



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114539** (13) **C2**
(51) МПК
G08G 1/09 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

| | |
|--|--|
| <p>(21) Номер заявки: а 2015 06411</p> <p>(22) Дата подання заявки: 30.06.2015</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 26.06.2017</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 25.12.2015, Бюл.№ 24</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.06.2017, Бюл.№ 12</p> | <p>(72) Винахідник(и): Денисенко Олег Васильович (UA)</p> <p>(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)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 84752 U, 25.10.2013 Левтеров А.І. Визначення транспортних затримок на регульованому перехресті: Левтеров А.І., Денисенко О.В., Ярута А.М. - Харків: Вестник ХНАДУ, вип. 61-62, 2013. - Стор. 106-109. Левашов А.Г. Проектирование регулируемых пересечений: учебн. Пособие/ А.Г. Левашов, А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2007. – С. 78-92, 130-139. UA 84483 U, 08.04.2013 US 2005105773 A1, 19.05.2005 WO 2011113022 A1, 15.09.2011 EP 2204788 A1, 07.07.2010</p> |
|--|--|

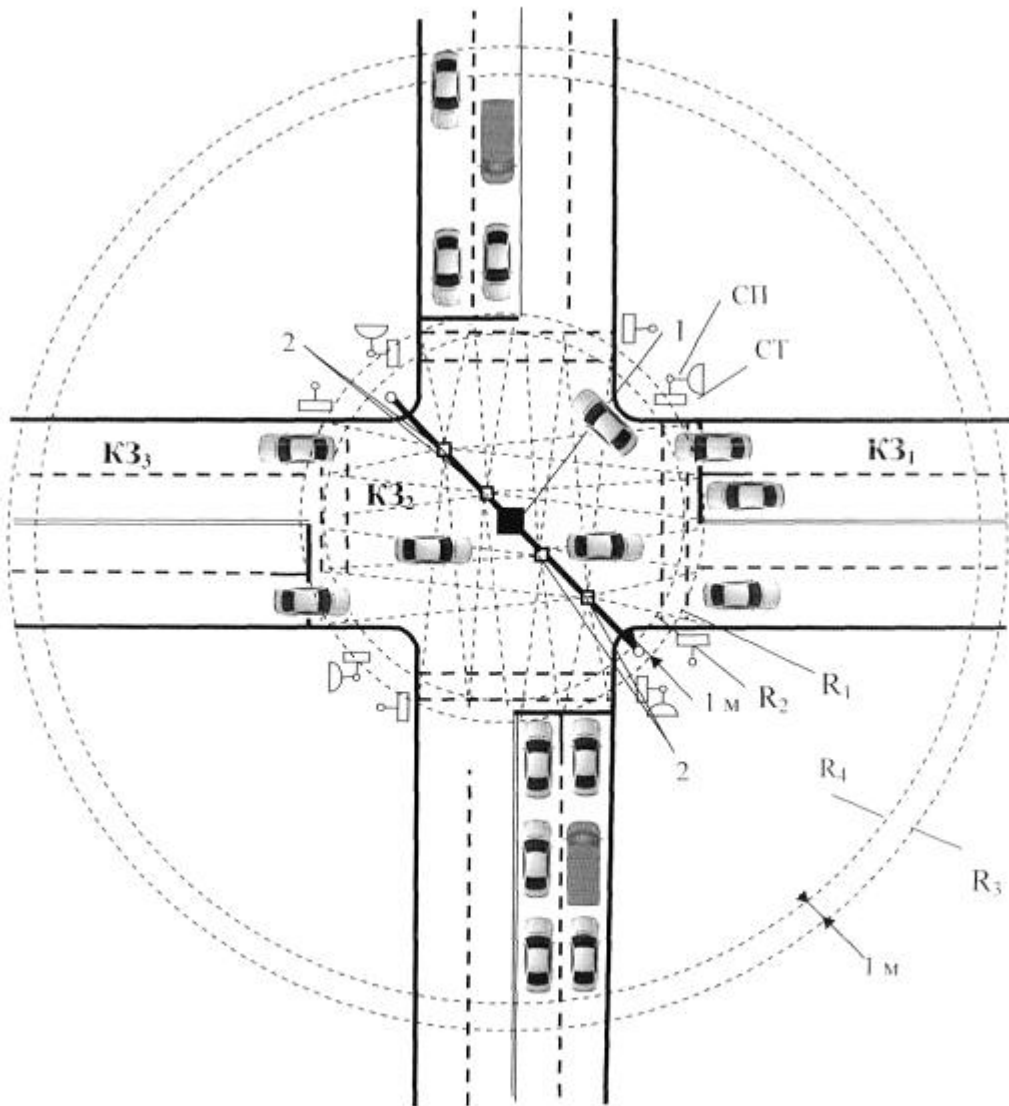
(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ НА РЕГУЛЬОВАНОМУ ПЕРЕХРЕСТІ

