



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 115168

(13) C2

(51) МПК

G08G 1/09 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2015 08642

(22) Дата подання заявки: 07.09.2015

(24) Дата, з якої є чинними  
права на винахід: 25.09.2017

(41) Публікація відомостей  
про заявку: 11.07.2016, Бюл.№ 13

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: 25.09.2017, Бюл.№ 18

(72) Винахідник(и):

Денисенко Олег Васильович (UA)

(73) Власник(и):

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ  
УНІВЕРСИТЕТ,

вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002  
(UA),

Денисенко Олег Васильович,  
пр. Московський, 202, кв. 21, м. Харків,  
61082 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги  
експертизою:

UA a201501826, 02.03.2015

UA 105123, 10.04.2014

WO2011113022 A1, 15.09.2011

US 2005105773 A1, 19.05.2005

EP 2204788 A1, 07.07.2010

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ПРИБУТТЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ ДО РЕГУЛЬОВАНОГО ПЕРЕХРЕСТЯ

### (57) Реферат:

Спосіб визначення типу прибуття транспортного потоку до регульованого перехрестя 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, а також для підвищення ефективності керування рухом транспорту на регульованих перехрестях. Спосіб заснований 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, 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 зупиночному шляху різного типу ТЗ, а межі другої контрольованої зони вибирають за такої умови, щоб вона перевищувала найбільш можливу чергу ТЗ, яка може збиратися по одній із смуг руху на сигнал світлофору, 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 по моменту перетинання заднім бампером останнього в черзі ТЗ однієї з ліній сканування в зоні стоп-лінії при умові, що на цей момент першу контрольовану зону повністю залишають всі ТЗ, а в іншому випадку кінець основного такту формується по максимально фіксованому заздалегідь значенню, а тип прибуття ТЗ до перехрестя визначається по відношенню групи прибуття як відношення частки автомобілів, що прибувають на зелений сигнал, до частки зеленого сигналу. Реалізацію запропонованого

UA 115168 C2

способу можна здійснити одним загальним пристроєм, розташованим в зоні перехрестя, який одночасно дає змогу, в разі потреби, визначити також ряд інших параметрів руху ТП.

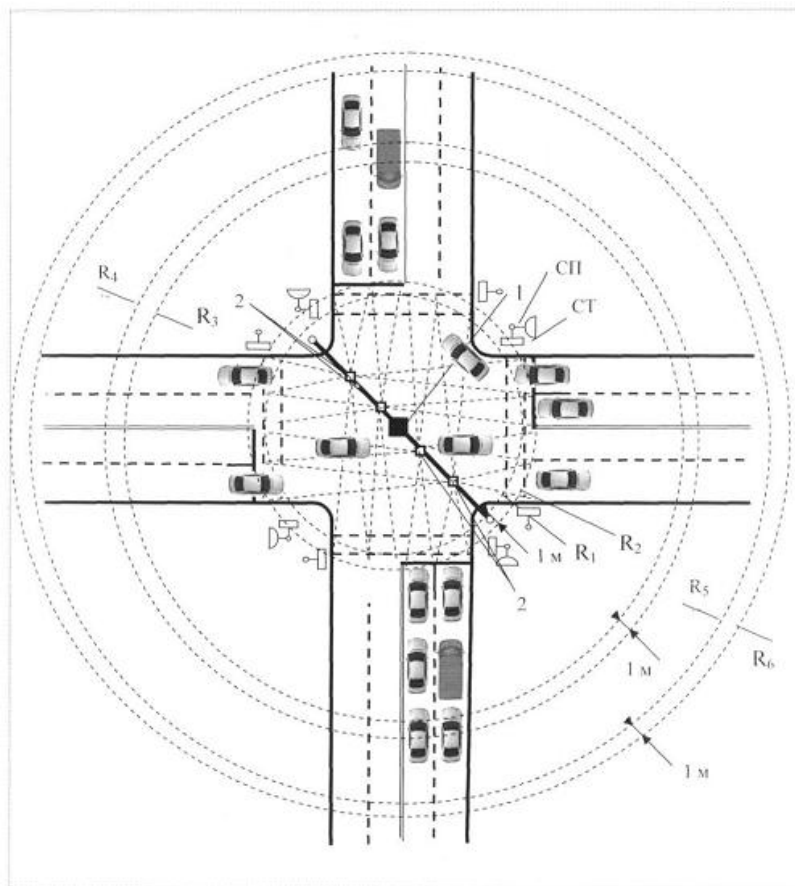


Fig. 1

Винахід 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 завантаження перехресть ВДМ, а також для підвищення ефективності керування рухом транспорту на регульованих перехрестях.

