



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105751** (13) **C2**  
(51) МПК**G08G 1/065** (2006.01)**G08G 1/056** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2013 11247</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Денисенко Олег Васильович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>23.09.2013</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002 (UA), <b>Денисенко Олег Васильович,</b> пр. Московський, 202, кв. 21, м. Харків, 61082 (UA)
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>10.06.2014</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 100660 C2; 10.01.2013 UA 77621 U; 25.02.2013 US 2005285738 A1; 29.12.2005 WO 2010103504 A1; 16.09.2010 WO 2012074364 A1; 07.06.2012 DE 102007000634 B3; 30.04.2009 CZ 303336 B6; 01.08.2012 US 5283573 A; 01.02.1994 .
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку: <b>10.02.2014, Бюл.№ 3</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.06.2014, Бюл.№ 11</b>	

**(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАТРИМОК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА НЕРЕГУЛЬОВАНОМУ ПЕРЕХРЕСТІ****(57) Реферат:**

Спосіб визначення транспортних затримок на нерегульованому перехресті належить до систем регулювання дорожнім рухом (ДР) і може бути використаний при розробці агрегатної системи засобів керування ДР, АСУ-ДР, а також в системах інформаційного забезпечення завантаження перехрестя ВДМ. Спосіб заснований на скануванні двома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя з точки над його геометричним центром конусним видом розгортки, причому другий промінь формується у одній площині з першим, але зі зміщенням на півперіоду по колу розгортки, а кути нахилу оптичних осей як першого, так і другого променів змінюють по черзі через кожен період сканування так, щоб радіус другого концентричного кола на вході і виході контрольованої зони зменшувався на певну задану величину. Визначають тип і напрямки руху транспортних засобів по кожній смузі руху і їх затримки в контрольованій зоні на входах до перехрестя по другорядній дорозі з урахуванням часу її проїзду кожним конкретним типом транспортного засобу, після чого визначають реальний час проїзду кожним транспортним засобом зі смуг руху другорядної дороги зони самого перехрестя за моментами перетину їх задніми бамперами спочатку одного з кіл сканування в області стоп-ліній на вході перехрестя, а потім одного з дальніх кіл на виході з перехрестя і далі розраховують транспортну затримку проїзду зони перехрестя як різницю між реальним часом проїзду і часом проїзду цієї зони кожним типом транспорту у заданому напрямку без затримки, при цьому загальна затримка транспортних засобів по кожній смузі другорядної дороги руху визначається як сума затримок транспортних засобів, що за вибраний час виміру повністю проїхали контрольовану зону та затримок цих транспортних засобів, що проїхали зону самого перехрестя, а затримки

UA 105751 C2

транспортних засобів по смугах руху головної дороги розраховують як різницю між реальним часом проїзду та часом проїзду без затримки зони всього перехрестя з урахуванням типу та напрямку руху тих транспортних засобів, що за час виміру повністю проїхали зону перехрестя, причому реальний час проїзду всіх зон перехрестя визначається з високою точністю за періодом сканування одночасно по всіх смугах на підходах до перехрестя, що дає можливість подальшого визначення середньої затримки по всіх смугах і на перехресті в цілому за будь-який час виміру. Спосіб дозволяє одночасно врахувати затримки, що пов'язані з очікуванням проїзду наліво при наявності прямих зустрічних ТП, та при поворотах направо для пропуску пішохідних потоків, або взагалі при низькій швидкості перетину перехрестя по головній дорозі окремими ТЗ. Це дозволяє суттєво підвищити точність визначення транспортної затримки на нерегульованому перехресті та дозволяє одночасно з затримками 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.

