



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 101064

(13) U

(51) МПК

G08G 1/01 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2015 01825**

(22) Дата подання заявки: **02.03.2015**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **25.08.2015**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **25.08.2015, Бюл.№ 16**

(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)

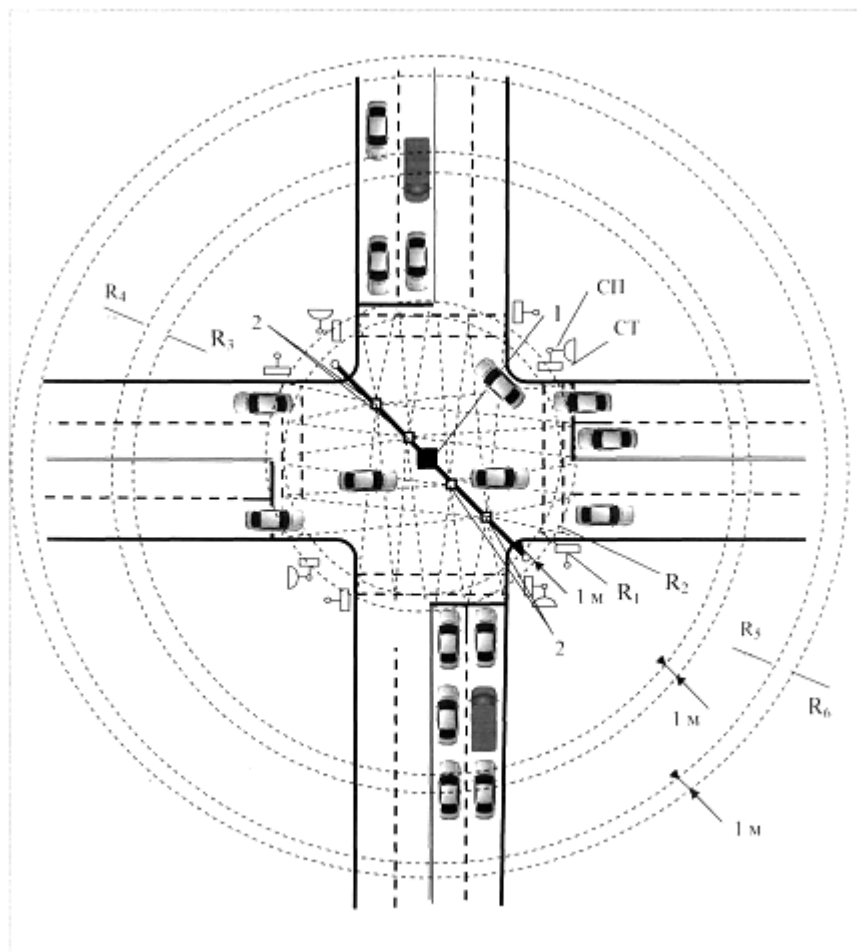
(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ РЕГУЛЬОВАНОГО ПЕРЕХРЕСТЯ

(57) Реферат:

Спосіб визначення пропускної здатності регульованого перехрестя заснований 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 по відношенню 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 із 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 смугам, 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 окремим смугам 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, при цьому тривалість основного такту визначається моментом закінчення роз'їзду найбільшої за часом черги по смугам руху в даній фазі

UA 101064 U

регулювання, який формується по моменту перетинання заднім бампером останнього в черзі транспортного засобу однієї з ліній сканування в зоні стоп-лінії при умові, що на цей момент першу контрольовану зону повністю залишають всі транспортні засоби, а в іншому випадку кінець основного такту формується за максимальним фіксованим заздалегідь значенням, а тривалість циклу світлофорного регулювання за результатами сканування визначається як сукупність основних та проміжних тактів всіх фаз; протягом кожного циклу світлофорного регулювання одночасно і послідовно визначаються параметри руху транспортних потоків на підходах і в зоні перехрестя, основні, проміжні такти і цикл світлофорного регулювання, а також коефіцієнти приведення до легкового автомобіля, потоки насичення по кожній смузі руху на підходах до перехрестя, а потім пропускна здатність підходів до перехрестя, як сукупність потоків насичення окремих смуг, з урахуванням часу основного такту та циклу регулювання, а пропускна здатність всього перехрестя визначається як сукупна пропускна здатність окремих підходів.



