



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116398** (13) **C2**
(51) МПК

G08G 1/065 (2006.01)

G08G 1/09 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2016 03344</p> <p>(22) Дата подання заявки: 31.03.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 12.03.2018</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 25.10.2016, Бюл.№ 20</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.03.2018, Бюл.№ 5</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 105751 C2, 10.06.2014 UA 105121 C2, 10.04.2014 US 7323987 B2, 29.01.2008 DE 102007000634 B3, 30.04.2009 EP 0454166 B1, 29.01.1997 GB 1536460 A, 20.12.1978 WO 2005036494 A2, 21.04.2005 SU 1285512 A1, 23.01.1987</p>
--	---

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ НЕРЕГУЛЬОВАНОГО ПЕРЕХРЕСТЯ РІВНОЗНАЧНИХ ДОРІГ

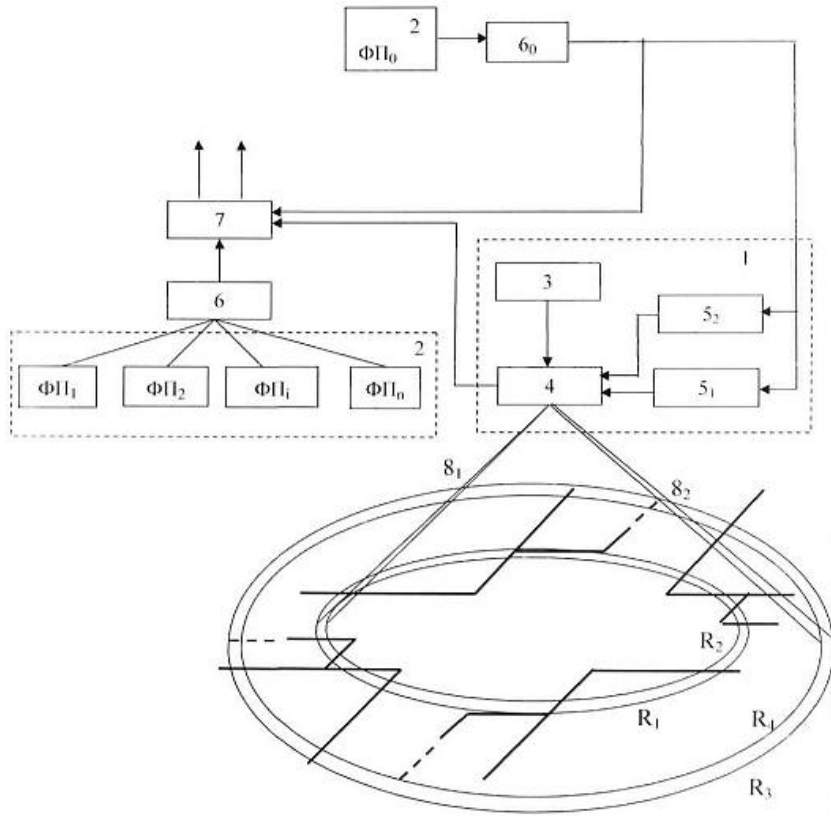
(57) Реферат:

Винахід належить до систем регулювання дорожнього руху (ДР) і може бути використаний при розробці агрегатної системи засобів управління ДР, АСУ-ДР, а також в системах інформаційного забезпечення завантаження перехресть ВДМ.

Спосіб базується на конусному покроковому скануванні одночасно двома вузькоспрямованими лазерними променями інфрачервоного діапазону тимчасово всіх підходів і виходів перехрестя, що дає можливість сформувати вхідні і вихідні межі контрольованих зон (КЗ) та забезпечити визначення комплексу параметрів транспортних потоків (ТП) по кожній смузі руху та пропускну здатність (ПЗ) нерегульованого перехрестя 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 ТП в зоні впливу перехрестя: моменти проїзду транспортними засобами (ТЗ) КЗ та перехрестя в цілому, швидкість, тип, черги ТЗ, інтервали їх руху по всіх смугах, напрямки руху, інтенсивності руху в фізичних та приведених одиницях по кожній смузі, а також значення інтервалів перегину для різноманітних умов руху по смугах другорядних доріг та ПЗ нерегульованого перехрестя.

UA 116398 C2



Фиг. 2

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 міської мережі.

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 та їх черги на підходах до перехрестя по кожній смугі другорядних доріг.

