



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 115923

(13) C2

(51) МПК

G08G 1/09 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

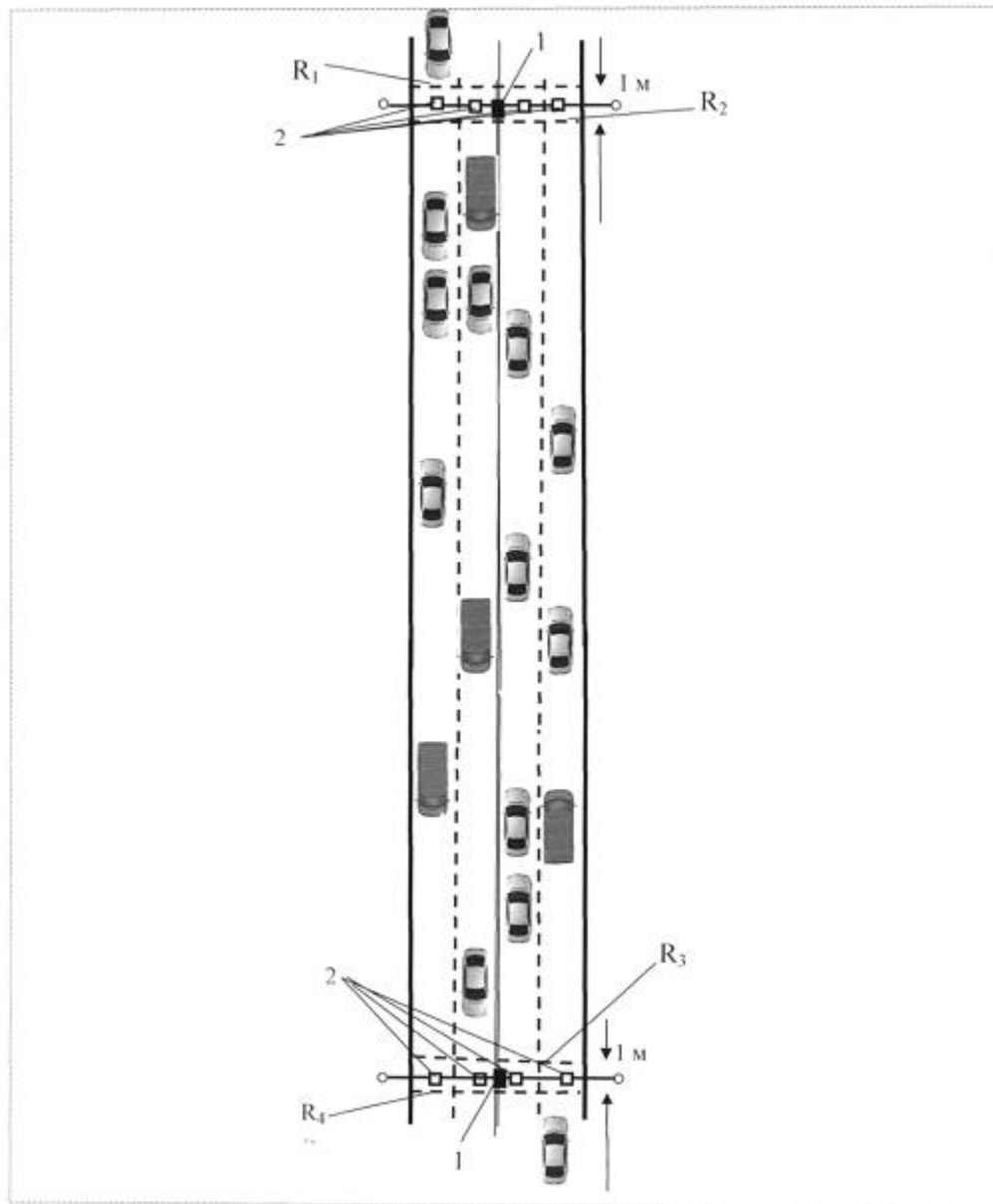
(21) Номер заявки:	а 2016 03324	(72) Винахідник(и):	Денисенко Олег Васильович (UA)
(22) Дата подання заявки:	31.03.2016	(73) Власник(и):	ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002 (UA), Денисенко Олег Васильович, пр. Московський, 202, кв. 21, м. Харків, 61082 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.01.2018	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 101064 U, 25.08.2015 UA a201502650, 10.07.2015 EP 2204788 A1, 07.07.2010 JP 2006163799 A, 22.06.2006 KR 20150081942 A, 15.07.2015 CN 104751650 A, 01.07.2015 US 5539645 A, 23.07.1996
(41) Публікація відомостей про заяву:	25.10.2016, Бюл.№ 20		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.01.2018, Бюл.№ 1		

