

ЛОГИСТИКА

УДК 625.72:656.11

СПОСОБИ ТА ПРИСТРОЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І СКЛАДУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

А.І. Левтеров, професор, к.т.н., А.М. Ярута, аспірант, ХНАДУ

Анотація. Проаналізовано існуючі способи і технічні засоби для визначення основних параметрів, що характеризують транспортні потоки (ТП), а також запропоновано варіанти подальшого удосконалення методів визначення швидкості транспортних засобів (ТЗ) та складу транспортного потоку.

Ключові слова: параметри транспортного потоку, швидкість, ідентифікація транспортних засобів, сканування, контрольована зона.

СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И СОСТАВА ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

А.И. Левтеров, профессор, к.т.н., А.Н. Ярута, аспирант, ХНАДУ

Аннотация. Проанализированы существующие способы и технические средства для определения основных параметров, характеризующих транспортные потоки (ТП), а также предложены варианты дальнейшего совершенствования методов определения скорости транспортных средств (ТС) и состава транспортного потока.

Ключевые слова: параметры транспортного потока, скорость, идентификация транспортных средств, сканирование, контролируемая зона.

METHODS AND APPARATUS FOR VEHICLES SPEED AND TRANSPORT FLOW
PARAMETERS DETERMININGA. Levterov, Professor, Candidate of Technical Science,
A. Yaruta, post-graduate, KhNAHU

Abstract. The existing methods and technical means for determining of transport flows (TF) parameters are analyzed in the given work. The variants for further improvement of methods of vehicles speed determination as well as the transport flow parameters are offered.

Key words: transport flow parameter, speed, vehicle identification, scanning, controlled road section.

Вступ

Організація дорожнього руху – це комплекс наукових, інженерних і організаційних заходів, що забезпечують необхідний рівень ефективності та безпеки транспортного і пішохідного руху [1]. Отже, найважливішим напрямом забезпечення нормального функціонування дорожнього руху є побудова ефективних автоматизованих систем керування дорожнім рухом. Однією з головних задач

таких систем є визначення широкого кола параметрів ТП, що може бути забезпечено наявністю у комплексі надійних, багатофункціональних та достатньо дешевих детекторів швидкісного режиму ТП, які дозволяють одночасно визначити габаритні параметри ТЗ та склад ТП.

Серед існуючих методів дослідження параметрів ТП необхідно виділити: натурні спостереження, імітаційне моделювання руху,

відеоспостереження за рухомим складом ТП та ін. Усі ці методи об'єднує мета – отримання точних даних про параметри ТП для ефективного керування рухом ТЗ. На сьогодні проводяться широкі дослідження з використання різноманітних радіоелектронних, оптичних та ультразвукових детекторів ТЗ для визначення їх швидкості та габаритних параметрів [2, 3]. Тому задача розробки та удосконалення сучасних способів та пристроїв для визначення параметрів ТП є важливою й актуальною.

Аналіз публікацій

Ознайомлення з публікаціями показує існування великої кількості приладів, у тому числі й детекторів транспорту, для визначення параметрів транспортних засобів та параметрів транспортного потоку із застосуванням оптичного (лазерного) випромінювання.

Так, у роботі [2] в якості приймача сигналу запропоновано використовувати оптико-електричний детектор транспорту на основі пластинчатих растрів. Оптичним елементом пластинчатого растра є елементарне вічко – прозоре для випромінювання оптичного сигналу через зазор у формі вузької і глибокої щілини між сусідніми вічками. Пластинчатий растр може містити одне або декілька елементарних вічок. Властивості пластинчатого растра визначаються в основному характеристиками елементарного вічка, а вихідними даними роботи цього детектора є швидкість руху, габаритні характеристики (висота, довжина), а з використанням автомобільного маркера, і основні параметри ТП.

Недоліком даного пристрою є складність обробки відеосигналу, що характеризує оптичний образ транспортного засобу, оскільки значення амплітудних максимумів сигналу можуть змінюватися залежно від освітленості транспортного засобу та його швидкості руху. Тому необхідно постійно проводити тарування (вводити поправковий коефіцієнт) і нормування амплітуди відбитого сигналу.

Відомі способи і пристрої для визначення швидкості і типу ТЗ із використанням відеокамер, що встановлюються у вітчизняних і зарубіжних пристроях контролю («Арена», «Крис-1», «Візор», «Сокіл», «TruCam», «Потік», «Філін» та ін. з комплексом реєстрації зображення та швидкості). Автоматичні

відеофоторадарні комплекси призначені для фіксації швидкості ТЗ, що проходять через зону контролю, автоматичного фотографування порушників та передачу отриманих даних по цифрових каналах зв'язку. Система «ЛТК Метавідео СЗР (МВК)» додатково виконує автоматичне розпізнавання й ідентифікацію ТЗ із використанням бази реєстрації ДАІ. У роботах [3, 4] використовуються способи визначення швидкості автотранспортного засобу та розпізнавання номерних знаків для ідентифікації ТЗ.