10 Відомий спосіб визначення затримок транспортних засобів на нерегульованому перехресті, заснований на скануванні двома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя з точки над його геометричним центром конусним видом розгортки одночасно всіх підходів і виходів перехрестя, що дає можливість забезпечити визначення комплексу вищевказаних параметрів ТП по кожній смугі руху в залежності від результатів сканування.

15 Оптична вісь одного з положень розгортки першого променя вибирається так, щоб він описував коло на проїжджій частині перехрестя радіусом (R_1) в області "стоп-ліній" всіх його підходів, а друге положення розгортки відповідає відхиленню лазерного променя, при якому радіус (R_2) другого концентричного кола на поверхні проїзної частини зменшується на певну задану величину ($R_1 - R_2 = 1$ м), при цьому формується вихідна межа КЗ, а зміна положень розгортки здійснюється з високою швидкістю по черзі через кожен період сканування.

20 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 на кожному наступному періоді сканування змінює одну оптичну вісі, розгортки (з радіусом кола R_3 на проїжджій частині перехрестя) на іншу (з радіусом R_4) і формує два концентричних кола з різницею радіусів $R_3 - R_4 = 1$ м.

Оптичні фотоприймачі в процесі розгортки лазерного променя по одному з кіл послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різних смугах руху як на підходах, так і на виходах перехрестя. При цьому, почергова з високою швидкістю зміна радіусів сканування дозволяє точно визначити моменти перетину кожним ТЗ входу і виходу КЗ, швидкість і тип ТЗ, довжину черги, їх інтенсивність і інтервали руху між ТЗ по кожній смугі в зоні "стоп-ліній" і на вході в КЗ.

Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в КЗ і виїжджають з неї, здійснюють по їх задніх бамперах при пересіченні одного з кіл (наприклад R_3 та R_1).

35 Це дозволяє підвищити точність визначення загальних транспортних затримок на нерегульованому перехресті за рахунок врахування затримок не тільки в КЗ, але і в зоні перехрестя та на його виході, а також затримки ТЗ по смугах головної дороги (Опис до патенту на винахід № 105751 від 10.06.2014 р., бюл. № 11/2014). Цей спосіб є найбільш близьким до способу, що заявляється, і тому вибраний як найближчий аналог.

40 Недоліком цього способу є вузькі функціональні можливості, оскільки він не дозволяє визначити такий важливий параметр нерегульованого перехрестя, як його пропускна здатність (ПЗ). Це пов'язано з тим, що для визначення ПЗ нерегульованого перехрестя окрім вищевказаних параметрів руху ТП на підходах до перехрестя необхідно визначати критичні інтервали руху для всіх типів ТЗ з урахуванням їх різних напрямків руху з усіх смуг перехрестя, а також враховувати відомі правила перетину нерегульованих перехресть рівнозначних доріг.

45 В основу запропонованого способу поставлена задача розширення функціональних можливостей існуючого способу, що дає можливість одночасно з виміром вищевказаних параметрів визначати і ПЗ нерегульованого перехрестя рівнозначних доріг.

Поставлена задача досягається тим, що у запропонований спосіб поставлено конусне покровоке сканування одночасно двома вузькоспрямованими лазерними променями інфрачервоного діапазону тимчасово всіх підходів і виходів перехрестя, що дає можливість забезпечити визначення комплексу необхідних параметрів ТП по кожній смугі руху в залежності від результатів сканування.

50 На фіг. 1 представлена схема, яка розкриває основні відмінні особливості запропонованого способу і послідовність його дій.

55 Відповідно до запропонованого способу розгортка лазерного променя здійснюється блоком сканування 1, який розташовується над перехрестям на спеціальному кронштейні в точці, що відповідає геометричному центру перехрестя. У блоці сканування, 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 входять оптичні відхиляючі пристрої (дискретні сканістори), один з яких забезпечує відхилення вісі першого лазерного променя в необхідне друге положення, при якому радіус кола (R_2) на поверхні проїзної частини зменшується на задану величину (наприклад, на 1 м). Таким чином, блок сканування на кожному наступному

5

періоді сканування змінює розгортку першого лазерного променя з одної оптичної вісі па іншу та описує в зоні перехрестя на його поверхні два концентричні кола з різницею радіусів ($R_1 - R_2 = 1$ м).