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ДІЛЯНКИ ДОРОГИ

(57) Реферат:

Спосіб визначення пропускної здатності ділянки дороги 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 ділянок ВДМ, а також для підвищення ефективності керування рухом транспорту на міській та заміській ВДМ. Спосіб базується на покроковому скануванні вузькоспрямованими лазерними променями інфрачервоного діапазону одночасно всіх смуг руху прямого і зворотного напрямку як на вході, так і на виході вибраної ділянки дороги та забезпечує визначення комплексу параметрів ТП по кожній смузі руху залежно від результатів сканування. Цей спосіб дає можливість одночасного визначення основних параметрів транспортних потоків (ТП) на границях ділянки дороги: моменту проїзду транспортним засобом (ТЗ) зон сканування, швидкості, типу, інтервалів, дистанції і вільних інтервалів руху ТЗ, інтенсивності руху у фізичних або приведених одиницях та пропускної здатності окремої смуги або ділянки дороги.

UA 115923 C2



$\Phi ir.1$

Винахід належить до систем регулювання дорожнього руху (ДР) і може бути використана при розробці агрегатної системи засобів керування ДР, при розробці АСУ-ДР, в системах інформаційного забезпечення завантаження ділянок доріг вулично-дорожньої мережі (ВДМ), а також для підвищення ефективності керування рухом транспорту на ділянках доріг.

Цей спосіб може бути використаний для одночасного визначення основних параметрів транспортних потоків (ТП): моменту проїзду транспортним засобом (ТЗ) входу і виходу контрольованої зони (КЗ), швидкості, типу і напрямків руху ТЗ, їх інтенсивності руху в фізичних та приведених одиницях по кожній смузі за будь-який проміжок часу, інтервалів руху і дистанції між ТЗ, одночасну кількість ТЗ на контрольованій ділянці дороги та коефіцієнти приведення до легкового ТЗ.

Відомий спосіб визначення пропускної здатності (ПЗ) регульованого перехрестя, заснований на скануванні одночасно трьома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя в точці 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 оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням на 120° по колу розгортки і формує вхідну межу першої 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 кола R_4) і формує два концентричних кола з різницею радіусів $R_4 - R_3 = 1$ м.

Третій оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням по відношенню до другого ще на 120° по колу розгортки і формує вхідну межу другої КЗ. Цей промінь, як і обидва інші, за допомогою відповідного дискретного сканістора на кожному наступному періоді сканування змінює одну оптичну вісь розгортки (з радіусом кола R_5 на проїжджій частині перехрестя) на іншу (з радіусом кола R_6) і формує два концентричних кола також з різницею радіусів $R_6 - R_5 = 1$ м.

Оптичні фотоприймачі в процесі розгортки лазерних променів по одному з кіл на входах і виходах 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 обидві КЗ, здійснюють по їх передніх бамперах при пересіченні одного з кіл (наприклад R_6 , або R_4), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної осі лазерного променя (з радіуса R_3 на R_4 і навпаки та з R_5 на R_6) визначаються 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 першої КЗ, вибирають за такої умови, щоб відстань між R_3 та R відповідала (з урахуванням реальної відстані, на якій водій реагує на зміну сигналу світлофора) максимальному з можливих зупиночному шляху (ЗШ) різного типу ТЗ, що перетинають вхідну межу першої КЗ з максимально дозволеною швидкістю (60 км/год.).

