



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120546** (13) **U**  
(51) МПК  
**G08G 1/09** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2017 04315</b>	(72) Винахідник(и): <b>Денисенко Олег Васильович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>03.05.2017</b>	(73) Власник(и): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA), <b>Денисенко Олег Васильович,</b> пр. Московський, 202, кв. 21, м. Харків, 61082 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.11.2017</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.11.2017, Бюл.№ 21</b>	

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ТАКТИВ ТА ЦИКЛУ СВІТЛОФОРНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

### (57) Реферат:

Спосіб визначення тривалості тактів та циклу світлофорної сигналізації оснований 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-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 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 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 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, причому на входах і виходах контрольованих зон визначають прискорення

UA 120546 U

(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 зупиночний 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 входних ліній сканування першої контрольованої зони.

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

5 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, а також тривалості проміжних (ПТ) та основних тактів (ОТ) в кожній фазі і циклу світлофорного регулювання (СР).

10 Відомий спосіб визначення тривалості елементів та циклу світлофорної сигналізації оснований на скануванні одночасно трьома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя з точки над його геометричним центром конусним видом розгортай, 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.

20 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.

25 Третій оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням відносно до 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.

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.

35 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 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 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.).

40 Наявність подвійного сканування на вході першої КЗ дає можливість точно визначити тип ТЗ, склад ТП та кількість ТЗ  $m_j$  у черзі по кожній смугі 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 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.

45 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 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 смугі, 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.

50 Момент перетинання переднім бампером ТЗ лінії сканування з радіусом  $R$ , 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  $R$  переднього бампера останнього ТЗ, що покидає зону перехрестя.

60

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 смугі руху за період вимірювань.

5 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 смугі руху як у фізичних, так і у приведених одиницях.

10 Тривалість ОТ фази регулювання визначається за моментом закінчення роз'їзду найбільшою 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.

20 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 та ефективність управління рухом транспорту на регульованих перехрестях.

25 В основу запропонованого способу поставлена задача підвищення точності визначення тривалості тактів та самого циклу світлофорного регулювання.

30 Поставлена задача вирішується тим, що в основу запропонованого способу поставлено конусне покрокове сканування одночасно трьома вузькоспрямованими лазерними променями інфрачервоного діапазону одночасно 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, проміжні такти і цикл СР в залежності від результатів сканування з урахуванням режимів прискорення та уповільнення ТЗ в зонах впливу всього перехрестя.

35 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 1м). 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 ( $R_2 - R_1 = 1$  м) та формує вихідну межу КЗ.

50 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.

55 Третій оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням відносно 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  $R_6 - R_5 = 1\text{ м}$ .

5 Оптичні фотоприймачі 2 (ФЦ) в процесі розгортки лазерних променів  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  та  $\delta_3$  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 пересіченні 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

10 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.

15 Довжина  $l_{ТЗ}$  ТЗ з урахуванням уповільнення

$$a = \frac{V_1' - V_1''}{t_{ТЗ}}, \quad (1)$$

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

20 
$$l_{ТЗ} = a \cdot t_{ТЗ}^2, \quad (2)$$

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

25 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 зупинчному 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

30 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

35 
$$l_{зш} = l_{рк} + l_{гш} = V \cdot t_{рк} + \frac{V^2}{2g(\varphi + f \pm \lambda)}, \quad (3)$$

де  $l_{рк}$  - шлях, що пройде ТЗ за час реакції водія  $t_{рк}$  на зміну сигналів світлофора;  $l_{гш}$  - 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.

40 Подвійне сканування першим променем ( $R_1$ ,  $R_2$ ) в зоні стоп-ліній (на виході з першої та другої КЗ) дає змогу визначити швидкість, прискорення, тип, точний час та кількість ТЗ, які залишили КЗ по кожній зі смуг руху на зелений сигнал світлофора, а значить, визначити наявність ТЗ по окремим смугам в КЗ на момент зміни зеленого сигналу світлофора на жовтий.

45 За результатами сканування першим променем також визначають кількість та тип ТЗ по кожній смузі, що не встигли (не змогли) залишити зону самого перехрестя на зелений сигнал світлофора, тобто не здійснили перетинання зони сканування ( $R_1$ ,  $R_2$ ) по смугах 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, R1) по смугах руху на виході з перехрестя. Це дає гарантію, що останній ТЗ досяг або минув дальню конфліктну точку (ДКТ) цього ПТ і, при умові наявності інформації про його довжину, практично вже залишив зону перехрестя.