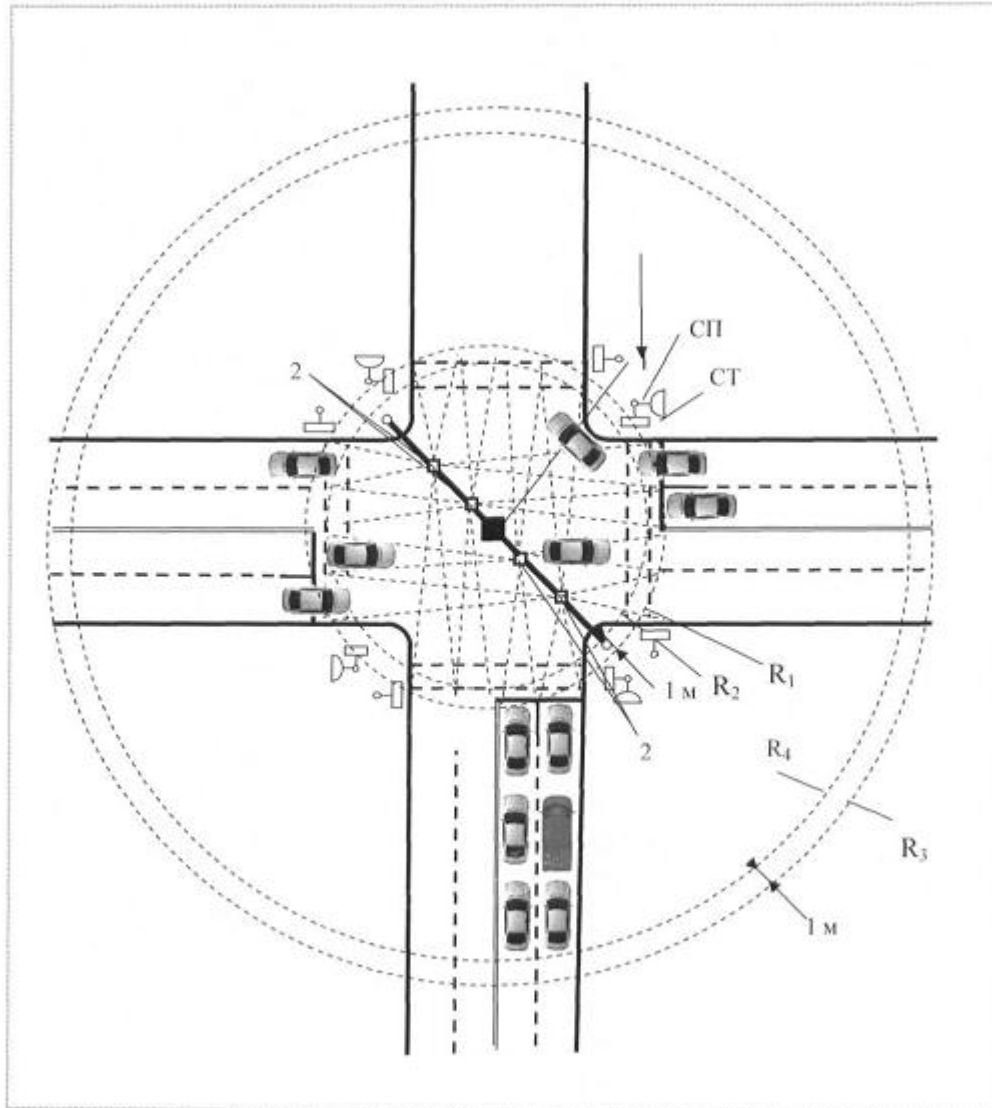


Fig. 1

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

Цей спосіб одночасно може бути використаний для визначення основних параметрів транспортних потоків (ТП) в зоні перехрестя: 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 по кожній смузі нерегульованого перехрестя, а також транспортних затримок.

Відомий спосіб визначення транспортних затримок на регульованому перехресті, згідно з яким здійснюється фіксація ТЗ, що в'їжджають в контрольовану зону, розташовану перед "Стоп-лінією" регульованого перехрестя, із затримкою, рівною середньому часу проїзду ТЗ 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, фіксації в'їжджаючих в контрольовану зону і виїжджаючих з неї ТЗ здійснюють по їх 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 смузі і по перехрестю, в цілому, визначають по числу транспортних засобів, що реально виїхали з КЗ, за період вимірювань, а вхідні і вихідні межі контрольованої зони формують шляхом сканування розгортальним 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 затримки (Опис до патенту на винахід UA 100660 C2 від 10.01.2013 р., бюл. № 1/2013).