(57) Реферат:

Спосіб визначення рівня обслуговування на регульованому перехресті 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 управління рухом транспорту на регульованих перехрестях. Спосіб базується на конусному покроковому скануванні одночасно двома вузькоспрямованими лазерними променями інфрачервоного діапазону тимчасово всіх підходів і виходів перехрестя, що дає можливість сформулювати вхідні і вихідні межі трьох КЗ та забезпечити визначення комплексу параметрів ТП по кожній смузі руху та рівень обслуговування на регульованому перехресті в залежності від результатів сканування. Реалізацію запропонованого способу можна здійснити одним загальним пристроєм, розташованим в зоні перехрестя, який одночасно дає змогу, в разі потреби, визначити також ряд інших параметрів руху ТП. Цей спосіб дає можливість одночасно визначити основні параметри транспортних потоків (ТП) в зоні впливу перехрестя: моменти проїзду транспортними засобами (ТЗ) контрольованих зон (КЗ) та перехрестя в цілому, швидкість, тип, черги ТЗ, напрямки їх руху, інтенсивності руху в фізичних та приведених

UA 114539 C2

одинацях по кожній смузі за будь-який проміжок часу, затримки T_3 , а також рівень обслуговування на регульованому перехресті.



Фиг. 1

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

5 Цей спосіб може бути використаний для одночасного визначення основних параметрів транспортних потоків (111): 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 по кожній смугі, значення коефіцієнтів
10 приведення до легкового автомобіля, середньої затримки ТЗ, а також рівня обслуговування (РО) на регульованому перехресті, як універсального критерію оцінки його ефективності функціонування.

Відомий спосіб визначення транспортних затримок на регульованому перехресті, згідно з яким здійснюється фіксація транспортних засобів, що в'їжджають в контрольовану зону, розташовану перед "Стоп-лінією" регульованого перехрестя, із затримкою, рівною середньому
15 часу проїзду транспортними засобами контрольованої зони, визначення поточної довжини черги ТЗ в контрольованій зоні, визначення сумарної за період вимірювання транспортної затримки шляхом періодичного з інтервалом часу підсумовування поточної довжини черги транспортних засобів в контрольованій зоні, визначення в кінці кожного періоду вимірювання середньої транспортної затримки, фіксацію в'їжджаючих в КЗ і виїжджаючих з неї ТЗ здійснюють по їх
20 задніх бамперах, при цьому реальне число транспортних засобів в КЗ і сумарну транспортну затримку накопичують з високою частотою на кожному періоді сканування розгортуючого пристрою, при цьому середню транспортну затримку транспортних засобів по смугі і по перехрестю, в цілому, визначають по числу транспортних засобів, що реально виїхали з КЗ, та з урахуванням затримки проїзду кожним ТЗ зони самого перехрестя, як різницю між реальним та середнім часом проїзду зони перехрестя кожним типом ТЗ у заданому напрямку за період
25 вимірювань, а вхідні і вихідні межі контрольованої зони формують шляхом сканування розгортуючим пристроєм лазерного променя інфрачервоного діапазону одночасно по всіх входах перехрестя, що дає можливість забезпечити визначення середньої затримки транспортних засобів по всіх смугах і на перехресті в цілому за будь-який час вимірювання
30 затримки (Опис до патенту на корисну модель UA 84752 U від 25.10.2013 р., бюл. №20/2013).