Визначення швидкості руху транспортного засобу [3] здійснюють таким чином. На відстані L одна від одної на контрольованому відрізку дороги встановлюють відеокамери А і В, які направлені в одному напрямку – назустріч ТЗ, що рухається, або у протилежних напрямках одна до одної. Точками встановлення відеокамер визначається довжина контрольованого відрізка дороги (рис. 1).



Рис. 1. Розміщення двох відеокамер А і В на відстані L одна від одної на контрольованому відрізку дороги

Автотранспортний засіб, що рухається контрольованим відрізком дороги, послідовно потрапляє в контрольовану зону спочатку першої відеокамери А, потім – другої відеокамери В. Ідентифікація автотранспортного засобу у зонах контролю відеокамер виконується за державним номерним знаком із застосуванням технології розпізнавання державного номерного знака, причому фіксується державний номерний знак і час t_1 ідентифікації автотранспортного засобу в зоні контролю першої відеокамери А та, відповідно, час t_2 ідентифікації другої відеокамери В. Час руху автотранспортного засобу контрольованим відрізком дороги L розраховують як $\Delta t = t_2 - t_1$. Якщо відома довжина L контрольованого відрізка дороги та час Δt перебування автотранспортного засобу в контрольованій зоні, визначають його швидкість V в контрольованій зоні: $V = L/\Delta t$.

Досвід експлуатації таких систем показує, що вони мають ряд недоліків, серед яких: дорожня та складність спеціального програмного забезпечення для обробки відеоданих, необхідність серйозного підсвічування контрольованої зони у нічний час; тривалий час обробки інформації, використовуваної для формування керуючих впливів і передачі їх у темпі, сумірному зі швидкістю зміни умов руху на ВДМ; відсутність можливості повної автоматизації прийняття рішення.

У роботах [5–7] запропоновано способи для визначення швидкості і габаритних параметрів ТЗ на базі скануючих пристроїв у горизонтальній та вертикальній поверхнях розгортки гостро направленої лазерного променя і протяжних фотоприймачів (ФП), розміщених у контрольованій зоні (КЗ) (рис. 2).

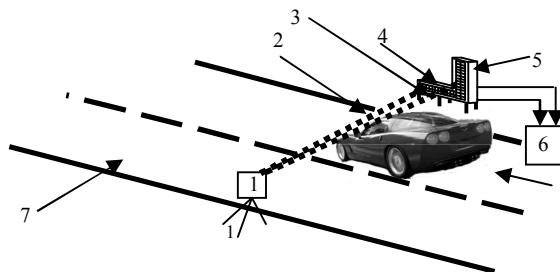


Рис. 2. Схема розміщення скануючих пристроїв та протяжних фотоприймачів на контрольованому відрізку дороги

Представлені способи вимірювання швидкості і габаритних параметрів ТЗ мають істотний недолік, який обмежує ефективне діагностування ТП на багатосмуговій проїжджій частині. З метою усунення цього недоліку було запропоновано спосіб і відповідний йому вимірювач [8], що дозволяють здійснювати моніторинг ТП по окремо взятій смузі руху на багатосмуговій дорозі.

Мета та постановка задачі

Метою є аналіз способів та пристроїв виміру швидкостей, габаритних параметрів ТЗ та складу транспортного потоку із застосуванням оптичного випромінювання.

Згідно з метою було поставлено такі задачі:

- проаналізувати існуючі вимірювачі швидкості руху та довжини транспортних засобів;
- привести опис та надати порівняльні функціональні характеристики запропонованих способів виміру швидкості та габаритів ТЗ.

Розв'язання задачі

Авторами пропонується ряд способів та пристроїв контролю руху ТЗ [8–11, 13] для визначення швидкості, габаритних параметрів ТЗ на базі скануючих пристроїв розгортки гостро направленої лазерного променя інфрачервоного (ІЧ) діапазону і фотоприймачів (ФП), розміщених у контрольованій зоні (КЗ).

Для цього гостро направлений світловий потік переміщують із постійною швидкістю у вертикальній площині над КЗ упродовж траєкторії руху ТЗ [8]. Довжина КЗ визначається сектором сканування світлового променя, причому вона є меншою за мінімальну з можливих довжин ТЗ (рис. 3).

