

Оптимізація транспортних систем

УДК 625.72:656.11

doi: 10.26906/SUNZ.2018.6.053

О. В. Денисенко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Предметом вивчення в статті є новий підхід визначення параметрів руху транспортних засобів і особливості сучасної організації моніторингу транспортних потоків (ТП) на таких регульованих перехрестях. **Метою** є розробка нового способу, що дозволяє підвищити рівень якості та комплексної оцінки визначення елементів циклу світлофорного регулювання (СР) в умовах зміни параметрів руху ТП в зоні перехрестя. **Завдання дослідження:** аналіз існуючих підходів моніторингу ТП на регульованих перехрестях; розробка нового способу, що дозволяє отримати більш повну інформацію для контролю та ефективного визначення оптимальних значень часу дії елементів циклу СР; розробка способу, що відповідає вимогам універсальних адаптивних систем, що дозволяють ефективно реагувати на зміни умов руху ТП на перехресті. **Результати.** Розкрито деякі особливості сучасної організації моніторингу ТП на локальних об'єктах, а також проаналізовано їх основні переваги та недоліки. Представлений новий спосіб визначення елементів циклу СР в умовах динамічного зміни параметрів руху ТП і адаптивного реагування системи на дорожню ситуацію. Наведено варіант спрощеної структури пристрою для реалізації запропонованого способу і ефективної обробки вихідної інформації, показана достовірність, і працездатність алгоритмів, закладених в спосіб. **Висновки.** Ефективне визначення параметрів руху ТП в зоні перехрестя по кожній смузі руху протягом світлофорного циклу дає можливість отримати більш повний комплекс інформації для контролю і подальшого оперативного управління рухом на перехресті. Показано шляхи розширення функціональних можливостей запропонованого способу за рахунок одночасного визначення додаткових параметрів стану ТП на перехресті і критеріїв оцінки якості НГ. Гнучка технологія і комплексна оцінка режимів СР дозволяє в реальному масштабі часу здійснювати як параметричну адаптацію, так і структурну адаптацію за рахунок реорганізації схем управління руху.

Ключові слова: регульоване перехрестя, транспортний потік, транспортний засіб, пристрій розгортки, лазерний промінь, світлофорний цикл.

Вступ

Зростання автомобільного парку і відповідно інтенсивності руху, неминуче ведуть до різкого збільшення кількості об'єктів світлофорного регулювання. Тому вдосконалення методики проектування і регулювання таких перетинів представляє безперечний практичний інтерес. Проте, на даний час вирішення практичних завдань в області регулювання світлофорних об'єктів в Україні і світі має лаву об'єктивних труднощів, пов'язаних з відсутністю нових технологій, здатних в динаміці реагувати на всілякі зміни умов руху ТП на регульованих перехрестях.

Для забезпечення високого рівня заходів керування та організації руху на регульованих перехрестях потрібні відомості, які характеризують у реальному масштабі часу не тільки параметри ТП, але й дають можливість отримати критеріальні оцінки якості роботи перехрестя.

Однією з головних задач таких технічних засобів є визначення цілого ряду параметрів ТП, що може бути забезпечено наявністю у комплексі діагностування надійних багатофункціональних детекторів режимів руху ТП магістралей та перехресть, які дозволяють одночасно визначити габаритні параметри ТЗ, моменти їх проїзду контрольованих зон (КЗ) та перехрестя в цілому, швидкість, тип і напрямки руху ТЗ, їх інтенсивності по кожній смузі, інтервали руху між ТЗ, їх затримки та склад ТП.

Серед відомих методів дослідження параметрів ТП визначають натурні спостереження, імітаційне

моделювання руху, відеоспостереження за рухомим складом ТП та ін. Усі ці методи об'єднують мета отримання точних даних про параметри ТП для ефективного управління рухом ТЗ. Також проводяться перспективні дослідження по використанню різноманітних оптичних, радіоелектронних та ультразвукових детекторів ТЗ для визначення різноманітних параметрів ТП [1, 2]. Крім того, активно розвиваються системи моніторингу перехресть, які використовують при розробці агрегатних систем та засобів управління ДР в системах інформаційного забезпечення завантаження перехресть ВДМ, а також для підвищення ефективності управління рухом транспорту на регульованих перехрестях. Ось чому задача розробки та удосконалення сучасних детекторів ТЗ і систем моніторингу перехресть є важливою і актуальною.