Наявність подвійного сканування (R_3 , R_4) на вході першої КЗ дає можливість точно визначити тип ТЗ, склад ТП та кількість ТЗ m_j 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 першу КЗ на момент зміни сигналу світлофора з зеленого на жовтий і по швидкості та типу ТЗ розрахувати його ЗШ та прийняти рішення про завершення проміжного такту (ПТ).

Подвійне сканування третім променем (R_5 , R_6) на вході в другу КЗ дозволяє визначити тип, точний час та кількість ТЗ, що в'їхали в цю КЗ по кожній зі смуг руху і послідовно визначити реальні значення коефіцієнтів приведення до легкового автомобіля $K_{\text{прі}}$ черги ТЗ по всіх смугах руху на підходах до перехрестя та картограму інтенсивностей руху ТЗ за невеликі періоди часу (цикл світлофорного регулювання) як у фізичних, так і у приведених одиницях.

Протягом кожного циклу світлофорного регулювання одночасно і послідовно визначаються параметри руху транспортних потоків на підходах і в зоні перехрестя, основні, проміжні такти і цикл світлофорного регулювання, а також коефіцієнти приведення до легкового автомобіля, потоки насичення по кожній смузі руху на підходах до перехрестя, а потім пропускна здатність підходів до перехрестя, як сукупність потоків насичення окремих смуг, з урахуванням часу основного такту та циклу регулювання, а пропускна здатність всього перехрестя визначається як сукупна пропускна здатність окремих підходів (Опис до патенту на корисну модель № 101064 від 25.08.2015 р., бюл. № 16)

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

Недоліком цього способу є вузькі функціональні можливості, оскільки він не дозволяє одночасно визначити пропускну здатність окремих ділянок доріг.

Крім того, відомі теоретичні та розрахункові способи визначення ПЗ ділянок доріг, не розраховані на реальну оцінку ПЗ за короткий час виміру в залежності від особливостей ділянок, інтенсивності ТП, ширини смуг руху та швидкості руху ТЗ в контрольованій зоні, стану покриття, організації руху та стану погодних умов на час виміру.

В основу запропонованого способу поставлена задача розширення функціональних можливостей відомого способу при одночасному визначенні широкого комплексу параметрів на вході і виході ділянки багатосмугових доріг.

Поставлена задача досягається тим, що в основу запропонованого способу покладено покрокове сканування вузькоспрямованими лазерними променями інфрачервоного діапазону одночасно всіх смуг руху прямого і зворотного напрямку як на вході, так і на виході вибраної ділянки дороги, що дає можливість сформулювати вхідні і вихідні межі КЗ та забезпечити визначення комплексу вищевказаних параметрів ТП по кожній смузі руху. Це досягається за рахунок розташування над проїжджою частиною на вході та виході ділянки дороги (КЗ) на спеціальному тимчасовому переносному кронштейні блока сканування та фотоприймачів (фіг. 1) таким чином, що при зміні положення кута нахилу променя у поперечному розрізі дороги на її поверхні утворюються дві паралельні лінії з дистанцією між ними в 1 м.

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

Відповідно до запропонованого способу, розгортка лазерного променя здійснюється блоком сканування 1, який розташовується на спеціальному кронштейні в точці, що відповідає середині проїжджої частини. До складу блока сканування входить оптичний відхиляючий пристрій (дискретний сканістор), який забезпечує відхилення вісі лазерного променя в необхідне друге положення, при якому у поперечному розрізі дороги на вході і виході КЗ на її поверхні утворюються дві паралельні лінії з дистанцією між ними в 1 м.