Фіг. 1

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.

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 смузі за будь-який проміжок часу, інтервалів рухів між ТЗ, потоків насичення (ПН) по кожній смузі руху, затримки ТЗ, а також тривалості проміжних (ПТ) та основних тактів (ОТ) в кожній фазі і циклу світлофорного регулювання (СР).

Відомий спосіб визначення тривалості елементів та циклу світлофорної сигналізації, заснований 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.

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.

Третій оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням по відношенню 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 також 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 смугам руху як на підходах, так і на виходах перехрестя.

Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в обидві КЗ, здійснюють по їх переднім бамперам 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 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 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 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 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 значить, визначити наявність ТЗ по окремим смугам 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.

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 вмикання 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 R1 переднього бампера останнього ТЗ, що покидає зону перехрестя.

Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в другу КЗ, здійснюють по їх задніх бамперам при пересіченні одного з кіл (наприклад R5), 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. Радіус R5, 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 світлофора, 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 автомобіля, 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. Це дає змогу визначити реальні значення потоків насичення M_{Hj} по кожній смугі руху регульованого перехрестя (Опис до

патенту на винахід UA 105123 U від 10.04.2014 р., бюл. № 7/2014)

Тривалість ОТ фази регулювання 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 R1 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 (заявка а201402130 від 03.03.2014). 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 одночасно визначити такий важливий показник регульованого перехрестя, як його пропускна здатність (ПЗ) і оцінити рівень завантаження окремого перехрестя та перехресть всієї ВДМ.

Крім цього відомі теоретичні та розрахункові способи визначення ПЗ регульованого перехрестя не розраховані на реальну оцінку ПЗ за короткий час виміру в залежності від топографії перехрестя, наявності різноманітних груп конфліктуючих ТП, їх інтенсивності, ширини смуг руху та швидкості руху ТЗ в зоні перехрестя, стану покриття, схеми організації руху, кількості фаз регулювання, частки горіння зеленого сигналу та стану погодних умов на час виміру.

В основу запропонованого способу поставлена задача розширення функціональних можливостей при одночасному визначенні комплексу параметрів за всіма підходами та виходами багатосмугових доріг на регульованому перехресті.

Поставлена задача вирішується 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 спеціальній 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 (R1) 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 (R2) 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 ($R2-R1=1$ 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 5₂ на кожному наступному періоді сканування змінює одну оптичну вісь розгортки (з радіусом кола R3 на

проїжджій частині перехрестя) на іншу (з радіусом кола R4) і формує два концентричних кола з різницею радіусів $R4-R3=1$ м.

Третій оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням по відношенню до другого ще на 120° по колу розгортки (див. фіг. 2) і формує вхідну межу другої КЗ.

5 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 R5 на проїжджій частині перехрестя) на іншу (з радіусом кола R6) і формує два концентричних кола також з різницею радіусів $R6-R5=1$ м.

10 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 смугам руху як на підходах, так і на виходах перехрестя.

15 Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в обидві КЗ, здійснюють по їх передніх бамперах при пересіченні одного з кіл (наприклад R6 або R4), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної осі лазерного променя (з радіуса R3 на R4 і навпаки та з R5 на R6) 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 R3, що формує вхідну межу першої КЗ, вибирають за такої умови, щоб відстань між R3 та R1 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
20 максимально дозволеною швидкістю (60 км./год.).

Наявність подвійного сканування (R3, R4) 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 цього це дозволяє визначити швидкість ТЗ на вході в першу КЗ на
25 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:

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

30 де $I_{рк}$ - шлях, що пройде ТЗ за час реакції водія $t_{рк}$ на зміну сигналів світлофора; $I_{гш}$ - 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 третім променем (R5, R6) на вході в другу КЗ дозволяє визначити тип, точний час та кількість ТЗ, які в'їхали в цю КЗ по кожній зі смуг руху і послідовно визначити
35 реальні значення коефіцієнтів приведення до легкового автомобіля $K_{ПРi}$ як відношення величини середнього значення часового інтервалу $\bar{t}_{Bi}$ проїзду КЗ конкретним типом ТЗ до величини середнього значення часового інтервалу $\bar{t}_{Li}$ проїзду цієї зони легковим автомобілем:

$$K_{ПРi} = \bar{t}_{Bi} / \bar{t}_{Li} \quad (2)$$

40 Вимірювання такого комплексу параметрів на вході в другу КЗ дає можливість також визначити черги ТЗ по всіх смугах руху на підходах до перехрестя та картограму інтенсивностей руху ТЗ за невеликі періоди часу (цикл світлофорного регулювання) як у фізичних так і у приведених одиницях:

$$N_{ПРj} = K_{ПР1}N_1 + K_{ПР2}N_2 + \dots + K_{ПРi}N_i, \quad (3)$$

45

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

N_i - число транспортних засобів типу i у потоці;