Момент перетинання своїм переднім бампером лінії сканування з радіусом R<sub>1</sub> 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 ГН 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., Печерский М.П., Афанасьев М.Б. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов. – М.: ИКЦ "Академкнига", 2005, с. 56.]

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

де  $t_{pk}$  - час реакції водія на зміну сигналу світлофора;  $t_{гш}$  - час, необхідний ТЗ для проїзду  $l_{гш}$ ;  $t_i$  - 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

$$T_{\Pi i} = t_{pk} + \frac{V_{a1}}{7,2 \cdot a_T} + 3,6 \frac{(l_i + l_a)}{V_{a1}} - 3,6 \frac{l_{ДКТ}}{V_{a2}}, \quad (5)$$

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;  $l_{ДКТ}$  - 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 пересіченні одного з кіл (наприклад R<sub>5</sub>), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної осі лазерного променя (з радіуса R<sub>5</sub> на R<sub>6</sub> 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<sub>5</sub>, 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  $m_j$  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.

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 автомобіля  $K_{\Pi Pi}$  як відношення величини середнього значення часового інтервалу  $\bar{t}_{Bi}$  проїзду КЗ конкретним типом ТЗ до величини середнього значення часового інтервалу  $\bar{t}_{Pi}$  проїзду цієї зони легковим автомобілем:

$$K_{\text{ПРi}} = \bar{t}_{\text{вi}} / \bar{t}_{\text{ли}}, \quad (6)$$

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:

5

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

де  $N_{\text{ПРj}}$  - 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;

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

10

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  $T_j$  цих черг по кожній смузі на "зелений" сигнал світлофору i, 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.

20

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

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

25

Таким чином, оперативне визначення реальних параметрів руху (швидкості, прискорення, типу та габаритів) окремих видів ТЗ по всіх 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.

30

Визначення часу дії ОТ і ПТ за точними вимірами, а не приблизними розрахунками за середніми значеннями параметрів або за значеннями, що рекомендуються, дає змогу у ряді випадків скоротити такти, зменшити втрати часу в циклі регулювання та підвищити ефективну тривалість фаз регулювання. Скорочення ОТ можливо у разі відсутності ТЗ за дозволеними напрямками на протязі дії ОТ або за відсутності ТЗ по окремих напрямках, як це здійснюється при управлінні з розщепленою фазою. Фіксація кінця дії ПТ по виходу з зони перехрестя останнього ТЗ або перетину ДКТ, одночасно підвищує безпеку руху на регульованому перехресті.

35

Визначення часу дії ОТ та ОП за інформацією про прискорення (уповільнення) ТЗ на кордонах КЗ підвищує точність при визначенні оптимальних параметрів поточних значень елементів світлофорного циклу.

40

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

45

Скануючий блок 1 має у своєму складі лазерний випромінювач 3 вузькоспрямованого інфрачервоного променя і вузол розгортки 4, які формують тріпроменево конусне покровове сканування зони перехрестя за допомогою оптичних відхиляючих пристроїв  $5_1$ ,  $5_2$  та  $5_3$  (дискретних сканісторів). Зміна положень кутів розгортки променів  $8_1$ ,  $8_2$  та  $8_3$  здійснюється в реперній точці по черзі на кожному періоді сканування сигналом, що поступає з реперного фотоприймача 2 ( $\Phi_{\text{П0}}$ ) на вході дискретних сканісторів  $5_1$ ,  $5_2$  та  $5_3$ .

50

Три оптичні промені  $8_1$ ,  $8_2$  та  $8_3$  формуються вузлом розгортки зі зміщенням на третью періоду ( $120^\circ$ ), що дає змогу фіксувати кожний з них у реперній точці і чітко розпізнавати відбиті від ТЗ сигнали на входах і виходах з КЗ та перехрестя 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 (ФЦ) в процесі розгортки третього  $\delta_3$  та другого  $\delta_2$  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 почергове 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 переміщення 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  $\delta_1$  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 по окремих смугах руху, що в'їжджають в зону перехрестя на зелений сигнал світлофора. Розгортка лазерного променя  $\delta_1$  на виході з зони перехрестя дозволяє визначити кількість, тип та інші параметри руху ТЗ, що покинули зону перехрестя по різним напрямкам у цей же такт регулювання.

Фотоприймачі 2, направлені на вхідні смуги руху, сприймають послідовно відбиті сигнали як першого  $\delta_1$ , другого  $\delta_2$  і третього  $\delta_3$  лазерних променів з часовою затримкою на третину періоду сканування, що дає можливість окремого розпізнавання сигналів різних променів.