Оптичні фотоприймачі 2 (ФП_i) в процесі розгортки лазерних променів δ_1 та δ_2 по лініям сканування на входах і виходах КЗ послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різних смугам і напрямках руху.

Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в КЗ з обох напрямків, здійснюють по їх передніх бамперах при пересіченні однієї з ліній сканування (наприклад R_1 або R_4), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної осі лазерного променя (з R_1 на R_2 і навпаки та з R_3 на R_4) і проїзду ТЗ дистанції в 1 м, визначається момент в'їзду, швидкість, довжина, тип, кількість і послідовність ТЗ, що реально в'їхали в КЗ по кожній смузі руху за період вимірювань.

Наявність подвійного сканування на вході в КЗ забезпечує можливість послідовного виміру на границях ділянки також таких параметрів, як дистанції L_i і інтервали t_i між ТЗ, що послідовно рухаються в ТП по кожній j-й смузі руху, інтенсивності руху N_j у фізичних одиницях та коефіцієнтів приведення до легкового автомобіля $K_{\text{пр}i}$ як відношення величини середнього значення динамічного габариту $\bar{D}_{\text{в}i}$ конкретного типу ТЗ до величини середнього значення динамічного габариту $\bar{D}_{\text{л}i}$ легкового автомобіля:

$$K_{\text{пр}i} = \bar{D}_{\text{в}i} / \bar{D}_{\text{л}i} \cdot (1)$$

Вимірювання такого комплексу параметрів на вході і виході КЗ дає можливість також визначити інтенсивність руху ТЗ за будь-яке фіксоване значення часу виміру T_B у приведених одиницях:

$$N_{\text{пр}j} = K_{\text{пр}1}N_1 + K_{\text{пр}2}N_2 + \dots + K_{\text{пр}i}N_i \cdot (2)$$

де $N_{\text{пр}j}$ - інтенсивності руху ТЗ у приведених до легкового автомобіля одиницях по j-й смузі руху;

N_i - число транспортних засобів типу і у потоці;

$K_{\text{пр}i}$ - коефіцієнт приведення ТЗ типу і до легкового автомобіля.

Фіксація ТЗ, що повністю проїхали КЗ, здійснюється за моментами перетинання їх задніми бамперами лінії сканування R_1 або R_4 (залежно від напрямку руху) на виході з КЗ одночасно по всіх смугах руху.

В процесі проїзду ТЗ вхідних і вихідних ліній сканування здійснюється визначення реальних значень інтервалів руху t_{ji} різного i-го типу ТЗ по різних смугах і напрямках руху, які враховують різноманітні особливості топографії конкретної ділянки дороги.

Практичне визначення реальних значень t_{ji} для умов конкретної ділянки дороги (та конкретної смуги) 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). Більш того, можливість виміру швидкості, типу, інтервалів і дистанцій руху ТЗ на вході і виході КЗ дає змогу визначати вільні інтервали $h_{вл}$, які за значенням більше, ніж t_{ji}^{min} для легкових ТЗ по кожній конкретній смузі руху.

Процес визначення ПЗ ділянки дороги за прийнятий час виміру T_B включає підрахунок всіх ТЗ, що за цей час повністю послідовно в'їхали і виїхали з КЗ по всіх смугах руху

$$N_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n \Phi_j \cdot (3)$$

Вільні інтервали $h_{влj}$ по смугам руху можливо фіксувати у розрядженому ТП у випадку відсутності ТЗ на вході в КЗ, якщо інтервали пересування відповідних ТЗ перевищують відповідні значення t_{ji}^{min} .

В цьому разі, при наявності таких інтервалів до значення $N_{\Phi j}$ додається по одному додатковому ТЗ по відповідній смузі руху. Якщо вільний інтервал $h_{влj}$ буде більший кратності

відносно до t_{ji}^{min} , до значення $N_{\Phi j}$ - додається величина

$$N_{dj} = h_{влj} / t_{ji}^{min}, (4)$$

що по суті відповідає коефіцієнту кратності даного вільного інтервалу.

