



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **151261** (13) **U**
(51) МПК
G08G 1/09 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2021 07403	(72) Винахідник(и): Денисенко Олег Васильович (UA)
(22) Дата подання заявки: 20.12.2021	(73) Володілець (володільці): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA), Денисенко Олег Васильович, пр. Московський, 202, кв. 21, м. Харків, 61082 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 30.06.2022	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 29.06.2022, Бюл.№ 26	

(54) СПОСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ ЦИКЛУ СВІТЛОФОРНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

(57) Реферат:

Спосіб оптимізації циклу світлофорною сигналізацією, заснований на скануванні одночасно трьома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя з точки над його геометричним центром конусним видом розгортки. Оптична вісь розгортки другого лазерного променя відхиляється відповідно у ряд інших положень, при яких радіус концентричного кола на поверхні проїзної частини змінюється на певну задану величину. При цьому зміна положень розгортки здійснюється на кожному наступному періоді сканування послідовно в прямому, а потім в зворотному напрямках. Уповільнення або прискорення транспортних засобів на вході в першу контрольовану зону визначаються за значеннями швидкостей, що вимірюються між кожних чергових трьох послідовних ліній сканування за поточними значеннями швидкості ТЗ на дистанції від першої до другої, а потім від другої до третьої лінії. По цій інформації при пересіченні кожного наступного кола сканування передніми бамперами автомобілів поступово уточнюються поточні значення зупиночного шляху кожного конкретного типу ТЗ. Час дії проміжних тактів формується також з урахуванням часу проїзду дальніх конфліктних точок тих транспортних засобів, які на момент початку проміжного такту здійснювали перетин лінії мінімального значення зупиночного шляху для цього типу транспортного засобу і поточного значення швидкості, при яких час дії проміжних тактів та втрачений час у циклі будуть мінімальними.

UA 151261 U

Корисна модель 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 перехрестя ВДМ, а також для підвищення ефективності управління рухом транспорту на регульованих перехрестях.

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, їх прискорення та уповільнення, а також тривалості проміжних (ПТ) та основних тактів (ОТ) в кожній фазі і циклі світлофорного регулювання (СР).

10 Відомий спосіб оптимізації багатофазного циклу регулювання світлофорного об'єкту, заснований на скануванні одночасно трьома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя з точки 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 (R_1) в області стоп-ліній всіх його підходів.

15 До складу скануючого блока входить оптичний відхиляючий пристрій (дискретний сканістор), який забезпечує відхилення вісі першого лазерного променя з радіусу R_1 в необхідне друге положення з радіусом R_2 , а потім в третє положення радіусом R_3 , при якому радіус кола R_2 , а потім R_3 на поверхні перехрестя зменшується відповідно до першого кола на задану величину (наприклад, на 1 м та 2 м).

20 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 кола R_4 на проїжджій частині перехрестя) на інші і формує три концентричних кола з різницею радіусів $R_5 - R_4 = 1$ м та $R_6 - R_5 = 1$ м.

25 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_7) на іншу (з радіусом кола R_8) і формує два концентричних кола з різницею радіусів $R_8 - R_7 = 1$ м.

30 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 смугам руху як на підходах, так і на виходах перехрестя.

35 Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в обидві КЗ, здійснюють по їх передніх бамперах при пересіченні одного з кіл (R_6 або R_8), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної вісі другого лазерного променя (з радіуса R_4 на R_5 і на R_6 та навпаки) і вісі третього лазерного променя (з радіуса R_7 на R_8 та навпаки) визначається момент в'їзду, швидкість, уповільнення та прискорення, довжина, тип, кількість і послідовність ТЗ, що реально в'їхали в КЗ по кожній смугі руху за період вимірювань. Радіус R_7 , що формує вхідну межу другої КЗ, бажано вибирати за умови, щоб він перевищував найбільш можливу чергу ТЗ, яка може збиратися по одній зі смуг руху за реальних умов на сигнал світлофору, що забороняє дорожній рух.

40 Це дає можливість достатньо точно визначити кількість ТЗ m_j у черзі по кожній j -й смугі руху на підходах до перехрестя на момент зміни сигналу світлофору на зелений або на момент початку руху перших у черзі ТЗ.