Цей спосіб може бути використаний для одночасного визначення основних параметрів транспортних потоків (ТП): моменту проїзду транспортним засобом (ТЗ) контрольованої зони (КЗ) та перехрестя в цілому, швидкості, типу і напрямку руху ТЗ, їх інтенсивності руху по кожній смугі 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 транспортного потоку на регульоване перехрестя.

Відомий спосіб визначення тривалості елементів та циклу світлофорної сигналізації, заснований на скануванні одночасно трьома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя з точці 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 стоп-лінії 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.

Другий оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням на  $120^\circ$  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.

Третій оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням відносно другого ще на  $120^\circ$  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.

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 зміною оптичної вісі 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 смугі 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 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  $m_j$  у черзі по кожній  $j$ -й смугі руху на підходах до перехрестя на момент зміни сигналу світлофору на зелений або на момент початку руху перших у черзі ТЗ. Крім того, це дозволяє 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 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 світлофору, а значить, визначити наявність ТЗ по окремих смугах в КЗ на момент зміни зеленого сигналу світлофору на жовтий. За результатами сканування першим променем також визначають кількість та тип ТЗ по кожній смугі, що не встигли (не змогли) покинути зону самого перехрестя на зелений сигнал світлофору, тобто не здійснили перетинання зони сканування ( $R_1$ ,  $R_2$ ) по смугам руху на виході з 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, зупиночний 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 вісі лазерного променя визначається момент в'їзду, швидкість, довжина, тип, кількість і послідовність ТЗ, що реально в'їхали в другу КЗ по кожній смугі 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 із 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 смугі руху як у фізичних, так і у приведених одиницях.

Тривалість ОТ фази регулювання 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  $R_1$  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 СР за результатами сканування визначається як сукупність основних та проміжних тактів всіх фаз (Патент на корисну модель № 94775 від 25.11.2014). Цей спосіб є найбільш близьким до способу, що заявляється, і тому вибраний як найближчий аналог.

Недоліком цього способу є вузькі функціональні можливості, оскільки він не дозволяє визначити такий параметр, як тип прибуття ТП до регульованого перехрестя, який має значний вплив при визначенні величини затримки та оцінки рівня обслуговування перехрестя.

Крім того, визначення типу прибуття ТП дозволить визначити якість прогресії, під якою розуміють, наскільки щільним ТП автомобілі прибувають по різних напрямках з попередніх регульованих перехресть до перехрестя, що розглядається. А це, в свою чергу, дозволить правильно обрати тип керування перехрестя та підвищити ефективність його функціонування.

В основу запропонованого способу поставлена задача розширення функціональних можливостей відомого способу, що дозволить більш ефективно визначати затримки ТЗ, рівень обслуговування на перехресті та тип СР.

Поставлена мета досягається тим, що у запропонований спосіб покладено конусне покрокове сканування одночасно трьома вузькоспрямованими 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 смугі руху, основні та проміжні такти і цикл СР в залежності від результатів сканування.

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 вісі 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 вісі на іншу та описує в зоні стоп-ліній на поверхні перехрестя два концентричні кола з різницею радіусів ( $R_2 - R_1 = 1$  м) та формує вихідну межу КЗ.

Другий оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням на  $120^\circ$  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 по відношенню до другого ще на  $120^\circ$  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.

5 Оптичні фотоприймачі 2 (ФП<sub>i</sub>) 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 різним смугам руху як на підходах, так і на виходах перехрестя.

10 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 зміною оптичної вісі 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 зупиночному шляху (ЗШ) різного типу ТЗ, що перетинають вхідну межу першої КЗ з 15 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 20 перехрестя на момент зміни сигналу світлофору на зелений або на момент початку руху перших у черзі ТЗ. Крім того, це дозволяє 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 ПТ:

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

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

30 Подвійне сканування першим променем ( $R_1$ ,  $R_2$ ) в зоні стоп-ліній (на виході з першої та другої КЗ) дає змогу визначити тип, точний час та кількість ТЗ, які покинули КЗ по кожній зі смуг руху на зелений сигнал світлофору, а значить, визначити наявність ТЗ по окремим смугам в КЗ на момент зміни зеленого сигналу світлофору 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 світлофору, тобто не здійснили перетинання зони сканування ( $R_1$ ,  $R_2$ ) по смугах руху на виході з перехрестя. Це можливо у 35 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 40 перехрестя для початку нової фази. Це пропонується здійснювати по моментах, 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 цього ПТ і, при умові наявності інформації про його довжину, практично вже залишив зону перехрестя.