Аналіз публікацій. Знайомство з публікаціями показує існування великої кількості приладів, у тому числі детекторів транспорту для визначення параметрів ТП на підступах до перехрестя, серед яких перевагу віддають методам і засобам з застосуванням оптичного (зокрема лазерного) випромінювання. Наприклад, у [1] в якості приймача сигналу запропоновано оптико-електричний детектор транспорту на основі растрів. Вихідними сигналами цього детектору є числові значення швидкості руху, габаритних характеристик (висота, довжина) та інші основні характеристики ТП з використанням автомобіль-маркеру. Недолік даного пристрою полягає в складності обробки відеосигналу як оптичного образу ТЗ. Крім того необхідно постійно проводити калібров-

ку, тобто корегувати поправочний коефіцієнт) і нормувати амплітуди відбитого сигналу, що призводить до додаткових витрат часу.

Відомі також способи і пристрої для визначення швидкості і типу ТЗ з використанням відеокамер, які встановлюються в пристрої контролю у складі вітчизняних і зарубіжних приладів ("Арена", "Крис-1", "Візор", "Сокіл", "TruCam" і ін.) [2].

Практика експлуатації таких систем показує, що вони мають ряд недоліків, серед яких: складність спеціального програмного забезпечення для обробки відеоданих; необхідність значного підсвічування контрольованої зони у нічний час; тривалий час обробки інформації і передачі її у темпі, сумісному зі швидкістю зміни умов руху на ВДМ; відсутність можливості визначення всіх необхідних параметрів руху ТП одночасно по всіх смугах руху перехрестя та можливості повної автоматизації прийняття рішень в реальному масштабі часу.

Функціонування таких систем представляє собою складний технологічний ланцюг, тому доцільно шукати інший варіант створення універсальної адаптивної системи, яка в умовах можливих обмежень забезпечувала б ефективний моніторинг об'єкту [3].

Серед відомих технічних рішень, які б найкращим чином відповідали вказаним вище вимогам, можна відзначити спосіб визначення параметрів транспортних потоків у зоні перехрестя, у відповідності з яким у просторовій зоні перехрестя відбувається покрокове сканування конусним вузько спрямованим лазерним променем інфрачервоного діапазону всіх підходів і виходів цього перехрестя [4].

Цей спосіб дає можливість у реальному часі вимірювати одночасно по усіх смугах руху цілого комплексу параметрів для подальшого визначення елементів циклу СР: швидкості і напрямку руху ТЗ у зоні перехрестя, інтервали руху та габарити ТЗ, інтенсивності ТП по кожній смузі. Недоліком цього способу і пристрою, що його реалізує, є обмежені функціональні можливості - він не дозволяють визначити такі важливі параметри руху ТП на перехресті як: черги ТЗ, що накопичуються на червоному сигналі світлофору, тип ТЗ, коефіцієнти приведення до легкового автомобілю, потоки насичення, фазові коефіцієнти і т.д. Все це вкрай обмежує можливості отримати найбільш повний комплекс інформації для контролю і подальшого оперативного точного визначення часу елементів циклу регулювання та управління рухом на перехресті в оптимальному режимі. Нарешті цей спосіб не дозволяє одночасно у процесі виміру застосовувати різні критерії оцінки ефективності управління регульованих перехресть, а це знижує його функціональні можливості та перспективи використання.

Мета і постановка задачі. З метою підвищення ефективності визначення елементів циклу СР в ході дослідження необхідно було вирішити такі задачі:

- проаналізувати існуючі способи, методи та алгоритми моніторингу ТП на регульованих перехрестях;

- надати пропозицію такого способу, який дозволяє одержати більш повний комплекс інформації

для контролю і ефективного визначення оптимальних значень часу дії елементів циклу регулювання;

- запропонувати та розробити реалізацію такого способу, який би відповідав вимогам універсальної адаптивної системи, яка ефективно реагувала би на різноманітні зміни умов руху ТП на перехресті.

Суть пропозиції

Для забезпечення високошвидкісного визначення параметрів руху окремих ТЗ і ТП по усіх смугах перехрестя запропоновано одночасне конусне покрокове сканування трьома вузько спрямованими лазерними променями всіх підходів і виходів перехрестя (рис. 1), що дає можливість сформувати вхідні і вихідні межі двох КЗ та забезпечити визначення набору необхідних параметрів ТП по кожній смузі руху в залежності від результатів сканування [5].

