



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **108445**

(13) **C2**

(51) МПК

**G08G 1/09** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

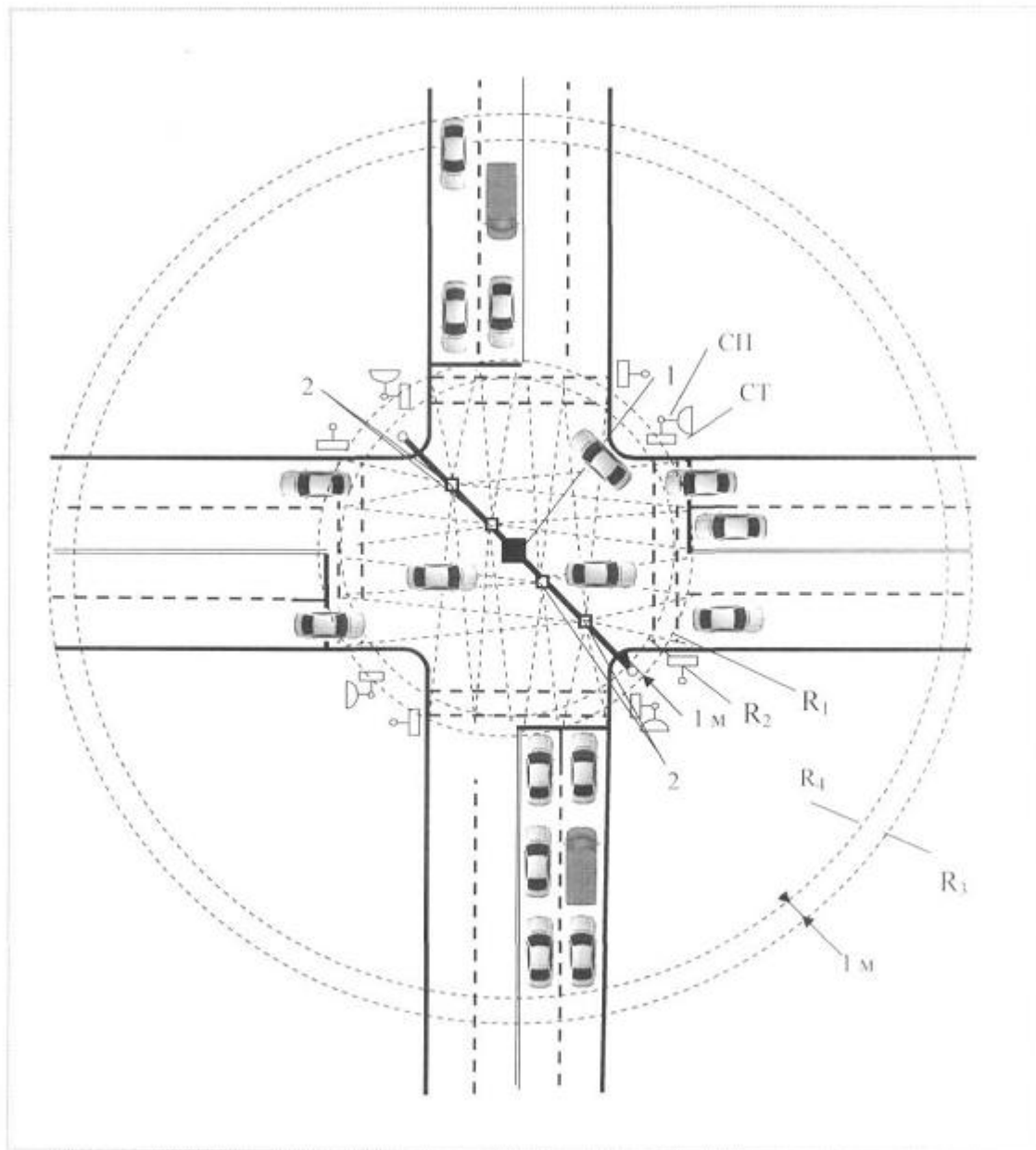
(21) Номер заявки:	<b>а 2014 02130</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Денисенко Олег Васильович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>03.03.2014</b>	(73) Власник(и):	<b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>27.04.2015</b>		<b>вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002 (UA),</b>
(41) Публікація відомостей про заяву:	<b>27.10.2014, Бюл.№ 20</b>		<b>Денисенко Олег Васильович,</b>
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>27.04.2015, Бюл.№ 8</b>		<b>пр. Московський, 202, кв. 21, м. Харків, 61082 (UA)</b>
		(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>UA 84483 U, 25.10.2013 RU 2011135708 A, 27.02.2013 US 2005285738 A1, 29.12.2005 WO 2008154737 A1, 24.12.2008 EP 2204788 A1, 07.07.2010</b>