45 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, зупиночний 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 дозволу (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 50 перехрестя. В такому випадку кінець ПН також визначається по моменту перетинання лінії сканування з радіусом  $R_1$  переднього бампера останнього ТЗ, що покидає зону перехрестя.

55 Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в другу КЗ, здійснюють по їх задніх бамперах при пересіченні одного з кіл (наприклад, вхідну межу другої КЗ), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної вісі лазерного променя (з радіуса  $R_5$  на  $R_6$  і навпаки) 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, бажано вибирати за умови, щоб він перевищував найбільш можливу чергу ТЗ, яка може збиратися по одній із смуг руху на сигнал світлофору, що забороняє дорожній рух.

Це дає можливість достатньо точно визначити кількість ТЗ  $m_i$  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 автомобіля  $K_{\text{ПР}i}$  як відношення величини середнього значення часового інтервалу  $\overline{t_{\text{Bi}}}$  проїзду КЗ конкретним типом ТЗ до величини середнього значення часового інтервалу  $\overline{t_{\text{Лі}}}$  проїзду цієї зони легковим автомобілем:

$$K_{\text{ПР}i} = \overline{t_{\text{Bi}}} / \overline{t_{\text{Лі}}} \quad (2)$$

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:

$$N_{\text{ПР}j} = K_{\text{ПР}1}N_1 + K_{\text{ПР}2}N_2 + \dots + K_{\text{ПР}i}N_i, \quad (3)$$

де  $N_{\text{ПР}j}$  - 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;

$K_{\text{ПР}i}$  - коефіцієнт приведення ТЗ типу  $i$  до легкового автомобіля.

Все це дає можливість за результатами сканування виходу КЗ першим променем (у зоні стоп-лінії) визначення точного часу роз'їзду  $T_i$  цих черг по кожній смузі на "зелений" сигнал світлофору  $i$ , таким чином, тривалості кожного ОТ.

Тривалість ОТ  $T_{oi}$   $i$ - фази визначається 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  $T_{\text{ц}}$  СР за результатами сканування визначається як сукупність основних та проміжних  $T_{ni}$  тактів всіх фаз:

$$T_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^m T_{oi} + \sum_{i=1}^m T_{ni} \quad (4).$$

Таким чином, оперативне визначення реальних параметрів руху (швидкості, типу та габаритів) окремих видів ТЗ по усіх смугах руху на підході та в зоні перехрестя шляхом потрібного високошвидкісного сканування дає можливість одержання (в реальному масштабі часу) точного значення часу дії ОТ і ПТ та оптимізації параметрів елементів світлофорного циклу.

В якості параметра, що характеризує тип прибуття, використовують величину відношення групи прибуття:

$$R_p = \frac{P}{T_{oi} / T_{\text{ц}}}, \quad (5)$$

де  $R_p$  - відношення групи прибуття;

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

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

Параметр  $P = N_3 / N_{\text{ц}}$ , визначається в ході виміру основних елементів циклу світлофорного регулювання, як відношення кількості ТЗ, що прибуває до перехрестя за даним напрямком (смузі руху) на відповідний  $T_{oi}$  зелений сигнал світлофору до кількості ТЗ, що прибуває за даним напрямком за час  $T_{\text{ц}}$ .

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

Визначення часу дії ОТ і ПТ за точними вимірами, а не приблизними розрахунками за середніми значеннями параметрів, дає змогу у ряді випадків скоротити такти, зменшити втрати часу в циклі регулювання та підвищити ефективну тривалість фаз регулювання. Це дає змогу

більш точно визначити тип прибуття ТЗ до перехрестя і, відповідно, затримку та рівень обслуговування.

Все це істотно розширює функціональні можливості запропонованого способу.

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 покровоке сканування зони перехрестя за допомогою оптичних відхиляючих пристроїв 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub> та 5<sub>3</sub> (дискретних сканісторів). Зміна положень кутів розгортки променів 8<sub>1</sub>, 8<sub>2</sub> та 8<sub>3</sub> здійснюється в реперній точці по черзі на кожному періоді сканування сигналом, що поступає з реперного фотоприймача 2 (ФП<sub>0</sub>) на входи дискретних сканісторів 5<sub>1</sub> 5<sub>2</sub> та 5<sub>3</sub>.

