



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115922** (13) **C2**
(51) МПК
G08G 1/09 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

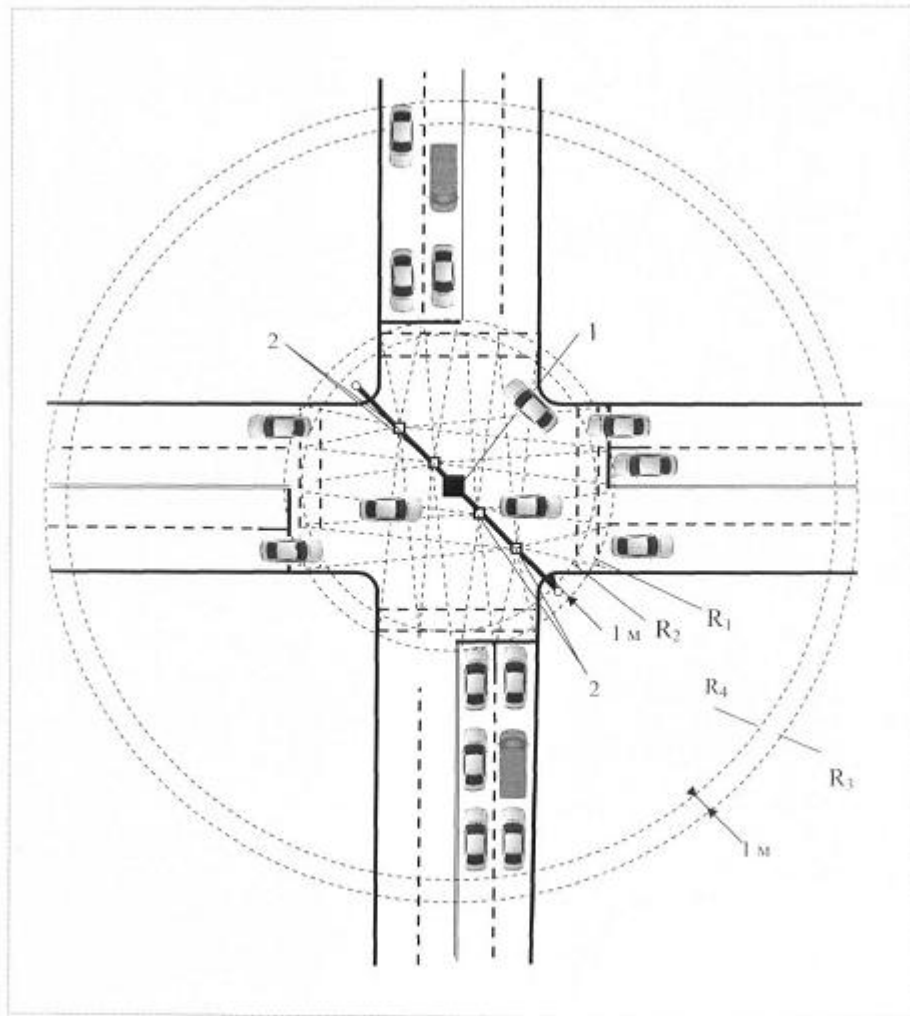
(21) Номер заявки:	а 2016 03323	(72) Винахідник(и):	Денисенко Олег Васильович (UA)
(22) Дата подання заявки:	31.03.2016	(73) Власник(и):	ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ,
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.01.2018		вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002 (UA),
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.10.2016, Бюл.№ 20		Денисенко Олег Васильович,
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.01.2018, Бюл.№ 1		пр. Московський, 202, кв. 21, м. Харків, 61082 (UA)
		(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 105751 C2, 10.06.2014 UA 106332 C2, 11.08.2014 DE 102007056225 A1, 28.05.2009 CN 103854500 A, 11.06.2014 JP 2013136258 A, 11.07.2013 WO 201010354 A1, 16.09.2010

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ НЕРЕГУЛЬОВАНОГО ПЕРЕХРЕСТЯ З ГОЛОВНОЮ І ДРУГОРЯДНОЮ ДОРОГАМИ

(57) Реферат:

Спосіб визначення пропускної здатності нерегульованого перехрестя з головною і другорядною дорогами 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 сформулювати вхідні і вихідні межі контрольованих зон та забезпечити визначення комплексу параметрів транспортних потоків по кожній смузі руху та пропускну здатність нерегульованого перехрестя в залежності від результатів сканування. За допомогою запропонованого способу можна здійснити контроль широкого спектра параметрів руху транспортних потоків одним загальним пристроєм, розташованим в зоні перехрестя.