45 Наявність потрійного сканування (R_4 , R_5 , R_6) на вході першої КЗ дає можливість більш точно визначити тип ТЗ, склад ТП та кількість ТЗ m_j у черзі по кожній j -й смугі руху на підходах до перехрестя на момент зміни сигналу світлофору на зелений або на момент початку руху перших у черзі ТЗ. Крім того, це дозволяє визначити швидкість та уповільнення ТЗ на вході в першу КЗ лише по передньому бамперу (на короткій дистанції) на момент зміни сигналу світлофору з зеленого на жовтий і по швидкості, уповільненню та типу ТЗ більш швидко і точно розрахувати його ЗШ та в кінцевому рахунку прийняти рішення про завершення ПТ.

50 Потрійне сканування першим променем (R_1 , R_2 , R_3) в зоні стоп-ліній (на виході з першої та другої КЗ) дає змогу визначити швидкість, уповільнення (прискорення), тип, точний час та кількість ТЗ, які покидають КЗ по кожній зі смуг руху на зелений сигнал світлофору, а значить, визначити наявність ТЗ по окремим смугам в КЗ на момент зміни зеленого сигналу світлофору на жовтий.

55 За результатами сканування першим променем також визначають кількість та тип ТЗ по кожній смугі, що не встигли (не змогли) покинути зону самого перехрестя на зелений сигнал

світлофору, тобто не здійснили перетинання зони сканування (R_1 , R_2 , R_3) по смугам руху на виході з перехрестя.

Інформація про довжину, ширину, тип та кількість ТЗ в зоні перехрестя на момент початку дії ПТ дає можливість чітко визначити момент, коли всі ТЗ попередньої фази руху звільнять зону перехрестя для початку нової фази. Це пропонується здійснювати за моментами, коли останній ТЗ, що знаходився в зоні перехрестя, почне перетинати своїм переднім бампером одну з ліній сканування (наприклад, R_3) по смугах руху на виході з перехрестя.

Момент перетинання своїм переднім бампером лінії сканування з радіусом R_3 приймається як кінець ПТ цієї фази, але за умови перевірки можливості появи на вході в першу КЗ нового ТЗ, зупиночний шлях якого перевищує довжину КЗ. В такому випадку кінець ПН визначається за моментом перетину заднім бампером ТЗ дальньої конфліктної точки (ДКТ) з урахуванням часу проїзду від стоп-лінії до ДКТ автомобіля, що починає рух у наступній фазі (Патент № 119614 від 10.07.2019, бюл. № 13/2019). Цей спосіб є найбільш близьким до способу, що заявляється, і тому вибраний як найближчий аналог.

Недоліком цього способу є недостатньо висока точність визначення тривалості ПТ і оптимального значення втраченого часу у циклі регулювання, що не дає можливості оптимізувати параметри циклу СР у реальному масштабі часу, а також підвищити ефективність управління руху транспорту на регульованих перехрестях.

Пов'язано це з тим, що існуючий спосіб не враховує як різні значення ЗШ для різних типів ТЗ, так і залежність ЗШ від швидкості руху різного типу ТЗ, що впливає на точність визначення ПТ і в кінцевому рахунку знижує точність визначення оптимальних параметрів циклу світлофорного регулювання.

В основу запропонованого способу поставлена мета підвищення точності визначення тривалості ПТ кожної фази та оптимізація часу циклу СР за рахунок мінімізації втраченого часу в циклі регулювання.

Поставлена задача вирішується тим, що в основу запропонованого способу покладено конусне покрокове сканування одночасно трьома вузькоспрямованими лазерними променями інфрачервоного діапазону одночасно всіх підходів і виходів перехрестя, що дає можливість сформулювати вхідні і вихідні межі двох КЗ та забезпечити визначення комплексу вищевказаних параметрів ПТ по кожній смузі руху, основні, проміжні такти і цикл СР в залежності від результатів сканування з урахуванням режимів прискорення та уповільнення ТЗ в зонах впливу всього перехрестя.

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 розгортай 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 вісі першого лазерного променя з радіусу R_1 в необхідне друге положення з радіусом R_2 , а потім в третє положення з радіусом R_3 , при якому радіус кола R_2 , а потім R_3 на поверхні перехрестя зменшується відповідно до першого кола на задану величину (наприклад, на 1 м та 2 м). Таким чином, блок сканування на кожному наступному періоді сканування послідовно змінює розгортку першого лазерного променя з радіуса R_1 на R_2 і на R_3 , а потім у зворотному напрямку та описує в зоні стоп-ліній на поверхні перехрестя три концентричні кола з різницею радіусів ($R_1-R_2=1\text{м}$, і $R_2-R_3=1\text{м}$) та формує вихідні межі КЗ.

Другий оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням на 120° по колу розгортки (див. фіг. 2) і формує вхідну межу першої КЗ.

