



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **118404** (13) **C2**
(51) МПК
G08G 1/09 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2017 04397</p> <p>(22) Дата подання заявки: 03.05.2017</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.01.2019</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 10.11.2017, Бюл.№ 21</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.01.2019, Бюл.№ 1</p>	<p>(72) Винахідник(и): Денисенко Олег Васильович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA), Денисенко Олег Васильович, пр. Московський, 202, кв. 21, м. Харків, 61082 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 108114 U, 11.07.2016 UA a201508642, 11.07.2016 UA 112487 C2, 12.09.2016 UA a201501826, 10.08.2015 EP 2204788 A1, 07.07.2010 US 2013304365A1, 14.11.2013 CN 205158639 U, 13.04.2016 CN 103632554 A, 12.03.2014</p>
---	---

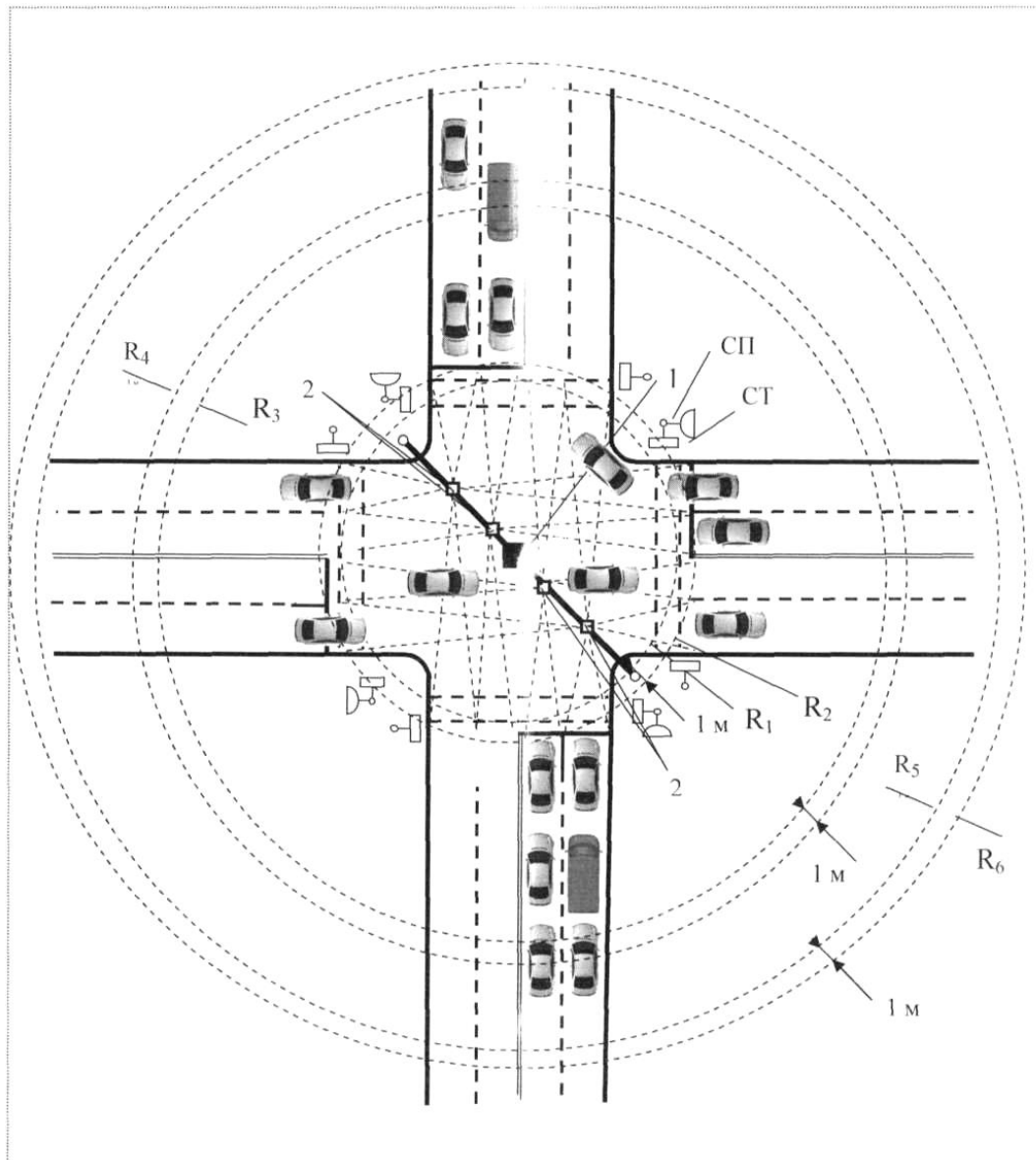
(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОШЕННЯ ГРУПИ ПРИБУТТЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДО ЧАСТКИ ЗЕЛЕНОГО СИГНАЛУ НА РЕГУЛЬОВАНОМУ ПЕРЕХРЕСТІ

(57) Реферат:

Спосіб визначення відношення групи прибуття транспортних засобів до частки зеленого сигналу, належить до систем регулювання дорожнього руху (ДР) і може бути використаний при розробці агрегатної системи засобів керування ДР, при розробці АСУ-ДР, в системах інформаційного забезпечення перехресть ВДМ. Спосіб оснований на скануванні трьома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя з точки над його геометричним центром конусним видом розгортки, причому промені формуються зі зміщенням на третину періоду по колу розгортки, а кути нахилу оптичних осей кожного променя змінюють по черзі у реперній точці через кожен період сканування так, щоб радіус другого концентричного кола для кожного променя зменшувався на певну задану величину, що дозволяє чітко визначити момент в'їзду, швидкість, прискорення, довжину, тип, кількість і послідовність транспортних засобів, що реально в'їхали в першу і другу контрольовані зони по кожній смузі руху за період вимірювань, при цьому відстань між вхідною і вихідною межами першої контрольованої зони відповідає максимальному з можливих зупинному шляху різного типу ТЗ, а межі другої контрольованої зони вибирати за такої умови, щоб вона перевищувала найбільш можливу чергу ТЗ, яка може збиратися по одній зі смуг руху на сигнал світлофора, що забороняє дорожній рух. Тривалість основного такту визначається моментом закінчення роз'їзду найбільшої за часом черги по смугах руху в даній фазі регулювання, який формується за моментом перетинання заднім бампером останнього в черзі ТЗ однієї з ліній сканування в зоні стоп-лінії за умови, що на цей момент першу контрольовану зону повністю залишать всі ТЗ, а в іншому випадку кінець основного такту формується по максимально фіксованому заздалегідь значенню, а відношення групи прибуття визначається як відношення частки автомобілів, що прибувають. За допомогою

UA 118404 C2

запропонованого способу досягається підвищення ефективності керування рухом транспорту на регульованих перехрестях на зеленому сигналі, до частки зеленого сигналу.



Фіг. 1

Винахід належить до систем регулювання дорожнього руху (ДР) і може бути використаний при розробці агрегатної системи засобів управління ДР, при розробці АСУ-ДР, в системах інформаційного забезпечення завантаження перехресть ВДМ, а також для підвищення ефективності керування рухом транспортних засобів (ТЗ) на регульованих перехрестях.

5 Цей спосіб може бути використаний для одночасного визначення основних параметрів транспортних потоків (ТП): моменту проїзду ТЗ контрольованої зони (КЗ) та перехрестя в цілому, швидкості, типу і напрямку руху ТЗ, їх інтенсивності руху по кожній смузі за будь-який проміжок часу, інтервалів рухів між ТЗ, їх затримки, тривалості проміжних (ПТ) та основних тактів (ОТ) в кожній фазі, циклу світлофорного регулювання (СР), а також типу прибуття 10 транспортного потоку на регульоване перехрестя та відношення групи прибуття.

Відомий спосіб визначення типу прибуття транспортного потоку до регульованого перехрестя, оснований на скануванні одночасно трьома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя з точки над його геометричним центром конусним видом розгортки, причому оптична вісь одного з положень розгортки першого променя вибирається так, щоб він 15 описував коло на проїжджій частині перехрестя в області стоп-ліній всіх його підходів, а друге положення розгортки відповідало відхиленню лазерного променя, при якому радіус другого концентричного кола на поверхні проїзної частини зменшується на певну задану величину, при цьому зміна положень розгортки здійснюється з високою швидкістю по черзі через кожен період сканування.

20 Другий оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням на 120° по колу розгортки і формує вхідну межу першої КЗ. Цей промінь, як і перший, за допомогою відповідного дискретного сканістора на кожному наступному періоді сканування змінює одну оптичну вісь розгортки (з радіусом кола R_3 на проїжджій частині перехрестя) на іншу (з радіусом кола R_4) і формує два концентричних кола з різницею радіусів $R_4 - R_3 = 1$ м.

25 Третій оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням відносно до другого ще на 120° по колу розгортки і формує вхідну межу другої КЗ. Цей промінь, як і обидва інші, за допомогою відповідного дискретного сканістора на кожному наступному періоді сканування змінює одну оптичну вісь розгортки (з радіусом кола R_5 на проїжджій частині перехрестя) на іншу (з радіусом кола R_6) і формує два концентричних кола з різницею радіусів $R_6 - R_5 = 1$ м.

30 Оптичні фотоприймачі в процесі розгортки лазерних променів по одному з кіл на входах і виходах КЗ послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різних смугах руху як на підходах, так і на виходах перехрестя.

Фіксацію 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 35 зміною оптичної осі лазерного променя (з радіуса R_3 на R_4 і навпаки та з R_5 на R_6) визначається момент в'їзду, швидкість, довжина, тип, кількість і послідовність ТЗ, що реально в'їхали в КЗ по кожній смузі руху за період вимірювань. Радіус R_3 , що формує вхідну межу першої КЗ, вибирають за такої умови, щоб відстань між R_3 та R_1 відповідала (з урахуванням реальної відстані, на якій водій реагує на зміну сигналу світлофора) максимальному з можливих 40 зупиночному шляху (ЗШ) різного типу ТЗ, що перетинають вхідну межу першої КЗ з максимально дозволеною швидкістю (60 км/год.).

Наявність подвійного сканування на вході першої КЗ дає можливість точно визначити тип ТЗ, склад ТП та кількість ТЗ n_j у черзі по кожній j-й смузі руху на підходах до перехрестя на момент зміни сигналу світлофора на зелений або на момент початку руху перших у черзі ТЗ. 45 Крім того, це дозволяє визначити швидкість ТЗ на вході в першу КЗ на момент зміни сигналу світлофора з зеленого на жовтий і по швидкості та типу ТЗ розрахувати його ЗШ та в кінцевому рахунку прийняти рішення про завершення ПТ.

Подвійне сканування першим променем в зоні стоп-ліній дає змогу визначити тип, точний час та кількість ТЗ, які покинули КЗ по кожній зі смуг руху на зелений сигнал світлофора, а 50 значить, визначити наявність ТЗ по окремих смугах в КЗ на момент зміни зеленого сигналу світлофора на жовтий. За результатами сканування першим променем також визначають кількість та тип ТЗ по кожній смузі, що не встигли (не змогли) покинути зону самого перехрестя на зелений сигнал світлофора, тобто не здійснили перетинання зони сканування (R_1, R_2) по смугах руху на виході з перехрестя.