Другий оптичний промінь лазерної розгортки формується в одній площині з першим, але зі зміщенням на 180° по колу розгортки (див. фіг. 2).

10

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.

15

Оптичні фотоприймачі 2 (ФПі) в процесі розгортки лазерних променів 8_1 та 8_2 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.

20

Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в КЗ, здійснюють по їх задніх бамперах при пересіченні одного з кіл (наприклад R_3), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної вісі 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_3 , що формує вхідну межу КЗ, вибирають таким чином, щоб він перевищував найбільш можливу чергу ТЗ, яка може збиратися по одній зі смуг руху на підходах до перехрестя.

25

$$K_{\text{ПРі}} = \bar{t}_{\text{ві}} / \bar{t}_{\text{лі}} \quad (1)$$

30

Інформація про довжину, тип та час пересування ТЗ на вході в КЗ або в зоні "стоп-ліній" дозволяє послідовно визначити реальні значення коефіцієнтів приведення до легкового автомобілю $K_{\text{ПРі}}$ як відношення величини середнього значення часового інтервалу $\bar{t}_{\text{ві}}$ проїзду дистанції $R_3 - R_4 = 1$ м (або $R_1 - R_2 = 1$ м) конкретним типом ТЗ до величини середнього значення часового інтервалу $\bar{t}_{\text{лі}}$ проїзду цієї дистанції легковим автомобілем:

Вимірювання цього параметру на вході і виході КЗ, на вході і виході з перехрестя дозволяє не тільки чітко визначити напрямки руху кожного ТЗ по кожній смузі перехрестя, але і прив'язати до цього параметру конкретні значення граничних інтервалів в залежності від типу ТЗ, смуг і напрямків їх руху.

35

Фіксація ТЗ, що повністю покинули зону перехрестя здійснюється за моментами перетинання їх задніми бамперами кола сканування з радіусом R_1 на виході перехрестя одночасно по всіх смугах руху.

В процесі роз'їзду ТЗ через перехрестя визначаються реальні значення інтервалів перетину $t_{\text{пер}}$ для ТЗ різного типу, різних напрямків і смуг руху, які враховують різноманітні особливості топографії конкретного перехрестя, швидкісних якостей ТЗ і наявності пішохідних потоків.

40

Значення інтервалів перетину $t_{\text{пер}}$ визначаються за моментами перетину переднім бампером ТЗ спочатку лінії сканування першого променя на виході з КЗ (наприклад R_1), а потім заднім бампером цієї ж лінії сканування на виході з перехрестя.

45

Практичне визначення реальних значень $t_{\text{пер}}$ для умов конкретного перехрестя дає змогу накопичувати інформацію для всіх типів інтервалів у обчислювальному пристрої 7 (див. фіг. 2) і при необхідності з часом корегувати ці значення при зміні умов руху (наприклад, для зими або ожеледиці, наявності пішохідних потоків). Більш того, можливість виміру швидкості та типу ТЗ на вході і виході КЗ дає змогу розділити і окремо використовувати значення $t_{\text{пер}}$ для умов, коли ТЗ проїжджають КЗ, а потім і перехрестя без зупинки, і коли вони зупиняються перед стоп-лінією.

50

$$N_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n N_{\Phi_j} \quad , \quad (2)$$

де $N_{Фj}$ - кількість усіх ТЗ, що виїхали з зони перехрестя по кожній j-й смузі у фізичних одиницях.

Одночасно в процесі перетину зони перехрестя окремими ТЗ визначаються смуги руху, з яких можливий одночасний паралельний рух ТЗ згідно існуючим правилам перетину 5 нерегульованих перехресть. При наявності таких смуг до значення N_{Σ} (при перетині кожним реальним ТЗ) додається по одному ТЗ з кожної смуги, а значення інтервалів перетину $t_{пер}^{ij}$ (i-го типу по j-й смузі) вибираються мінімальними, тобто для легкових автомобілів. За одиницю часу виміру T_B таких додаткових ТЗ може бути нараховано $N_{дод}$.

Моменти завершення перетину перехрестя визначаються або за моментами перетину лінії 10 сканування першого променя R_1 на виході з перехрестя задніми бамперами ТЗ, або по закінченні одного з інтервалів перетину $t_{пер}^{ij}$ (максимального з набору для конкретного випадку), якщо його значення буде більше часу перетину реального ТЗ. З моменту закінчення цього інтервалу, в разі відсутності ТЗ в черзі або в КЗ визначається схема роз'їзду, за якої одночасно 15 за правилами може рухатись максимальна кількість ТЗ (тобто задіяна найбільша кількість смуг руху).