Цей спосіб є найбільш близьким до способу, що заявляється, і тому вибраний як найближчий аналог.

Недоліком цього способу є низька точність визначення транспортних затримок на регульованому перехресті, оскільки він не враховує затримки проїзду ТЗ у зони впливу всього
35 перехрестя, які виникають у випадках зниження швидкості ТЗ, або повної їх зупинки на сигнали світлофора та пішохідні потоки, що забороняють рух ТЗ по різних напрямках.

Низька точність визначення транспортної затримки обумовлена також тим, що затримка проїзду ТЗ контрольованої зони береться по середньому часу приїзду і не враховує тип та габарити кожного ТЗ. Це, у свою чергу, не дозволяє визначити значення середньої затримки на
40 один легковий автомобіль (приведену транспортну одиницю) на усьому перехресті, а також рівень його обслуговування, що суттєво знижує функціональні можливості відомого способу.

В основу запропонованого способу поставлена задача підвищення точності визначення транспортних затримок в зоні впливу всього регульованого перехрестя та розширення його функціональних можливостей для визначення рівня обслуговування, як інтегральної оцінки
45 ефективності функціонування перехрестя.

Поставлена задача вирішується тим, що у запропонований спосіб покладено конусне покрокове сканування одночасно двома вузькоспрямованими лазерними променями інфрачервоного діапазону тимчасово всіх підходів і виходів перехрестя, що дає можливість
50 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
55 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
60 необхідне друге положення, при якому радіус кола (R_2) на поверхні проїжджій частини

зменшується на задану величину (наприклад, на 1 м). Таким чином, блок сканування на кожному наступному періоді сканування змінює розгортку першого лазерного променя з одної оптичної осі на іншу та описує в зоні стоп-ліній на поверхні перехрестя два концентричні кола з різницею радіусів ($R_1 - R_2 = 1$ м) та формує вихідну межу КЗ.

5 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_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 $R_3 - R_4 = 1$ м.

10 Оптичні фотоприймачі 2 (ФП_i) в процесі розгортки лазерного променя 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.

15 Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в КЗ, здійснюють по їх передніх бамперах при пересіченні одного з кіл (наприклад R_3), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної осі лазерного променя (з радіуса R_3 на R_4 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 R_1 , що формує вхідну межу КЗ, вибирають за умови, що він відповідає початку зони реального впливу перехрестя на режими руху ТП на усіх підходах до перехрестя.

20 Наявність подвійного сканування (R_3, R_4) на вході в КЗ дає можливість точно визначити момент в'їзду кожного ТЗ, його швидкість, довжину та тип, склад ТП та кількість ТЗ m_i у черзі по кожній i -й смузі руху на підходах до перехрестя (в КЗ) в будь-який момент зміни сигналів світлофора або на момент початку руху перших у черзі ТЗ.

25 Подвійне сканування першим променем (R_1, R_2) в зоні стоп-ліній (на виході з КЗ) дає змогу визначити точний час (момент виїзду), швидкість, довжину, тип, кількість і послідовність ТЗ, що реально виїхали з КЗ по кожній смузі руху за будь-який період вимірювань. За результатами сканування першим променем також визначають кількість та тип ТЗ по кожній смузі, що не встигли (не змогли) покинути зону самого перехрестя на зелений сигнал світлофора, тобто не здійснили перетинання зони сканування (R_1, R_2) по смугах руху на виході з перехрестя. 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 час пересування ТЗ в зоні "стоп-ліній" дозволяє послідовно визначити реальні значення коефіцієнтів приведення до легкового автомобіля $K_{ПРn}$ як відношення величини середнього значення часового інтервалу $\bar{t}_{Вn}$ проїзду КЗ конкретним типом ТЗ до величини середнього значення часового інтервалу $\bar{t}_{ЛП}$ проїзду цієї зони легковим автомобілем:

$$K_{ПРn} = \bar{t}_{Вn} / \bar{t}_{ЛП} \quad (1)$$

40 Це, у свою чергу, дозволяє також визначити картограму інтенсивностей руху ТЗ за невеликі періоди часу (цикл світлофорного регулювання) як інтенсивність руху по кожній i -й смузі у фізичних та у приведених одиницях:

$$N_{ПРi} = K_{ПР1}N_1 + K_{ПР2}N_2 + \dots + K_{ПРn}N_n, \quad (2)$$

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

45 N_n - число транспортних засобів типу n у потоці;

$K_{ПРn}$ - коефіцієнт приведення ТЗ типу n до легкового автомобіля.