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

Потім, за результатами сканування першим променем в зоні стоп-ліній (на виході з першої та другої КЗ) визначають час проходження T_j цих черг, що здійснюють роз'їзд ТЗ на "зелений" сигнал світлофора, а значення потоку насичення M_{Hj} по кожній смузі розраховують за формулою:

5

$$M_{Hj} = \frac{3600 \cdot m_j}{T_j}, \quad (4)$$

де m_j - число приведених транспортних одиниць у черзі, що проходить через стоп-лінію за час T_j ;

j - номер смуги руху (напрямку руху).

10

Для визначення часу T пропонується як початковий момент використовувати не момент вмикання зеленого сигналу, а момент перетинання стоп-лінії переднім бампером першого в черзі ТЗ (але, якщо ТЗ вже перетнув або стоїть на стоп-лінії, то момент початку його руху). Як кінцевий момент при визначенні значення T пропонується брати момент проходження над стоп-лінією заднього бампера останнього в черзі ТЗ. Такий підхід дозволяє вилучити зі значення T величину додаткового часу, необхідного для реакції водія на зміну світлофорного сигналу, а також уникнути помилки, що може бути викликана у зв'язку з неповним врахуванням довжини останнього в черзі ТЗ.

15

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 світлофора і, таким чином, тривалості кожного ОТ.

20

Тривалість ОТ T_{oi} і 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 $R1$ при умові, що на цей момент першу КЗ повністю залишать всі ТЗ. В іншому випадку кінець ОТ формується за максимально фіксованим заздалегідь значенням.

25

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

$$T_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^m T_{oi} + \sum_{i=1}^m T_{ni}, \quad (5)$$

30

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.

35

Далі визначають ПЗ окремих підходів P_k регульованого перехрестя, як групу смуг з їх топографічними характеристиками та наявністю реальних конфліктів потоків по різних смугах руху:

$$P_{k \text{ пер}} = \frac{S_{jk} \cdot T_{oi}}{T_{\text{ц}}}, \quad (6)$$

40

де $S_{jk} = \sum_{j=1}^I M_{Hj}$ - потік насичення групи смуг руху k -го напрямку у приведених одиницях, од/год.;

T_{oi} - тривалість ОТ, що дозволяє рух для розглянутого підходу перехрестя.

А пропускна здатність регульованого перехрестя визначається як сукупна ПЗ окремих підходів

45

$$P_{\text{пер}} = \sum_{k=1}^n P_{k\text{пер}}, \quad (7)$$

де n - кількість підходів до перехрестя.

Таким чином, оперативне визначення реальних параметрів руху (швидкості, типу, габаритів, довжини черг і т.д.) окремих видів ТЗ по усіх смугах руху на підходах та в зоні перехрестя шляхом потрібного високошвидкісного сканування дає можливість одержати (в реальному масштабі часу) точні значення часу дії ОТ і ПТ та оптимізувати параметри елементів світлофорного циклу та в подальшому визначити ПЗ для реальних умов взаємодії конфліктуючих ТП на підходах до перехрестя.

Цей спосіб дає змогу миттєво реагувати на будь-які зміни усіх параметрів, від яких залежить ПЗ, на зміну погодних умов, на топографічні особливості перехрестя: ширину смуг, подовжній ухил, кривизну траєкторій руху поворотних потоків і т. д.

Визначення довжини черги, реального на даний момент часу складу ТЗ в ній та значення реального ПН по кожній смузі руху на протязі часу дії світлофорного циклу дає можливість одержання найбільш повного комплексу інформації для контролю ПЗ, для її накопичення на протязі значного часу та вибору максимального значення, а також вибору найліпшої схеми пофазного роз'їзду з точки зору ПЗ перехрестя.