При цьому, до значення N_{Σ} додається по одному ТЗ з кожної смуги руху, що задіяна в роз'їзді, а інтервали перетину $t_{пер}^{ij}$ вибираються мінімальними (для легкових ТЗ).

Накопичене значення N_n цих ТЗ за прийнятий час виміру T_B складає певну частину 20 величини ПЗ.

Таким чином, упродовж всього часу виміру T_B всі вільні від руху ТЗ інтервали часу штучно заповнюються додатковими ТЗ (N_n) по визначеній схемі роз'їзду і забезпечують безперервний ТП максимально можливої сумарної інтенсивності, що не призводить до заторового стану на перехресті.

Значення ПЗ в цьому випадку за одиницю часу виміру T_B визначається як:

$$P = N_{\Sigma} + N_{дод} + N_n \quad (3)$$

Для уточнення та визначення статистично значущих значень ПЗ перехрестя, необхідно обстежити мінімум 15-20 годинних циклів у пікові часи руху. Але оперативне визначення ПЗ 30 перехрестя (в реальному масштабі часу) в умовах можливих різких змін ПЗ (затори, хурделиця або ожеледиця) дає можливість отримати важливу і корисну інформацію для систем мережевого регулювання руху на ВДМ міста з урахуванням всіх особливостей топографії і пішохідних потоків конкретного перехрестя.

Все це істотно розширює функціональні можливості існуючого способу та дає можливість підвищити ефективність управління рухом транспорту міської мережі.

На фіг. 2 представлена структурна схема пристрою, що розкриває основні відмінні риси 35 запропонованого способу.

Блок сканування 1 має у своєму складі лазерний випромінювач 3 вузькоспрямованого інфрачервоного променя і вузол розгортки 4, які формують дволучове конусне покровове сканування зони перехрестя за допомогою двох дискретних сканісторів 5_1 і 5_2 . Зміна положень кутів розгортки променів θ_1 та θ_2 здійснюється в реперній точці по черзі на кожному періоді 40 сканування сигналом, що поступає з реперного фотоприймача 2 (ФП₀) на входи дискретних сканісторів 5_1 та 5_2 .

Обидва оптичні промені θ_1 та θ_2 формуються вузлом розгортки в одній площині зі зміщенням на півперіоду (180°), що дає змогу розпізнавати у реперній точці кожний з них і чітко виконувати окрему програму їх відхилення у задані положення та фіксувати відбиті від ТЗ сигнали на вході і 45 виході КЗ та перехресті в цілому.

Зміна і чергування кутів нахилу розгортки (з R_1 на R_2 та з R_3 на R_4 або навпаки) необхідна для однозначного визначення положення ТЗ щодо кіл сканування, їх типу, кількості і послідовності руху в КЗ, напрямків руху ТЗ в зоні перехрестя по кожній смузі руху, а також інтервалів їх руху по всіх смугах.

Оптичні фотоприймачі 2 (ФП_i) в процесі розгортки другого лазерного променя θ_2 по одному з кіл послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різних смугах руху на входах в КЗ. При цьому, почергова з високою швидкістю зміни радіусів сканування (з R_3 на R_4 і назад) дозволяє точно визначити моменти перетину, час переміщень ТЗ на дистанції (R_3 - R_4), швидкість, тип, коефіцієнти приведення до легкового автомобіля та інтервали їх руху по всіх 55 смугах.

В процесі розгортки першого лазерного променя θ_1 по одному з кіл оптичні фотоприймачі 2 (ФП_i) послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різних смугах руху як на підходах, так і на виходах перехрестя. При цьому, почергова з високою швидкістю зміна радіусів сканування (з R_1 на R_2 і навпаки) дозволяє точно визначити моменти виїзду кожного ТЗ з КЗ, час їх переміщення на дистанції (R_1-R_2), їх швидкості руху, а потім послідовно довжину, тип, коефіцієнти приведення ТЗ до легкового автомобіля, інтервали їх руху по всіх смугах, число ТЗ, що покинули КЗ по кожній смузі за будь-яке фіксоване значення часу виміру T_B , а також черги ТЗ перед стоп-лінією по смугах другорядних доріг перехрестя.