55 Момент перетинання переднім бампером ТЗ лінії сканування з радіусом R_1 приймається як кінець ПТ цієї фази, але за умови перевірки можливості появи на вході в першу КЗ нового ТЗ, зупинний шлях якого перевищує довжину КЗ. Це можливо за умови, якщо на момент включення

жовтого сигналу (початку ПТ) вхідну межу першої КЗ буде перетинати ТЗ зі швидкістю, що перевищує дозволена (більше 60 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 ПТ також визначається по моменту перетинання лінії сканування з радіусом R_1 переднього бампера останнього ТЗ, що покидає зону перехрестя.

Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в другу КЗ, здійснюють по їх задніх бамперах при пересіченні одного з кіл (наприклад R^5), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної осі лазерного променя визначається момент в'їзду, швидкість, довжина, тип, кількість і послідовність ТЗ, що реально в'їхали в другу КЗ по кожній смузі руху за період вимірювань. Радіус R^5 , що формує вхідну межу другої КЗ, вибирається за умови, щоб він перевищував найбільш можливу чергу ТЗ, яка може збиратися по одній зі смуг руху на сигнал світлофору, що забороняє дорожній рух.

За інформацією про довжину, тип та час пересування ТЗ на вході в другу КЗ послідовно визначають реальні значення коефіцієнтів приведення до легкового автомобілю, а також склад та довжину черги ТЗ, що збираються перед стоп-лінією на червоний сигнал світлофора по кожній смузі руху як у фізичних, так і у приведених одиницях.

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

Далі протягом кожного циклу регулювання послідовно в кожній фазі визначають кількість ТЗ, що прибуває за кожним напрямом в другу КЗ на зелений сигнал світлофора та за час циклу регулювання, розраховують їх відношення, як частку ТЗ, що прибуває за кожним напрямом, та долю зеленого сигналу, як відношення часу ОТ у даній фазі регулювання до часу дії циклу регулювання, потім визначають величину відношення долі ТЗ, що прибуває за кожним напрямом на зелений сигнал до долі зеленого сигналу в даній фазі і за цим значенням визначають тип прибуття ТП до регульованого перехрестя (Патент на корисну модель № 108114 від 11.07.2016, бюл. 8/2016). Цей спосіб є найбільш близьким до способу, що заявляється, і тому обраний в якості найближчого аналога.

Недоліком цього способу є невисока точність визначення окремих параметрів руху ТЗ та тривалості елементів циклу СС. Пов'язано це з тим, що існуючий спосіб не враховує режими прискорення та уповільнення ТЗ при русі через КЗ та зону перехрестя, що впливає на точність визначення довжини ТЗ, їх типу, коефіцієнтів приведення до легкового автомобіля, потоків насичення по смугах руху, зупиночного шляху (ЗШ) різного типу ТЗ, що в кінцевому рахунку знижує точність визначення оптимальних параметрів циклу світлофорного регулювання, тип прибуття транспортного потоку до регульованого перехрестя та відношення групи прибуття.

В основу запропонованого способу поставлена мета підвищення точності визначення тривалості тактів та самого циклу світлофорного регулювання, типу прибуття транспортного потоку до регульованого перехрестя та відношення групи прибуття.

Крім того, більш точне визначення типу прибуття ТП дозволить підвищити точність визначення якості прогресії, під якою розуміють, наскільки щільним ТП автомобілів прибуває по різних напрямках з попередніх регульованих перехресть до перехрестя, що розглядається. А це, в свою чергу, дозволяє правильно вибрати тип керування перехрестям, підвищити ефективність його функціонування, більш ефективно визначати затримки ТЗ та рівень обслуговування на перехресті.

Поставлена задача вирішується тим, що в основу запропонованого способу покладено конусне покрокове сканування одночасно трьома вузькопрямованими лазерними променями інфрачервоного діапазону тимчасово всіх підходів і виходів перехрестя, що дає можливість сформулювати вхідні і вихідні межі двох КЗ та забезпечити визначення комплексу вищевказаних параметрів ТП по кожній смузі руху, основні, проміжні такти, цикл СР, відношення групи прибуття та тип прибуття транспортного потоку до регульованого перехрестя в залежності від результатів сканування з урахуванням режимів прискорення та уповільнення ТЗ в зонах впливу всього перехрестя.

На Фіг. 1 представлена схема, яка розкриває основні відмінні особливості запропонованого способу і послідовність його дій.

Відповідно до запропонованого способу, розгортка лазерного променя здійснюється скануючим блоком 1, який розташовується над перехрестям на спеціальному кронштейні в

точці, що відповідає геометричному центру перехрестя. У скануючому блоці, залежно від висоти його розміщення, одну з оптичних осей розгортки підбирають так, щоб перший лазерний промінь описував конусну поверхню з колом на проїжджій частині перехрестя (R_1) в області "стоп-ліній" всіх його підходів. До складу скануючого блока входить оптичний відхиляючий пристрій (дискретний сканістор), який забезпечує відхилення осі першого лазерного променя в необхідне друге положення, при якому радіус кола (R_2) на поверхні проїзної частини зменшується на задану величину (наприклад, на 1 м). Таким чином, блок сканування на кожному наступному періоді сканування змінює розгортку першого лазерного променя з однієї оптичної осі на іншу та описує в зоні стоп-ліній на поверхні перехрестя два концентричні кола з різницею радіусів ($R_2 - R_1 = 1\text{ м}$) та формує вихідну межу КЗ.

Другий оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням на 120° по колу розгортки (див. Фіг. 2) і формує вхідну межу першої КЗ.