Одночасно з першим другим лазерний промінь здійснює свою розгортку, починаючи з внутрішнього кола в зоні перехрестя з радіусом R_4 і поступово покроково розширяє його зміною положень кутів розгортки в реперній точці на кожному періоді сканування (до радіусу R_5), утворюючи на поверхні перехрестя та прилеглих дорогах концентричні кола з заданою величиною кроку (0,25-0,5 м). Це досягається програмною зміною кута оптичних осей розгортки для послідовної зміни радіусів кіл сканування (з R_4 до R_5 та навпаки) з метою визначення поточних значень ЗШ різного типу ТЗ відповідно до значень їх швидкості в цю мить по кожній смузі на підходах до перехрестя.

Як тільки радіус кола другого променя розгортки досягає максимального з можливих ЗШ різного типу ТЗ, що перетинають вхідну межу першої КЗ з максимально дозволеною швидкістю

(50 км./год.), здійснюється додаткове сканування з розширенням зони ще на 5-10 м, для надійного попереднього визначення параметрів руху чергового ТЗ. Далі цей процес багаторазово повторюється, що дозволяє при високій швидкості розгортки достатньо точно визначити як поточні параметри руху необхідних ТЗ, так і поточні значення ЗШ для різного типу ТЗ.

Радіус R_4 , що формує початок вхідної межі першої КЗ, вибирають за умови, щоб відстань між R_4 та R_1 відповідала (з урахуванням реальної відстані, на якій водій реагує на зміну сигналу світлофора) мінімальному з можливих ЗШ різного типу ТЗ, що перетинають вхідну межу першої КЗ зі швидкістю не вище 20 км./год.

Третій оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням по відношенню до другого ще на 120° по колу розгортки (див. фіг. 2) і формує вхідну межу другої КЗ. Цей промінь, як і обидва інші, за допомогою відповідного дискретного сканістора 5_3 на кожному наступному періоді сканування змінює одну оптичну ось розгортки (з радіусом кола R_6) на іншу (з радіусом кола R_7) і формує два концентричних кола також з різницею радіусів $R_7 - R_6 = 1$ м.

Оптичні фотоприймачі 2 (ФПі) в процесі розгортки лазерних променів 8_1 , 8_2 та 8_3 по одному з кіл на входах і виходах КЗ послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різним смугам руху як на підходах, так і на виходах перехрестя.

Фіксацію ТЗ, що в'їжджають в другу КЗ, здійснюють по їх передніх бамперах при пересіченні одного з кіл (R_7), при цьому завдяки періодичному скануванню зі зміною оптичної осі лазерного променя (з радіуса R_6 на R_7 та навпаки) точно визначаються моменти в'їзду, 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 світлофору на зелений або на момент початку руху перших у черзі ТЗ.

Швидкість ТЗ, що послідовно своїм переднім бампером перетинають лінії сканування R_7 та R_6 визначають на дистанції 1 м і фіксують як значення V_1' . Потім фіксуються швидкості V_1'' цього ж ТЗ при перетині відповідних ліній сканування (R_7 та R_6) задніми бамперами.

Довжина l_{T3} ТЗ з урахуванням уповільнення

$$\alpha = \frac{l_{T3}}{t_{T3}}, \quad (1)$$

де t_{T3} - час проїзду ТЗ лінії сканування R_6 , відповідно, спочатку переднім, а потім заднім бампером, визначається як

$$t_{T3} = \alpha \cdot t_{T3}^0. \quad (2)$$

За значенням l_{T3} у подальшому визначається тип ТЗ, який по кожній смузі руху перетинає вхідні кордони кожної КЗ.

За тривалістю імпульсів t_b , що формуються при скануванні конкретних ТЗ по заданій смузі (переміщення променя між крапками b_1 та b_2 , фіг. 1) радіусу R та періоду сканування ω визначається ширина ТЗ на границях КЗ

$$b = \frac{2\pi R \cdot t_b}{\omega} = 2\pi R \cdot t_b \cdot v, \quad (3)$$

де v - частота сканування.

За значенням l_{T3} та b_y у подальшому визначається тип ТЗ, який по кожній смузі руху перетинає вхідні і вихідні кордони кожної КЗ.

Наявність широкої смуги сканування (від R_4 до R_5) на вході в першу КЗ дає можливість в зоні кожних чергових трьох послідовних ліній сканування визначати поточні значення швидкості ТЗ на дистанції від першої до другої, а потім від другої до третьої лінії і по цій інформації визначати поточні значення уповільнення (прискорення) а кожного ТЗ.