Вимірювання такого комплексу параметрів в зоні "стоп-ліній" дає змогу подальшого визначення середньої затримки на один приведений ТЗ, що дозволить оцінити рівень обслуговування всього перехрестя.

50 При загальному підході до визначення транспортної затримки розуміють вид затримки, що виникає в результаті зниження швидкості руху ТЗ в зоні впливу перехрестя і її залежність від сукупності багатьох чинників, пов'язаних з геометричними особливостями перетину, вибраною смугою, напрямком руху і типом ТЗ, режимом регулювання, інтенсивністю прибуття ТЗ до даного регульованого перехрестя. Величина даної затримки t_{ij}^n визначається, як різниця в часі

55 при порівнянні руху ТЗ по i -тій смузі у j -тому напрямку n -го типу через усі три зони (див. фіг. 1) даного регульованого перехрестя у реальних умовах g_{ij}^n і того ж типу ТЗ на цьому ж напрямку і

ділянці руху через дане регульоване перехрестя у вільних умовах q_{ij}^n (без впливу дії світлофорного регулювання на ТП)

$$t_{ij}^n = g_{ij}^n - q_{ij}^n \quad (3)$$

5 Три зони регульованого перехрестя (див. фіг. 1) відповідають ділянкам руху ТЗ, що впливають на швидкісний режим ТП (КЗ₁ - на підходах до перехрестя; КЗ₂ - зона самого перехрестя; КЗ₃ - КЗ на виходах з перехрестя).

Подвійне сканування з високою частотою вхідних та вихідних меж кожної зони дозволяє точно фіксувати усі параметри руху ТЗ, їх напрямки руху по кожній смузі та можливість виміру часу руху g_{ij}^n та q_{ij}^n , окремо по кожній із трьох зон, як трьох складових

$$10 \quad g_{ij}^n = g_{ij}^n(1) + g_{ij}^n(2) + g_{ij}^n(3) \quad (4)$$

$$q_{ij}^n = q_{ij}^n(1) + q_{ij}^n(2) + q_{ij}^n(3) \quad (5)$$

Реальний час проїзду усіх трьох зон кожним ТЗ фіксується по моментах перетинання їх задніми бамперами вказаних меж зон перехрестя, причому визначається він з високою точністю з дискретністю періоду сканування одночасно по всіх смугах на підходах та виходах перехрестя.

15 Спочатку визначається загальна затримка кожного виду ТЗ, що рухаються по і-й смузі руху в різних напрямках за вибраний час виміру T_B

$$T_{\Sigma i} = \sum_{j=1}^3 \sum_{n=1}^k t_{ij}^n N_{ij}^n, \quad (6)$$

де k кількість типів ТЗ, що повністю проїхали усі три зони перехрестя з і-ї смуги руху за час виміру T_B ;

20 N_{ij}^n - число транспортних засобів типу n у потоці по і-тій смузі у j -тому напрямку, що за час виміру T_B проїхали усі три зони перехрестя.

А середня затримка \bar{t}_i на одну приведену одиницю для і-тої смуги руху за час виміру T_B , або, наприклад, за кожний цикл світлофорного регулювання $T_{\text{ц}}$ визначається

$$\bar{t}_i = \frac{T_{\Sigma i}}{N_{\text{ПП}i}} \quad (7)$$

25 Потім за результатами виміру загальних затримок ТЗ по кожній смузі руху на усіх підходах до перехрестя визначають середню транспортну затримку $\bar{t}_{\text{п}\Sigma}$ на одну приведену одиницю для всього перехрестя:

$$\bar{t}_{\text{п}\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{\Sigma i}}{\sum_{i=1}^m N_{\text{ПП}i}} \quad (8)$$

30 де $N_{\text{ПП}i}$ - інтенсивності руху ТЗ у приведених до легкового автомобіля одиницях по і - й смузі руху за час виміру T_B ;

m - число смуг руху на підходах до перехрестя.

