


Рисунок 3 – Схема пофазового роз'їзду на перехресті просп. Соборного та бульв. Шевченка
 Figure 3 – The scheme of the phase-by-phase junction at the intersection of Soborny Ave. and Blvd. Shevchenko

Як видно з наведеної циклограми (рис. 4), часткове ввімкнення протягом світлофорного циклу транспортного світлофора типу 5.1 дозволило застосувати фазоподібний інтервал для

безконфліктного звільнення перехрестя від транспортних засобів загального користування, що заїхали на його територію протягом попередньої фази. В даному випадку за своєю функцією світлофор типу 5.1 нагадує сигнал у вигляді зеленого чи червоного знаку «плюс», який широко застосовується у європейських країнах для позначення можливості здійснити безконфліктний поворот ліворуч (рис. 5).

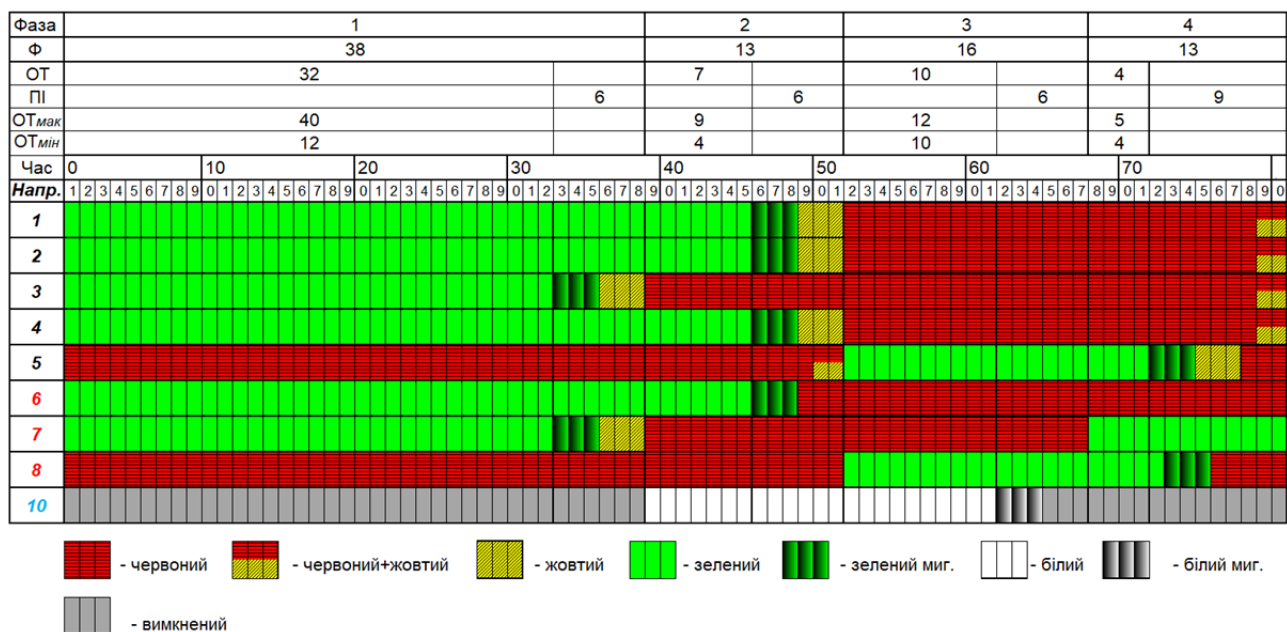


Рисунок 4 – Циклограма режиму світлофорного регулювання на перехресті просп. Соборного та бульв. Шевченка
Figure 4 – Cyclogram of the traffic light control mode at the intersection of Ave. Soborny and Blvd. Shevchenko



Рисунок 5 – Сигнал транспортного світлофора, що інформує про зупинку зустрічного руху [14]
Figure 5 – Traffic light signal informing about the stop of oncoming traffic [14]

Ускладнення структури світлофорного циклу, зумовлене таким застосуванням світлофора типу 5.1, тим не менш, дозволило знизити затримки транспортних засобів громадського користування при русі ліворуч на 23%, не змінюючи при цьому затримки інших учасників дорожнього руху. Завдяки ввімкненню сигналу білого кольору водії транспортних засобів маршрутного транспорту мають можливість отримати інформацію щодо завершення часу дії дозволяючого сигналу на зустрічному напрямі, що дозволить їм визначити алгоритм своїх подальших дій: або повертати без пріоритету, надаючи перевагу в русі зустрічним транспортним засобом та пішоходам які переходять

проїзну частину бульвару Шевченка, або повертати, маючи перевагу перед транспортними засобами зустрічного напрямку та пішоходами.