Три оптичні промені 8<sub>1</sub>, 8<sub>2</sub> та 8<sub>3</sub> формуються вузлом розгортки зі зміщенням на третій періоду (120°), що дає змогу фіксувати кожний з них у реперній точці і чітко розпізнавати відбиті від ТЗ сигнали на входах і виході з КЗ та перехрестя в цілому.

Зміна і чергування кутів нахилу розгортки (з R<sub>1</sub> на R<sub>2</sub>, з R<sub>3</sub> на R<sub>4</sub> та з R<sub>5</sub> на R<sub>6</sub> або навпаки) необхідна для однозначного визначення положення ТЗ щодо кіл сканування, типу і напрямку руху ТЗ в КЗ і зоні перехрестя по кожній смузі руху.

Оптичні фотоприймачі 2 (ФП<sub>і</sub>) в процесі розгортки третього 8<sub>3</sub> та другого 8<sub>2</sub> 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<sub>3</sub> на R<sub>4</sub> та з R<sub>5</sub> на R<sub>6</sub> або навпаки) дозволяє точно визначити час переміщення ТЗ на дистанції (R<sub>4</sub>-R<sub>3</sub> та R<sub>6</sub>-R<sub>5</sub>), швидкість, тип та кількість ТЗ, що в'їжджають в КЗ по кожній смузі руху в даному циклі регулювання.

В процесі розгортки першого 8<sub>1</sub> лазерного променя на дистанції (R<sub>2</sub>-R<sub>1</sub>) на виході з КЗ (у зоні стоп-ліній) послідовно визначають швидкість, довжину, тип та кількість ТЗ по окремим смугам руху, що в'їжджають в зону перехрестя на зелений сигнал світлофору. Розгортка лазерного променя 8, на виході з зони перехрестя дозволяє визначити кількість, тип та інші параметри руху ТЗ, що покинули зону перехрестя по різних напрямкам у цей же такт регулювання.

Фотоприймачі 2, направлені на вхідні смуги руху, сприймають послідовно відбиті сигнали як першого 8<sub>1</sub> другого 8<sub>2</sub> і третього 8<sub>3</sub> лазерних променів з часовою затримкою на третину періоду сканування, що дає можливість окремого розпізнавання сигналів різних променів.

Перетворювач 6 сигналу кожного ФП<sub>і</sub> 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 основного або проміжного такту та циклу світлофорного регулювання). Для цього сигнали зміни елементів циклу світлофорного регулювання з виходу світлофорного об'єкту 9 подаються на відповідний вхід обчислювального пристрою 7.

Сигнали з виходу реперного фотоприймача 2 (ФП<sub>0</sub>) через перетворювача 6<sub>0</sub> подаються на відповідні входи дискретних сканісторів 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub> та 5<sub>3</sub> 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, коефіцієнти приведення до легкового автомобіля 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<sub>2</sub> на виході з перехрестя, обчислювальний пристрій 7 видає сигнал завершення ПТ на світлофорний об'єкт 9. В разі відсутності ТЗ в зоні перехрестя на момент початку ПТ, обчислювальний пристрій 7 видає сигнал завершення ПТ через мінімально вибраний заздалегідь час, призначений, наприклад, для завершення руху пішоходів. Обчислювальний пристрій 7 також визначає моменти завершення ОТ для різних умов руху ТП на перехресті, частка ТЗ, що прибуває до перехрестя за даним напрямком (смугами руху) на відповідний T<sub>oi</sub> зелений сигнал світлофору, відношення групи прибуття та тип прибуття ТП до регульованого перехрестя.

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

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.

5

# ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб визначення типу прибуття транспортного потоку до регульованого перехрестя, заснований 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 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, а другий промінь розгортки формується зі зміщенням на третину періоду по колу розгортки та зі зміною кута нахилу оптичної 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 формується зі зміщенням відносно 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 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 із смуг руху на сигнал світлофору, що забороняє дорожній рух, подальшому прийомі відображених оптичних сигналів 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 зупиночного шляху різного типу транспортних засобів, час пересування черги зони стоп-ліній по всіх смугах руху упродовж окремих тактів 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 формується 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 тривалість циклу регулювання визначається як сукупність основних та проміжних тактів всіх фаз, який **відрізняється** тим, що протягом кожного циклу регулювання послідовно в кожній фазі визначають кількість транспортних засобів, що прибуває за кожним напрямом в другу контрольовану зону на зелений сигнал світлофору та за час циклу регулювання, розраховують їх відношення як частку транспортних засобів, що прибуває 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 прибуває за кожним напрямом на зелений сигнал, до частки зеленого сигналу в даній фазі, і за цим значенням визначають тип прибуття транспортного потоку до регульованого перехрестя.