Далі згідно з нормативними показниками (Highway Capacity Manual. // TRB, Washington, DC, 2000. - 1134 р.) визначається рівень обслуговування регульованого перехрестя, як один з універсальних критеріїв оцінки його ефективності функціонування.

35 Такий підхід виміру транспортної затримки прямим класичним методом, як різницю часу проїзду усіх трьох КЗ перехрестя у реальних умовах та умовах вільного руху по кожній смузі, для кожного типу ТЗ (з урахуванням напрямків руху) дозволяє суттєво підвищити точність визначення затримки (на відміну від усіх опосередкованих або розрахункових методів) та рівень обслуговування перехрестя.

40 На фіг. 2 представлена 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 двопроменево конусне покрокове сканування зони перехрестя за допомогою оптичного відхиляючого пристрою 5 (дискретного сканістора). Зміна положень кутів розгортки променів θ_1 та θ_2 здійснюється в реперній точці по черзі на кожному періоді сканування.

Обидва оптичні промені θ_1 та θ_2 формуються вузлом розгортки у одній площині зі зміщенням на півперіоді (180°), що дає змогу фіксувати кожний з них у реперній точці і чітко розпізнавати відбиті від ТЗ сигнали на вході і виході КЗ.

5 Зміна і чергування кутів нахилу розгортки оптичних променів (з R_1 на R_2 або навпаки) необхідна для однозначного визначення положення ТЗ щодо кіл сканування, їх швидкості, типу, напрямків руху та кількості у фізичних та приведених одиницях в кожній зоні перехрестя по кожній смузі руху.

10 Відбитий від ТЗ оптичний сигнал (при наявності ТЗ в зоні, що контролюється, даної і-ої смуги) вловлюється відповідними фотоприймачами 2 (ФП_i) кожної смуги руху, як на входах, так і на виходах перехрестя.

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 або за час циклу світлофорного регулювання, інформація про який може надходити в 6 з світлофорного об'єкта 9.

15 Якщо в обчислювальний пристрій закладаються алгоритми, правила і константи, відповідні дані часу пересування різних типів ТЗ в умовах вільного руху та діапазони зміни інтервалів руху різних типів ТЗ по зонах перехрестя при всляких змінах напрямків їх руху по смугах перехрестя, тоді з'являється можливість більш точного визначення середньої транспортної затримки на одну приведену транспортну одиницю і рівня обслуговування регульованого перехрестя.