Швидкість ТЗ, що послідовно своїм переднім бампером перетинають лінії сканування R_5 та наступні дві лінії визначають на заданій дистанції і фіксують як значення V_2' та V_2'' .

Значення уповільнення (прискорення) ТЗ на вході в першу КЗ визначається як

$$\alpha = \frac{l_{T3}}{t_{Vx1}}, \quad (4)$$

де t_{Vx1} - час проїзду переднього бамперу ТЗ трьох послідовних ліній сканування.

Додаткове розширення вхідної межі для першої КЗ (на 5-10 м) необхідно для можливості більш точного і швидкого визначення довжини l_a ТЗ (та його типу) на вході в цю зону до початку дистанції максимального з можливих ЗШ різного типу ТЗ. Це здійснюється шляхом підрахунку кількості кроків сканування k між колами (і значенням ширини кроку) де відбувається перетин ліній сканування переднім та заднім бампером цього ТЗ.

За значенням швидкості V , уповільнення та типу ТЗ на кожному кроці сканування в середині смуги (між R_4 та R_5) можливо визначити поточне положення одного з кіл сканування (відповідно до стоп-лінії), яке відповідає ЗШ цього типу ТЗ з цією швидкістю та уповільненням

$$l_{гш} = l_{зк} + l_{гш} = V \cdot t_{рк} + \frac{V^2}{2g(\varphi + f \pm \lambda)}, \quad (5)$$

5 де $l_{рк}$ - шлях, що пройде ТЗ за час реакції водія; $t_{рк}$ на зміну сигналів світлофору; $l_{гш}$ - гальмовий шлях; V - швидкість ТЗ на вході в КЗ; g - прискорення вільного падіння; φ - коефіцієнт подовжнього зчеплення колеса з поверхнею дороги; f - коефіцієнт кочення колеса; λ - величина подовжнього похилу.

10 Таким чином, на вході в першу КЗ по кожній смузі руху на момент необхідності зміни сигналу світлофору з зеленого на жовтий визначається поточне положення лінії ЗШ даного типу ТЗ при поточних параметрах його руху. У більшості ТЗ значення ЗШ буде менше, ніж максимально можливе для усіх видів ТЗ. Тому, зменшення ширини першої КЗ буде сприяти зменшенню інтервалу часу між останнім ТЗ, що покинув зону перехрестя за цей ПТ і наступним ТЗ, який може потрапити в першу КЗ за цей час.

15 Потрійне сканування першим променем (R_1, R_2, R_3) в зоні стоп-ліній (на виході з першої та другої КЗ) дає змогу визначити швидкість, уповільнення (прискорення), тип, точний час та кількість ТЗ, які покидають КЗ по кожній зі смуг руху на зелений сигнал світлофору, а значить, визначити наявність ТЗ по окремим смугам в КЗ на момент зміни зеленого сигналу світлофору на жовтий.

20 Швидкість ТЗ, що послідовно своїм переднім бампером перетинають лінії сканування R_1 та R_2 визначають на дистанції 1 м і фіксують як значення F_3 , а між лініями сканування R_2 та R_3 як значення V_3 ".

Значення уповільнення (прискорення) ТЗ на виході з КЗ визначається як

$$\alpha = \frac{V_3}{t_{вих}}, \quad (6)$$

25 де $t_{вих}$ - час проїзду переднього бамперу ТЗ між лініями сканування з радіусами R_3 та R_1 .

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 світлофору, тобто не здійснили перетинання зони сканування (R_1, R_2, R_3) по смугам 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.

30 Кінцеве рішення про завершення ПТ відбувається за умови перевірки можливості появи на вході в першу КЗ нового ТЗ, зупиночний шлях якого перевищує $l_{зш}$ цього типу ТЗ при його поточній швидкості. В такому випадку кінець ПН визначається за моментом перетинання заднім бампером цього ТЗ дальньої конфліктної точки (ДКТ) з урахуванням часу проїзду від стоп-лінії до ДКТ автомобіля, що починає рух у наступній фазі

$$T_{Pi} = t_{рк} + t_{гш} + t_i - t_{i+1}, \quad (7)$$

де $t_{рк}$ - час реакції водія на зміну сигналу світлофора; $t_{гш}$ - час, необхідний ТЗ для проїзду $l_{гш}$, t_i -час руху ТЗ до ДКТ; t_{i+1} -час руху від стоп-лінії до ДКТ автомобіля, що починає рух у наступній фазі