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

Недоліком цього способу є вузькі функціональні можливості і низька точність, оскільки він не дозволяє у повному обсязі визначити затримки ТЗ на нерегульованому перехресті.

Низька точність визначення транспортних затримок як на регульованому, так і нерегульованому перехрестях обумовлена тим, що існуючий спосіб не враховує затримки проїзду ТЗ зони самого перехрестя, які виникають у випадках або поворотів ТЗ направо і наліво, або і з будь-яких інших причин, а також тим, що затримки розраховуються без урахування типу та габаритів кожного ТЗ.

В основу запропонованого способу поставлена задача розширення функціональних можливостей при одночасному підвищенні точності визначення транспортних затримок на нерегульованому перехресті.

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 сформувати вхідні і вихідні межі КЗ та забезпечити визначення комплексу вищевказаних параметрів ТП по кожній смузі 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 одної оптичної осі на іншу та описує в зоні стоп-ліній на поверхні перехрестя два концентричні кола з різницею радіусів ( $R1-R2 = 1\text{ м}$ ) і формує вихідну межу КЗ.

Другий оптичний промінь лазерної розгортки формується у одній площині з першим, але зі зміщенням на  $180^\circ$  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 різницею радіусів R3-R4= 1 м.

Оптичні фотоприймачі 2 (ФП<sub>i</sub>) 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 задніх 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.

Фіксація ТЗ, що в'їжджають в КЗ по смугах руху другорядної дороги на входах до нерегульованого перехрестя, здійснюється з урахуванням часу проїзду КЗ без затримки відповідного типу ТЗ, що стало можливим завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної осі лазерного променя як вхідної, так і вихідної границі КЗ. При цьому почергове з високою швидкістю зміни радіусів сканування дозволяє точно визначити час перебування та переміщення ТЗ у КЗ. Момент виїзду ТЗ з КЗ фіксується по пересіченню заднім бампером ТЗ кола з радіусом R2.

Далі визначається транспортна затримка проїзду кожним типом ТЗ зони перехрестя та КЗ на виході з перехрестя з урахуванням часу проїзду ТЗ без затримки у кожному заданому напрямку. Фіксація часу проїзду ТЗ цієї зони здійснюється за моментами пересічення задніми бамперами ТЗ спочатку кола з радіусом R2 на виході КЗ, що розташована на підходах до перехрестя, а потім кола з радіусом R3 по смугах руху на виході з перехрестя.

Затримки руху по смугах головної дороги перехрестя, що виникають внаслідок уповільнення руху ТЗ з необхідності пропуску ТЗ по другорядній дорозі, визначаються по часу проїзду зони від кола з радіусом R3 на вході до перехрестя до кола з радіусом R3 на виході з перехрестя. Як і у попередніх випадках, фіксація часу проїзду зони перехрестя (від R3 до R3) ТЗ, що рухаються по головній дорозі, здійснюється по їх задніх бамперах, а зміна розгортки на вході і виході КЗ дозволяє чітко фіксувати тип і напрямок руху кожного ТЗ та врахувати цю інформацію при розрахунках транспортної затримки.

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.

Згідно з запропонованим способом сумарна транспортна затримка  $T_j$  перебування ТЗ, що рухаються по кожній  $j$ -й смузі руху другорядної дороги в КЗ на вході перехрестя накопичується з кожним періодом  $\Delta t$  сканування і за час виміру  $T_B$  визначається як

$$T_j = \Delta t \cdot \sum_{f=1}^k n_{ct} - \sum_{l=1}^b n_l \cdot t_l,$$

де  $k$  - число періодів сканування за час виміру, рівне  $k = T_B / \Delta t$ ;

$T_B$  - період визначення транспортної затримки (час виміру);

$n_{ct}$  - довжина черги ТЗ в КЗ по  $j$ -й смузі руху, що в'їхали та повністю її покинули за час виміру  $T_B$ ;

$n_l$  - кількість ТЗ  $l$ -го типу, що в'їхали та повністю покинули КЗ за час виміру  $T_B$ ;

$t_l$  - час проїзду без затримки КЗ кожним конкретним  $l$ -м типом ТЗ.