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПРОМІЖНИХ ТАКТІВ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

### (57) Реферат:

Винахід належить до систем регулювання дорожнього руху (ДР) і може бути використано 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. Спосіб визначення тривалості проміжних тактів світлофорного регулювання, заснований на скануванні двома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя в точці над його геометричним центром конусним виглядом розгортки, причому другий промінь формується у одній площині з першим, але зі зміщенням на півперіоду по колу розгортки, а оптичну вісь першого променя, що формує вихідну межу контрольованої зони в області стоп-ліній, змінюють по черзі через кожен період сканування так, щоб радіус другого концентричного кола на поверхні проїзної частини зменшувався на певну задану величину. Технічний результат полягає у розширенні функціональних можливостей при одночасному підвищенні точності визначення тривалості проміжних тактів кожної фази світлофорного регулювання.

UA 108445 C2



Фиг. 1

Винахід належить до систем регулювання дорожнього руху (ДР) і може бути використаний при розробці агрегатної системи засобів управління ДР, при розробці АСУ-ДР, в системах інформаційного забезпечення завантаження перехресть ВДМ, а також для підвищення ефективності 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, гину і напрямку руху ТЗ, їх інтенсивності руху по кожній смугі за будь-який проміжок часу, інтервалів рухів між ТЗ, а також тривалості проміжних тактів (ПТ) в кожній фазі циклу світлофорного регулювання.

10 Відомий спосіб визначення потоків насичення регульованого перехрестя, заснований на скануванні двома 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.

Другий промінь розгортки формується у одній площині з першим, але зі зміщенням на півперіод по колу розгортки, яку здійснюють, починаючи з зовнішнього кола для першого променя і поступово покроково розширюють коло сканування з заданою величиною кроку зміною положень кутів розгортки в реперній точці на кожному періоді до моменту, коли надійно визначиться кінець найбільшої за протяжністю черги ТЗ по смугах на підходах до перехрестя, на які у даний час діє сигнал світлофора, що забороняє рух, і потім відбувається повернення цього променя в початкове положення та багаторазове повторення цього процесу для визначення кількості ТЗ у черзі по кожній смугі руху на момент зміни сигналу на зелений або на момент початку руху ТЗ. Оптичні сигнали, відбиті від транспортних засобів на підходах та виходах перехрестя приймаються відповідними фотоприймачами і перетворюються в імпульсно-числові коди, за якими обчислюються швидкість і тип ТЗ, інтенсивність і інтервали між ТЗ, що дозволяє послідовно визначити реальні значення коефіцієнтів приведення до легкового автомобіля, кількість ТЗ у черзі у приведених одиницях, час пересування черги, починаючи з моменту перетинання стоп-лінії переднім бампером першого в черзі ТЗ і закінчуючи моментом проходження над стоп-лінією заднього бампера останнього в черзі автомобіля та значення потоків насичення по всіх смугах руху упродовж одного циклу регулювання (Опис до патенту на корисну модель № 84483 від 25.10.2013 р., бюл. № 20/2013).

35 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 параметр циклу світлофорного регулювання, як ПТ в залежності від типу, напрямку та швидкості руху ТЗ в зоні перехрестя, а також його топографії та кількості ТЗ, що знаходяться на перехресті у момент зміни світлофорного сигналу. Крім того, на практиці ПТ визначається як постійна для даної фази регулювання величина, що при розрахунках враховує середній час реакції водія на зміну сигналу світлофора, середній час руху ТЗ його гальмового шляху, середній час руху ТЗ від стоп-лінії до дальньої конфліктної точки (ДКТ), значення середнього уповільнення ТЗ на підході до стоп-лінії, середнє значення довжини ТЗ і т. д. Деякі з цих параметрів суттєво залежать від топографії перехрестя та типу ТЗ. Все це, у свою чергу, обмежує можливість точного визначення тривалості ПТ у реальному масштабі часу, а також оптимальних параметрів циклу світлофорного регулювання та знижує ефективність управління рухом транспорту на регульованих перехрестях.

Крім того, розрахунки тривалості ПТ здійснюються для умов безконфліктного (безаварійного) проїзду ТЗ зони перехрестя, але середні значення більшості розрахункових параметрів не завжди забезпечують такі умови.