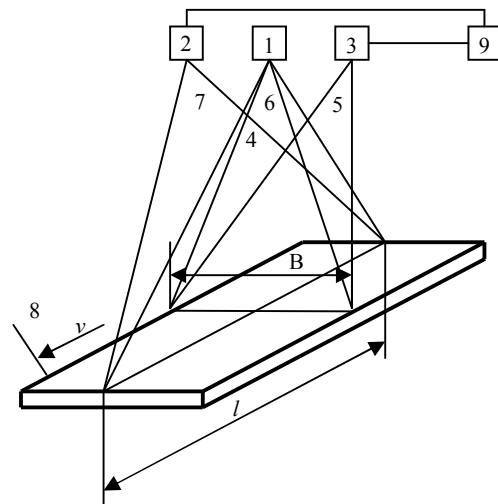


Рис. 3. Схема розміщення скануючих пристроїв та фотоприймачів над контрольованою зоною дороги

Прийом відбитого світлового потоку від поверхні автомобілів здійснює ФП, який формує на своєму виході послідовність імпульсів. Поки ТЗ не в'їхав у контрольовану зону, імпульси на виході ФП будуть відсутні з причини дифузного віддзеркалення асфальту.

При в'їзді ТЗ до КЗ світловий потік, що відбивається від його поверхні, поступає на вхід ФП, а сформовані ним імпульси подовжуються за кожний період сканування пропорційно положенню ТЗ у КЗ. При повному перекритті ТЗ КЗ тривалість імпульсів на виході ФП буде максимальною.

При виїзді ТЗ із КЗ спостерігається скорочення тривалості сформованих імпульсів на виході ФП пропорційно положенню ТЗ.

Таким чином, значення швидкості ТЗ можна отримати набуте шляхом зміни тривалості імпульсів у кожному періоді сканування світлового потоку, а довжина ТЗ може бути визначена за відомої швидкості ТЗ за часом повного перекриття ним КЗ, тобто за часом, впродовж якого тривалість відбитих імпульсів буде максимальною і рівною відношенню довжини КЗ до швидкості переміщення світлового потоку.

У роботі [9] запропоновано пристрій, який розміщується над дорогою й охоплює усі смуги.

На рис. 4 наведено структурну схему пристрою для вимірювання параметрів транспортних потоків, де 1 – датчик лазерного випромінювання інфрачервоного діапазону; 2 – оптичний модулятор; 3 – дискретний сканер; $4_1, 4_2, \dots, 4_n$ – підсилювачі; 5 – лічильник-дешифратор; 6 – генератор розгортки; 7 – задавальний генератор; 8 – резонансний підсилювач; 9 – фотоприймач; 10 – двократний перетворювач частоти; 11 – вимірювач частоти та 12 – високочастотний детектор.

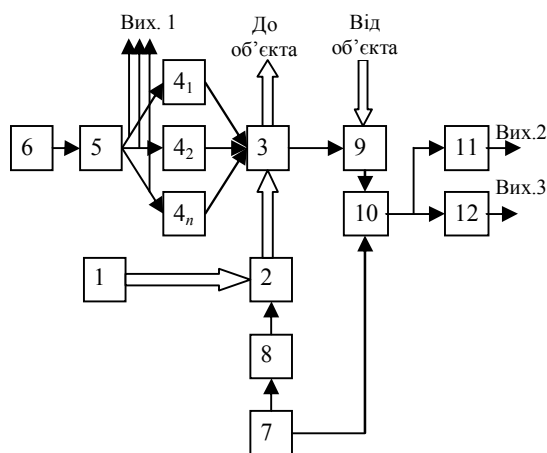


Рис. 4. Структурна схема пристрою для вимірювання параметрів транспортних потоків із застосуванням скануючих пристроїв

Потік оптичного випромінювання виходить із датчика 1 лазерного випромінювання ІЧ діапазону у вигляді квазіпаралельного пучка, проходить через оптичний модулятор 2, де модулюється за гармонічним законом. Потім пучок проходить через дискретний сканер 3, на входи якого через підсилювачі $4_1, 4_2, \dots, 4_n$, де n – кількість смуг руху транспортних засобів, подається комбінація напруг із лічильника-дешифратора 5, складена з імпульсів генератора 6 розгортки. Кожній комбінації

керуючих напруг відповідає певне кутове положення модульованого пучка після сканера. При цьому синхронно з дискретним сканером 3 кожній комбінації керуючих напруг із підсилювачів $4_1, 4_2, \dots, 4_n$ відповідає те ж кутове положення фотоприймача 9, конструктивно з'єднаного і синхронно працюючого з дискретним сканером 3.

Таким чином, передавальна частина, куди, крім перерахованих вузлів, входять також задавальний генератор 7 і резонансний підсилювач 8, формує на дорозі скануючу пляму випромінювання, яка періодично, ряд за рядом, оглядає усі смуги руху дороги. При цьому у блок обробки інформації поступає інформація про те, яка смуга дороги аналізується у певний момент часу (вих. 1).