Цей промінь, як і перший, за допомогою відповідного дискретного сканістора 5_2 на кожному наступному періоді сканування змінює одну оптичну вісь розгортки (з радіусом кола R_3 на проїжджій частині перехрестя) на іншу (з радіусом кола R_4) і формує два концентричних кола з різницею радіусів $R_4 - R_3 = 1$ м.

Третій оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням відносно до другого ще на 120° по колу розгортки (див. Фіг. 2) і формує вхідну межу другої КЗ. Цей промінь, як і обидва інші, за допомогою відповідного дискретного сканістора 5_3 на кожному наступному періоді сканування змінює одну оптичну вісь розгортки (з радіусом кола R_5 на проїжджій частині перехрестя) на іншу (з радіусом кола R_6) і формує два концентричних кола також з різницею радіусів $R_6 - R_5 = 1$ м.

Оптичні фотоприймачі 2 (ФП_i) в процесі розгортки лазерних променів 8_1 , 8_2 та 8_3 по одному з кіл на входах і виходах КЗ послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різних смугах руху як на підходах, так і на виходах перехрестя.

Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в обидві КЗ, здійснюють по їх передніх бамперах при перетинанні одного з кіл (R_6 або R_4), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної осі лазерного променя (з радіуса R_3 на R_4 і з R_5 на R_6 та навпаки) визначаються моменти в'їзду, кількість і послідовність ТЗ, що реально в'їхали в КЗ по кожній смузі руху за період вимірювань.

Швидкість ТЗ, що послідовно своїм переднім бампером перетинають лінії сканування R_4 та R_3 (або R_6 та R_5) визначають на дистанції 1 м і фіксують як значення V_1' та V_2' . Потім фіксуються швидкості V_1'' та V_2'' цих же ТЗ при перетині відповідних ліній сканування (R_4 та R_3 або R_6 та R_5) їх задніми бамперами.

Довжина ℓ_{T3}^{T3} з урахуванням уповільнення

$$a = \frac{\ell_{T3}^{T3}}{t_{T3}}, \quad (1)$$

де t_{T3} - час проїзду ТЗ лінії сканування R_3 (або R_5), відповідно, спочатку переднім, а потім заднім бампером, визначається як

$$\ell_{T3} = a \cdot t_{T3}. \quad (2)$$

За значенням ℓ_{T3} у подальшому визначається тип ТЗ, який по кожній смузі руху перетинає вхідні кордони кожної КЗ.

Радіус R_3 , що формує вхідну межу першої КЗ, вибирають за такої умови, щоб відстань між R_3 та R_1 відповідала (з урахуванням реальної відстані, на якій водій реагує на зміну сигналу світлофора) максимальному з можливих зупинному шляху (ЗШ) різного типу ТЗ, що перетинають вхідну межу першої КЗ з максимально дозволеною швидкістю (60 км./год.).

Наявність подвійного сканування (R_3, R_4) на вході першої КЗ дає можливість точно визначити тип ТЗ, склад ТП та кількість ТЗ m_j у черзі по кожній j-й смузі руху на підходах до перехрестя на момент зміни сигналу світлофора на зелений або на момент початку руху перших у черзі ТЗ. Крім того, це дозволяє визначити швидкість та уповільнення ТЗ на вході в першу КЗ на момент зміни сигналу світлофора з зеленого на жовтий і по швидкості та типу ТЗ

розрахувати його ЗШ та в кінцевому рахунку по уповільненню на входах в першу та другу КЗ прийняти рішення про завершення ПТ

$$\ell_{зш} = \ell_{рк} + \ell_{гш} = V \cdot t_{рк} + \frac{V^2}{2g(\varphi + f \pm \lambda)}, \quad (3)$$

де $\ell_{рк}$ - шлях, що пройде ТЗ за час реакції водія $t_{рк}$ на зміну сигналів світлофора; $\ell_{гш}$ - 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 (R_1, R_2) в зоні стоп-лінії (на виході з першої та другої КЗ) дає змогу визначити швидкість, прискорення, тип, точний час та кількість ТЗ, які покинули КЗ по кожній зі смуг руху на зелений сигнал світлофора, а значить, визначити наявність ТЗ по окремих смугах в КЗ на момент зміни зеленого сигналу світлофора на жовтий. За результатами сканування першим променем також визначають кількість та тип ТЗ по кожній смузі, що не встигли (не змогли) покинути зону самого перехрестя на зелений сигнал світлофора, тобто не здійснили перетинання зони сканування (R_1, R_2) по смугам руху на виході з перехрестя. Це можливо у випадку, коли лівоповоротні ТЗ в зоні перехрестя очікують проїзду прямого зустрічного транспорту, а правоповоротні ТЗ - завершення переходу 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 здійснювати за моментами, коли останній ТЗ, що знаходився в зоні перехрестя, почне перетинати своїм переднім бампером одну з ліній сканування (наприклад, R_1) по смугах руху на виході з перехрестя. Це дає гарантію, що останній ТЗ досяг або минув дальню конфліктну точку (ДКТ) цього ПТ і за умови наявності інформації про його довжину, практично вже залишив зону перехрестя.

Момент перетинання своїм переднім бампером лінії сканування з радіусом R_1 приймається як кінець ПТ цієї фази, але за умови перевірки можливості появи на вході в першу КЗ нового ТЗ, зупинний шлях якого перевищує довжину КЗ.