UA 115922 C2



Фиг. 1

Винахід належить до систем регулювання дорожнього руху (ДР) і може бути використано 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 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, оснований 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 ТИ 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 ($R_1 - R_2 - 1\text{м}$), при цьому формується вихідна межа КЗ, а зміна положень розгортки здійснюється з високою швидкістю по черзі 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 вісь розгортки (з радіусом кола R_3 на проїжджій частині перехрестя) на іншу (з радіусом R_4) і формує концентричні кола з різницею радіусів $R_3 - R_4 - 1\text{м}$.

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 виході 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. № 1 1/2014). 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 по другорядних дорогах перехрестя.

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.

Поставлена задача вирішується тим, що у запропонований спосіб покладено конусне покрокове сканування одночасно двома вузькопрямованими 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.

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

Відповідно до запропонованого способу розгортка лазерного променя здійснюється скануючим блоком 1, який розташовується над перехрестям на спеціальному кронштейні в точці, що відповідає геометричному центру перехрестя. У скануючому блоці, залежно від висоти його розміщення, одну з оптичних осей розгортки підбирають так, щоб перший лазерний промінь, описував конусну поверхню з колом на проїжджій частині перехрестя (R_1) в області

"стоп-ліній" всіх його підходів. До складу скануючого блока входять оптичні відхиляючі пристрої (дискретні сканістори), один з яких забезпечує відхилення осі першого лазерного променя в необхідне друге положення, при якому радіус кола (R_2) на поверхні проїзної частини зменшується на задану величину (наприклад, на 1м). Таким чином, блок сканування на кожному наступному періоді сканування змінює розгортку першого лазерного променя з однієї оптичної осі на іншу та описує в зоні 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).

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.

Оптичні фотоприймачі 2 (ФП_i) 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.

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 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_3 , що формує вхідну межу КЗ, бажано вибирати за умови, щоб він перевищував найбільш можливу чергу ТЗ, яка може збиратися по одній зі смуг руху по другорядних дорогах перехрестя.

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 автомобіля $K_{ПРi}$ як відношення величини середнього значення часового інтервалу $\overline{t_{Bi}}$ проїзду дистанції $R_3 - R_4 = 1$ м (або $R_1 - R_2 = 1$ м) конкретним типом ТЗ до величини середнього значення часового інтервалу $\overline{t_{ли}}$ проїзду цієї дистанції легковим автомобілем:

$$K_{ПРi} = \overline{t_{Bi}} / \overline{t_{ли}}, \quad (1)$$

Вимірювання цього параметра 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 параметра конкретні значення граничних інтервалів в залежності від типу ТЗ, смуг і напрямків їх руху.

Далі в процесі руху ТЗ по кожній j-й смузі головної дороги на вході в КЗ здійснюється вимір інтервалів руху h_{mi} між кожною парою ТЗ (m-им та m+1). Одночасно впродовж всього часу виміру T_B здійснюється підрахунок усіх ТЗ, що в'їхали в КЗ по кожній j-й смузі і потім виїхали з зони перехрестя як у фізичних $N_{фj}$, так і приведених $N_{ПРj}$ одиницях.

Кількість ТЗ у приведених одиницях визначається через коефіцієнти приведення $K_{ПРi}$:

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

де N_i - число транспортних засобів i-го типу у потоці.

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 зі смуг другорядних доріг визначаються реальні значення критичних інтервалів для ТЗ різного типу, різних напрямків і смуг руху, які враховують різноманітні особливості топографії конкретного перехрестя.

Значення граничних інтервалів $t_{рi}$ 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.