Оптичний сигнал відбивається від об'єкта або покриття дороги і частина його поступає у фотоприймач 9, орієнтований, як і оптичний сигнал після дискретного сканера, на відповідну смугу дороги. Електричний сигнал з інформацією про доплерівську частоту з фотоприймача 9 подається на двократний перетворювач частоти 10, на другий вхід якого підведено напругу із задавального генератора 7. При співпадінні частот на обох входах двократного перетворювача частоти 10 на його виході напруга буде рівною нулю (транспортний засіб відсутній). При розузгодженні частот на входах двократного перетворювача частоти (транспортний засіб виявлено) діапазон частоти доплера переноситься до більш низької частоти, де можлива фільтрація доплерівської частоти у смугі, що на декілька порядків є меншою за частоту задавального генератора 7. Сигнал з виходу двократного перетворювача частоти 10 поступає на вимірювач частоти 11 і на високочастотний детектор 12. Вимірювач частоти 11 перетворює доплерівський частотний зсув, що характеризує швидкість транспортного засобу, в імпульсно-цифровий код для вводу у блок обробки інформації (вих. 2). Після детектування (вих. 3) імпульсний сигнал поступає у блок обробки інформації для визначення інтенсивності транспортного потоку.

Для визначення довжини транспортного засобу у блоці обробки інформації обчислюється час від моменту розгалуження частот до моменту збігу частот на виході двократного перетворювача частоти 10 по кожній смугі руху транспортного засобу, де за вже

відомою швидкістю і розрахованим часом, визначається довжина транспортних засобів, а вже за довжиною – склад транспортного потоку.

Усі вузли і блоки описаного пристрою розміщуються в єдиному закритому корпусі, встановленому коло дороги на опорах, естакадах тощо.

Однак вказаний пристрій має ряд недоліків. По-перше, у відомому пристрої фотоприймач хоча і орієнтований на відповідну смугу руху транспортних засобів, але під кутом до відповідної смуги дороги, тому частка відбитого від транспортного засобу оптичного сигналу, що приймається, буде незначною і недостатньою для стійкого прийому фотоприймачем. Це значною мірою обмежує кількість смуг руху транспортних засобів, що можуть бути охоплені, та знижує точність. По-друге, застосування механічних пристроїв сканування смуг руху транспортних засобів сильно знижує надійність роботи пристрою.

Тому у роботах [10, 11] було запропоновано пристрої, які не мають механічних вузлів розгортки лазерного променя. Так, у роботі [10] запропоновано пристрій, в якому замість розгортки застосовуються оптоволоконний кабель та оптичні поворотні призми для кожної смуги дороги. Крім того, визначення швидкості ТЗ здійснюється доплерівським ефектом. Прийом відбитого від транспортного засобу оптичного сигналу здійснюється фотоприймачами, розташованими на кожній смугі руху.

На рис. 5 наведено пристрій, який містить: 1 – датчик лазерного випромінювання інфрачервоного діапазону; 2 – оптичний модулятор; 3 – оптоволоконний кабель; $4_1, 4_2, \dots, 4_n$ – оптичні поворотні призми; $5_1, 5_2, \dots, 5_n$ – фотоприймачі; $6_1, 6_2, \dots, 6_n$ – підсилювачі; 7 – задавальний генератор; 8 – резонансний підсилювач; 9 – генератор імпульсів; 10 – лічильник-дешифратор; 11 – елемент «АБО»; 12 – двократний перетворювач частоти; 13 – вимірювач частоти та 14 – високочастотний детектор.

Потік оптичного випромінювання виходить із датчика 1 лазерного випромінювання інфрачервоного діапазону у вигляді квазіпаралельного пучка, проходить через оптичний модулятор 2, де модулюється за гармонічним законом. Потім потік оптичного випромінювання проходить по оптоволоконному кабе-

лю 3 до оптичних поворотних призм $4_1, 4_2, \dots, 4_n$, де n – кількість смуг руху транспортних засобів, які посилюють потік оптичного випромінювання відповідно на кожну смугу дороги.

Таким чином, передавальна частина, куди, крім перерахованих вузлів, входять також задавальний генератор 7 і резонансний підсилювач 8, формує на кожній смугі дороги пляму випромінювання, яка періодично, з частотою задавального генератора 9 імпульсів, залежно від комбінації напруг з лічильника-дешифратора 10, ряд за рядом оглядає усі смуги дороги. При цьому у блок обробки інформації поступає інформація про те, яка смуга дороги аналізується у даний момент часу (вих. 1).