Позитивні аспекти такого застосування світлофори типу 5.1 особливо проявляються під час руху в загальному потоці з лівим поворотом зчленованих тролейбусів типу Van Hool AG300T довжиною 21 м, для яких, через відмінності геометричних характеристик кузова, час виконання маневру лівого повороту з пропуском зустрічного транспорту має більшу тривалість, ніж в інших транспортних засобів, що рухаються за цим напрямом. Тому при потраплянні на під'їзді тролейбуса в інтервал, протягом якого забезпечується безконфліктний поворот, значно знижується загальні транспортні затримки за цим напрямом регулювання як для маршрутних транспортних засобів, так і для легкових автомобілів, що повертають ліворуч з проспекту Соборного на бульвар Шевченка в напрямку вулиці Жаботинського.

Перспективи подальших досліджень.

Подальші перспективи розвитку технології активного пріоритету громадського транспорту пов'язані з розвитком світлофорного регулювання за окремими напрямками. Технологія полягає у можливості дорожнього контролера керувати перемиканням світлофорних сигналів основних та дублюючих світлофорів по кожному напрямку регулювання окремо. Такий підхід відкриває нові можливості у пошуку резервів для збільшення частки ефективного часу у світлофорному циклі за рахунок розв'язання задачі оптимального компонування інтервалів дозволяючих сигналів транспортних і пішохідних напрямів регулювання, що входять до структури світлофорного циклу.

Сучасний рівень розвитку центральних та периферійних технічних засобів автоматизованих систем керування дорожнім рухом та сервісного програмного забезпечення таких систем дозволяє в повному обсязі реалізувати всі алгоритми, спрямовані на оптимізацію параметрів та структури режимів світлофорного регулювання із застосуванням керування за окремими напрямками регулювання.

Для повної реалізації усіх можливостей автоматизованих систем керування дорожнім рухом щодо забезпечення пріоритетного пропуску маршрутних транспортних засобів загального користування, окрім синтезу нових оптимізаційних алгоритмів для параметрів та структури світлофорних циклів і планів координації, також важливим є питання підвищення інформаційного забезпечення водіїв транспортних засобів загального користування, які послуговуються системою з активним пріоритетом. Наприклад, видається перспективним безперервне інформування водіїв маршрутних транспортних засобів про рекомендовану швидкість руху та про часові інтервали відправлення від зупинок, що дозволять проїхати наступне перехрестя без зупинки перед стоп-лінією.

Фактично мається на увазі система інформаційного забезпечення дещо подібна до системи автоматичного регулювання швидкості (АЛС-АРШ), яка застосовується на метрополітені (рис. 6). У разі використання такого підходу частково вирішується проблема втрати часу маршрутними транспортними засобами перед стоп-лінією перехресть, розташованих близько до зупинок громадського транспорту, через що з моменту відправлення транспортного засобу від зупинки до моменту прибуття до наступного перехрестя проходить занадто мало часу, аби можна було викликати дозволяючий сигнал за відповідним напрямом регулювання.



Рисунок 6 – Пульти керування машиніста метрополітену з системою АЛС-АРШ [15]
Figure 6 – The subway driver's control panel with the ALS-ARS system [15]

У разі застосування системи з більшим рівнем інформаційного забезпечення водія, час, який транспортний засіб проводить в очікуванні дозволяючого сигналу перед стоп-лінією, він зможе

проводити з відкритими дверима на зупинці, що близько розташована до наступного регульованого перехрестя з пріоритетом. Інтервал, оптимальний для відправлення від зупинки, буде узгоджений з моментом ввімкнення дозволяючого сигналу відповідно напрямку регулювання на перехресті з активним пріоритетом.