В основу запропонованого способу поставлена задача розширення функціональних можливостей при одночасному підвищенні точності визначення тривалості ПТ кожної фази світлофорного регулювання.

55 Поставлена задача вирішується тим, що у запропонований спосіб поставлено конусне покрокове сканування одночасно двома вузькоспрямованими лазерними променями інфрачервоного діапазону тимчасово всіх підходів і виходів перехрестя, що дає можливість сформулювати вхідні і вихідні межі КЗ та забезпечити визначення комплексу вищевказаних параметрів ТП по кожній смугі руху 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 (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 (R1-R2=1 м) та формує вихідну межу КЗ.

Другий оптичний промінь лазерної розгортки формується у одній площині з першим, але зі зміщенням на 180° по колу розгортки (див. Фіг. 2) і формує вхідну межу КЗ.

Цей промінь, як і перший, за допомогою відповідного дискретного сканістора 5<sub>2</sub> 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 R3-R4=1 м.

Оптичні фотоприймачі 2 (ФП, ) в процесі розгортки лазерних променів 8<sub>1</sub> та 8<sub>2</sub> по одному з кіл на вході і виході 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 КЗ, здійснюють по їх передніх бамперах при пересіченні одного з кіл (наприклад R3), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної осі лазерного променя (з радіуса R3 на R4 і навпаки) 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 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 зупинному шляху (ЗШ) різного типу ТЗ, що перетинають вхідну межу КЗ з максимально дозволеною швидкістю (60 км./год.).

Наявність подвійного сканування (R3, R4) на вході КЗ дає можливість точно визначити тип ТЗ, склад ТП та кількість ТЗ m<sub>i</sub> 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 КЗ на момент зміни сигналу світлофора з зеленого на жовтий і по швидкості та типу ТЗ розрахувати його ЗШ

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

де I<sub>рк</sub> - шлях, що пройде ТЗ за час реакції водія t<sub>рк</sub> на зміну сигналів світлофора; I<sub>гш</sub> - 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; i - величина подовжнього похилу.

Подвійне сканування першим променем (R1, R2) в зоні стоп-ліній (на виході з КЗ) 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 смузі, що не встигли (не змогли) покинути зону самого перехрестя на зелений сигнал світлофора, тобто не здійснили перетинання зони сканування (R1, R2) 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 по моментах, коли останній ТЗ, що знаходився в зоні перехрестя, почне перетинати своїм переднім бампером одну з ліній сканування (наприклад, R2) по смугах руху на виході з перехрестя. Це дає гарантію, що останній ТЗ досяг або минув 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 R2 приймається як кінець ПТ цієї фази, але за умови перевірки можливості появи на вході в КЗ нового ТЗ, зупиночний шлях якого перевищує довжину КЗ. Це можливо за умови, якщо на момент включення жовтого сигналу (початку ПТ) вхідну межу 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 перехрестя. В такому випадку кінець ПН також визначається по моменту перетинання лінії сканування з радіусом R2 переднього бампера останнього ТЗ, що покидає зону перехрестя.

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

Визначення часу дії ПТ за точними вимірами, а не приблизними розрахунками за середніми значеннями параметрів, дає змогу у ряді випадків скоротити ПТ, зменшити втрати часу в циклі регулювання та підвищити ефективну тривалість фаз регулювання. Це можливо у разі відсутності ТЗ в зоні перехрестя та на його підходах на момент початку ПТ. Фіксація кінця дії ПТ по виходу з зони перехрестя останнього ТЗ, одночасно підвищує безпеку руху на регульованому перехресті.

Все це істотно розширює функціональні можливості способу та підвищує точність при визначенні оптимальних параметрів поточних значень елементів світлофорного циклу.

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 двопроменеве конусне покровове сканування зони перехрестя за допомогою оптичних відхиляючих пристроїв 5<sub>1</sub> та 5<sub>2</sub> (дискретних сканісторів). Зміна положень кутів розгортки променів 8<sub>1</sub> та 8<sub>2</sub> здійснюється в реперній точці по черзі на кожному періоді сканування сигналом, що надходить з вузла розгортки 4 на входи дискретних сканісторів 5<sub>1</sub> та 5<sub>2</sub>.

Обидва оптичні промені 8<sub>1</sub> та 8<sub>2</sub> формуються вузлом розгортки у одній площині зі зміщенням на півперіод (180°), що дає змогу фіксувати кожний з них у реперній точці і чітко розпізнавати відбиті від ТЗ сигнали на вході і виході з КЗ та перехрестя в цілому.