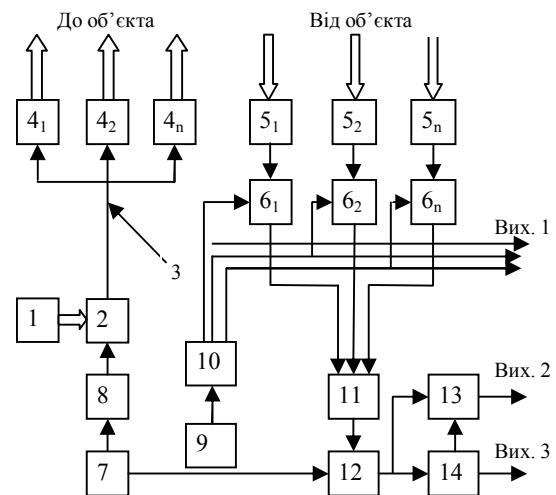


Рис. 5. Структурна схема пристрою для вимірювання параметрів транспортних потоків із застосуванням оптоволоконного кабелю та оптичних поворотних призм для кожної смуги дороги

Оптичний сигнал відбивається від об'єкта або покриття дороги і частина його поступає у фотоприймачі $5_1, 5_2, \dots, 5_n$, кожний з яких орієнтований на відповідну смугу дороги. Електричний сигнал з інформацією про доплерівську частоту з фотоприймачів $5_1, 5_2, \dots, 5_n$ подається через елемент «АБО» на двократний перетворювач частоти 12, на другий вхід якого підведено напругу із задавального генератора 7. При співпадінні частот на обох входах двократного перетворювача частоти 12 на його виході напруга буде рівною нулю (транспортний засіб відсутній). При розузгодженні частот на входах двократного перетворювача частоти (транспортний

засіб виявлено) діапазон доплерівської частоти переноситься до більш низької частоти, де можлива фільтрація доплерівської частоти у смузі, що на декілька порядків є меншою за частоту задавального генератора 7. Сигнал з виходу двократного перетворювача частоти 12 поступає на вимірювач частоти 13 і на високочастотний детектор 14. Вимірювач частоти 12 перетворює доплерівський частотний зсув, що характеризує швидкість транспортного засобу, в імпульсно-цифровий код для вводу у блок обробки інформації (вих. 2). Після детектування (вих. 3) імпульсний сигнал поступає у блок обробки інформації для визначення інтенсивності транспортного потоку.

Довжина транспортного засобу та склад транспортного потоку визначаються таким самим чином, як у роботі [9].

У роботі [11] задля позбавлення механічного пристрою розгортки та усунення гістерезису пропонується застосувати електронний пристрій сканування лазерним променем контрольованої зони, що ґрунтується на акусто-оптичному ефекті дифракції оптичного променя Рамана-Ната або Брега на прозорому кристалі парателуриту [12], тобто на ефекті зміни кута відхилення променя, пропорційного частоті ультразвукових акустичних коливань у прозорому кристалі, через який проходить промінь.

На рис. 6 наведено структурну схему пристрою для вимірювання параметрів транспортних потоків: 1 – датчик лазерного випромінювання інфрачервоного діапазону; 2 – оптичний модулятор; 3 – парателуричний кристал; 4 – п'єзоелемент; 5 – керувані за частотою високочастотні генератори; 6₁, 6₂ – джерела керуючих напруг для двох площин ухилення променя; 7 – задавальний генератор; 8 – резонансний підсилювач; 9 – фотоприймач; 10 – двократний перетворювач частоти Доплера; 11 – вимірювач частоти Доплера; 12 – високочастотний детектор.

Потік оптичного випромінювання виходить з датчика 1 лазерного випромінювання інфрачервоного діапазону у вигляді вузького променя, проходить через оптичний модулятор 2, де модулюється амплітуда променя за гармонічним законом. Потім промінь проходить через оптичний кристал 3 із двома п'єзоелементами 4 на двох торцях, що збу-

джують кристал від двох ультразвукових генераторів 5₁ та 5₂, частоти яких залежать від своїх керуючих напруг 6₁ та 6₂ та змінюють напрямок лазерного променя. Кожній комбінації керуючих напруг відповідає певне кутове положення модульованого пучка після оптичного кристалу 3. При цьому, згідно із принципом взаємності, фотоприймач 9 орієнтований паралельно падаючому променю від лазера 1.