Практичне визначення реальних значень $t_{рi}$ для умов конкретного перехрестя дає змогу накопичувати інформацію для всіх типів інтервалів у обчислювальному пристрої 7 (див. Фіг. 2) при необхідності з часом корегувати ці значення при зміні умов руху (наприклад, для зими або ожеледиці). Більш того, можливість виміру швидкості та типу ТЗ на вході і виході КЗ дає змогу

розділити і окремо використовувати значення t_{rp} для умов, коли ТЗ по другорядних дорогах проїжджають КЗ без зупинки, і коли вони зупиняються перед стоп-лінією.

Процес визначення ПЗ нерегульованого перехрестя за прийнятий час виміру T_B включає підрахунок всіх ТЗ, що за цей час повністю послідовно виїхали з КЗ і зони перехрестя по всіх смугах як головної, так і другорядної дороги

$$N_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n N_{\Phi j} , \quad (3)$$

При цьому в процесі руху ТП по усіх смугах як на вході в КЗ, так і на її виході (зона стоп-лінії) здійснюється вимір швидкості, типу, коефіцієнтів приведення і інтервалів руху всіх ТЗ. Завдяки цьому, у ТП, що рухається по смугах головної дороги, визначаються вільні інтервали $h_{ВЛ}$, які за значенням більше, ніж t_{rp} для легкових ТЗ прямого напрямку руху по смугах другорядних доріг (тобто мінімальних t_{rp}^{min}).

Такі інтервали $h_{ВЛ}$ по смугах головної дороги можливо фіксувати у випадку відсутності ТЗ в КЗ, якщо час пересування відповідних ТЗ при їх максимальній швидкості руху не буде перевищувати t_{rp}^{min} (при відповідному значенні R_3 , що формує вхідну межу КЗ).

В цьому разі, при відсутності ТЗ в черзі або в КЗ по смугах другорядних доріг, до значення N_{Σ} додається по одному ТЗ з кожної смуги другорядної дороги. Навіть у разі, коли з другорядної дороги у вільний інтервал ТЗ здійснюють маневр через головну дорогу, до значення N_{Σ} додається по одному ТЗ з кожної вільної від руху смуги другорядної дороги. Якщо вільний інтервал $h_{ВЛ}$ по головній дорозі буде більшої кратності відносно до t_{rp}^{min} , до значення N_{Σ} додається величина

$$N_{\partial p} = d \cdot \gamma , \quad (4)$$

де d - кількість смуг руху на підході до перехрестя по другорядних дорогах;

$\gamma = h_{ВЛ} / t_{rp}^{min}$ - коефіцієнт кратності вільного інтервалу.

Таким чином, упродовж всього часу виміру T_B всі інтервали руху, що відповідають умові $t_{rp}^{min} \leq h_{ВЛ}$ штучно заповнюються додатковими ТЗ другорядних доріг (граничними інтервалами t_{rp}^{min}) і забезпечують безперервний ТП максимально можливої сумарної інтенсивності, що не приведе до заторового стану на перехресті.

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

$$P = N_{\Sigma} + \sum_{i=1}^q N_{\partial pi} , \quad (5)$$

де q - кількість вільних інтервалів в ТП по головній дорозі за час виміру T_B .

Для уточнення та визначення статистично значущих значень ПЗ перехрестя, необхідно обстежити мінімум 15-20 годинних циклів у пікові часи руху. Але оперативне визначення ПЗ 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 топографічних особливостей конкретного перехрестя.

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

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

Скануючий блок 1 має у своєму складі лазерний випромінювач 3 вузько спрямованого інфрачервоного променя і вузол розгортки 4, які формують двопроменеве конусне покровоке сканування зони перехрестя за допомогою двох дискретних сканісторів 5₁ і 5₂. Зміна положень кутів розгортки променів 8₁ та 8₂ здійснюється в реперній точці по черзі на кожному періоді

сканування сигналом, що поступає з реперного фотоприймача 2 ($\Phi\P_0$) на входи дискретних сканісторів 5_1 та 5_2 .

Обидва оптичні промені 8_1 та 8_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 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 смугам.