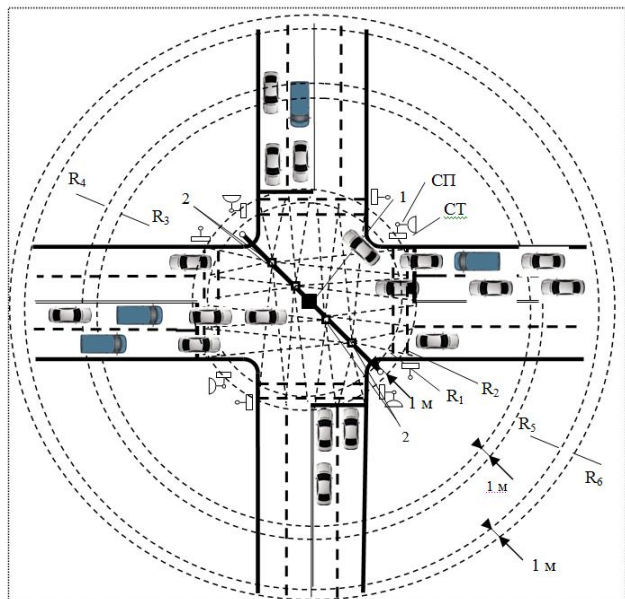


Рис. 1. Схема, яка розкриває основні відмінні особливості запропонованого способу

Розгортка лазерного променя здійснюється спеціальним блоком сканування 1, який розташовано над перехрестям на кронштейні в точці, яка відповідає геометричному центру перехрестя. У блоці сканування залежно від висоти його розташування одну з оптичних вісей розгортки підбирають так, щоб перший лазерний промінь окреслював конусну поверхню з колом на проїжджій частині перехрестя (R_1) в зоні «стоп-ліній» його підходів.

Блоку сканування складається з оптичного відхиляючого пристрою (дискретного сканістора), який забезпечує відхилення вісі першого лазерного променя в необхідне друге положення при якому радіус кола (R_2) на поверхні дороги зменшується на потрібну величину (наприклад, на 1 м). На кожному наступному періоді блок сканування змінює розгортку першого лазерного променя з однієї оптичної вісі на іншу та описує в зоні стоп-ліній на дорозі два концентричних кола з розбіжністю радіусів ($R_1 - R_2 = 1$ м), що й формує вихідну межу КЗ.

Другий оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням на 120° по колу розгортки

(рис. 2) і формує вхідну межу першої КЗ. Цей промінь, як і перший, за допомогою відповідного дискретного сканістора S_2 на кожному черговому періоді сканування змінює одну оптичну вісь розгортки (з радіусом кола R_3) на іншу (з радіусом R_4) і формує два концентричних кола також з розбіжністю радіусів $R_4 - R_3 = 1$ м.

Третій оптичний промінь лазерної розгортки має зміщення по відношенню до другого ще на 120° по колу розгортки і формує вхідну межу другої КЗ. Цей промінь, як і обидва інші, за допомогою дискретного сканістора S_3 на кожному наступному періоді сканування змінює оптичну вісь розгортки (з радіусом кола R_5) на іншу (з радіусом R_6) і формує два концентричних кола з тією ж розбіжністю радіусів $R_6 - R_5 = 1$ м.

Оптичні фотоприймачі 2 (ФПі) в ході розгортки лазерних променів δ_1 , δ_2 та δ_3 по одному з кіл на входах і виходах КЗ послідовно ловлять сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різних смугам руху як на підходах, так і на виходах перехрестя. Часове і просторове рознесення лазерних променів дозволяє фіксувати одним ФПі всі сигнали сканування по відповідній смузі. Це підвищує швидкодію системи.