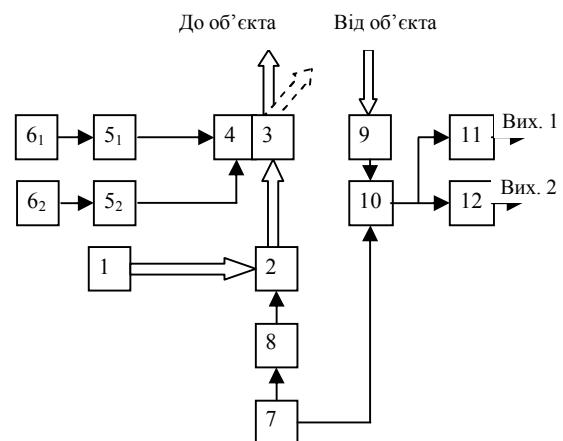


Рис. 6. Структурна схема пристрою для вимірювання параметрів транспортних потоків на основі ефекту Рамана-Ната або Брега

В кожній площині кут заломлення оптичного променя змінюється за частотою високочастотного генератора 7 за законом [2]

$$\sin \theta_B = \frac{\lambda f}{2nv}, \quad (1)$$

де θ_B – кут Брега в середовищі; λ – довжина хвилі; n – показник заломлення; v – фазова швидкість; f – частота високочастотного генератора.

Таким чином, передавальна частина, куди, крім перерахованих вузлів, входять також задавальний генератор 7 і резонансний підсилювач 8, формує на дорозі скануючу амплітудну модульовану пляму випромінювання, яка, згідно із програмою відповідно до керуючих напруг, оглядає усі точки руху дороги.

Оптичний сигнал відбивається від об'єкта або покриття дороги і частина його падає під тим же кутом, але у зворотному напрямку, згідно із принципом зворотності, на парателуричний кристал 3 і далі – на фотоприй-

річного сканування двох променів, «підфарбованих» своїми модами, передавальна оптика 4, приймальна оптика 5, фотодетектор 6, ширококутовий підсилювач 7, резонансні підсилювачі 8–1, 8–2 своїх мод каналів променів, що рухаються, каналу 8–3 відстані і каналу 8–4 радіальної швидкості, формувачі 9–1, 9–2 імпульсів променів, формувач 9–3 імпульсу надходження сигналу відстані, порогові пристрої 10–1 та 10–2 каналів променів, лічильники 11–1 та 11–2 часу відбиття променів, ПК 12, блок 13 відображення інформації, формувач 14 імпульсів, лічильник 15 імпульсів відстані, подвійний перетворювач 16 частоти, формувач 17 імпульсів доплерівської частоти з підставкою, обчислювач 18 радіальної швидкості, блок 19 керування дефлекторами із входом «в» та елемент АБО (ИЛИ) 20.

Принцип дії пристрою для вимірювання параметрів транспортних потоків полягає у наступному: стаціонарний або портативний пристрій націлюється на видимий транспортний засіб і натискається кнопка ввімкнення. На виході передавальної оптики 4 одночасно випромінюються моди $\Delta v m$, $2\Delta v m$ променів та вимірювача радіальної швидкості $3\Delta v m$ (рис. 8, а), крім моди відстані $6\Delta v m$. Отриманий відбитий від транспортного засобу сигнал першого променя запізнюється (рис. 8, б, л, м) на час розповсюдження $t_3 = 2R/c$, де R, c – відповідно відстань та швидкість розповсюдження світла.

Виявлення сигналу відбувається у граничному пристрої 10–1 або 10–2, з виходів яких через елемент «АБО» (ИЛИ) 20 на вхід «а» селектора 2 подовжніх мод поступає сигнал (рис. 8, в) для підмикання випромінювання моди відстані $6\Delta v m$, формування імпульсів цієї ж частоти у блоці 14 формування імпульсів для рахунку імпульсів (рис. 8, д) лічильником 15 імпульсів відстані. Затримка моди відстані завжди менше, ніж тривалість відбиття променя від транспортного засобу.

Тому мода відстані раніше приймається приймальною оптикою 5 і фотодетектором 6, підсилюється ширококутовим підсилювачем 7, підсилюється своїм резонансним підсилювачем 8–3, далі формувач імпульсів 9–3 виробляє імпульс закриття (рис. 8, г) лічильника відстані 15 і видає у цифровому вигляді відстань у ПК 12 та на блок 19 керування дефлекторами регулювання діапазону (кута)

розкриття у повторному циклі дефлекторів блока 3.