Висновки

Дослідження довели, що при реалізації пріоритетного руху маршрутного пасажирського транспорту на вулично-дорожніх мережах міст із наданням активного пріоритету виникає ціла низка особливостей регулювання рухом на перехрестях, які потрібно врахувати в діючих нормативних документах. Більш широке використання транспортних світлофорів типу 5 замість звичайних транспортних світлофорів в змозі надати більш широкий інструментарій для регулювання дорожнього руху взагалі та в наданні пріоритету маршрутному транспорту зокрема. Також на практиці спостерігається спрощення орієнтування водіїв транспортних засобів, а відповідно, й підвищення загального рівня безпеки руху, та, в де-яких випадках, доволі значне підвищення пропускної здатності окремих напрямків руху на регульованих перехрестях.

Слід відмітити необхідність подальшого удосконалення інформаційного забезпечення водіїв маршрутних транспортних засобів про діючі режими регулювання. Якісна, завчасна інформація може стати ключем для усунення основних складностей реалізації заходів забезпечення активного пріоритету для руху маршрутного транспорту на регульованих перехрестях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Mishra S. Evaluating the Impacts of Existing Priority and Developing a Passenger Based Transit Signal Priority. Master's thesis, University of Calgary. 2016. DOI: 10.11575/PRISM/25975.
2. Трушевський В., Грицай С., Никифоровський Д. Мінімізація затримок учасників дорожнього руху на регульованих пішохідних переходах. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2014. № 5(3). С. 25-29. DOI: 10.15587/1729-4061.2014.28035.
3. Cheng G., Liu X., Pei Y. A review of research on public transport priority based on CiteSpace. Journal of Traffic and Transportation Engineering. 2023. Vol. 10. P. 1118-1147. DOI: 10.1016/j.jtte.2023.04.008.
4. Meng X., Yang Y. Public-Transport Priority Development Evaluated by the Dynamic Combination Weighting Method. Solid State Technology. Vol. 63, No 3 (2020): 2089-2098.
5. Ceder A. Urban mobility and public transport: Future perspectives and review. International Journal of Urban Sciences. 2020. Vol. 25(2). P. 1-25. DOI: 10.1080/12265934.2020.179984.
6. Зубачик Р. М. Вдосконалення методів забезпечення пріоритетного руху для маршрутних автобусів на вулично-дорожній мережі міста: дис...канд. техн. наук: 05.22.01. НУ «Львівська політехніка», Львів. 2015.185 с.
7. Трушевський В. Е. Удосконалення світлофорного регулювання при організації руху за окремими напрямками. дис. канд. техн. наук: 05.22.01. Національний транспортний університет, Київ, 2016. 150 с.
8. Kim W. Rilett L. Improved transit signal priority system for networks with nearside bus stops. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2005. Vol. 1925, No 1. P. 205–214. DOI: 10.1177/0361198105192500121.
9. Mulay S., Dhekne C., Vapat R., Budukh T., Gadgil S. Intelligent city traffic management and public transportation system. International Journal of Computer Science Issues. 2021. Vol. 18, No 3.
10. D'Andrea E., Marcelloni F. Detection of traffic congestion and incidents from GPS trace analysis. Expert Systems with Applications. 2017. Vol. 73. P. 43-56. DOI: 10.1016/j.eswa.2016.12.018.
11. Трушевський В. Е. Застосування автоматичних стрілок тролейбусу як детекторів в системах світлофорного авторегулювання. Електротехніка та електроенергетика. 2014. №1. С. 29–32.
12. Пристрій автоматичного регулювання руху трамваїв: пат. 94668 Україна: МПК G08G1/042; заявл. 03.06.2014; опубл. 25.11.2014, Бюл. №22. 4 с.
13. ДСТУ 4092-2002 Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосовування та вимоги безпеки. [Чинний від 2003-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2002. 27 с.
14. What do these "+" traffic lights mean? URL: https://www.reddit.com/r/belgium/comments/a9uyjx/what_do_these_traffic_lights_mean/ (дата звернення: 24.01.2024).
15. Кабіна машиніста модернізованого вагона метро. URL: <https://photo.unian.net/photo/585119-kabina-mashinista-modernizirovannogo-vagona-metro> (дата звернення: 27.01.2024).