Порівняння усіх цих параметрів ТЗ в зоні сканування (R_1-R_2) на виході з КЗ та на виході з перехрестя дає змогу чітко визначити напрямки руху ТЗ по усіх смугах в зоні перехрестя та інтервали перетину $t_{пер}$ для різних типів ТЗ, смуг і напрямків руху з урахуванням усіх топографічних особливостей конкретного перехрестя і наявності пішохідних потоків.

Перетворювач 6 сигналів кожного ФП_i відповідної смуги руху перетворює їх в імпульсно-цифрові коди, які вводяться в обчислювальний пристрій 7, де далі визначаються всі вище перелічені параметри за будь-який час виміру (або необхідну кількість циклів виміру). Для цього на входи обчислювального пристрою 7 подаються сигнали з блока сканування 1 та перетворювача сигналів реперного фотоприймача 6₀.

Якщо в обчислювальний пристрій 7 закладається алгоритм, правила і константи, відповідні діапазонам тимчасових інтервалів руху ТЗ у зоні перехрестя при всіляких змінах напрямків їх руху по смугах, зберігається і накопичується інформація про моменти перетину ТЗ входу і виходу з КЗ, коефіцієнти приведення, склад ТЗ та поточні значення черг ТЗ по смугах другорядних доріг, тоді з'являється можливість визначення не тільки усіх перелічених вище параметрів, але і значення інтервалів перетину $t_{пер}$ для різноманітних умов руху по смугах другорядних доріг та ПЗ нерегульованого перехрестя.

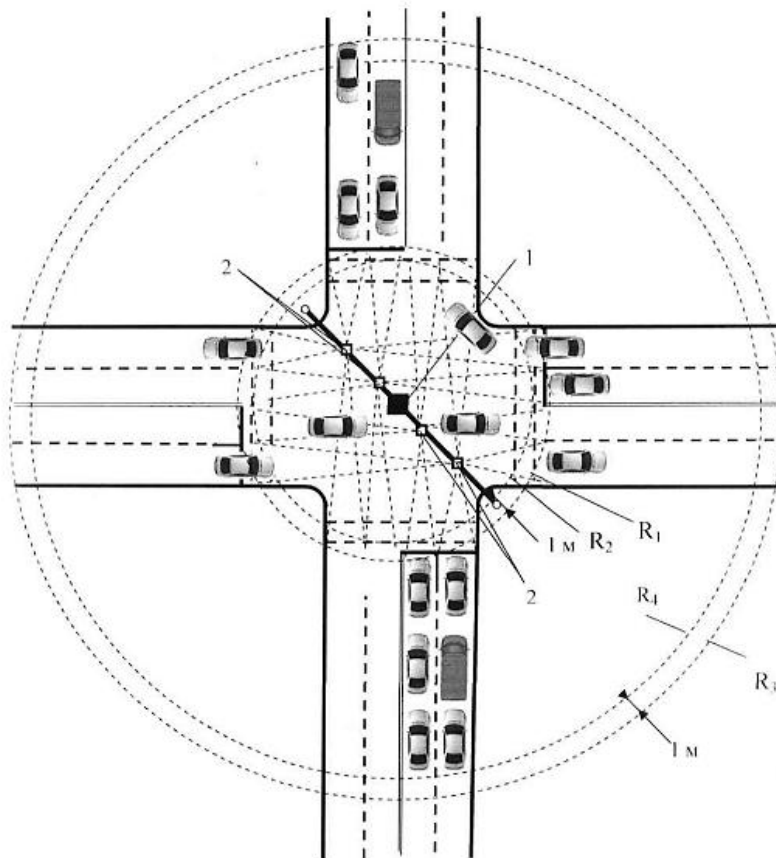
Таким чином, запропонований спосіб дає можливість одержання найбільш повного комплексу інформації для контролю ТП, визначення інтервалів перетину і ПЗ нерегульованих перехресть з урахуванням усіх топографічних особливостей конкретного перехрестя і змін умов руху.

Перевагою запропонованого способу також є те, що його реалізацію можна здійснити одним загальним пристроєм, розташованим в зоні перехрестя для контролю широкого спектру параметрів руху ТП.