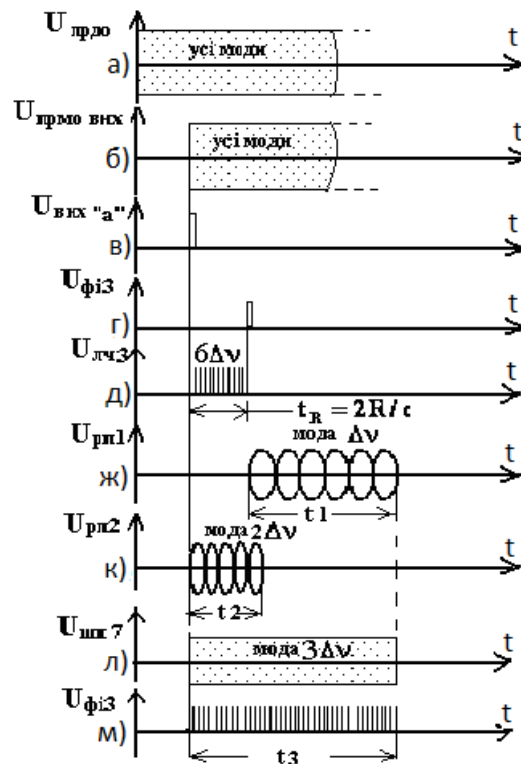


Рис. 8. Частотні та часові співвідношення сигналів

Перший промінь, згідно з рис. 9, рухається назустріч транспортному засобу, тому час відбиття променя менше (рис. 8, ж), ніж у другого променя (рис. 8, з). Час відбиття променів t_1, t_2 (рис. 8, ж, з) дозволяє знайти тангенціальну швидкість транспортного засобу з рівнянь

$$t_1 = l_\tau / (v_{\text{пр}} - v_\tau), t_2 = l_\tau / (v_{\text{пр}} + v_\tau),$$

де $v_{\text{пр}}, v_\tau$ – відповідно лінійна тангенціальна швидкість променя (світлової плями відбиття променя) і тангенціальна швидкість транспортного засобу; l_τ – тангенціальний шлях (плями) променя впродовж міделєва перерізу транспортного засобу.

Систему рівнянь можна перетворити у наступну систему (2)

$$\begin{aligned} v_\tau &= v_{\text{пр}} \left(1 - \frac{T_{T3}}{t_1}\right), \\ v_\tau &= v_{\text{пр}} \left(\frac{T_{T3}}{t_2} - 1\right), \end{aligned} \quad (2)$$

причому

$$v_{\text{пр}} = \frac{l_{\tau}}{T_{T3}} = \frac{l_0}{T} = \frac{R\theta}{T}, \quad (3)$$

де l_0, T – відповідно довжина загального шляху плями на цій відстані і час циклу руху променів; T_{T3} – час проходження плями по ТЗ; R, θ – відповідно відстань і допустимий кут руху променів.

З рівнянь (2) отримують значення T_{T3}

$$T_{T3} = \frac{2t_1 t_2}{t_1 + t_2}. \quad (4)$$

Оскільки тангенціальна лінійна швидкість (плями) променів повинна бути заданою і постійною у циклі їх руху, то, згідно зі співвідношенням (3), потрібно вимірювати відстань R і розраховувати потрібну кутову швидкість θ/T . Тобто у скільки разів збільшилася відстань R , у стільки ж разів треба зменшити кутову швидкість θ/T або збільшити час сканування. Або – за заданого часу сканування – зменшити кут розкриття променів.

Практичніше за результатом виміру відстані визначати розмір пилообразної напруги (вхід «в» рис. 8) у блоку 3 (дефлектори) блоком 19 (керування дефлекторами) рис. 7.

Значення $v_{\text{пр}}$ краще вибирати на 30 % більшим за максимальну швидкість транспортного засобу.

Коли вимірюється радіальна швидкість, повна швидкість визначається за теоремою Піфагора.

Тангенціальний (видимий) розмір транспортного засобу, або міделєв переріз, можна визначити за допомогою формули (4)

$$l_{\tau} = v_{\text{пр}} T_{T3}.$$

Кут падіння лінії прицілювання (середини між променями) визначається за допомогою значень радіальної і тангенціальної швидкостей.

Повний розмір транспортного засобу відзначають за відомими значеннями тангенціаль-

ного розміру та кута падіння лінії прицілювання (рис. 9).

В ході діагностування ТП запропонованими методами, окрім швидкості і габаритних параметрів ТЗ, принципово можна визначити інтенсивність, тип ТЗ за класами – легкові, малолітражні, вантажні, пасажирські, а використовуючи методику [2], можна визначити навіть щільність ТП.

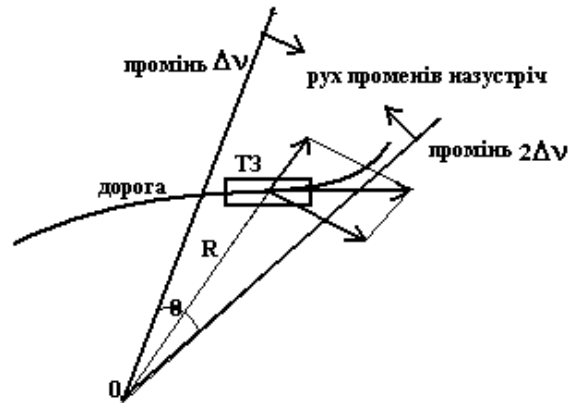


Рис. 9. Позиційна схема вимірів тангенціальної швидкості

Висновки

В даній статті було проведено аналіз існуючих методів отримання інформації (щодо інтенсивності, швидкості ТЗ та складу транспортного потоку) із застосуванням лазерного випромінювання для подальшого використання в системах керування рухом.