Таким чином, упродовж всього часу виміру T_B всі інтервали руху, що відповідають умові $t_{ji}^{min} \leq h_{влj}$ штучно заповнюються додатковими ТЗ по кожній смузі руху і забезпечують безперервний ТП максимально можливої сумарної інтенсивності, що не приводить до заторового стану на цій ділянці дороги. ПЗ окремої смуги руху за одиницю часу виміру T_B визначається як:

$$P_j = N_{\Phi j} + \sum_{i=1}^q d_i, (5)$$

де q - кількість вільних інтервалів в ТП по j -й смузі руху за час виміру T_B . А значення ПЗ ділянки дороги в цьому випадку за одиницю часу виміру T_B визначається як:

$$P = N_{\Sigma} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^q N_{di} \cdot (6)$$

Для уточнення та визначення статистично значущих значень ПЗ смуги або ділянки дороги, необхідно обстежити мінімум 15-20 годинних циклів у пікові часи руху. Але оперативне визначення ПЗ ділянки (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 конкретної ділянки.

Таким чином, оперативне визначення реальних параметрів руху (швидкості, типу, габаритів, дистанції і інтервалів між ТЗ, і т.д.) окремих видів ТЗ по усіх смугах руху на підходах до зазначеної ділянки дозволяє шляхом високошвидкісного сканування одержати (в реальному масштабі часу) точні значення ПЗ як окремих смуг, так і всієї ділянки у фізичних або приведених одиницях.

Цей спосіб дає змогу миттєво реагувати на будь-які зміни усіх параметрів, від яких залежить ПЗ, на зміну погодних умов, на топографічні особливості перехрестя: ширину смуг, поздовжній ухил, кривизну траєкторій руху поворотних потоків і т. д.

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

На фіг. 2 надана спрощена структурна схема пристрою, що розкриває основні відмінні риси запропонованого способу.

Блок сканування 1 має у своєму складі лазерний випромінювач 3 вузькоспрямованого інфрачервоного променя і вузол розгортки 4, які формують двопроменеве покрокове сканування зони входу і виходу ділянки дороги 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 сканування сигналом, що поступає з реперних фотоприймачів (ФП₀ 2₁ та 2₂) на входи дискретних сканісторів 5_1 та 5_2 .

Сканування кожним променем здійснюється у двох паралельних площинах таким чином, що при зміні положення кута нахилу променя у поперечному розрізі дороги на її поверхні утворюються дві паралельні лінії з дистанцією між ними в 1 м (фіг. 2).

5 Зміна і чергування кутів нахилу розгортки необхідні для однозначного визначення положення ТЗ щодо ліній сканування на кожному періоді розгортки і визначення швидкості, типу, довжини, часу перетину ліній сканування кожним окремим ТЗ, дистанції L_i і інтервали t_i між ТЗ, що послідовно рухаються в ТП по кожній j -й смузі руху, інтенсивності руху N_i в фізичних одиницях та коефіцієнтів приведення до легкового автомобіля $K_{прі}$.

10 Для цього фотоприймачі (ФП₀ 2₁ та 2₂) реперного сигналу відповідного блока сканування 1₁, 1₂ у моменти проходження променів реперних точок видають сигнали на входи перетворювача 6₀ реперного сигналу та на входи відповідних дискретних сканісторів 5₁ і 5₂, які сигналами зі своїх виходів діють на вузли розгортки 4 та змінюють кути нахилу променів при переході реперної точки.

15 Сигнали з виходів відповідних блоків сканування 1₁, 1₂ та перетворювача 6₀ фотоприймачів реперного сигналу подаються на відповідні входи обчислювального пристрою 7 для чіткого визначення положення кожного променя за смугами руху відносно реперної точки.