Зміна і чергування кутів нахилу розгортки (з R1 на R2 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<sub>i</sub>) в процесі розгортки другого лазерного променя 8<sub>т</sub> по одному з кіл послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різних смугах руху на входах в КЗ. При цьому, по чергові з високою швидкістю зміни радіусів сканування (з R3 на R4 і назад) дозволяє точно визначити час переміщення ТЗ на дистанції (R3-R4), 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 (R1-R2) на виході з КЗ (у зоні стоп-ліній) послідовно визначають швидкість, довжину, тип та кількість ТЗ по окремих смугах руху, що в'їжджають в зону перехрестя на зелений сигнал світлофора. Розгортка лазерного променя 8<sub>1</sub> на виході з зони перехрестя дозволяє визначити кількість, тип та інші параметри руху ТЗ, що покинули зону перехрестя по різних напрямках у цей же такт регулювання.

Фотоприймачі 2, направлені на вхідні смуги руху, сприймають послідовно відбиті сигнали як першого 8<sub>1</sub>, так і другого 8<sub>2</sub> лазерних променів з часовою затримкою на півперіод 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 такту або циклу світлофорного регулювання). Для цього сигнали зміни елементів циклу світлофорного регулювання з виходу світлофорного об'єкта 9 подаються на відповідний вхід обчислювального пристрою 7.

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 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. 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.

Таким чином, запропонований спосіб дає можливість одержання найбільш повного комплексу інформації для контролю і подальшого оперативного (в реальному масштабі часу) визначення часу дії ПТ 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 ВИНАХОДУ

Спосіб визначення тривалості проміжних тактів світлофорного регулювання, заснований на скануванні двома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя з точки над його геометричним центром конусним виглядом розгортки, причому оптичну вісь першого положення розгортки першого променя вибирають так, щоб він описував перше концентричне 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 зміну положень розгортки здійснюють в реперній точці з високою швидкістю по черзі через кожен період сканування, а другий промінь розгортки формують у одній площині з першим, але зі зміщенням на півперіод по колу розгортки, подальшому прийомі відображених оптичних сигналів фотоприймачами і подальшому перетворенні цих сигналів в імпульсно-числові коди, за якими визначають швидкість, тип та час пересування транспортних засобів в зоні стоп-лінії, напрямки їх руху по смугах, кількість транспортних засобів у черзі, час пересування черги зони стоп-ліній по всіх смугах руху упродовж окремих тактів одного циклу світлофорного регулювання, який **відрізняється** тим, що кути нахилу оптичних осей другого променя, аналогічно до першого, змінюють по черзі у реперній точці через кожен період сканування так, що радіус другого концентричного кола на вході контрольованої зони зменшується на певну задану величину, на основі чого чітко визначають момент в'їзду, швидкість, довжину, тип, кількість і послідовність транспортних засобів, що реально в'їхали в контрольовану зону по кожній смузі руху за період вимірювань, при цьому відстань між вхідною та вихідною межами контрольованої зони відповідає максимально можливому зупинному шляху транспортних засобів різного типу, а потім послідовно визначають тип, точний час та кількість транспортних засобів, які покинули контрольовану зону по кожній зі смуг руху на зелений сигнал світлофора та наявність транспортних засобів по окремих смугах в контрольованій зоні та в зоні самого перехрестя на момент початку проміжного такту, а момент закінчення проміжного такту формують по моментах, коли останній транспортний засіб, що знаходиться в зоні перехрестя, починає перетинати своїм переднім бампером одну з ліній сканування першого променя по смугах руху на виході з перехрестя, при цьому на момент початку проміжного такту додатково перевіряють можливість появи на вході в контрольовану зону нового транспортного засобу, зупинний шлях якого перевищує довжину контрольованої зони.