REFERENCES

1. Mishra S. (2016) Evaluating the Impacts of Existing Priority and Developing a Passenger Based Transit Signal Priority. Master's thesis, University of Calgary. DOI: 10.11575/PRISM/25975 [in English].
2. Trushevs'kyj V., Ghrycaj S., Nykyforovs'kyj D. (2014) *Minimizacija zatrymok uchasnykiv dorozhnjogho rukhu na reghuljovanykh pishokhidnykh perekhodakh*. [Minimization of delays of road users on regulated crosswalks.] *Skhidno-Jevropejs'kyj zhurnal peredovykh tekhnologhij*. [Eastern-European Journal of enterprise technologies.], vol. 5(3). pp. 25-29. DOI: 10.15587/1729-4061.2014.28035 [in Ukrainian].
3. Cheng G., Liu X., Pei Y. (2023) A review of research on public transport priority based on CiteSpace. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 10, pp. 1118-1147. DOI: 10.1016/j.jtte.2023.04.008 [in English].
4. Meng X., Yang Y. (2020) Public-Transport Priority Development Evaluated by the Dynamic Combination Weighting Method. *Solid State Technology*. Vol. 63, No 3 (2020): 2089-2098 [in English].
5. Ceder A. (2020) Urban mobility and public transport: Future perspectives and review. *International Journal of Urban Sciences*, vol. 25(2), pp. 1-25. DOI: 10.1080/12265934.2020.179984 [in English].
6. Zubachyk R. M. (2015) *Vdoskonalennja metodiv zabezpechennja priorytetnogho rukhu dlja marshrutnykh avtobusiv na vulychno-dorozhniy merezhi mista* [In-depth methods for ensuring priority traffic for route buses on the street-road border of the place]. (PhD). Lviv: Lviv Polytechnic National University [in Ukrainian].
7. Trushevs'kyj V. E. (2016) *Udoskonalennja svitlofornogho reghuljuvannja pry orghanizaciji rukhu za okremymy naprjamkamy* [Improvement of light-light regulation during the organization of traffic along nearby routes]. (PhD). Kyiv: National Transport University [in Ukrainian].
8. Kim W. Rilett L. (2005) Improved transit signal priority system for networks with nearside bus stops. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1925, no 1, pp. 205–214. DOI: 10.1177/0361198105192500121 [in English].
9. Mulay S., Dhekne C., Bapat R., Budukh T., Gadgil S. (2021) Intelligent city traffic management and public transportation system. *International Journal of Computer Science Issues*, vol. 18, no 3 [in English].
10. D'Andrea E., Marcelloni F. (2017) Detection of traffic congestion and incidents from GPS trace analysis. *Expert Systems with Applications*, vol. 73, pp. 43-56. DOI: 10.1016/j.eswa.2016.12.018 [in English].
11. Trushevs'kyj V. E. (2014) *Zastosuvannja avtomatychnykh strilok trolejbusu jak detektoriv v systemakh svitlofornogho avtoreghuljuvannja*. [Installation of automatic trolleybus switches as detectors in light-light automatic control systems]. *Elektrotekhnika ta elektroenerghetyka*. [Electrical engineering and electrical power engineering], no 1, pp. 29–32 [in Ukrainian].
12. (2014) *Prystrij avtomatychnogho reghuljuvannja rukhu tramvajiv* [Device for automatic regulation of tram traffic]: patent 94668 Ukraine [in Ukrainian].
13. State Standard of Ukraine (2002) *DSTU 4092-2002 Bezpeka dorozhnjogho rukhu. Svitlofory dorozhni. Zagaljni tekhnichni vymoghy, pravyla zastosovuvannja ta vymoghy bezpeky* [Road safety. Road traffic lights. External technical equipment, storage rules and safety equipment] Kyiv [in Ukrainian].

РЕФЕРАТ

Трушевський В.Е. Особливості світлофорного регулювання руху маршрутних транспортних засобів загального користування / В.Е. Трушевський, І.М. Райда // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий, науково-виробничий журнал. – К.: НТУ, 2024. – Вип. 1 (58).

У статті запропоновано внести ряд змін в існуючий стандарт використання засобів регулювання на перехрестях для поліпшення умов руху маршрутного пасажирського транспорту.