Все це істотно розширює функціональні можливості способу та підвищує ефективність керування руху на регульованих перехрестях.

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 трипромінне конусне покрокове 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 надходить з реперного фотоприймача 2 (ФП₀) на входи дискретних сканісторів 5_1 , 5_2 та 5_3 .

Три оптичні промені 8_1 , 8_2 та 8_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 виході з КЗ та перехресті в цілому.

Зміна і чергування кутів нахилу розгортки (з R1 на R2, з R2 на R3 та з R3 на R4 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_i) в процесі розгортки третього 8_3 та другого 8_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 R3 на R4 та з R5 на R6 або навпаки) дозволяє точно визначити час переміщення ТЗ на дистанції (R4-R3 та R6-R5), швидкість, тип та кількість ТЗ у фізичних та приведених одиницях, що в'їжджають в КЗ по кожній смузі руху в даному циклі регулювання.

В процесі розгортки першого 8_1 лазерного променя на дистанції (R2-R1) на виході з КЗ (у зоні стоп-ліній) послідовно визначають швидкість, довжину, тип, кількість ТЗ та ПН по окремих смугах руху, що в'їжджають в зону перехрестя на зелений сигнал світлофора. Розгортка лазерного променя 8_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 входні смуги руху, сприймають послідовно відбиті сигнали першого 8_1 , другого 8_2 і третього 8_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 період сканування, час тривалості основного або проміжного такту 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 перетворювача 6₀ подаються на відповідні входи дискретних сканісторів 5_1 , 5_2 та 5_3 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, довжину черги і напрямки руху ТЗ, що знаходяться в обох КЗ по всіх смугах 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 розрахунку часу роз'їзду черг ТЗ та ГІН для кожної смуги руху і окремих підходів до перехрестя. Після того, як останній ТЗ, що з початку ПТ знаходився в зоні перехрестя, перетне своїм переднім бампером лінію сканування R2 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, тривалість циклу регулювання, ПЗ підходів до перехрестя та ПЗ перехрестя в цілому.

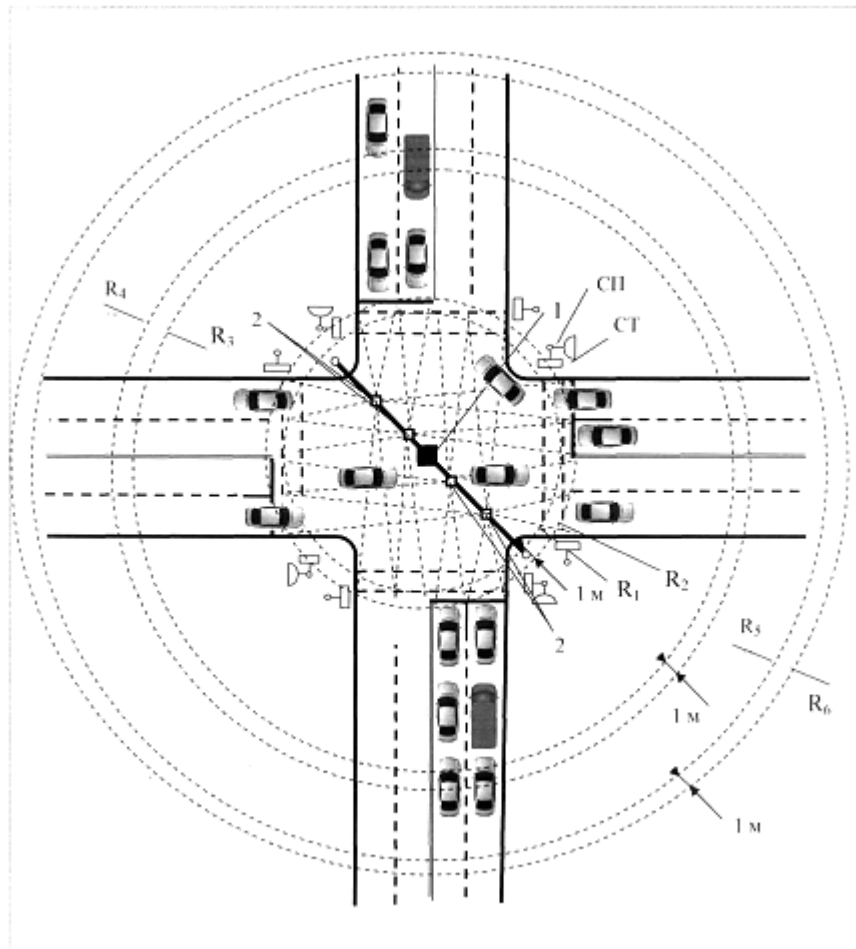
Таким чином, запропонований спосіб дає можливість одержати найбільш повний комплекс інформації для контролю і подальшого оперативного (в реальному масштабі часу) визначення часу дії ОТ, ПТ, циклу регулювання, ПЗ підходів до перехрестя та перехрестя в цілому, а також оцінку ступеня завантаження регульованих перехресть ВДМ.