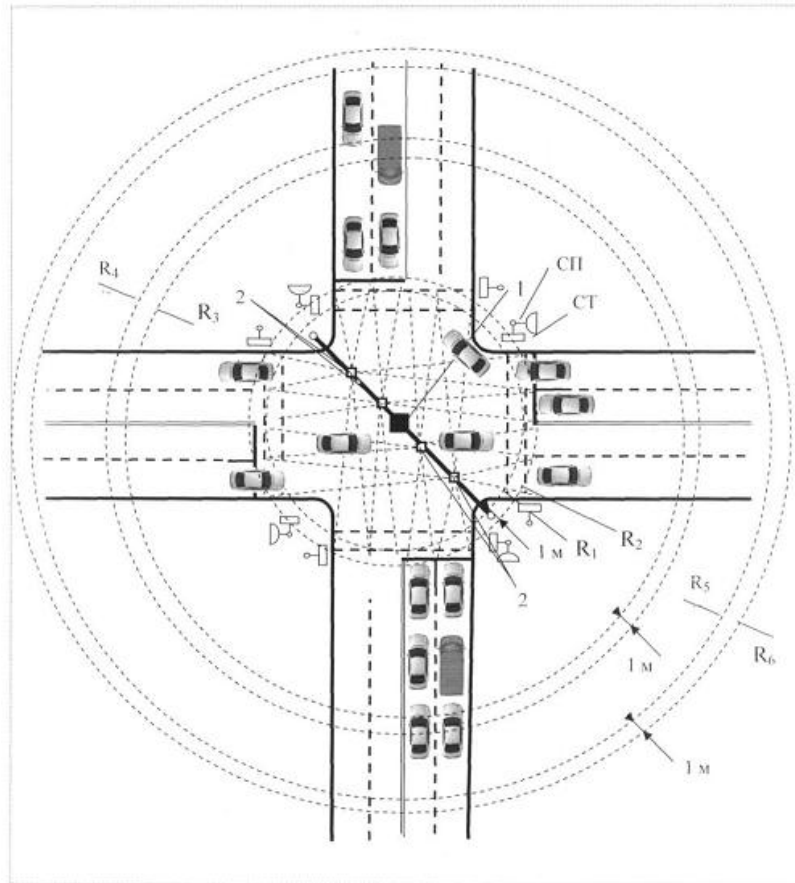


Fig. 1

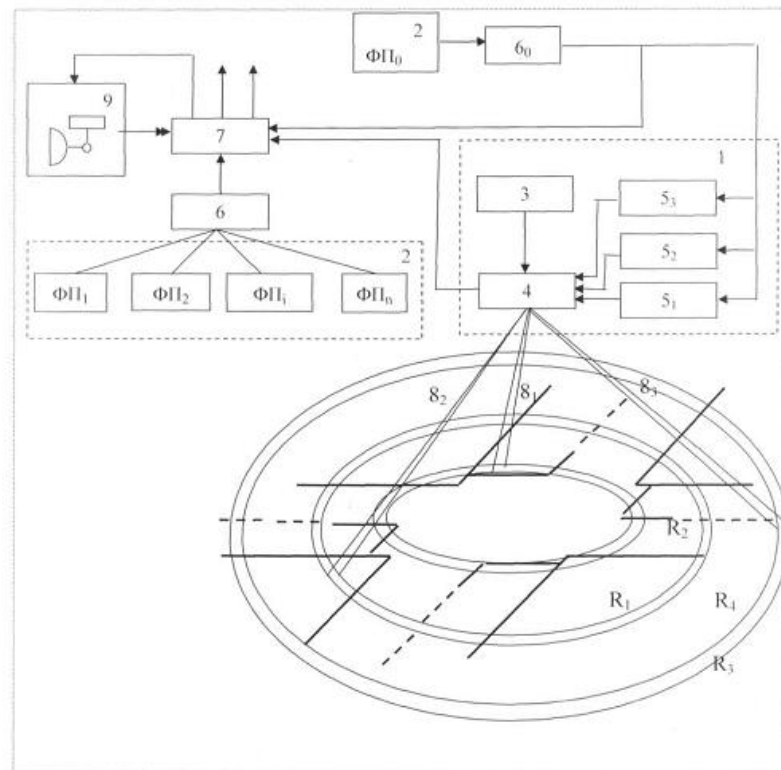


Fig. 2

---

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

---

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