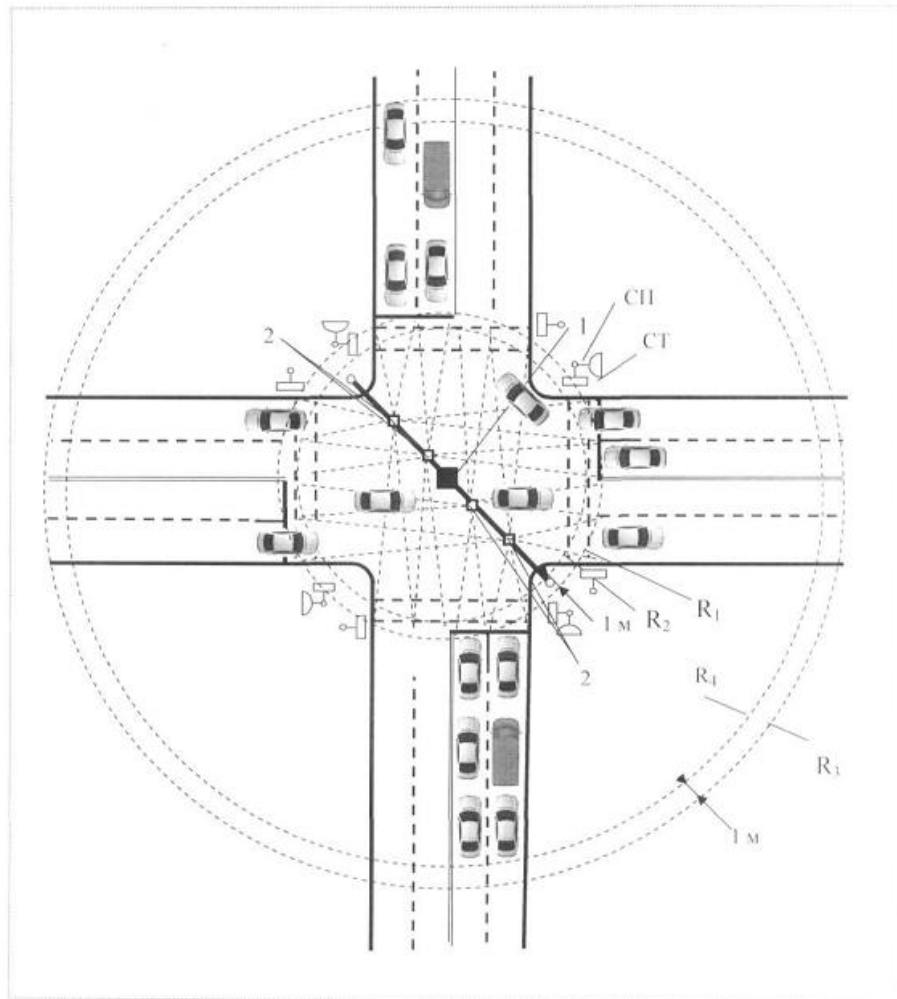


Fig. 1

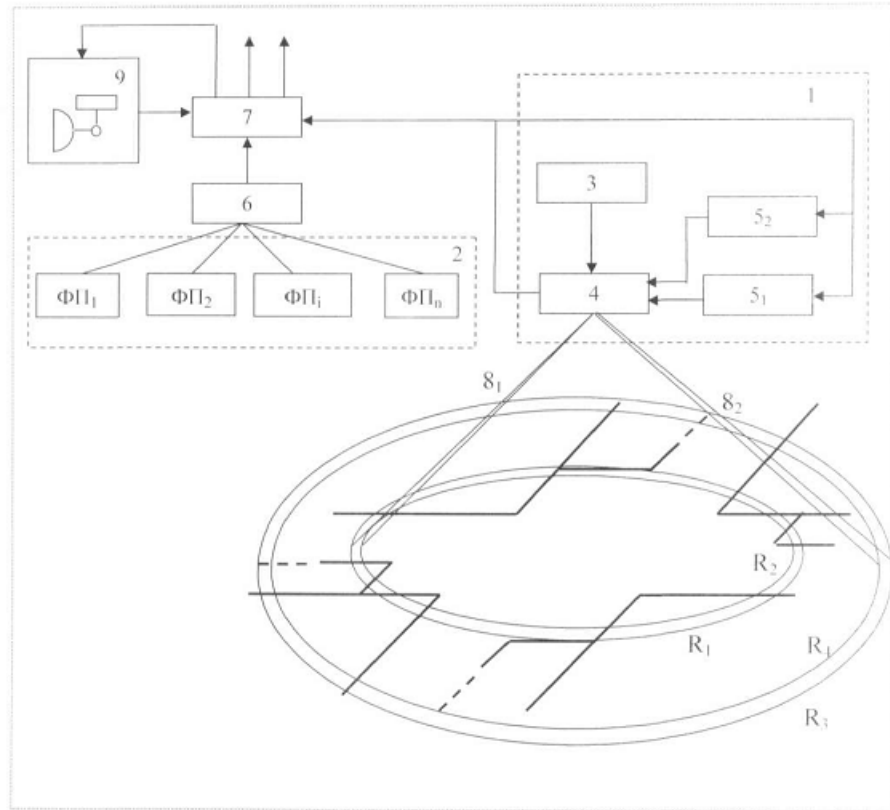


Fig. 2