40 Формулу для визначення часу дії ПТ для цього випадку можна надати у наступному вигляді

$$= t_{рк} + \frac{V_{a1}}{7,2 \cdot a_{вх1}} + 3,6 \frac{(l_i + l_a)}{a_{вх1} \cdot t_{вих1}} - 3,6 \frac{l_{ДКТ}}{a_{вх2} \cdot t_{вих2}}, \quad (8)$$

45 де V_{a1} - середня швидкість ТЗ при русі на підході до перехрестя та в зоні перехрестя без гальмування; $a_{вх1}$ - середнє уповільнення ТЗ при включенні сигналу, що забороняє рух; l_i - відстань від стоп-лінії до ДКТ; l_a - довжина ТЗ; $l_{ДКТ}$ - відстань від стоп-лінії до ДКТ для ТЗ, що починає рух у наступній фазі; V_{a2} - середня швидкість ТЗ, що починає рух у наступній фазі; $a_{вх1}$ та $a_{вх2}$ - прискорення (уповільнення) на виході з КЗ в діючій та наступній фазі; $t_{вих1}$ та $t_{вих2}$ - відповідний час пересування ТЗ між лініями сканування R_1 та R_3 в діючій та наступній фазі.

Така послідовність дій по визначенню часу дії ПТ у багатьох випадках дозволяє скоротити його тривалість, оскільки дозволяє по типу ТЗ і поточним значенням його швидкості та уповільнення більш точно і швидко (до досягнення ними лінії ЗШ) врахувати ті ТЗ, що реально мають змогу зупинитися у стоп-лінії.

Поточне визначення параметрів руху ТЗ та ЗШ при перетині кожної наступної лінії сканування на вході в першу КЗ дозволяє поступове їх уточнення та зміщення лінії ЗШ ближче до стоп-лінії по мірі зниження швидкості ТЗ, що підвищує точність визначення кінця дії ПТ і зменшує загальні втрати часу у циклі регулювання.

5 Поточне визначення значення $I_{зш}$ у більшості випадків зменшує їх кінцеве значення та збільшує вірогідність швидкого завершення ПТ (тобто по пересіченню лінії R.3 на виході з перехрестя). І навіть, якщо необхідно буде закінчувати ПТ лише наступному ТЗ з урахуванням відстані до ДКТ, то ця відстань в даному випадку буде менше, що знижує значення $T_{пi}$ у (7) за рахунок складової t_i та скорочує втрачений час у циклі регулювання.

10 Таким чином, оперативне визначення реальних параметрів руху (швидкості, прискорення, типу та габаритів) окремих видів ТЗ по всіх смугах руху на підході та в зоні перехрестя шляхом потрібного високошвидкісного сканування дає можливість одержання (в реальному масштабі часу) точного значення часу дії ОТ і ПТ та оптимізації параметрів елементів світлофорного циклу.

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

Скануючий блок 1 має у своєму складі лазерний випромінювач 3 вузькоспрямованого інфрачервоного променю і вузол розгортки 4, які формують трипроменеве конусне покровоке сканування зони перехрестя за допомогою оптичних відхиляючих пристроїв 5₁, 5₂ та 5₃ (дискретних сканісторів). Зміна положень кутів розгортки променів 8₁, 8₂ та 8₃ здійснюється в реперній точці по черзі на кожному періоді сканування сигналом, що поступає з реперного фотоприймача 2 (ФП₀) на входи дискретних сканісторів 5₁, 5₂ та 5₃.

25 Три оптичні промені 8₁, 8₂ та 8₃ формуються вузлом розгортки зі зміщенням на третину періоду (120°), що дає змогу фіксувати кожний з них у реперній точці і чітко розпізнавати відбиті від ТЗ сигнали на входах і виходах з КЗ та перехрестя в цілому.

Зміна і чергування кутів нахилу розгортки (з R₁ на R₂, і R₂, з R₄ на R₅ та з R₆ на R₇ або навпаки) необхідна для однозначного визначення положення ТЗ щодо кіл сканування, типу і напрямку руху ТЗ, їх швидкості та прискорення в КЗ і зоні перехрестя по кожній смузі руху.

30 Оптичні фотоприймачі 2 (ФП_i) в процесі розгортки третього 8₃ лазерного променю по одному з кіл послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різних смугах руху на входах в першу та другу КЗ. При цьому, почергова з високою швидкістю зміни радіусів сканування (з R₆ на R₇ або навпаки) дозволяє точно визначити час переміщення ТЗ на дистанції (R₇-R₆), швидкість, уповільнення, тип та кількість ТЗ, що в'їжджають в КЗ по кожній смузі руху в даному циклі регулювання.