Оптичні фотоприймачі 2 ($\Phi\P_i$) в процесі розгортки другого лазерного променя 8_2 по одному з кіл послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різних смугах руху на входах в КЗ. При цьому почергове з високою швидкістю зміни радіусів сканування (з R_3 на R_4 і назад) дозволяє точно визначити моменти перетину, час переміщення ТЗ на дистанції (R_3-R_4), швидкість, тип, коефіцієнти приведення до легкового автомобіля та інтервали їх руху по всіх смугам.

В процесі розгортки першого лазерного променя 8_1 по одному з кіл оптичні фотоприймачі 2 ($\Phi\P_i$) 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 смугам, 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 граничні інтервали $t_{\text{г}}$ для різних типів ТЗ, смуг і напрямків руху з другорядних доріг з урахуванням усіх топографічних особливостей конкретного перехрестя.

Перетворювач 6 сигналів кожного ФП і відповідної смуги руху перетворює їх в імпульсно-цифрові коди, які вводяться в обчислювальний пристрій 7, де далі визначаються всі вищеперелічені параметри за будь-який час виміру (або необхідну кількість циклів виміру). Для цього на входи обчислювального пристрою 7 подаються сигнали зі скануючого блока 1 та перетворювача сигналів реперного фотоприймача 6_0 .

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 граничних інтервалів 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 граничних інтервалів 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 спектра параметрів руху ТП.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб визначення пропускної здатності нерегульованого перехрестя з головною і другорядною дорогами, оснований на скануванні зони впливу перехрестя з точки над його геометричним центром конусним видом лазерної розгортки одночасно двома оптичними променями, причому оптичну вісь одного з положень розгортки першого променя вибирають так, щоб він описував коло на проїжджій частині перехрестя в області стоп-ліній всіх його підходів, а другий промінь формують 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, для визначення моментів 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 відстань між вхідною і вихідною межами контрольованої зони вибирають за умови, щоб час її проїзду будь-яким типом транспорту на допустимій швидкості був більше мінімального граничного інтервалу для транспортних засобів, що рухаються з другорядних доріг, при цьому послідовно визначають граничні інтервали різних типів транспорту з різних смуг і напрямків руху з другорядних доріг за моментами перетину переднім бампером спочатку 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 як головної, так і другорядної дороги, вільні інтервали по головній дорозі, для можливості перетину перехрестя зі смуг другорядних доріг, а кожний вільний інтервал штучно заповнюють додатковими транспортними засобами по кожній смузі другорядних доріг з урахуванням коефіцієнтів кратності вільного інтервалу, при цьому пропускну здатність за одиницю часу виміру визначають як суму всіх транспортних засобів, які повністю виїхали із зони перехрестя по всім смугах руху та додаткових транспортних засобів, які заповнюють вільні інтервали і забезпечують безперервний транспортний потік максимально можливої сумарної інтенсивності, що не приводить до заторового стану на перехресті.