20 Відбитий від ТЗ оптичний сигнал (при наявності ТЗ в зоні, що сканується) вловлюється відповідними фотоприймачами 2 (ФП₁... ФП_n) кожної смуги руху як на входах, так і на виходах ділянки. 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 проміжок часу виміру.

25 В процесі сканування границь ділянки здійснюється практичне визначення реальних значень інтервалів руху t_{ji} для умов конкретної ділянки дороги (та конкретної смуги), що дає змогу накопичувати інформацію для всіх типів інтервалів у обчислювальному пристрої 7 і при необхідності з часом корегувати ці значення при зміні умов руху (наприклад, для зими або ожеледиці). Більш того, можливість виміру швидкості, типу, інтервалів і дистанцій руху ТЗ на вході і виході КЗ дає змогу визначати вільні інтервали t_{ji}^{min} , які за значенням більше, ніж t_{ji}^{min} для легкових ТЗ по кожній конкретній смузі руху.

30 Якщо в обчислювальний пристрій 7 закладається алгоритм визначення ПЗ, правила і константи, відповідні значення тимчасових інтервалів руху різних типів ТЗ на ділянці, зберігається інформація про коефіцієнти приведення, склад ТЗ та поточні значення вільних інтервалів по смугах руху, тоді з'являється можливість визначення не тільки усіх перелічених вище параметрів, але і ПЗ у фізичних або приведених одиницях.

35 Таким чином, запропонований спосіб дає можливість одержання найбільш повного комплексу інформації для контролю і оперативного (в реальному масштабі часу) визначення ПЗ ділянки дороги для конкретних дорожніх умов та подальшого управління рухом на міській та заміській ВДМ.

40 Перевагою запропонованого способу також є те, що пристрій для його реалізації можна виконати як переносний і здійснювати виміри ПЗ на багатьох ділянках ВДМ. Зважаючи на малу потужність лазерного інфрачервоного випромінювання, воно не буде мати шкідливого впливу на водіїв і пішоходів.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

45 Спосіб визначення пропускної здатності ділянки дороги, заснований на скануванні одночасно двома гостроспрямованими лазерними променями вхідних і вихідних меж ділянки з точки, що відповідає середині проїжджої частини, причому забезпечують відхилення осі кожного лазерного променя в необхідне друге положення, при якому у поперечному розрізі дороги на вході і виході ділянки на її поверхні утворюються дві паралельні лінії з певною дистанцією між ними, а зміну положень розгортки здійснюють з високою швидкістю по черзі через кожен період сканування, подальшому прийомі відображених оптичних сигналів фотоприймачами і перетворенні цих сигналів в імпульсно-числові коди, за якими визначають швидкість, тип, довжину, час перетину ліній сканування кожним окремим транспортним засобом, дистанції і інтервали між транспортними засобами, що послідовно рухаються по кожній смузі руху, інтенсивність руху у фізичних одиницях та коефіцієнти приведення до легкового автомобіля, який **відрізняється** тим, що в процесі сканування границь ділянки здійснюють визначення реальних значень інтервалів руху різного типу транспортних засобів по різних смугах і напрямках руху, накопичують інформацію про всі типи інтервалів у обчислювальному пристрої і з часом корегують ці значення при зміні умов руху, визначають вільні інтервали, які за

- значенням більше мінімально можливих інтервалів для легкових автомобілів по кожній конкретній смузі руху, кількість всіх транспортних засобів, що за час виміру повністю послідовно виїхали з зони ділянки по всіх смугах, а кожний вільний інтервал за час виміру штучно заповнюють додатковими транспортними засобами по кожній смузі ділянки з урахуванням
- 5 коефіцієнтів кратності вільного інтервалу для даної конкретної смуги, при цьому пропускну здатність окремої смуги руху ділянки за одиницю часу виміру визначають як суму всіх транспортних засобів, які повністю виїхали за цей час із зони ділянки, та додаткових транспортних засобів, які заповнюють вільні інтервали, а пропускну здатність ділянки дороги як у фізичних, так і приведених одиницях визначають як суму пропускну здатностей окремих смуг,
- 10 що забезпечують безперервний транспортний потік максимально можливої сумарної інтенсивності, який не приводить до заторового стану на ділянці дороги.