Це можливо за умови, якщо на момент включення жовтого сигналу (початку ПТ) вхідну межу першої КЗ буде перетинати ТЗ зі швидкістю, що перевищує дозволена (більше 60 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 за моментом перетину заднім бампером ТЗ ДКТ з урахуванням часу проїзду від стоп-лінії до ДКТ автомобіля, що починає рух у наступній фазі [Кременец Ю.А., Печерський М.П., Афанасьев М.Б. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов. - М.: ИКЦ "Академкнига", 2005, с. 56.]

$$t_{гш} = t_{рк} + t_{гш} + t_i - t_{i+1}, \quad (4)$$

де $t_{рк}$ - час реакції водія на зміну сигналу світлофора; $t_{гш}$ - час, необхідний ТЗ для проїзду $\ell_{гш}$; t_i - час руху ТЗ до ДКТ; t_{i+1} - час руху від стоп-лінії до ДКТ автомобіля, що починає рух у наступній фазі.

З урахуванням усіх складових (4) формулу для визначення часу дії ПТ для цього випадку можна надати у наступному вигляді

$$t_{гш} = t_{рк} + \frac{V_{a1}}{7,2 \cdot a_T} + 3,6 \frac{V_{a1}}{V_{a1}} - 3,6 \frac{\ell_{ДКТ}}{V_{a2}} \quad (5)$$

де V_{a1} - середня швидкість ТЗ при русі на підході до перехрестя та в зоні перехрестя без гальмування; a - середнє уповільнення ТЗ при включенні сигналу, що забороняє рух; ℓ_i - відстань від стоп-лінії до ДКТ; ℓ_a - довжина ТЗ; $\ell_{ДКТ}$ - відстань від стоп-лінії до ДКТ для ТЗ, що починає рух у наступній фазі; V_{a2} - середня швидкість ТЗ, що починає рух у наступній фазі.

Така послідовність дій по визначенню часу дії ПТ у багатьох випадках дозволяє скоротити його тривалість, оскільки дозволяє більш точно врахувати ті ТЗ, що реально мають змогу зупинитися у стоп-лінії, навіть у випадку, якщо на момент початку ПТ вони вже перетнули вхідні межі першої КЗ. Визначення часу дії ПТ по реальних значеннях виміру параметрів руху конкретних ТЗ, а не по загальноприйнятих спрощених формулах, також дозволяє більш точно визначити ПТ та взагалі скоротити втрачений час у циклі регулювання.

Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в другу КЗ, здійснюють по їх задніх бамперах при перетинанні одного з кіл (наприклад R_5), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної осі лазерного променя (з радіуса R_5 на R_6 і навпаки) визначається момент в'їзду, швидкість, уповільнення (прискорення), довжина, тип, кількість і послідовність ТЗ, що реально 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 збиратися по одній зі смуг руху на сигнал світлофора, що забороняє дорожній рух.

Це дає можливість достатньо точно визначити кількість ТЗ N_j у черзі по кожній j-й смузі руху на підходах до перехрестя на момент зміни сигналу світлофора на зелений або на момент початку руху перших у черзі ТЗ.

Інформація про швидкість, уповільнення, довжину, тип та час пересування ТЗ на вході в другу КЗ дозволяє більш точно послідовно визначити реальні значення коефіцієнтів приведення до легкового автомобілю $K_{ПРi}$ як відношення величини середнього значення часового інтервалу $t_{ві}$ проїзду КЗ конкретним типом ТЗ до величини середнього значення часового інтервалу $t_{лі}$ проїзду цієї зони легковим автомобілем:

$$K_{ПРi} = t_{ві} / t_{лі} \quad (6)$$

Вимірювання такого комплексу параметрів в зоні перехрестя дозволяє також визначити склад та довжину черги ТЗ, що збираються перед стоп-лінією на червоний сигнал світлофора по кожній смузі руху як у фізичних, так і у приведених одиницях:

$$N_{ПРj} = K_{ПР1} N_1 + K_{ПР2} N_2 + \dots + K_{ПРi} N_i \quad (7)$$

де $N_{ПРj}$ - кількість ТЗ у приведених до легкового автомобіля одиницях по j-й смузі руху;

N_i - число ТЗ типу i у черзі по j-й смузі руху;

$K_{ПРi}$ - коефіцієнт приведення ТЗ типу i до легкового автомобіля.

Все це дає можливість підвищити точність спочатку розрахунків, а потім, за результатами сканування виходу КЗ першим променем (у зоні стоп-лінії), визначення точного часу роз'їзду цих черг по кожній смузі на "зелений" сигнал світлофора і, таким чином, тривалість кожного ОТ.

Тривалість ОТ T_{oi} i-фази визначається моментом закінчення роз'їзду найбільшої за часом черги по смугах руху в даній фазі регулювання. Фіксація кінця ОТ здійснюється за моментом перетинання заднім бампером останнього в черзі ТЗ лінії сканування з радіусом R_1 за умови, що на цей момент першу КЗ або повністю залишать всі ТЗ, або при появі на вході в першу КЗ окремих ТЗ, які за результатами виміру параметрів руху мають ЗШ менший, ніж довжина цієї КЗ. В іншому випадку кінець ОТ формується по максимально фіксованому заздалегідь значенню.

Тривалість циклу $T_{ц}$ СР за результатами сканування визначається як сукупність основних та проміжних $T_{пi}$ тактів всіх фаз

$$T_{ц} = \sum_{i=1}^P T_{oi} + \sum_{i=1}^P T_{пi} \quad (8)$$

де R_{oi} визначається величина відношення групи прибуття:

де R_p - відношення групи прибуття;

P - частка ТЗ, що прибуває до перехрестя за даним напрямком (смугою руху) на відповідний T_{oi} зелений сигнал світлофора;

$R_{oi} / T_{ц}$ - частка зеленого сигналу.