Реєстрацію ТЗ, що в'їжджають в обидві КЗ, здійснюють по їх передніх бамперах при пересіченні одного з кіл (наприклад R_6 або R_4), при цьому завдяки періодичному скануванню зі змінною оптичною віссю лазерного променя (з радіуса R_3 на R_4 і навпаки та з R_5 на R_6) на дистанції 1 м визначається момент в'їзду, швидкість, довжина, тип, кількість і послідовність ТЗ, які щойно в'їхали в КЗ по кожній смузі руху під час періоду вимірювання. Радіус R_3 , що формує вхідну межу першої КЗ, вибирають за умови, щоб відстань між R_3 та R_1 відповідала максимальному з можливих зупиночному шляху (ЗШ) різного типу ТЗ, що перетинають вхідну межу першої КЗ з максимально дозволеною швидкістю. Це дає змогу визначити швидкість ТЗ на вході в першу КЗ на момент зміни сигналу світлофору з зеленого на жовтий і по швидкості та типу ТЗ розрахувати його ЗШ та в кінцевому рахунку прийняти рішення про завершення проміжного такту (ПТ):

$$l_{зш} = l_{рк} + l_{зш} = V \cdot t_{рк} + V^2 / (2g(\varphi + f \pm \lambda)), \quad (1)$$

де $l_{рк}$ – шлях, що пройде ТЗ за час реакції водія $t_{рк}$ на зміну сигналів світлофору; $l_{зш}$ – гальмовий шлях; V – швидкість ТЗ на вході в КЗ; g – прискорення вільного падіння; φ – коефіцієнт подовжнього зчеплення колеса з поверхнею дороги; f – коефіцієнт кочення колеса; λ – величина подовжнього похилу.

Подвійне сканування першим променем в зоні стоп-ліній і по відповідним смугам на виході з перехрестя дає змогу визначити усі потрібні параметри ТЗ, які залишили КЗ по кожній зі смуг руху на зелений сигнал світлофору та повністю виїхали з зони перехрестя. Це дозволяє отримати точну інформацію про наявність ТЗ по окремим смугам в КЗ на момент зміни

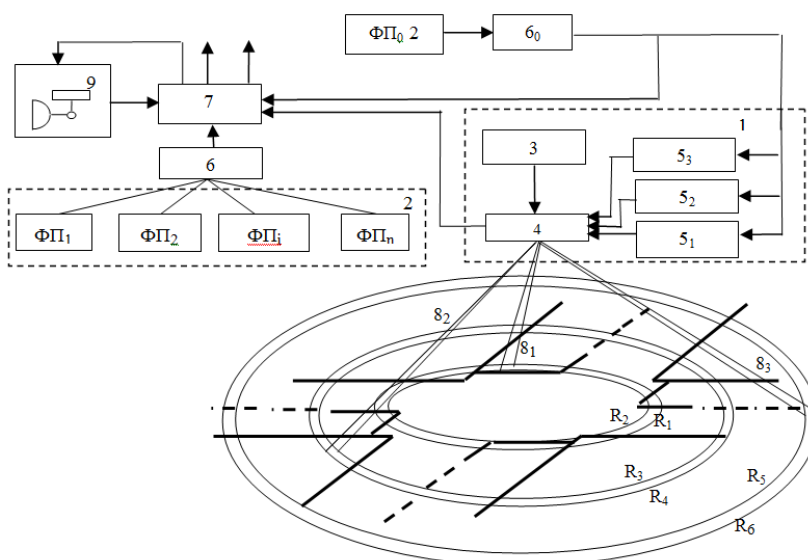


Рис. 2. Структурна схема пристрою, яка розкриває запропонований спосіб

зеленого сигналу світлофору на жовтий, та визначити кількість та тип ТЗ, що не встигли або не змогли лишити зону перехрестя на зелений сигнал, тобто не здійснили перетинання зони сканування (R_1 , R_2) по смугам руху на виході з перехрестя. Таке може, наприклад, коли лівоповоротні ТЗ в зоні перехрестя очікують проїзду прямого зустрічного транспорту а правоповоротні ТЗ - завершення руху пішоходів.

Інформація про довжину, тип та кількість ТЗ в зоні перехрестя на момент початку дії ПТ дає можливість чітко визначити момент, коли всі ТЗ попередньої фази руху звільнять зону перехрестя для початку нової фази. Це пропонується зробити по моментах, коли останній ТЗ, що знаходився в зоні перехрестя, почне перетинати своїм переднім бампером одну з ліній сканування (наприклад, R_1) по смугам руху на виході з перехрестя. Це гарантує, що останній ТЗ досяг або минув дальню конфліктну точку цього ПТ і при умові наявності інформації про його довжину практично вже залишив зону перехрестя. Момент перетинання переднім бампером ТЗ лінії сканування з радіусом R_1 береться як кінець ПТ цієї фази, але за умови перевірки наявності на вході в першу КЗ нового ТЗ, зупиночний шлях якого перевищує довжину КЗ. Це можливо за умови, якщо на момент початку ПТ вхідний кордон першої КЗ буде перетинати ТЗ зі швидкістю, що перевищує дозволу (більше 50 км/год), а його тип і габарити будуть свідчити, що його ЗШ перевищує довжину КЗ і ТЗ навіть при повному гальмуванні потрапить в зону перехрестя. В такому випадку кінець ПН визначається по моменту перетинання лінії сканування з радіусом R_1 на виході з перехрестя переднім бампером цього ТЗ. Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в другу КЗ, здійснюють по їх заднім бамперам при перетинанні одного з кіл (наприклад, R_5). При цьому завдяки періодичному скануванню зі змінною оптичною віссю лазерного променя визначається момент в'їзду, швидкість, довжина, тип, кількість і послідовність ТЗ, що справді в'їхали в другу КЗ по кожній смузі руху за період вимірювань.

