

УДК 625.72:656.11

ВИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАТРИМОК НА РЕГУЛЬОВАНОМУ ПЕРЕХРЕСТІ

**А.І. Левтеров, професор, к.т.н., О.В. Денисенко, доцент, к.т.н.,
А.М. Ярута, аспірант, ХНАДУ**

Анотація. Розроблено новий метод визначення транспортних затримок на регульованому перехресті.

Ключові слова: транспортний потік, транспортна затримка, регульоване перехрестя, розгортальний пристрій, лазерний промінь, інфрачервоний діапазон.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДЕРЖЕК НА РЕГУЛИРУЕМОМ ПЕРЕКРЕСТКЕ

**А.И. Левтеров, профессор, к.т.н., О.В. Денисенко, доцент, к.т.н.,
А.Н. Ярута, аспирант, ХНАДУ**

Аннотация. Разработан новый метод определения транспортных задержек на регулируемом перекрестке.

Ключевые слова: транспортный поток, транспортная задержка, регулируемый перекресток, развертывающее устройство, лазерный луч, инфракрасный диапазон

DETERMINATION OF TRANSPORT DELAYS AT SIGNALLED CROSSING

**A. Levterov, Professor, Candidate of Technical Science, O. Denisenco, Associate
Professor, Candidate of Technical Science, A. Yaruta, postgraduate, KhNAHU**

Abstract. A new method for determining transport delays at signaled crossing is developed.

Key words: traffic flow, traffic delay, signaled crossing, scanner, laser light, infrared range.

Вступ

Одним з найважливіших напрямів забезпечення функціонування дорожнього руху є побудова системи управління дорожнім рухом на таких важливих елементах ВДМ як регульовані перехрестя. Для забезпечення високого рівня керуючих та організаційних заходів на регульованих перехрестях потрібні ефективні критеріальні оцінки якості функціонування перехрестя [1].

Аналіз публікацій

Зараз існує багато методів для отримання даних параметрів руху транспортних засобів (ТЗ) та критеріїв оцінки ефективності функ-

ціонування регульованого перехрестя. Серед них є: методи, що базуються на натурних спостереженнях; методи імітаційного моделювання руху; методи відеоспостереження за рухомим складом ТП та ін. Усі ці методи об'єднують мету – отримання точних даних про параметри транспортного потоку для ефективного управління рухом ТЗ на перехресті.

Ознайомлення з публікаціями засвідчує існування на сьогодні великої кількості приладів, у тому числі й детекторів транспорту, для визначення параметрів ТП на підходах до перехрестя, серед яких найбільшу перевагу спеціалісти віддають методам і засобам із застосуванням оптичного (лазерного) випромінювання.

Так, у роботі [2] як приймач сигналу запропоновано оптико-електричний детектор транспорту на основі пластинчастих растрів. Вихідними даними роботи цього детектора є швидкість руху, габаритні характеристики ТЗ (висота, довжина) та деякі основні характеристики транспортного потоку.

Недолік даного пристрою полягає у складності обробки відеосигналу, що характеризує оптичний образ транспортного засобу, оскільки значення амплітудних максимумів сигналу можуть змінюватися залежно від освітленості транспортного засобу та його швидкості руху. Тому необхідно постійно проводити тарування (вводити поправковий коефіцієнт) і нормування амплітуди відбитого сигналу, що призводить до додаткових тимчасових витрат.

Відомі способи і пристрої для визначення швидкості й типу транспортних засобів з використанням відеокамер, що встановлюються у пристрій контролю у складі вітчизняних і зарубіжних приладів («Арена», «Крис-1», «Візир», «Сокіл», «TruCam» та ін.) [2].

Досвід експлуатації таких систем показує, що вони мають ряд недоліків, серед яких: велика вартість та складність спеціального програмного забезпечення для обробки відеоданих, необхідність підсвічування контрольованої зони у нічний час; тривалий час обробки інформації, використовуваної для формування керуючих впливів і передачі їх у темпі, сумірному 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 у реальному масштабі часу.

На сьогодні серед критеріїв оцінки ефективності управління регульованих перехресть найбільш важливим вважається середня затримка ТЗ. Серед методів її визначення експериментальні є найбільш точними та досконалими, але і вони мають ряд суттєвих недоліків.

Згідно з одним із відомих експериментальних методів [3] середня транспортна затримка визначається шляхом поділу сумарної транспортної затримки на число транспортних засобів (ТЗ), що в'їхали в контрольовану зону (КЗ) на підході до перехрестя за період вимірювання (рис. 1).