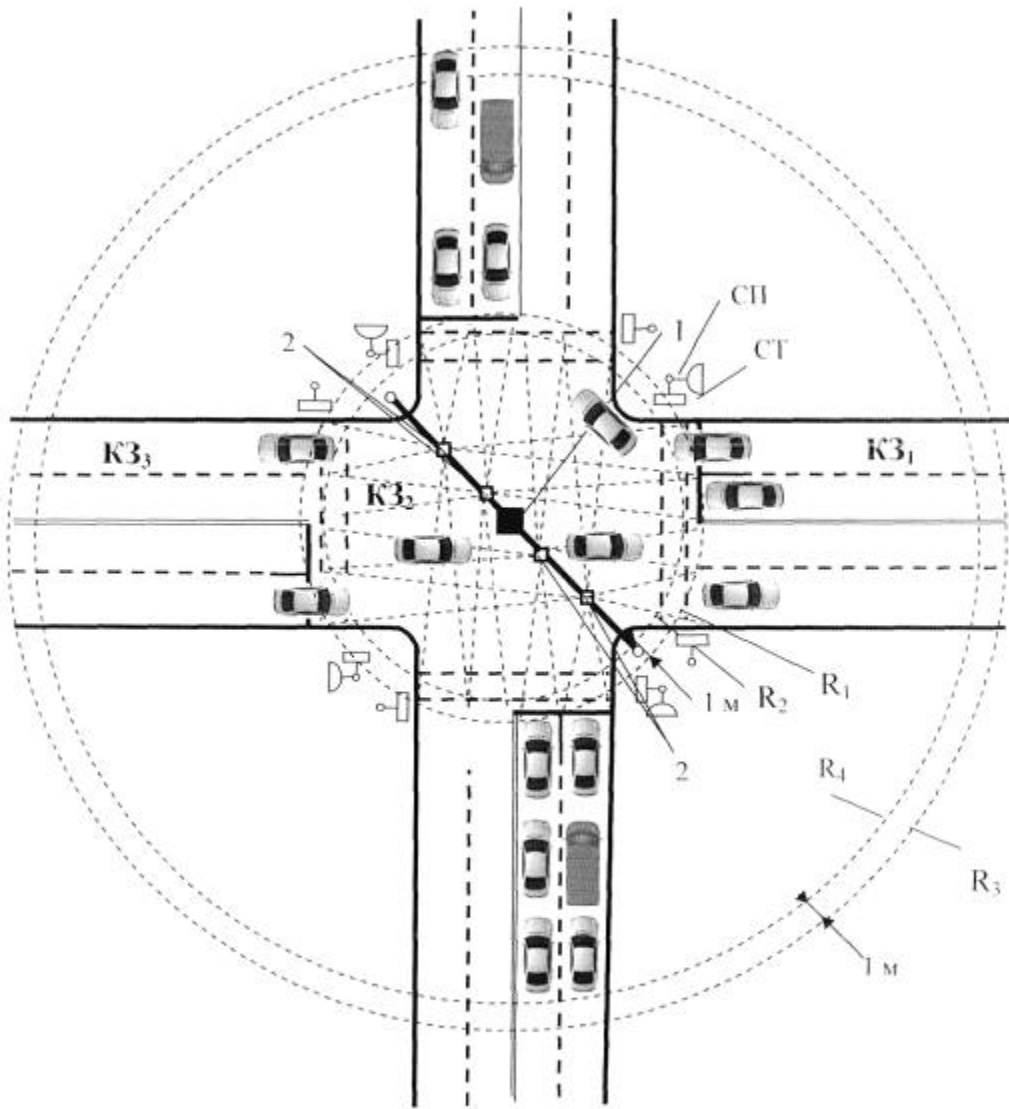
20 По рівню середніх затримок по кожній смузі або по окремих напрямках руху на підходах до перехрестя можливо судити про ефективність схеми пофазного роз'їзду і можливість зміни цієї схеми.

25 Перевагою запропонованого способу також є і те, що він дозволяє одночасно з затримками і рівнем обслуговування визначати ряд окремих параметрів руху ТП в зоні перехрестя: швидкості руху ТЗ, їх довжину, інтервали руху, інтенсивності ТП по кожній смузі за будь-яке фіксоване значення часу, причому здійснюється це одним загальним пристроєм, розташованим в зоні перехрестя, що контролюється.