Об'єкт дослідження – регульовані перехрестя із наявним рухом маршрутних пасажирських транспортних засобів.

Мета роботи – підвищення якості надання активного пріоритету руху маршрутному пасажирському транспорту на регульованих перехрестях.

Методи дослідження – аналіз, синтез, узагальнення, формулювання висновків.

У роботі розглянуто використання транспортних світлофорів типу 5 разом з іншими транспортними світлофорами або замість них на кількох практичних прикладах з метою якісної реалізації активного пріоритету руху маршрутного пасажирського транспорту. Розглянуті приклади доводять доцільність внесення певних змін в діючі нормативні документи щодо використання світлофорного регулювання.

Проаналізовані шляхи усунення основних проблем надання активного пріоритету в русі для маршрутних пасажирських транспортних засобів. Приділено увагу інформаційному забезпеченню водіїв маршрутного пасажирського транспорту.

Результати статті можуть бути враховані при наступних редакціях нормативних документів, які регламентують використання світлофорного регулювання на перехрестях із рухом маршрутного пасажирського транспорту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МАРШРУТНИЙ ПАСАЖИРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ, ПРІОРИТЕТ РУХУ, РЕГУЛЮВАННЯ, СВІТЛОФОР, БЕЗПЕКА РУХУ, ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ABSTRACT

Trushevsky V., Raida I. Features of designing traffic lights for public transport. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific, scientific and industrial journal. – K.: NTU, 2024. – Issue 1 (58).

The article proposes to make some of changes to the existing standard for the use of traffic lights at intersections to improve the traffic conditions for public transport.

The object of the study is signaled intersections with the existing traffic of scheduled passenger vehicles.

The aim of the article is to improve the quality of providing active traffic priority to public transport at regulated intersections.

Research methods - analysis, synthesis, generalization, formulation of conclusions.

The work considers the use of traffic lights of type 5 together with other traffic lights or instead of them on several practical examples in order to qualitatively implement the active priority of public transport. The considered examples prove the expediency of making some changes in the current regulatory documents regarding the use of traffic light regulation.

Ways to eliminate the main problems of providing active priority in traffic for public transport vehicles are analyzed. Attention is paid to the information provision of public transport drivers.

The results of the article can be taken into account in the next editions of regulatory documents that regulate the use of traffic lights at intersections with the public transport traffic.

KEY WORDS: ROUTE PASSENGER TRANSPORT, TRAFFIC PRIORITY, REGULATION, TRAFFIC LIGHT, TRAFFIC SAFETY, INFORMATION SUPPORT

АВТОРИ:

Трушевський Вячеслав, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет «Запорізька політехніка», доцент кафедри «Транспортні технології», e-mail: aspirerzp@gmail.com, тел. +380673796721, Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64, к. 247, orcid.org/0000-0002-5966-259X.

Райда Ігор, Національний університет «Запорізька політехніка», старший викладач кафедри «Транспортні технології», e-mail: raydaim.base@gmail.com, тел. +380679712959, Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64, к. 247, orcid.org/0000-0003-3925-4692.

AUTHORS:

Trushevskiy Vjacheslav, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National University Zaporizhzhia Polytechnic, Associate Professor at the Department of Transport Technologies, e-mail: aspirerzp@gmail.com, tel. +380673796721, Ukraine, 69063, Zaporizhzhia, Zhukovskogo str., 64, of. 247, orcid.org/0000-0002-5966-259X.

Raida Ihor M., National University Zaporizhzhia Polytechnic, Senior Lecturer at the Department of Transport Technologies, e-mail: raydaim.base@gmail.com, tel. +380679712959, Ukraine, 69063, Zaporizhzhia, Zhukovskogo str., 64, of. 247, orcid.org/0000-0003-3925-4692.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Поліщук В.П., завідувач кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху Національного транспортного університету, доктор технічних наук, професор.

Турпак С.М., завідувач кафедри «Транспортні технології» Національного університету «Запорізька політехніка», доктор технічних наук, професор.

REVIEWERS:

Volodymyr Polishchuk, the head of the transport systems and road safety department at the National Transport University, doctor of technical sciences, professor.

Serhii Turpak, the head of the department "Transport Technology" at the National University "Zaporizka Polytechnic", doctor of technical sciences, professor.