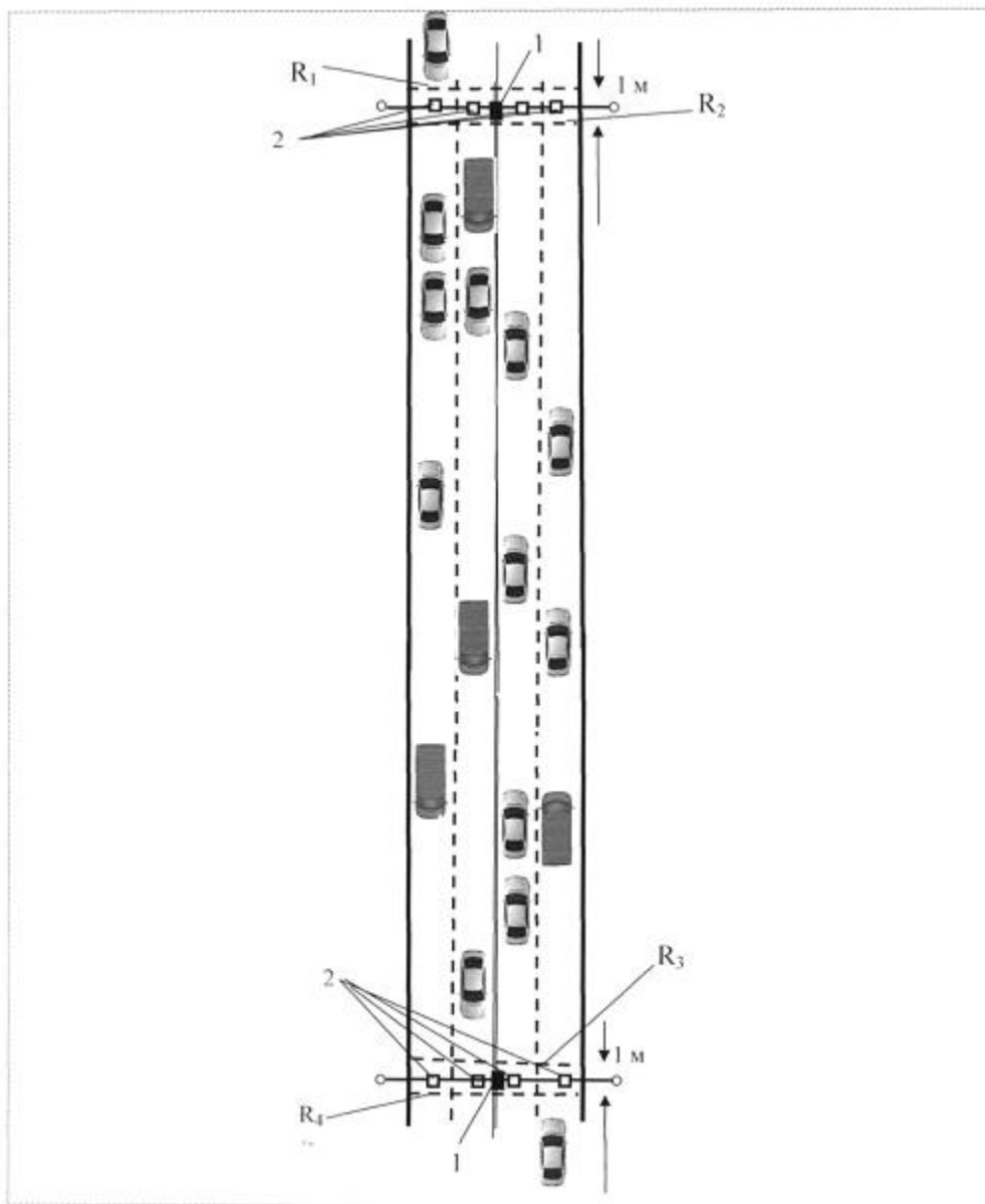


Fig.1