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 пропускної здатності регульованого перехрестя, що заснований 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 по відношенню 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 із 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 смугам, 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 окремим смугам 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, при цьому тривалість основного такту визначається моментом закінчення роз'їзду найбільшої за часом черги по смугам руху в даній фазі регулювання, який формується по моменту перетинання заднім бампером останнього в черзі транспортного засобу однієї з ліній сканування в зоні стоп-лінії при умові, що на цей момент першу контрольовану зону повністю залишать всі транспортні засоби, а в іншому випадку кінець основного такту формується за максимальним фіксованим заздалегідь значенням, а тривалість циклу світлофорного регулювання за результатами сканування визначається як сукупність основних

- та проміжних тактів всіх фаз, який **відрізняється** тим, що протягом кожного циклу світлофорного регулювання одночасно і послідовно визначаються параметри руху транспортних потоків на підходах і в зоні перехрестя, основні, проміжні такти і цикл світлофорного регулювання, а також коефіцієнти приведення до легкового автомобіля, потоки насичення по кожній смузі руху на підходах до перехрестя, а потім пропускна здатність підходів до перехрестя, як сукупність потоків насичення окремих смуг, з урахуванням часу основного такту та циклу регулювання, а пропускна здатність всього перехрестя визначається як сукупна пропускна здатність окремих підходів.



Фіг. 1

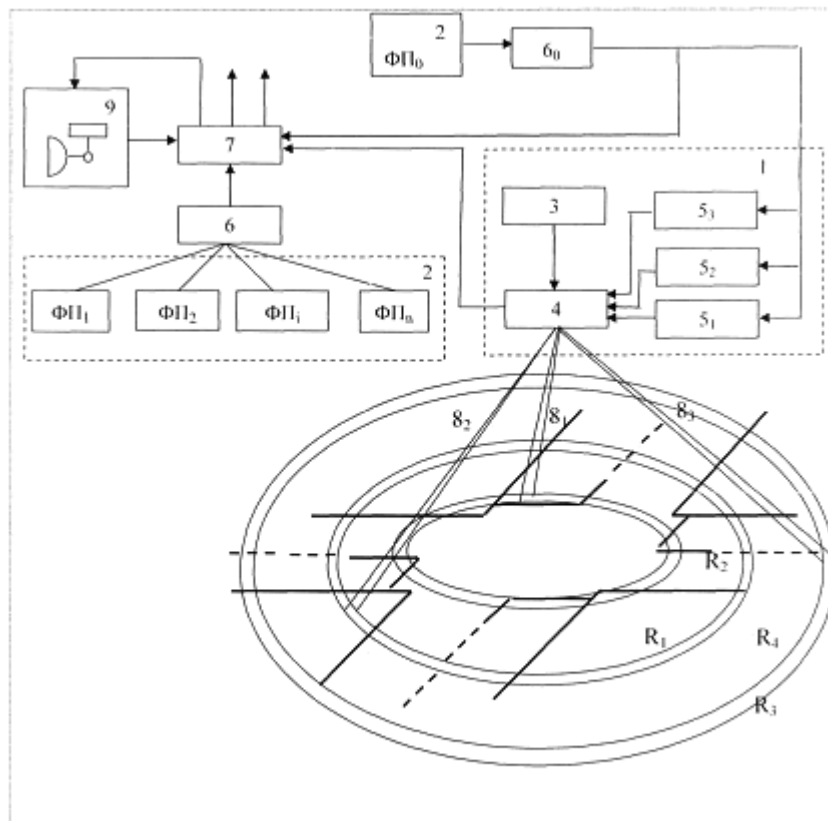


Fig. 2