Радіус R_5 , що формує вхідну межу другої КЗ, бажано вибирати за умови, щоб він перевищував

найбільш можливу чергу ТЗ, яка може скупчуватися у звичайних умовах по одній із смуг руху на червоний сигнал світлофору. Це дає можливість досить точно визначити кількість ТЗ m_j у черзі по кожній j -й смузі руху на підходах до перехрестя на момент зміни сигналу світлофору на зелений, або на момент початку руху перших у черзі ТЗ. Інформація про довжину, тип та час пересування ТЗ на вході в другу КЗ дозволяє послідовно визначити реальні значення коефіцієнтів приведення до легкового автомобілю $K_{ПРi}$ як відношення величини середнього значення часового інтервалу \bar{t}_{ei} пересування конкретного типу ТЗ кола з R_5 спочатку переднім, а потім заднім бампером до величини середнього значення аналогічного часового інтервалу \bar{t}_{li} проїзду легкового автомобілю:

$$K_{ПРi} = \bar{t}_{ei} / \bar{t}_{li}. \quad (2)$$

Вимірювання такого комплексу параметрів в зоні перехрестя дозволяє також визначити склад та довжину черги ТЗ, що скупчуються перед стоп-лінією на червоний сигнал світлофора по кожній смузі руху як у фізичних, так і у приведених одиницях. Таким чином можна суттєво підвищити точність розрахунків і прогнозування, а потім за результатами сканування виходу КЗ першим променем визначити час роз'їзду T_j черг по кожній смузі на зелений сигнал і тривалість кожного основного такту (ОТ).

Тривалість ОТ T_{oi} i -фази пропонується визначати за моментом закінчення роз'їзду найбільшої за часом черги по смугам руху в даній фазі регулювання. Фіксація кінця ОТ здійснюється за моментом перетинання заднім бампером останнього в черзі ТЗ лінії сканування з радіусом R_1 при умові, що на цей момент першу КЗ повністю залишать всі ТЗ. В іншому випадку кінець ОТ формується по максимально фіксованому заздалегідь значенню. Тривалість циклу T_u СР за результатами сканування визначається як сукупність основних та проміжних T_{ni} тактів всіх фаз

$$T_u = \sum_{i=1}^m T_{oi} + \sum_{i=1}^m T_{ni}. \quad (3)$$

Структурна схема пристрою для реалізації запропонованого способу має у своєму складі: блок сканування 1, лазерний випромінювач 3 вузько спрямованого променя та вузол розгортки 4, які формують трьохкутне конусне покорокове сканування зони перехрестя за допомогою оптичних відхиляючих пристроїв $5_1, 5_2, 5_3$. Зміна положень кутів розгортки променів $8_1, 8_2$ та 8_3 здійснюється в реперній точці на кожному періоді сканування сигналом, що поступає з реперного фотоприймача 2 (ФП₀) на входи дискретних сканісторів $5_1, 5_2$ та 5_3 .

Фотоприймачі 2, направлені на вхідні і вихідні смуги руху, уловлюють послідовно відбиті сигнали усіх лазерних променів з часовою затримкою на третину періоду сканування. Перетворювач 6 сигналу кожного ФП_i відповідної смуги руху перетворює сигнали в імпульсно-цифрові коди, які вводяться в обчислювальний пристрій (ОП) 7, де далі визначаються всі необхідні параметри за будь-який час виміру (час тривалості ОТ, ПТ або циклу СР). Для цього сигнали

зміни елементів циклу СР з виходу світлофорного об'єкту 9 подаються на відповідний вхід ОП.