Потім визначають сумарну транспортну затримку  $T_{\Pi j}$  проїзду кожним типом ТЗ, що рухається по другорядній дорозі самого перехрестя з  $j$ -ї смуги руху (від кола сканування з R2 на вході перехрестя до кола з R3 на його виході), як різницю між реальним часом проїзду  $t_{p\partial}$  та часом проїзду без затримки  $t_{\Pi\partial}$  зони перехрестя  $l$ -м типом ТЗ у заданому напрямку

$$T_{\partial j} = \sum_{l=1}^b n_l \cdot (t_{p\partial} - t_{\Pi\partial})_l \cdot (2)$$

Ця сума визначається для тих ТЗ, що за час виміру в'їхали в КЗ та повністю покинули зону перехрестя.

Якщо різниця  $(t_{p\partial} - t_{\Pi\partial})_l \geq 0$ , її враховують в загальній складовій  $T_{\partial j}$ , в іншому випадку при  $(t_{p\partial} - t_{\Pi\partial})_l \leq 0$  ця складова не враховується.

Загальну транспортну затримку  $T_{ri}$  проїзду кожним типом ТЗ, що рухається по головній дорозі в зоні перехрестя по кожній  $i$ -й смузі руху (від кола сканування з R3 на вході перехрестя до кола з R3 на його виході) визначають як різницю між реальним часом проїзду  $t_{pr}$  та часом проїзду без затримки  $t_{pr}$  вказаної зони (зони перехрестя)  $i$ -м типом ТЗ у заданому напрямку

$$T_{ri} = \sum_{l=1}^b n_l \cdot (t_{pr} - t_{pr})_l \cdot (3)$$

При цьому враховуються затримки тільки тих ТЗ, що за час виміру в'їхали та повністю виїхали з зони перехрестя.

Реальний час проїзду зони перехрестя кожним ТЗ фіксується за моментами перетинання їх задніми бамперами вказаних меж зони перехрестя, причому визначається він з високою точністю з дискретністю періоду сканування одночасно по всіх смугах перехрестя.

Загальна затримка ТЗ по  $j$ -й смузі руху другорядної дороги за вибраний час  $T_B$  визначається як сума

$$T_{\Sigma j} = T_j + T_{\partial j} \cdot (4)$$

А середня затримка  $\overline{t_{\partial j}}$  ТЗ для  $j$ -тої смуги руху другорядної дороги за час виміру  $T_B$  визначається за формулою

$$\overline{t_{\partial j}} = \frac{T_{\Sigma j}}{n_{npj}}, (5)$$

де  $n_{npj}$  - кількість ТЗ, що за час виміру повністю проїхали зону перехрестя по  $j$ -й смузі руху другорядної дороги.

Таким же чином визначається середня затримка  $\overline{t_{ri}}$  ТЗ, що за час виміру проїхали зону перехрестя по  $i$ -й смузі руху головної дороги.

$$\overline{t_{ri}} = \frac{T_{ri}}{n_{npi}}, (6)$$

де  $n_{npi}$  - кількість ТЗ, що за час виміру повністю проїхали зону перехрестя по  $i$ -й смузі руху головної дороги.

Потім за результатами виміру середніх затримок ТЗ по кожній смузі руху на усіх підходах до перехрестя визначають середню транспортну затримку  $\overline{t_n}$  для всього перехрестя:

$$\overline{t_n} = \frac{\sum_{j=1}^m \overline{t_{\partial j}} n_{npj} + \sum_{i=1}^c \overline{t_{ri}} n_{npi}}{\sum_{j=1}^m n_{npj} + \sum_{i=1}^c n_{npi}}, (7)$$

де  $m$  - число смуг руху на підходах до перехрестя по другорядній дорозі;

$c$  - число смуг руху на підходах до перехрестя по головній дорозі.