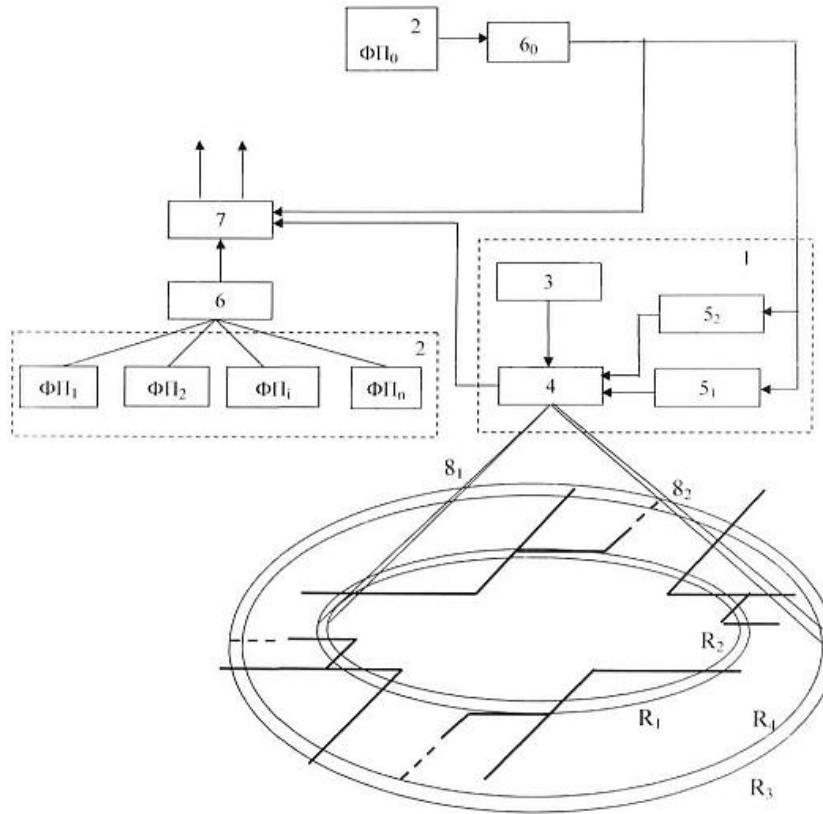
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб визначення пропускної здатності нерегульованого перехрестя рівнозначних доріг, заснований 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 в одній площині з першим, але зі зміщенням на півперіоду по колу розгортки, а оптичні осі обох променів, що 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 моменти в'їзду і виїзду кожного транспортного засобу з контрольованої зони і перехрестя в цілому, швидкість, тип і їх напрямки руху по кожній смузі, коефіцієнти приведення до легкового автомобіля, інтервали їх руху та черги по всіх смугах, який **відрізняється** тим, що послідовно визначаються інтервали перетину перехрестя різними типами транспорту з різних смуг і по різних напрямках руху за моментами перетину спочатку переднім бампером лінії сканування першого променя на виході з контрольованої зони, а потім заднім бампером цієї ж лінії сканування на виході з перехрестя, кількість всіх транспортних засобів, що за час виміру повністю послідовно виїхали з контрольованої зони і зони перехрестя по всіх смугах руху, кількість додаткових транспортних засобів, які під час роз'їзду реальних транспортних засобів, згідно з існуючими правилами, мали можливість перетину перехрестя з вільних смуг, а моменти завершення перетину перехрестя в цьому випадку визначаються або за моментами перетину лінії сканування першого променя на виході з перехрестя задніми бамперами транспортних засобів, або по закінченні максимального з інтервалів перетину для конкретного випадку, схема роз'їзду, за якої в разі відсутності транспортних засобів в контрольованій зоні і зоні всього перехрестя одночасно за правилами може рухатись максимальна кількість автомобілів, кількість накопичених транспортних засобів, що підраховується за час відсутності руху в зоні

- перехрестя по кількості можливих інтервалів перетину і можливій кількості транспортних засобів, що може рухатись через перехрестя згідно зі схемою роз'їзду, а пропускна здатність за одиницю часу виміру визначається як сума всіх транспортних засобів, які повністю виїхали із зони перехрестя по всіх смугах руху, кількості додаткових транспортних засобів та кількості накопичених транспортних засобів, які штучно заповнюють вільні інтервали і забезпечують безперервний транспортний потік максимально можливої сумарної інтенсивності, що не призводить до заторового стану на перехресті.



Фіг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

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

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