Перетворювач 6 сигналу кожного ФП<sub>i</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 перетворювач 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 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 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, відстань та час проїзду до ДКТ для кожної смуги руху у різних фазах регулювання. 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 або визначиться кінець ПТ з урахуванням перетину ТЗ ДКТ, 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.

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.

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 КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення тривалості тактів та циклу світлофорної сигналізації, оснований на скануванні одночасно трьома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя в 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-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 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

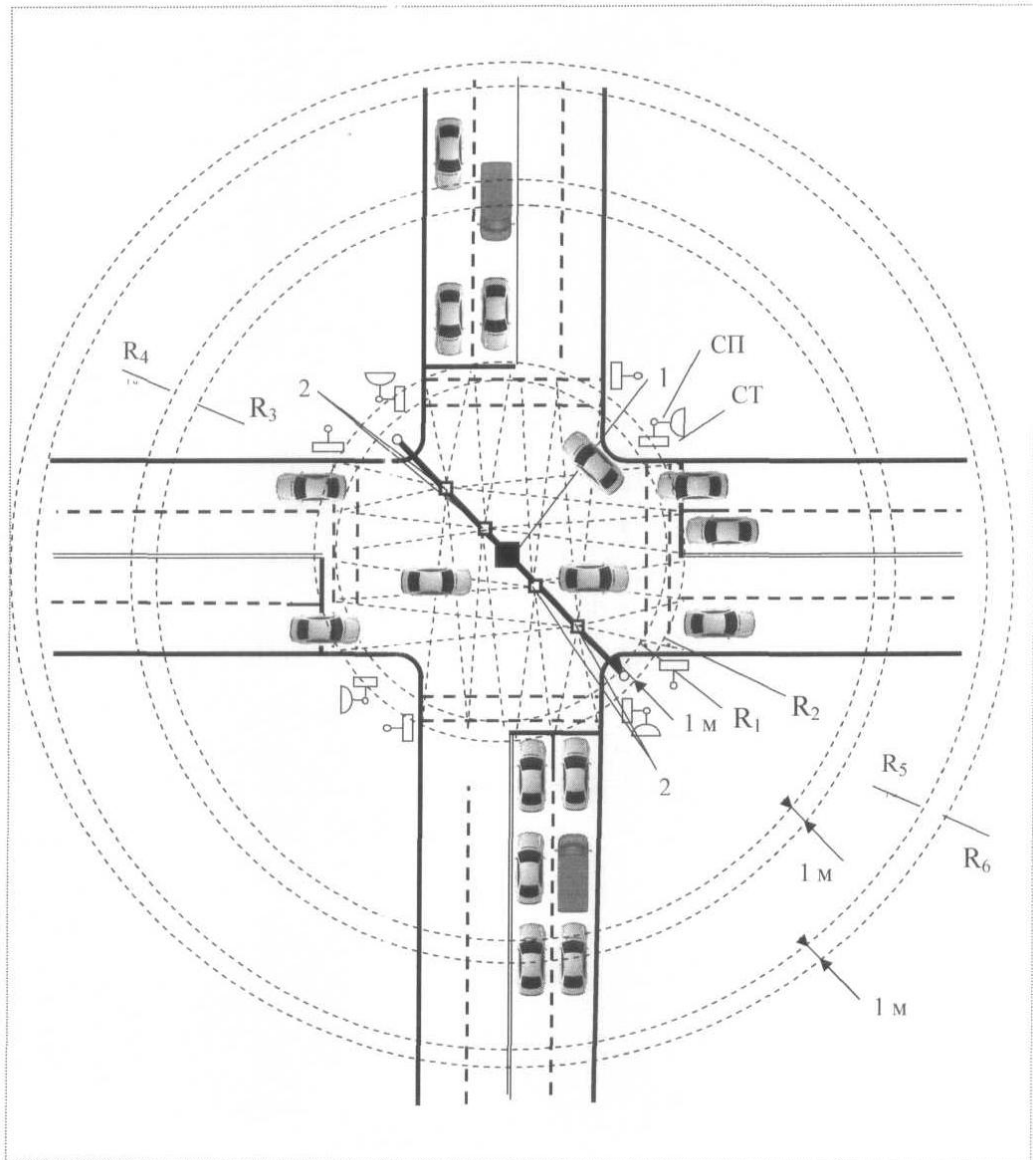
5 через кожен період сканування так, щоб радіус другого концентричного кола на вході другої контрольованої зони зменшувався на певну задану величину, при цьому відстань між входною і вихідною межами другої контрольованої зони вибирають за умови, щоб вона перевищувала найбільш можливу чергу транспортних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