35 В процесі розгортки першого 8₁ лазерного променю на дистанції (R₁-R₃) на виході з КЗ (у зоні стоп-лінії) послідовно визначають швидкість, прискорення, довжину, ширину, тип та кількість ТЗ по окремих смугах руху, що в'їжджають в зону перехрестя на зелений сигнал світлофору. Розгортка лазерного променю 8₁ на виході з зони перехрестя дозволяє визначити кількість, тип та інші параметри руху ТЗ, що покинули зону перехрестя по різним напрямкам у цей же такт регулювання.

40 Одночасно з першим другим лазерний промінь здійснює свою розгортку, починаючи з внутрішнього кола з радіусом R₄ і поступово покровоко розширяє його зміною положень кутів розгортки в реперній точці на кожному періоді сканування, утворюючи на поверхні прилеглих до перехрестя доріг концентричні кола з заданою величиною кроку. Це досягається програмною зміною кута оптичних осей розгортки для послідовного розширення радіуса кіл сканування з метою визначення поточних параметрів руху ТЗ та поточного значення ЗШ цього типу ТЗ.

45 Розгортка другого променя продовжується до кінця найбільш дальнього радіусу R₅ цього входу в КЗ і після цього в реперній точці відбувається зміна кута осі сканування другого променя на передостаннє коло з послідовним зменшенням радіусів сканування в зворотному напрямку на кожному періоді на задану величину кроку. Далі цей процес багаторазово повторюється, що дозволяє при високій швидкості розгортки достатньо точно визначити процес зміни швидкості та уповільнення ТЗ, а також поточні значення ЗШ на кожному кроці сканування.

50 Все це контролюється програмою обчислювального пристрою 7, який видає сигнал на дискретний сканістор 5₂, і той у найближчій реперній точці по сигналу з перетворювача 6 здійснює зміну кута осі сканування другого променю в необхідне поточне положення.

Фотоприймачі 2, направлені на вхідні смуги руху, сприймають послідовно відбиті сигнали першого 8₁, другого 8₂ і третього 8₃ лазерних променів з часовою затримкою на третину періоду сканування, що дає можливість окремого розпізнавання сигналів різних променів.

60 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 (за час тривалості основного або ПТ та циклу світлофорного регулювання). Для цього сигнали зміни елементів циклу світлофорного регулювання з виходу світлофорного об'єкта 9 подаються на відповідний вхід обчислювального пристрою 7.

5 Сигнали з виходу реперного фотоприймача 2 (ФП₀) через перетворювач 6₀ подаються на відповідні входи дискретних сканісторів 5₁, 5₂ і 5₃ та обчислювального пристрою 7 для чіткого визначення положення кожного променю за смугами руху відносно реперної точки.

Обчислювальний пристрій 7 на протязі циклу регулювання зберігає інформацію про тип, кількість і напрямки руху ТЗ, що знаходяться в КЗ по всіх смугах або в зоні перехрестя на момент початку ОТ та ПТ.

10 В обчислювальний пристрій 7 закладено алгоритми та деякі константи для розрахунку параметрів руху, ЗШ різного типу ТЗ, за якими визначається можливість повного гальмування ТЗ до стоп-лінії, коефіцієнти приведення до легкового автомобіля для попереднього розрахунку часу роз'їзду черг ТЗ, відстань та час проїзду до ДКТ для кожної смуги руху у різних фазах регулювання для розрахунку всіх складових ПТ.

15 Після того, як останній ТЗ, що з початку ПТ знаходився в зоні перехрестя, перетне своїм переднім бампером лінію сканування R₃ на виході з перехрестя або визначиться кінець ПТ з урахуванням перетину ТЗ ДКТ, обчислювальний пристрій 7 видає сигнал завершення ПТ на світлофорний об'єкт 9. В разі відсутності ТЗ в зоні перехрестя на момент початку ПТ, обчислювальний пристрій 7 видає сигнал завершення ПТ через мінімально обраний заздалегідь час, призначений, наприклад, для завершення руху пішоходів. Обчислювальний пристрій 7 також визначає моменти завершення ОТ для різних умов руху ТП на перехресті.

20 Таким чином, запропонований спосіб дає можливість одержати найбільш повний комплекс інформації для контролю і подальшого оперативного (в реальному масштабі часу) точного визначення часу дії ОТ, ПТ, циклу регулювання та управління рухом на перехресті в оптимальному режимі.