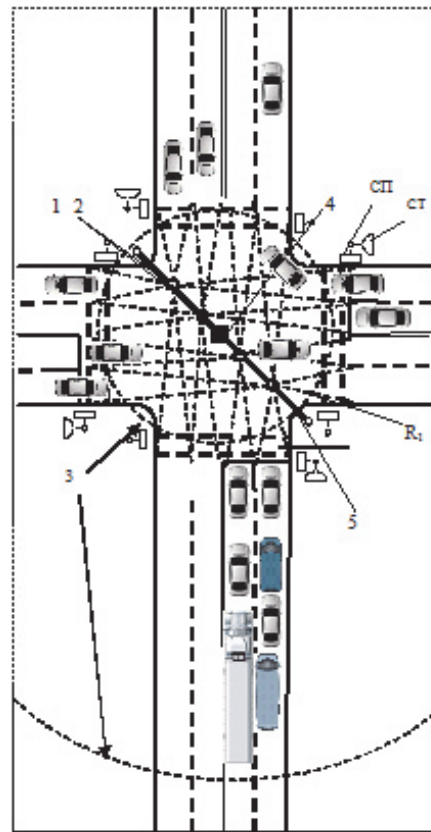


Рис. 1. Розташування елементів виміру транспортних затримок у зоні перехрестя

Сумарна транспортна затримка A визначається, у свою чергу, періодичним з періодом Δt підсумовуванням поточної довжини черги ТЗ в КЗ і дорівнює

$$A = \Delta t \cdot \sum_{i=1}^k l_i, \quad (1)$$

де l_i – поточна довжина черги ТЗ в КЗ; k – число періодів сканування за час виміру, дорівнює $k = T / \Delta t$; де T – період визначення транспортної затримки.

Визначення поточної довжини черги транспортних засобів у контрольованій зоні здійснюється підсумовуванням ТЗ, що в'їжджають у КЗ, і зменшенням отриманої суми на одиницю при сигналі світлофора, що дозволяє рух через інтервали часу розвантаження, які відповідають середньому інтервалу часу між ТЗ при перетинанні ними лінії «Стоп» [3].

Недоліком цього способу і пристрою, що його реалізує, є низька точність визначення транспортних затримок на регульованому перехресті, з огляду на те, що число ТЗ, які

виїжджають з контрольованої зони, визначається не за реальною їх кількістю, а за числом штучних інтервалів часу розвантаження черги, які формуються генератором імпульсів при сигналі світлофора, що дозволяє рух. Це призводить до того, що за ситуації, коли реальна черга ТЗ з будь-яких причин припиняє виїзд КЗ на зелений сигнал світлофора або здійснює роз'їзд ТЗ з швидкістю нижче або вище середньої (встановленого інтервалу часу розвантаження черги в генераторі імпульсів), поточна довжина черги ТЗ в КЗ і сумарні затримки визначаються з помилкою.

Крім того, цей спосіб не дозволяє врахувати ТЗ, що покидають КЗ на заборонні сигнали світлофора (жовтий, жовтий з червоним або навіть на червоний), тобто ТЗ «прориву» на жовтий сигнал світлофора, які не змогли своєчасно зупинитися у «Стоп-лінії» або почали рух на жовтий сигнал світлофора, а можливо, здійснюють поворот управо на заборонний сигнал за наявності знака «зеленої стрілки», що досить часто зустрічається в реальній практиці.

Також недоліком цього способу є і те, що ТЗ, які чекають у черзі на проїзд наліво або направо та лише частково покидають КЗ і якийсь час залишаються нерухомими або поволі рухомими в зоні перехрестя, не підлягають обліку для визначення загальної затримки. Низька точність визначення транспортної затримки обумовлена також великим інтервалом реєстрації черги ТЗ в КЗ (щомиті), що знижує можливість точного обліку ТЗ, що частково перетинають вихідну межу КЗ у момент зменшення довжини черги на одиницю.

Визначення середньої транспортної затримки на один автомобіль за числом ТЗ, що в'їхали в КЗ за період вимірювань, також має недолік, що знижує точність методу, оскільки не всі ТЗ, що в'їхали в КЗ за період вимірювання (наприклад, цикл управління світлофорної сигналізації), можуть покинути її і будуть враховані в розрахунках тільки на такому циклі.

Крім того, відомий спосіб дозволяє визначити середню транспортну затримку ТЗ тільки для однієї смуги руху, що значно знижує його функціональні можливості.

Мета і постановка задачі

В основу запропонованого способу покладено мету – підвищення точності і розширення функціональних можливостей відомого способу при визначенні транспортних затримок на регульованому перехресті.

Суть пропозиції

Згідно із запропонованим способом [4] КЗ формують двома конусними траєкторіями 3 скануючого лазерного променя інфрачервоного діапазону з розгортального пристрою 4, розташованого на арці або консолі 5 над проїжджою частиною перехрестя, як це показано на рис. 1.