Параметр $P = N_3 / N_{ц}$ визначається в ході виміру основних елементів циклу світлофорного

регулювання, як відношення кількості ТЗ, що прибуває до перехрестя за даним напрямком

(смугою руху) на відповідний T_{oi} зелений сигнал світлофора до кількості ТЗ, що прибуває за даним напрямком за час T_c ...

Значення N_3 та N_c фіксуються за моментами початку і кінця відповідних T_{oi} та T_c по задніх бамперах ТЗ, що за вказаний час повністю перетнули вхідну межу другої КЗ (коло з радіусом R_5).

Таким чином, оперативне визначення реальних параметрів руху (швидкості, прискорення, типу та габаритів) окремих видів ТЗ, довжини черги, реальних значень частки ТЗ, що прибуває до перехрестя за даним напрямком (смугою руху) на відповідний T_{oi} зелений сигнал світлофора, часу дії ОТ, ОП та циклу СР за інформацією про прискорення (уповільнення) ТЗ на кордонах КЗ підвищує точність при визначенні оптимальних параметрів поточних значень елементів світлофорного циклу. Це дає змогу більш точно визначити тип прибуття ТЗ до перехрестя і, відповідно, затримку та рівень обслуговування.

На Фіг. 2 надана спрощена структурна схема пристрою, що розкриває основні відмінні риси запропонованого способу.

Скануючий блок 1 має у своєму складі лазерний випромінювач 3 вузькоспрямованого інфрачервоного променя і вузол розгортки 4, які формують трипроменеве конусне покровове сканування зони перехрестя за допомогою оптичних відхиляючих пристроїв 5₁, 5₂ та 5₃ (дискретних сканісторів). Зміна положень кутів розгортки променів θ_1 , θ_2 та θ_3 здійснюється в реперній точці по черзі на кожному періоді сканування сигналом, що надходить з реперного фотоприймача 2 (ФП₀) на входи дискретних сканісторів 5₁, 5₂ та 5₃.

Три оптичні промені θ_1 , θ_2 та θ_3 формуються вузлом розгортки зі зміщенням на третину періоду (120°), що дає змогу фіксувати кожний з них у реперній точці і чітко розпізнавати відбиті від ТЗ сигнали на входах і виходах з КЗ та перехресті в цілому.

Зміна і чергування кутів нахилу розгортки (з R_1 на R_2 , з R_3 на R_4 та з R_5 на R_6 або навпаки) необхідна для однозначного визначення положення ТЗ щодо кіл сканування, швидкості, прискорення, типу і напрямку руху ТЗ в КЗ і зоні перехрестя по кожній смузі руху.

Оптичні фотоприймачі 2 (ФП_i) в процесі розгортки третього θ_3 та другого θ_2 лазерних променів по одному з кіл послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різних смугах руху на входах в першу та другу КЗ. При цьому, почергова з високою швидкістю зміни радіусів сканування (з R_3 на R_4 та з R_5 на R_6 або навпаки) дозволяє точно визначити час переміщень ТЗ на дистанції ($R_4 - R_3$ та $R_6 - R_5$), швидкість, прискорення, тип та кількість ТЗ, що в'їжджають в КЗ по кожній смузі руху в даному циклі регулювання.

В процесі розгортки першого θ_1 лазерного променя на дистанції ($R_2 - R_1$) на виході з КЗ (у зоні стоп-ліній) послідовно визначають швидкість, прискорення, довжину, тип та кількість ТЗ, напрямки їх руху, коефіцієнти приведення ТЗ до легкового автомобіля, число m_j приведених транспортних одиниць у кожній черзі, інтервали та інтенсивності по кожній смузі за будь-яке фіксоване значення часу. Розгортка лазерного променя θ_1 на виході з зони перехрестя дозволяє визначити кількість, тип та інші параметри руху ТЗ, що покинули зону перехрестя по різних напрямках у цей же такт регулювання.

Фотоприймачі 2, направлені на вхідні смуги руху, сприймають послідовно відбиті сигнали першого θ_1 , другого θ_2 і третього θ_3 лазерних променів з часовою затримкою на третину періоду сканування, що дає можливість окремого розпізнавання сигналів різних променів.

Перетворювач 6 сигналу кожного ФП_i відповідної смуги руху перетворює сигнали в імпульсно-цифрові коди, які вводяться в обчислювальний пристрій 7, де далі визначаються всі необхідні параметри за будь-який час виміру (за час тривалості ОТ або ПТ та циклу світлофорного регулювання). Для цього сигнали зміни елементів циклу світлофорного регулювання з виходу світлофорного об'єкта 9 подаються на відповідний вхід обчислювального пристрою 7.

Сигнали з виходу реперного фотоприймача 2 (ФП₀) через перетворювач 6₀ подаються на відповідні входи дискретних сканісторів 5₁, 5₂ та 5₃ та обчислювального пристрою 7 для чіткого визначення положення кожного променя за смугами руху відносно реперної точки.

Обчислювальний пристрій 7 протягом 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 обчислювальний пристрій 7 закладено алгоритм та деякі константи для розрахунку ЗШ різного типу ТЗ, за якими визначається можливість повного гальмування ТЗ до стоп-лінії, відстань та час проїзду до ДКТ для кожної смуги руху у різних фазах регулювання, зберігається інформація про коефіцієнти приведення, склад ТЗ та поточні значення черг по смугах руху, тоді

з'являється можливість визначення не тільки усіх перелічених вище параметрів, але і моментів завершення ОТ для різних умов руху ТП на перехресті, долю ТЗ, що прибуває до перехрестя за даним напрямком (смугами руху) на відповідний T_{oi} зелений сигнал світлофора, відношення групи прибуття та тип прибуття ТП до регульованого перехрестя.