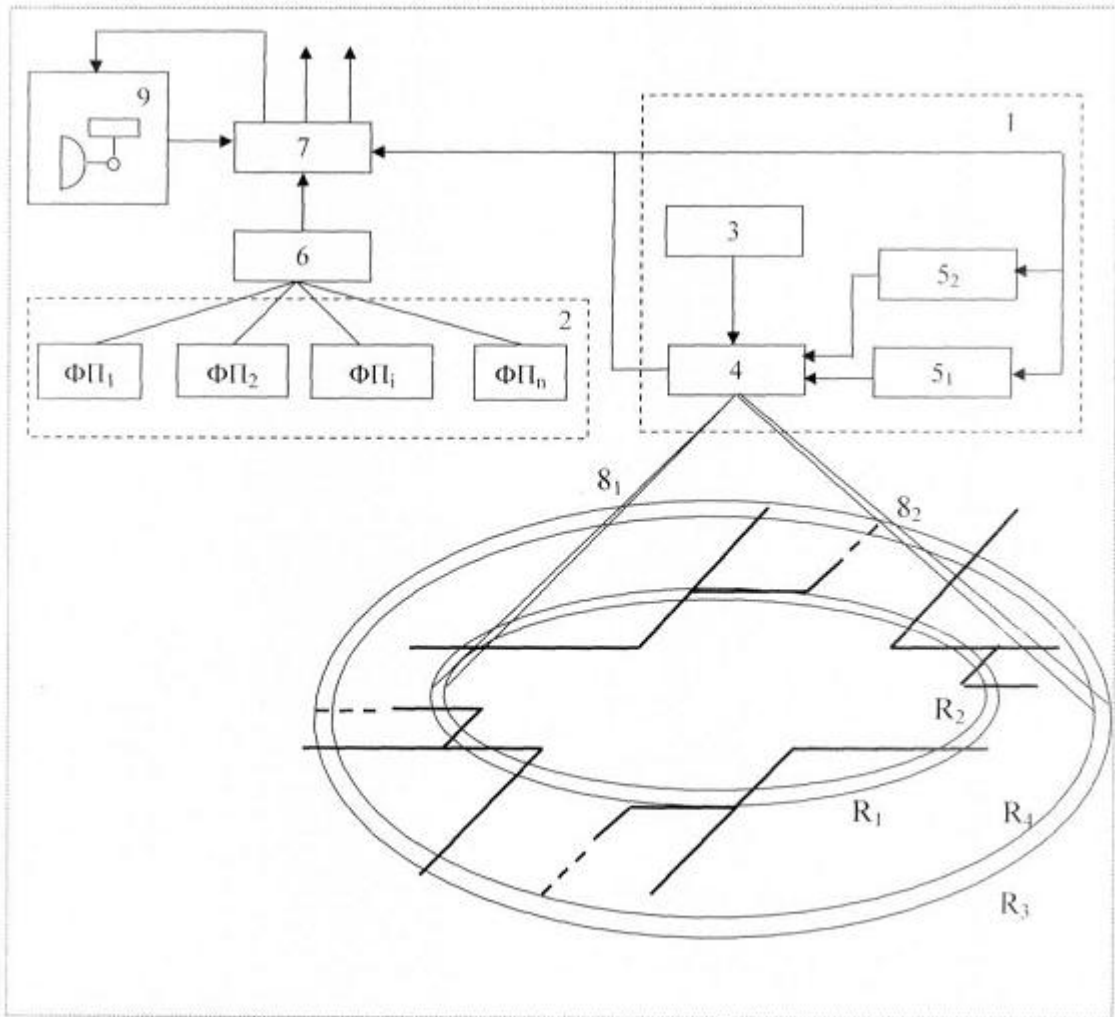
30 Таким чином, запропонований спосіб дає можливість одержати найбільш повний комплекс інформації для контролю і подальшого оперативного (в реальному масштабі часу) керування рухом на перехресті.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

35 Спосіб визначення рівня обслуговування на регульованому перехресті, оснований на скануванні зони впливу перехрестя з точки над його геометричним центром конусним видом лазерної розгортки одночасно двома оптичними променями, 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 другий промінь формується у одній площині з першим, але зі зміщенням на півперіоду по колу розгортки, а оптичні осі обох променів, що
40 формують вхідні і вихідні межі контрольованих зон, змінюють по черзі через кожен період сканування так, щоб радіус другого концентричного кола на поверхні проїзної частини зменшувався на певну задану величину, що дозволяє визначити швидкість, тип і напрямки руху транспортних засобів по кожній смузі руху і їх затримки в контрольованих зонах з урахуванням часу проїзду кожним конкретним типом транспортного засобу та його затримки проїзду в
45 контрольованих зонах, який **відрізняється** тим, що межі контрольованих зон, які формуються другим лазерним променем, відповідають початку і кінцю зони впливу перехрестя на швидкісний режим транспортних засобів, а затримки транспортних засобів за вибраний час виміру визначають як різницю часу проїзду усіх трьох контрольованих зон перехрестя у реальних умовах та умовах вільного руху по кожній смузі, для кожного типу транспортного
50 засобу, з урахуванням напрямків руху, при цьому інтенсивність транспортних засобів, що повністю перетнули усі три зони перехрестя, визначають у приведених до легкового автомобіля одиницях, а середня затримка для всього перехрестя визначається як середня зважена на одну приведену одиницю, по якій і визначається рівень обслуговування на регульованому перехресті.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

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

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