Транспортні засоби, що в'їжджають у КЗ і виїжджають з неї по всіх смугах руху на підходах до перехрестя фіксують за допомогою відповідних фотоприймачів 1 і 2 вхідної і вихідної меж окремих смуг, визначають поточну довжину черги ТЗ в КЗ за кожною смугою шляхом підсумовування ТЗ у відповідних лічильниках із затримкою, рівною середньому часу проїзду ТЗ контрольованої зони, і зменшують отриману суму кожного з лічильників відповідної смуги на одиницю при перетинанні заднім бампером ТЗ вихідної межі КЗ, розташованої в перетині «Стоп-лінії» перехрестя.

Кожен період Δt сканування лазерного променя по кожній смузі руху обчислюють сумарну транспортну затримку T за час виміру T_3 шляхом перемножування поточної довжини черги n_{ct} на величину Δt

$$T = \Delta t \cdot \sum_{i=1}^k n_{ct}, \quad (2)$$

де k – число періодів сканування за час виміру, що дорівнює $k = T_3 / \Delta t$; T_3 – час виміру транспортної затримки.

До кінця періоду виміру T_3 транспортної затримки за сигналом «Скид» або за сигналом з певною періодичністю, наприклад, кінця кожного циклу регулювання світлофорної сигналізації $T_{ц}$ обчислюють середню транспортну затримку \bar{t}_j для j -ї смуги руху

$$\bar{t}_j = \Delta t \frac{\sum_{i=1}^k n_{ст_i}}{n_{np_j}}, \quad (3)$$

а потім і середню транспортну затримку \bar{t}_n для всього перехрестя

$$\bar{t}_n = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{t}_j n_{np_j}}{\sum_{j=1}^m n_{np_j}}, \quad (4)$$

де n_{np_j} – число ТЗ, що повністю виїхали з КЗ j -ої смуги руху за час T_3 ; m – число смуг на підходах до перехрестя.

Можливість визначення поточної черги ТЗ по кожній смузі при фіксації ТЗ на вході і виході КЗ за їх задніми бамперами дозволяє враховувати реальне число ТЗ в КЗ та їх сумарні транспортні затримки, поки кожен виїжджаючий транспортний засіб повністю не перетне вихід КЗ. Це, у свою чергу, дозволяє врахувати ТЗ, що покидають КЗ на заборонні сигнали світлофора (жовтий, жовтий з червоним або навіть на червоний), тобто ТЗ «прориву» на жовтий сигнал світлофора, які не змогли своєчасно зупинитися у лінії «Стоп» або почали рух на жовтий сигнал світлофора, що досить часто зустрічається в реальній практиці. Крім того, запропонований спосіб і пристрій для його реалізації дозволяють врахувати ситуації, коли ТЗ, що чекають в черзі на проїзд, лише частково покидають КЗ і якийсь час залишаються нерухомими біля зони лінії «Стоп».

За необхідності визначення середньої затримки на перехресті за триваліший період, ніж час циклу T_n світлофорної сигналізації, можна скористатися ручним способом формування часу виміру за допомогою сигналів «Пуск» і «Скид». При цьому середня затримка на перехресті після кожного циклу світлофорної сигналізації накопичуватиметься у відповідному лічильнику і за сигналом «Пуск» визначатиметься як середнє значення для всього періоду виміру.

Перевагою запропонованого способу також є і те, що його реалізацію можна здійснити одним пристроєм, розташованим у зоні перехрестя, без шкідливих наслідків для навколишнього середовища та водіїв.

Висновки

Транспортна затримка за запропонованим способом визначається з високою частотою дискретизації за реальними значеннями числа ТЗ, що в'їхали і покинули КЗ, за час виміру відповідно до формул (2) і (3). Розглянутий спосіб може бути використаний для підвищення ефективності управління рухом транспорту на регульованому перехресті.

Література

1. Левашев А.Г. Проектирование регулируемых пересечений: учебн. пособие / А.Г. Левашев, А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 208 с.
2. Плешенцев В.С. Диагностирование транспортных потоков федеральной автотрассы «Волга М-7» / В.С. Плешенцев, Е.В. Дмитриева, Д.А. Соцков и др. // Организация и безопасность дорожного движения в больших городах: сб. статей 7-й международной научно-практической конференции – Санкт-Петербург, 21–22 сентября 2006 г.
3. А.с. 1285512 СССР МКИ4 G 08 G 1/065. Способ определения транспортных задержек на регулируемом перекрестке и устройство для его осуществления / В. А. Ем (СССР). – № 3879748/24-24; заявл. 08.04.85; опубл. 23.01.87, Бюл. № 3.
4. Пат. 100660 Україна, МКИ⁴ G 08 G 1/09. Спосіб визначення транспортних затримок на регульованому перехресті та пристрій для його здійснення / А.І. Левтеров, О.В. Денисенко, А.М. Ярута; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № у 2011 01931; заявл. 18.02.11; опубл. 10.01.13, Бюл. №1.

Рецензент: Є.М. Гецович, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 20 березня 2013 р.