25 Перевагою запропонованого способу також є те, що його реалізацію можливо здійснити одним загальним пристроєм, розташованим в зоні перехрестя, який одночасно дає змогу визначити ряд інших параметрів руху ТП і оптимізувати апаратну частину при розробці АСУ-ДР.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

35 Спосіб оптимізації циклу світлофорною сигналізацією, що оснований на скануванні одночасно трьома гостроспрямованими лазерними променями зони перехрестя з точки 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 і третє положення розгортки відповідали відхиленню лазерного променя, при якому радіус другого і третього концентричних кіл на поверхні проїзної частини зменшуються на певну задану величину, при цьому зміна положень розгортки здійснюється з високою швидкістю по черзі через кожен період сканування, послідовно в прямому, а потім в зворотному напрямках, а другий промінь розгортки формується зі зміщенням на третину періоду по колу розгортки та зі зміною кута нахилу оптичної осі променя, як і першого, по черзі у реперній точці через кожен період сканування так, щоб радіус

40 другого, а потім третього концентричного кола на вході першої контрольованої зони змінювався на певну задану величину послідовно в прямому, а потім в зворотному напрямках, третій оптичний промінь лазерної розгортки формується зі зміщенням відносно другого ще на третину періоду по колу розгортки, а кути нахилу оптичних осей третього променя змінюють по черзі у реперній точці через кожен період сканування так, щоб радіус другого концентричного кола на

45 вході другої контрольованої зони зменшувався на певну задану величину, при цьому відстань між вхідною і вихідною межами другої контрольованої зони вибирають за умови, щоб вона перевищувала найбільш можливу чергу транспортних засобів, яка може збиратися по одній зі смуг руху на сигнал світлофору, що забороняє дорожній рух, подальшому прийомі відображених оптичних сигналів фотоприймачами і надалі перетворенні цих сигналів в імпульсно-числові коди, за якими визначаються швидкість, тип та час пересування

50 транспортних засобів на входах і виходах обох контрольованих зон, напрямки їх руху по смугах, кількість транспортних засобів у черзі у фізичних та приведених одиницях, значення зупинного шляху різного типу транспортних засобів, а уповільнення або прискорення транспортних засобів на вході і виході першої контрольованої зони визначаються за значеннями швидкостей, що

55 вимірюються між першим і другим, а потім другим і третім колами розгортки за моментами

пересічення кіл передніми бамперами автомобілів, при цьому за значеннями швидкостей і прискорень визначають складові часових інтервалів проміжних тактів, час пересування черги зони стоп-ліній по всіх смугах руху упродовж окремих тактів одного циклу світлофорного регулювання, а потім наявність транспортних засобів по окремих смугах в першій

5 контрольованій зоні та в зоні самого перехрестя на момент початку проміжного такту, а момент закінчення проміжного такту формується за моментами, коли останній транспортний засіб, що знаходився в зоні перехрестя, почне перетинати своїм переднім бампером одну з ліній сканування першого променя по смугах руху на виході з перехрестя, але за умови перевірки

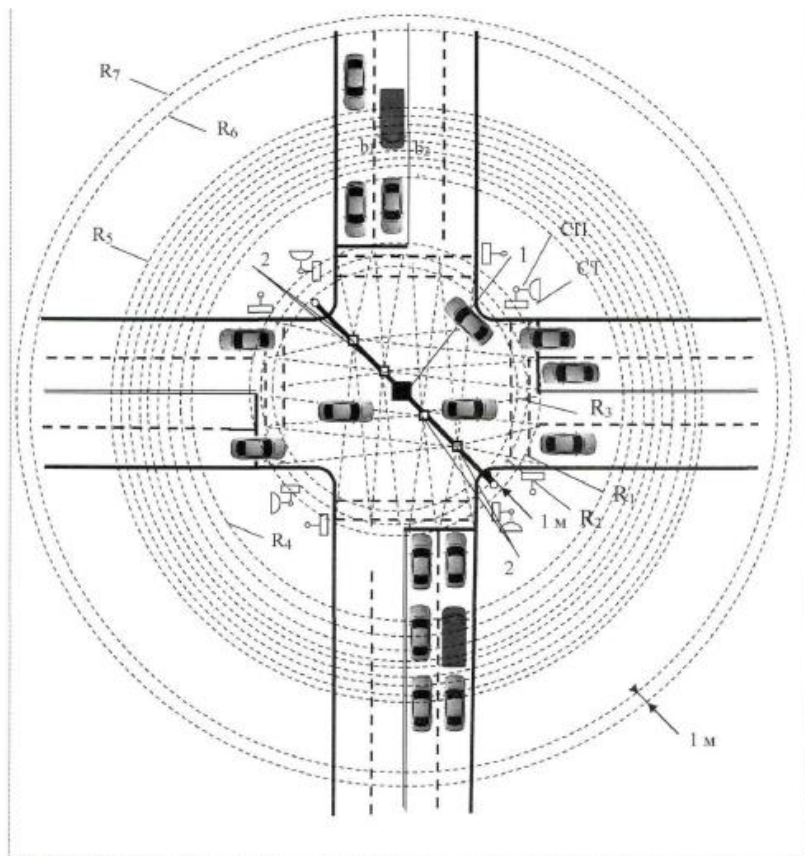
10 можливості появи на вході в контрольовану зону нового транспортного засобу на момент початку проміжного такту, зупиночний шлях якого перевищує довжину першої контрольованої зони, при цьому тривалість основного такту визначається моментом закінчення роз'їзду найбільшої за часом черги по смугах руху в даній фазі регулювання, який формується по моменту перетинання заднім бампером останнього в черзі транспортного засобу однієї з ліній