Сигнали з виходу реперного ФП₀ через перетворювача 6_0 подаються на відповідні входи дискретних сканісторів $5_1, 5_2, 5_3$ та ОП для визначення положення кожного променя за смугами руху відносно реперної точки. ОП на протязі циклу регулювання зберігає інформацію про тип, кількість і напрямки руху ТЗ, що знаходяться в КЗ або в зоні перехрестя на момент початку ОТ та ПТ. В ОП закладено алгоритм та константи для розрахунку ЗШ різного типу ТЗ, за якими визначається перспектива повного гальмування ТЗ до стоп-лінії, $K_{ПРi}$ для попереднього розрахунку часу роз'їзду черг ТЗ. Після того, як останній ТЗ, що з початку ПТ знаходився в зоні перехрестя, перетне своїм переднім бампером лінію сканування R_2 на виході з перехрестя, ОП видає сигнал завершення ПТ на світлофорний об'єкт 9. В разі відсутності ТЗ в зоні перехрестя на момент початку ПТ, обчислювальний пристрій формує сигнал завершення ПТ через мінімально обраний заздалегідь час. ОП також визначає моменти завершення ОТ для різних умов руху ТП на перехресті.

Таким чином, ефективне визначення реальних параметрів руху окремих видів ТЗ по усіх смугах руху на підході та в зоні перехрестя шляхом потрібного високошвидкісного сканування дає можливість одержати в реальному масштабі часу точні значення часу дії ОТ і ПТ та підвищити ефективність регулювання за рахунок оптимізації параметрів циклу СС для конкретних умов. Визначення часу дії ОТ і ПТ за поточними вимірами (а не приблизними розрахунками за середніми значеннями параметрів, як відбувається зараз), дає можливість скоротити такти, зменшити втрати часу в циклі регулювання та підвищити ефективну тривалість фаз регулювання.

Звернемо увагу на те, що це можливо лише у разі відсутності ТЗ в зоні перехрестя та на його підходах на момент початку ПТ. Зменшення ОТ можливо у разі відсутності ТЗ за дозволеними напрямками на протязі дії ОТ, або за відсутністю ТЗ по окремим напрямкам (як це здійснюється при управлінні з розщепленою фазою). Фіксація кінця дії ПТ по виходу з зони перехрестя останнього ТЗ, одночасно підвищує ефективність управління завдяки поліпшенню безпеки руху на регульованому перехресті.

Висновки

Запропонований спосіб дає можливість одержати більш повний комплекс інформації для контролю і оперативного визначення оптимальних значень часу дії ОТ і ПТ, циклу регулювання та управління рухом, що сприятиме вирішенню проблеми підвищення ефективності функціонування і пропускної здатності регульованих перехрестя та транспортної мережі в цілому. Запропонований підхід до виміру комплексу параметрів руху ТП одночасно дозволяє здійснювати оцінку якості СР за такими критеріями як середні затримки ТЗ, ступінь насичення смуг руху, пропускна здатність перехрестя та в динаміці контролювати якість СР. Все це істотно розширює функціональні можливості відомого спо-

собу і його ефективність та дозволяє в динаміці (наприклад, при раптовій зміні умов руху на перехресті) здійснювати як параметричну адаптацію керу-

вання (оптимізацію елементів циклу), так і структурну або комбіновану адаптацію за рахунок структурної реорганізації схем керування рухом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Плешенцев В.С. Диагностирование транспортных потоков федеральной автотрассы «Волга М-7»/В.С. Плешенцев, Е.В Дмитриева, Д.А Соцков // Организация и безопасность дорожного движения в больших городах: сборник статей 7-й межд. НПК. – Санкт-Петербург, 21-22 сентября 2006. – С 27-31.
2. Барский И.В. Комплекс регистрации изображения и скорости (КРИС-1)// Организация и безопасность дорожного движения в больших городах: сборник статей 7-й межд. НПК. – Санкт-Петербург, 21-22 сентября 2006. – С 157-159.
3. Лукьяница А.А., Шишкин А.Г. Программный комплекс для мониторинга транспортных средств по видеозображению // Int. Conf. Graphicon 2006. – Novosibirsk Akademgorodok, Russia. – Режим доступа: <http://www.graphicon.ru>.
4. Пат. 71913 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення параметрів транспортних потоків у зоні перехрестя / Левтеров А.І., Денисенко О.В., Ярута А.М.; заявник і патентовласник ХНАДУ. – опубл. 25.07.2012, Бюл. №14/2012.
5. Пат. 112094 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення тривалості елементів та циклу світлофорної сигналізації / Денисенко О. В.; заявник і патентовласник ХНАДУ.- опубл. 25.07.16, Бюл. № 14/2016.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О. О. Можасв,
Харківський національний університет внутрішніх справ, Харків
Received (Надійшла) 11.10.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 14.11.2018