5 Таким чином, запропонований спосіб дає можливість одержати найбільш повний комплекс інформації для контролю, підвищення точності і подальшого оперативного (в реальному масштабі часу) визначення часу дії ОТ, ПТ, циклу регулювання та управління рухом на перехресті, відношення групи прибуття та типу прибуття ТЗ до перехрестя.

10 Перевагою запропонованого способу також є те, що його реалізацію можна здійснити одним загальним пристроєм, розташованим в зоні перехрестя, який одночасно дає змогу визначити ряд інших параметрів руху ТП.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

15 Спосіб визначення відношення групи прибуття транспортних засобів до частки зеленого сигналу в зоні регульованого перехрестя, оснований на скануванні одночасно трьома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя з точки над його геометричним центром конусним видом розгортки, причому оптична вісь одного з положень розгортки першого променя вибирається так, щоб він описував коло на проїжджій частині перехрестя в області

20 стоп-ліній всіх його підходів, а друге положення розгортки відповідало відхиленню лазерного променя, при якому радіус другого концентричного кола на поверхні проїзної частини зменшується на певну задану величину, при цьому зміну положень розгортки здійснюють з високою швидкістю по черзі через кожен період сканування, а другий промінь розгортки формують зі зміщенням на третину періоду по колу розгортки та зі зміною кута нахилу оптичної

25 осі променя, як і першого, по черзі у реперній точці через кожен період сканування так, щоб радіус другого концентричного кола на вході першої контрольованої зони зменшувався на певну задану величину, третій оптичний промінь лазерної розгортки формують зі зміщенням відносно до другого ще на третину періоду по колу розгортки, а кути нахилу оптичних осей третього променя, як і двох перших, змінюють по черзі у реперній точці через кожен період сканування

30 так, щоб радіус другого концентричного кола на вході другої контрольованої зони зменшувався на певну задану величину, при цьому відстань між вхідною і вихідною межами другої контрольованої зони вибирають за умови, щоб вона перевищувала найбільш можливу чергу транспортних засобів, яка може збиратися по одній зі смуг руху на сигнал світлофора, що забороняє дорожній рух, подальшому прийому відображених оптичних сигналів

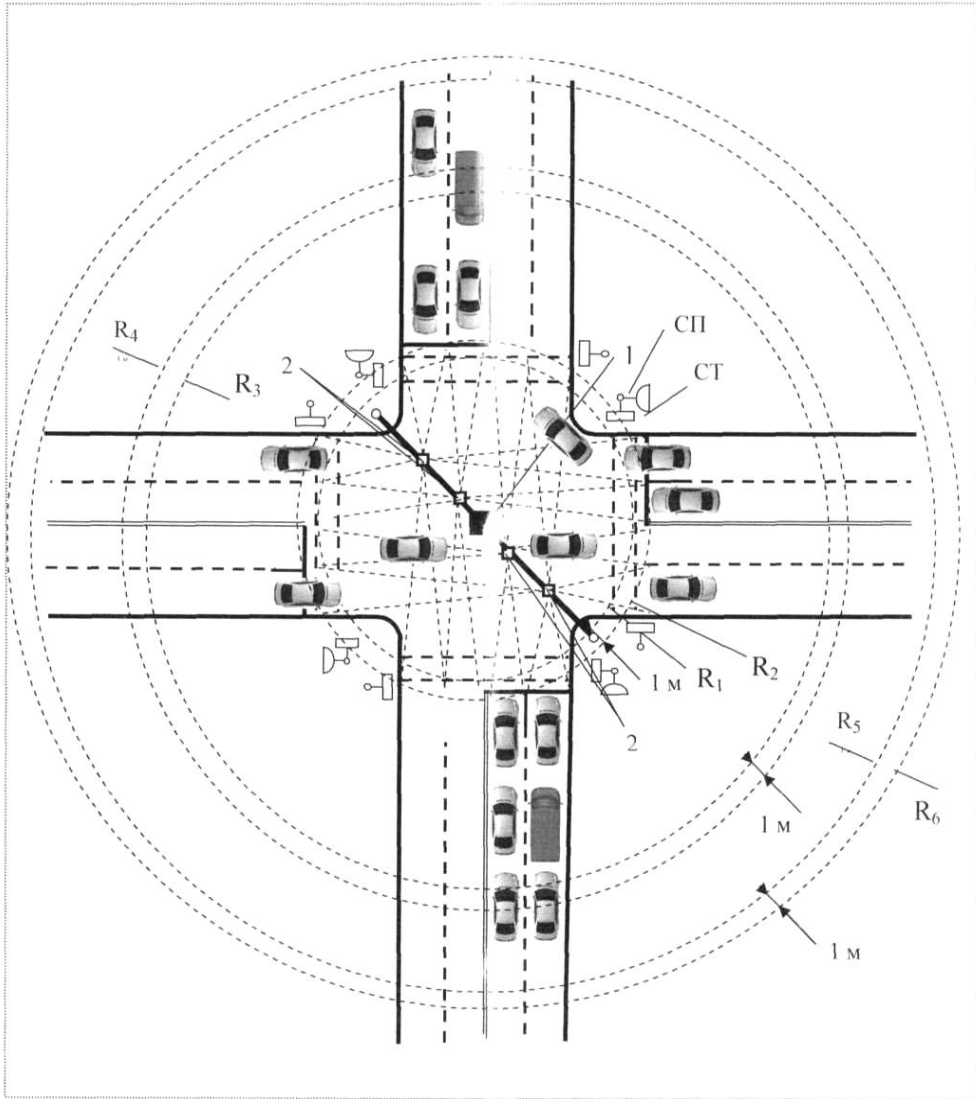
35 фотоприймачами і надалі перетворенні цих сигналів в імпульсно-числові коди, за якими визначаються швидкість, тип та час пересування транспортних засобів на входах і виходах обох контрольованих зон, напрямки їх руху по смугах, кількість транспортних засобів у черзі у фізичних та приведених одиницях, значення зупинного шляху різного типу транспортних засобів, час пересування черги зони стоп-ліній по всіх смугах руху упродовж окремих тактів