15 сканування в зоні стоп-лінії при умові, що на цей момент першу контрольовану зону повністю залишать всі транспортні засоби, а в іншому випадку кінець основного такту формується по максимально фіксованому заздалегідь значенню, який **відрізняється** тим, що оптична вісь розгортки другого лазерного променя відхиляється відповідно у ряд інших положень, при яких радіус концентричного кола на поверхні проїзної частини змінюється на певну задану величину, при цьому зміна положень розгортки здійснюється на кожному наступному періоді сканування

20 послідовно в прямому, а потім в зворотному напрямках, а уповільнення або прискорення транспортних засобів на вході в першу контрольовану зону визначаються за значеннями швидкостей, що вимірюються між кожними черговими трьома послідовними лініями сканування за поточними значеннями швидкості ТЗ на дистанції від першої до другої, а потім від другої до третьої лінії, і по цій інформації при пересіченні кожного наступного кола сканування передніми

25 бамперами автомобілів поступово уточнюються поточні значення зупинного шляху кожного конкретного типу ТЗ, а час дії проміжних тактів формується також з урахуванням часу проїзду дальніх конфліктних точок тих транспортних засобів, які на момент початку проміжного такту здійснювали перетин лінії мінімального значення зупинного шляху для цього типу транспортного засобу і поточного значення швидкості, при яких час дії проміжних тактів та

30 втрачений час у циклі будуть мінімальними.



Фіг. 1

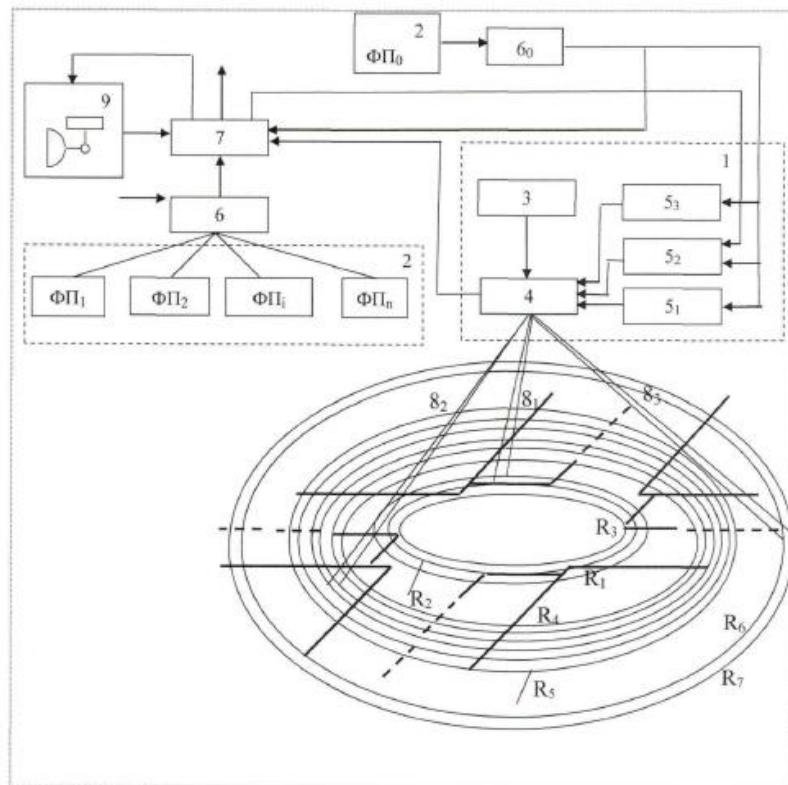


Fig. 2