К вопросу повышения эффективности светофорного регулирования

О. В. Денисенко

Предметом изучения в статье является новый подход определения параметров движения транспортных средств и особенности современной организации мониторинга транспортных потоков (ТП) на таких регулируемых пересечениях. **Целью** является разработка нового способа, позволяющего повысить уровень качества и комплексной оценки определения элементов цикла светофорного регулирования (СР) в условиях изменения параметров движения ТП в зоне перекрестка. **Задачи исследования:** анализ существующих подходов мониторинга ТП на регулируемых перекрестках; разработка нового способа, позволяющего получить более полную информацию для контроля и эффективного определения оптимальных значений времени действия элементов цикла СР; разработка способа, отвечающего требованиям универсальных адаптивных систем, позволяющих эффективно реагировать на изменение условий движения ТП на перекрестке. **Получены следующие результаты.** Раскрыты некоторые особенности современной организации мониторинга транспортных потоков (ТП) на локальных объектах, а также проанализированы их основные достоинства и недостатки. Представлен новый способ определения элементов цикла СР в условиях динамического изменения параметров движения ТП и адаптивного реагирования системы на дорожную ситуацию. Приведен вариант упрощенной структуры устройства для реализации предложенного способа и эффективной обработки исходной информации, показана реализуемость и работоспособность алгоритмов, заложенных в способ. **Выводы.** Эффективное определение параметров движения ТП в зоне перекрестка по каждой полосе движения в течение светофорного цикла дает возможность получить более полный комплекс информации для контроля и последующего оперативного управления движением на перекрестке. Показаны пути расширения функциональных возможностей предложенного способа за счет одновременного определения дополнительных параметров состояния ТП на перекрестке и критериев оценки качества СР. Гибкая технология и комплексная оценка режимов СР позволяет в реальном масштабе времени осуществлять как параметрическую адаптацию (оптимизацию элементов цикла), так и структурную адаптацию за счет реорганизации схем управления движением.

Ключевые слова: регулируемый перекресток, транспортный поток, транспортное средство, устройство развертки, луч лазера, цикл регулирования.

Increase in effectiveness of definition of elements of a cycle of traffic light regulation.

O. Denisenko

Studying subject in article is new approach of determination of parameters of the movement of vehicles and feature of the modern organization of monitoring of traffic flows on such adjustable traverses. **The purpose** is development of the new mode allowing to increase level of quality and complex assessment of definition of elements of cycle of traffic light regulation (TLR) in the conditions of change of parameters of the movement TF in intersection zone. **Research problems:** the analysis of the existing approaches of monitoring of TF at adjustable intersections; development of the new mode allowing to obtain fuller information for control and effective determination of optimum values of time of action of elements of the cycle TLR; development of the mode meeting the requirements of the multiple-purpose adaptive systems allowing to react effectively to changes of traffic conditions of TF on the intersection. **The following results are received.** Some features of the modern organization of monitoring of TF on local objects are revealed and also their main merits and demerits are analysed. The new mode of definition of elements of the cycle TLR in the conditions of dynamic change of parameters of the movement TF and adaptive response of system to road situation is presented. The option of the simplified structure of the device for realization of the offered mode and effective processing of initial information is given, the feasibility and operability of the algorithms put in mode is shown. **Conclusions.** Effective determination of parameters of the movement TF in intersection zone on each strip of the movement during traffic light cycle gives the chance to obtain fuller complex of information for control and the subsequent operational management of the movement at the intersection. Ways of expansion of functionality of the offered mode due to simultaneous determination of additional parameters of condition of TF at the intersection and criteria for evaluation of quality of TLR are shown. The flexible technology and complex assessment of the TLR modes allows to carry out in real time as parametrical adaptation (optimization of elements of cycle), and structural adaptation due to reorganization of schemes of steering of the movement.

Keywords: adjustable intersection, traffic flow, vehicle, sweep device, laser beam, control cycle.