Такий підхід у визначенні транспортної затримки в зоні всього перехрестя (від входу в КЗ на підходах до перехрестя R3 до одного з кіл розгортки R3 на виході з перехрестя) дозволяє більш точно врахувати затримки окремих ТЗ в зоні всього перехрестя, що пов'язані з очікуванням проїзду наліво при наявності прямих зустрічних ТП, та при поворотах направо для пропуску пішохідних потоків, або взагалі при низькій швидкості перетину перехрестя по головній дорозі окремими ТЗ.

Крім того, наявність подвійного сканування на вході (R3, R4) перехрестя та на виході з КЗ (R1, R2) дає можливість точно визначити тип ТЗ в будь-якій зоні перехрестя, а значить, і напрямку його руху, і таким чином при відомих значеннях часу проїзду без затримки різних типів ТЗ у різних напрямках руху точно врахувати їх затримки при перетині зони перехрестя. Все це дозволяє суттєво підвищити точність визначення транспортної затримки на нерегульованому перехресті.

На фіг. 2 представлена структурна схема пристрою, що використовується для здійснення запропонованого способу.

Скануючий блок 1 має у своєму складі лазерний випромінювач 3 вузькоспрямованого інфрачервоного променя і вузол розгортки 4, які формують двопроменеве конусне покровоє 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.

Обидва оптичні промені  $\theta_1$  та  $\theta_2$  формуються вузлом розгортки у одній площині зі зміщенням на півперіод ( $180^\circ$ ), 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.

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

Перетворювач 6 сигналу кожного  $\Phi I_i$ , 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.

Внаслідок того, що в обчислювальний пристрій закладаються алгоритм, правила і константи, відповідні діапазони зміни інтервалів руху без затримки різних типів ТЗ в КЗ і зоні перехрестя при всіляких змінах напрямків їх руху по смугах перехрестя, з'являється можливість більш точного визначення транспортних затримок.

Перевагою запропонованого способу також є те, що він дозволяє одночасно з затримками 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.

Таким чином, запропонований спосіб дає можливість одержання найбільш повного комплексу інформації для контролю в системах визначення завантаження перехресть ВДМ і подальшого оперативного керування рухом на перехрестях міста.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб визначення транспортних затримок на нерегульованому перехресті, заснований на фіксації транспортних засобів, що в'їжджають у контрольовану зону і виїжджають з неї по їх задніх бамперах, із затримкою, рівною середньому часу проїзду транспортними засобами контрольованої зони, визначенні поточної довжини черги транспортних засобів в контрольованій зоні, визначенні сумарної транспортної затримки за період вимірювання в контрольованій зоні шляхом періодичного накопичування кожного періоду сканування, визначенні в кінці кожного періоду вимірювання середньої транспортної затримки шляхом ділення сумарної транспортної затримки на сумарну кількість транспортних засобів, що виїжджають з контрольованої зони за період вимірювань, а формування вхідних і вихідних меж контрольованої зони здійснюється шляхом сканування щонайменше одним лазерним променем у вигляді конусної розгортки зони перехрестя з точки над його геометричним центром, причому оптична вісь одного з положень розгортки вибирається так, щоб перший лазерний промінь описував перше концентричне коло на проїжджій частині перехрестя в області стоп-ліній всіх його підходів, та зміщений перший промінь розгортки формував вхідну межу контрольованої зони, який **відрізняється** тим, що сканування зони перехрестя одночасно здійснюється двома оптичними променями лазерної двопроменевої розгортки, причому другий промінь формують у одній площині з першим, але зі зміщенням на півперіоду по колу розгортки, а кути нахилу оптичних осей як першого, так і другого променів змінюють по черзі через кожен період сканування так, щоб радіус другого концентричного кола, описаного другим оптичним променем, на вході і виході контрольованої зони зменшувався на певну задану величину, для визначення типу і напрямку руху транспортних засобів по кожній смузі руху і їх затримки в контрольованій зоні на входах до перехрестя по другорядній дорозі з урахуванням часу її проїзду кожним конкретним типом транспортного засобу, після чого визначають реальний час проїзду кожним транспортним засобом зі смуг руху другорядної дороги зони самого перехрестя за моментами перетину їх задніми бамперами спочатку одного з кіл сканування в області стоп-ліній на вході перехрестя, а потім одного з дальніх кіл на виході з перехрестя і далі розраховують транспортну затримку проїзду зони перехрестя як різницю між реальним часом проїзду і часом проїзду цієї зони кожним типом транспорту у заданому напрямку без затримки, при цьому загальна затримка транспортних засобів по кожній смузі другорядної дороги руху визначається як сума затримок транспортних засобів, що за вибраний час виміру повністю проїхали контрольовану зону, та затримок цих транспортних засобів, що проїхали зону самого перехрестя, а затримки транспортних засобів по смугах руху головної дороги розраховують як різницю між реальним часом проїзду та часом проїзду без затримки зони всього перехрестя з