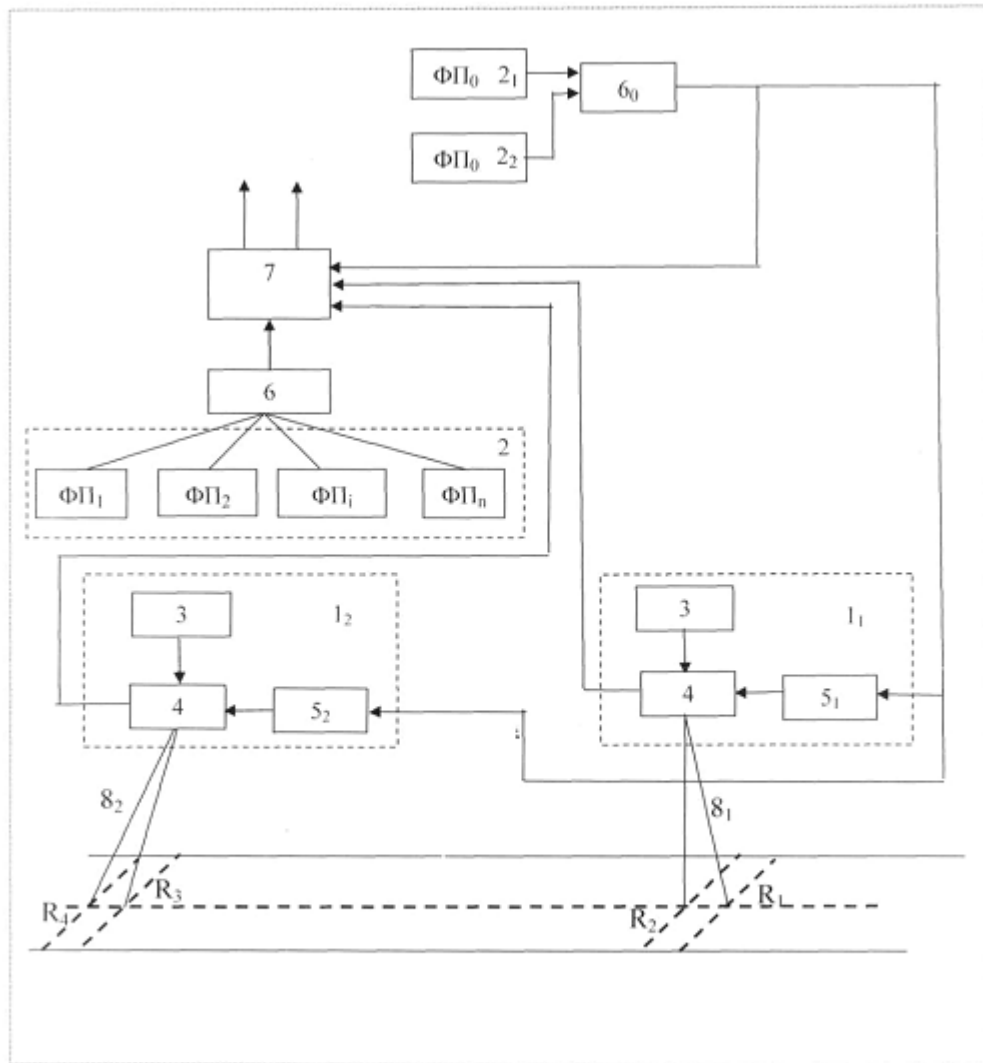


Fig.2