10 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

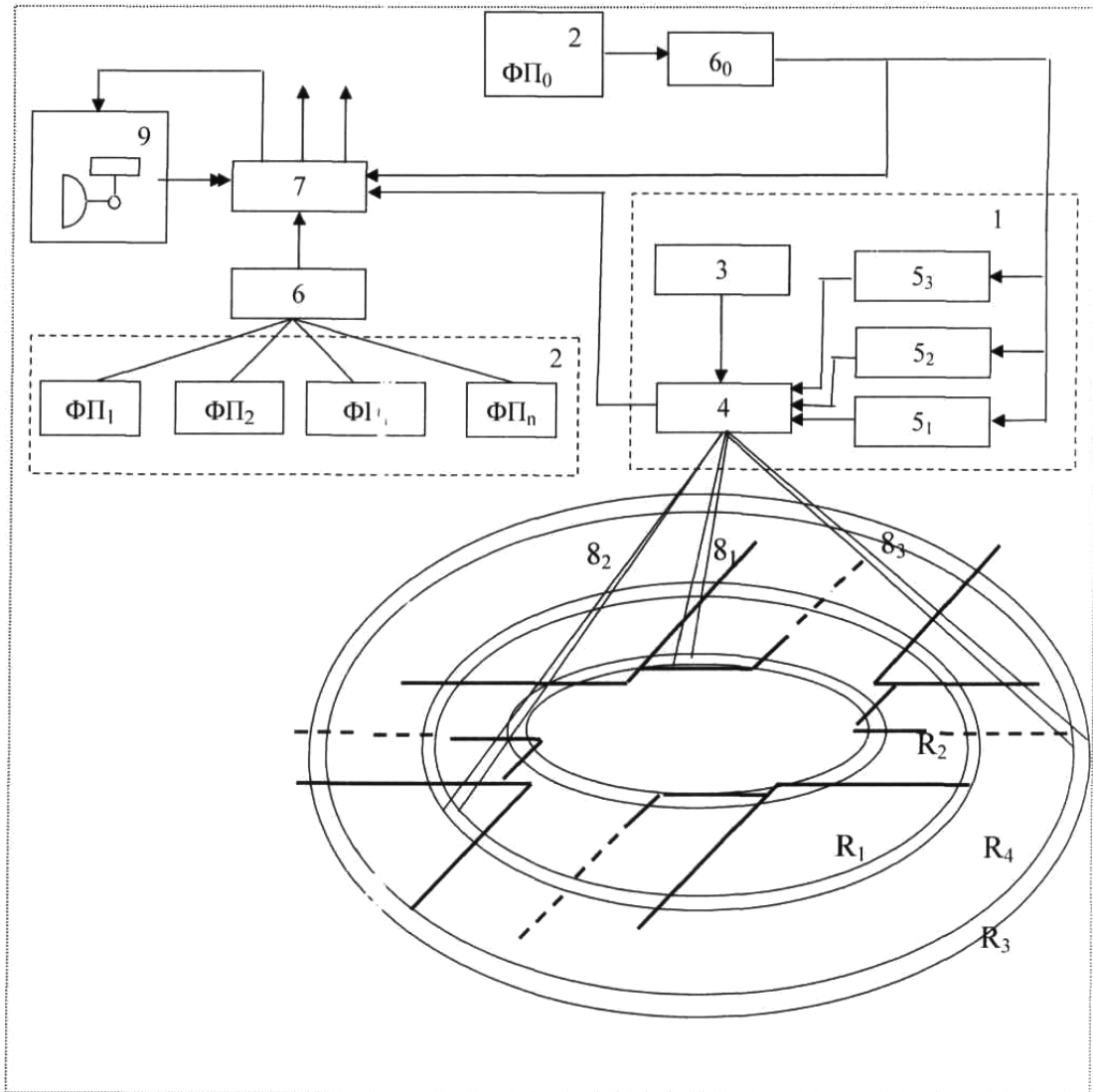
15 окремих тактів одного циклу світлофорного регулювання, а потім наявність транспортних засобів по окремих смугах в першій контрольованій зоні та в зоні самого перехрестя на момент початку проміжного такту, а момент закінчення проміжного такту формується за моментами, коли останній транспортний засіб,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

20 перехрестя, а тривалість циклу регулювання визначається як сукупність основних та проміжних тактів всіх фаз, який **відрізняється** тим, що на входах і виходах 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 зупиночний шлях, час дії

25 основних та проміжних тактів з урахуванням часу проїзду дальніх конфліктних точок тих транспортних засобів, які на момент початку проміжного такту здійснювали перетин вхідних ліній сканування першої контрольованої зони.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

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