- урахуванням типу та напрямку руху тих транспортних засобів, що за час виміру повністю проїхали зону перехрестя, причому реальний час проїзду всіх зон перехрестя визначається за періодом сканування одночасно по всіх смугах на підходах до перехрестя, на основі чого здійснюють подальше визначення середньої затримки по всіх смугах і на перехресті в цілому за будь-який час виміру.
- 5

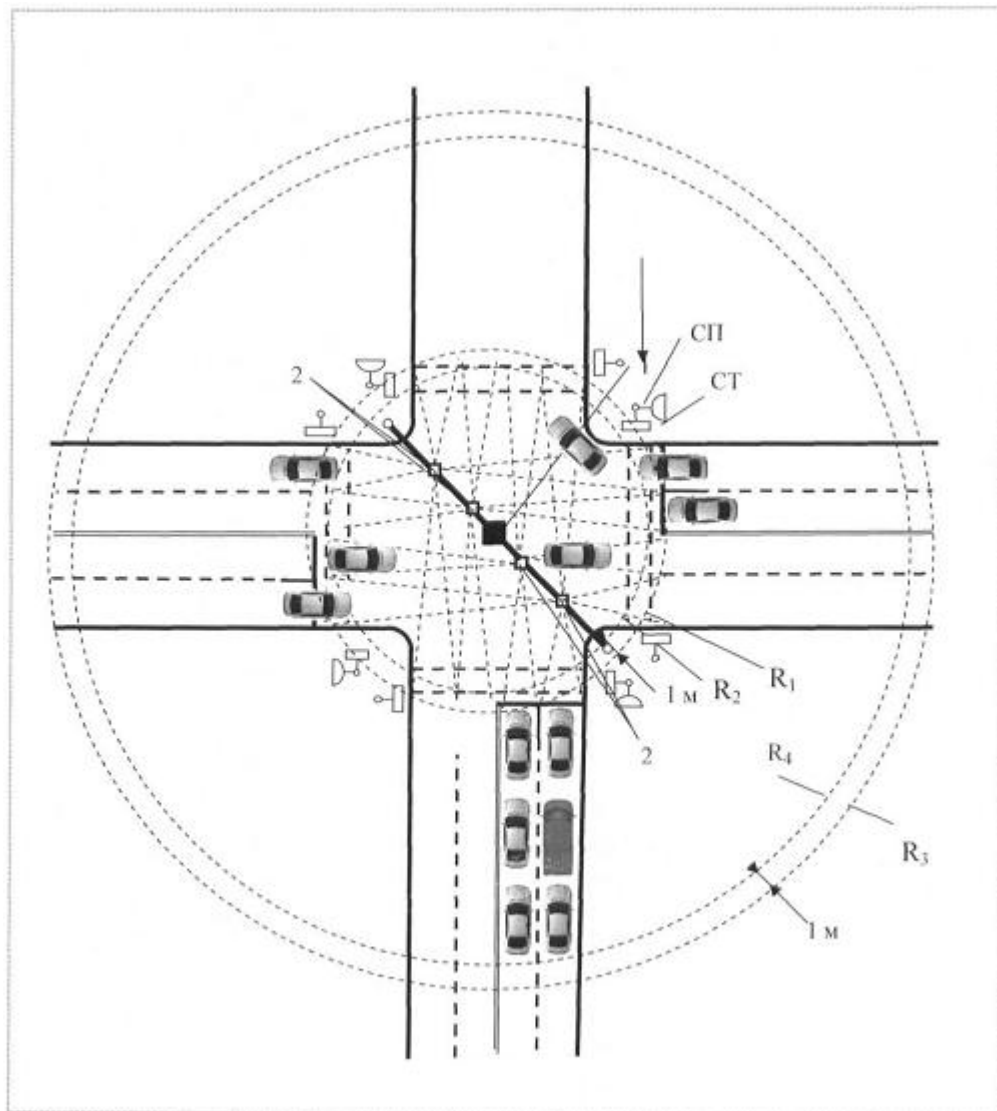


Fig. 1

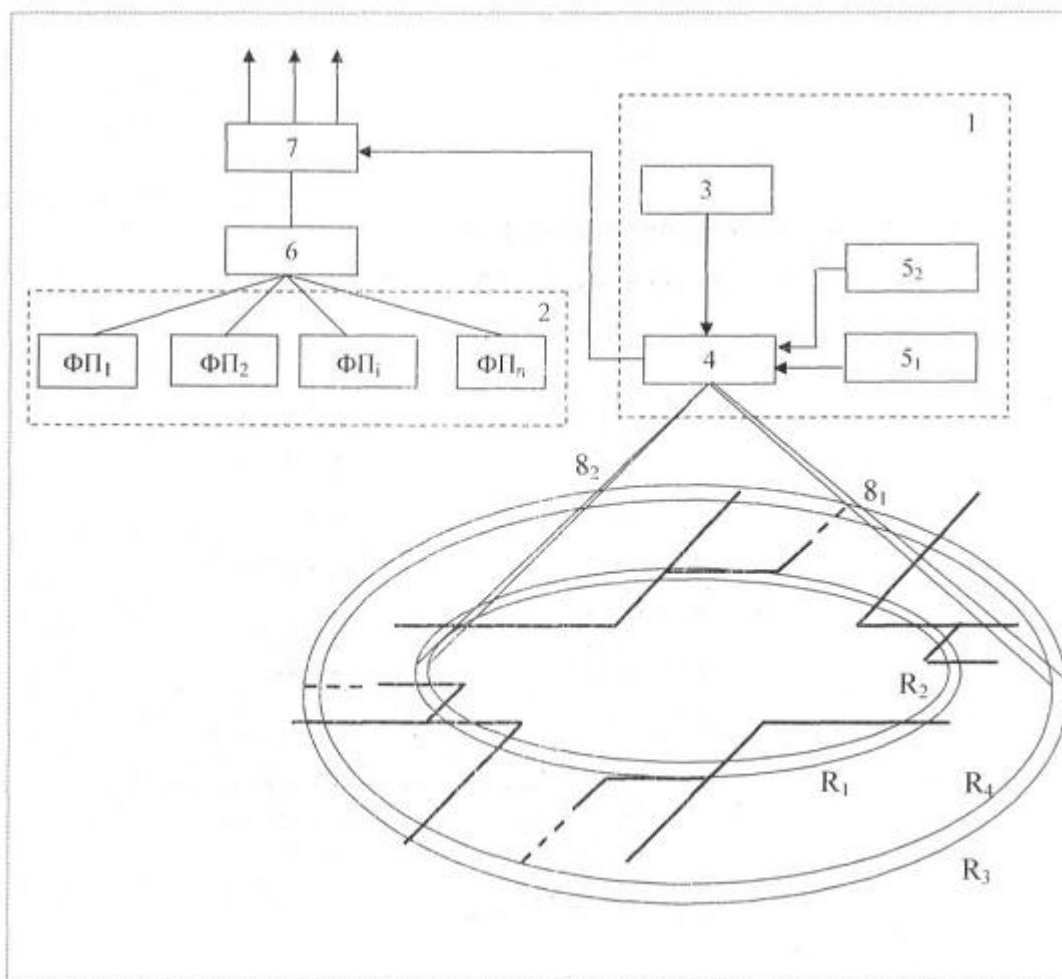


Fig. 2

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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