40 одного циклу світлофорного регулювання, а потім наявність транспортних засобів по окремих смугах в першій контрольованій зоні та в зоні самого перехрестя на момент початку проміжного такту, а момент закінчення проміжного такту формують за моментами, коли останній транспортний засіб, що знаходився в зоні перехрестя, почне перетинати своїм переднім бампером одну з ліній сканування першого променя по смугах руху на виході з перехрестя, а

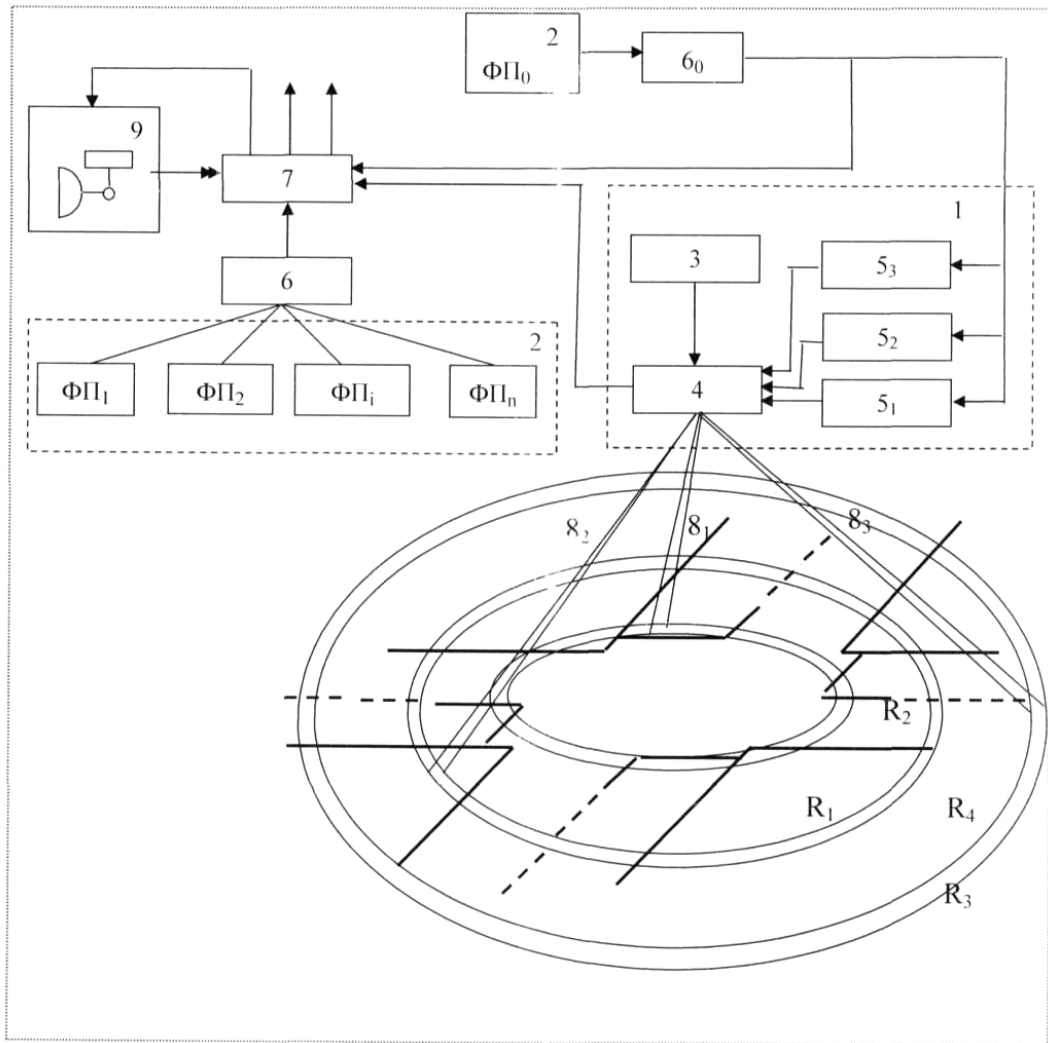
45 тривалість циклу регулювання визначають як сукупність основних та проміжних тактів всіх фаз, при цьому протягом кожного циклу регулювання послідовно в кожній фазі визначають кількість транспортних засобів, що прибувають за кожним напрямом в другу контрольовану зону на зелений сигнал світлофора та за час циклу регулювання, розраховують їх відношення, як частку транспортних засобів, що прибувають за кожним напрямом, та частку зеленого сигналу, як відношення часу основного такту у даній фазі регулювання до часу дії циклу регулювання, потім визначають величину відношення частки транспортних засобів, що прибувають за кожним напрямом на зелений сигнал до частки зеленого сигналу в даній фазі і за цим значенням визначають відношення групи прибуття, який **відрізняється** тим, що на входах і виходах

50 контрольованих зон визначають прискорення (уповільнення) кожного транспортного засобу і по швидкості та часу перетинання кордонів контрольованих зон спочатку їх передніми, а потім задніми бамперами послідовно визначають довжину, тип транспортного засобу, його зупинний шлях, час дії основних та проміжних тактів з урахуванням часу проїзду дальніх конфліктних точок тих транспортних засобів, які на момент початку проміжного такту здійснювали перетин

55 вхідних ліній сканування першої контрольованої зони.



Фиг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601