Результати роботи рекомендовано використовувати: для оперативної зміни швидкісних режимів; при визначенні габаритів транспортних засобів для ідентифікації їх типів; при розв'язанні задач сортування потоків; для оперативного керування рухом, зокрема при коректуванні роботи світлофорної сигналізації; при виборі оптимальних місць установки регулювальних знаків тощо.

Литература

1. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – М.: Транспорт, 2001. – 136 с.
2. Плешенцев В.С. Диагностирование транспортных потоков федеральной автотрассы «Волга М-7» / В.С. Плешенцев,

- Е.В. Дмитриева, Д.А. Соцков // Организация и безопасность дорожного движения в больших городах: сборник статей 7-й международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию МВД России. – Санкт-Петербург, 21–22 сентября 2006. – С. 27–31.
3. Пат. 27856 Україна, МКП G 08 G 1/052. Спосіб визначення швидкості автотранспортного засобу / Е.С. Щучик, С.А. Кухтаров, С.В. Михайловський ; заявник і патентовласник Відкрите акціонерне товариство «Банкомзв'язок». – u 2007 14169; заявл. 17.12.07; опубл. 25.01.08, Бюл. № 8.
4. Пат. 27856 Україна, МКП G 08 G 1/017, G 08 G 1/01. Спосіб розпізнавання державних номерних знаків автотранспортних засобів / Е.С. Щучик, С.А. Кухтаров, С.В. Михайловський ; заявник і патентовласник Відкрите акціонерне товариство «Банкомзв'язок». – u 2007 10930; заявл. 03.10.07; опубл. 12.11.07, Бюл. № 7.
5. А.с. 1015413 СССР, МКИ³ G 08 G 1/01. Способ измерения скорости движения и длины транспортного средства / К.И. Богатыренко, А.И. Левтеров, В.Е. Тырса (СССР). – № 3362780/18 – 24; заявл. 09.12.81; опубл. 30.04.83, Бюл. № 16.
6. А.с. 1160460 СССР, МКИ³ G 08 G 1/01. Способ измерения скорости движения и длины транспортного средства / А.И. Левтеров (СССР). – № 3513997/24 – 24; заявл. 24.11.82; опубл. 07.06.85, Бюл. № 21.
7. А.с. 1649587 СССР, МКИ³ G 08 G 1/01. Способ измерения скорости движения и длины транспортных средств / О.В. Денисенко, А.И. Левтеров, В.Е. Тырса (СССР). – № 4422762/24; заявл. 10.05.88; опубл. 15.05.91, Бюл. № 18.
8. А.с. 1280427 СССР, МКИ³ G 08 G 1/01. Способ измерения скорости движения и длины транспортного средства / А.И. Левтеров, В.Е. Тырса (СССР). – № 3957628/24–24; заявл. 23.09.85; опубл. 30.12.86, Бюл. № 48.
9. Пат. 60154 Україна, МКП G 08 G 1/09. Пристрій для вимірювання параметрів транспортних потоків/ А.І. Левтеров, О.В. Денисенко, А.М. Ярута ; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2010 14353; заявл. 30.11.10; опубл. 10.06.11, Бюл. №11.
10. Пат. 65119 Україна, МКП G 08 G 1/00. Пристрій для вимірювання параметрів транспортних потоків/ А.І. Левтеров, А.М. Ярута ; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2011 06035; заявл. 16.05.11; опубл. 25.11.11, Бюл. №22.
11. Пат. Україна, МКП G 08 G 1/09. Пристрій для вимірювання параметрів транспортних потоків / Г.В. Альошин, О.В. Денисенко, А.І. Левтеров, А.М. Ярута ; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2011 11324; заявл. 26.09.11; опубл. 12.03.12, Бюл. № 5. – 8 с.
12. Волошинов В.Б. Акусто-оптические методы исследования распространения упругих волн в кристалле парателлурита / В.Б. Волошинов, В.И. Балакший, Н.В. Поликарпова, А.С. Трушин. – М.: МГУ, 2010. – 307 с.
13. Пат. 62015 Україна, МКП G 08 G 1/052, G 01 S 11/00, G01 S 17/42. Пристрій для вимірювання параметрів транспортних засобів / А.І. Левтеров, О.В. Денисенко, А.М. Ярута ; заявник і патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2011 00247; заявл. 10.01.11; опубл. 10.08.11, Бюл. №15.
- Рецензент: П.Ф. Горбачов, д.т.н., професор, ХНАДУ
- Стаття надійшла до редакції 15 грудня 2011 р.