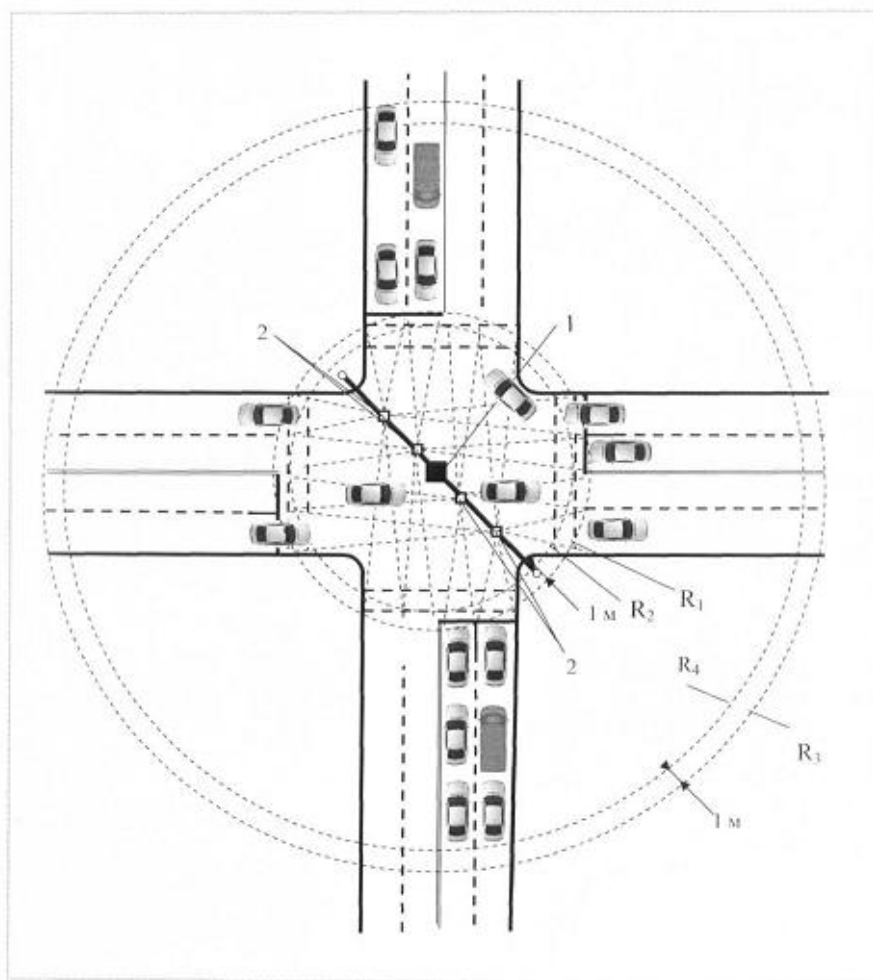


Fig. 1

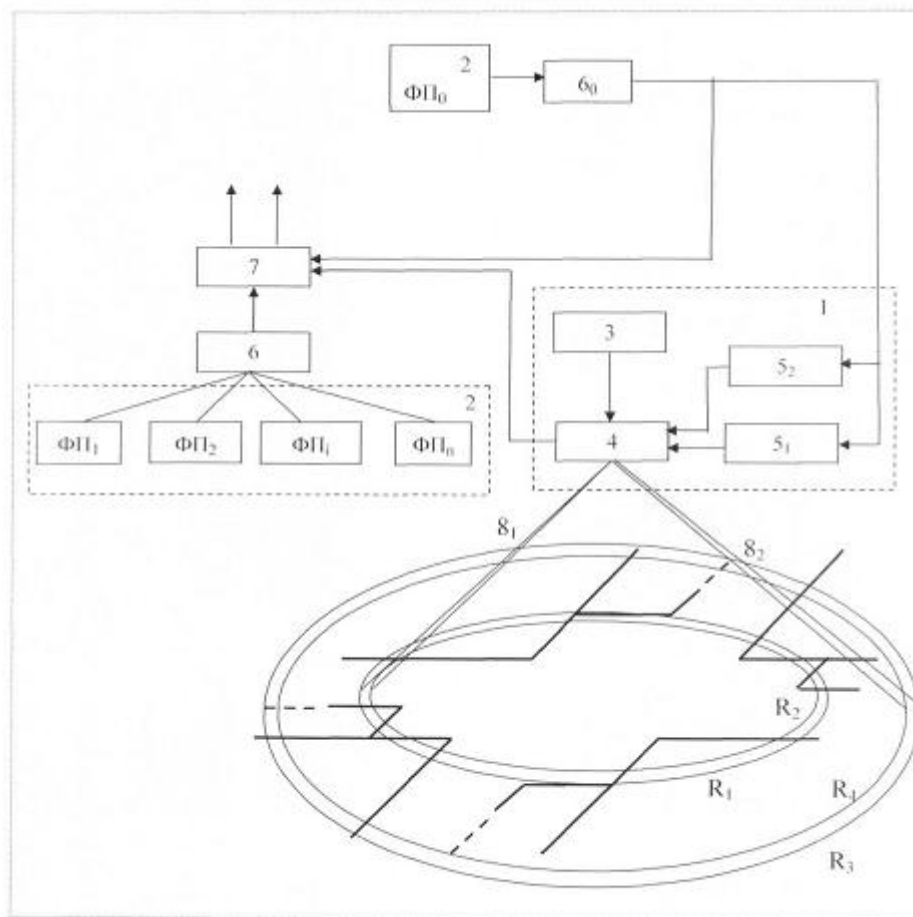


Fig. 2