



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **81090** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01P 3/36** (2006.01)

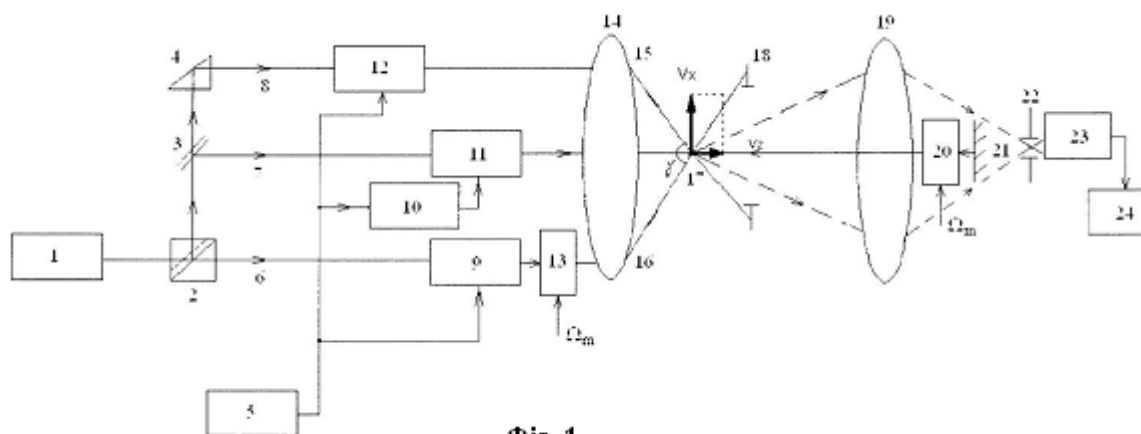
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	<b>u 2012 13310</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Дивнич Василь Миколайович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>22.11.2012</b>	(73) Власник(и):	<b>НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	<b>25.06.2013</b>		<b>пр. Комарова, 1, м. Київ, 03680 (UA)</b>
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>25.06.2013, Бюл.№ 12</b>		

## (54) ЛАЗЕРНИЙ ДОППЛЕРІВСЬКИЙ ВИМІРЮВАЧ ДВОХ КОМПОНЕНТ ВЕКТОРА ШВИДКОСТІ

### (57) Реферат:

Лазерний доплерівський вимірювач двох компонент вектора швидкості складається з оптично узгодженого лазера, розщеплювача лазерного променя, трьох оптичних затворів, генератора, лінії затримки, фокусуєного та збираючого об'єктивів, апертурної і фонові діфрагми, непрозорого дзеркала, фотоприймача та вимірювача доплерівської частоти. В ньому додатково на шляху лазерних променів встановлено два пристрої зсуву частоти, один пристрій встановлений перед непрозорим дзеркалом, а другий пристрій може бути розташований після одного з двох оптичних затворів, до яких не підключена лінія затримки.



Фиг. 1

UA 81090 U



Корисна модель належить до вимірювальної техніки і може бути використаний для вимірювання двох складових вектора швидкості потоку рідини або газу.

Відомий двокомпонентний лазерний доплерівський вимірювач швидкості (ЛДВШ) [1, рис. 122 а, с. 148] (аналог), який складається з лазера, розщеплювача лазерного променя, фокусуєчого та двох збираючих об'єктивів, апертурної діафрагми з двома круглими отворами двох фотоприймачів та двох вимірювачів доплерівської частоти.

Але цьому ЛДВШ властиві наступні недоліки.

По-перше в зону вимірювання одночасно направляються три променя. За рахунок інтерференції опорних лазерних променів та розсіяних променів на виходах фотоприймачів утворюються не тільки сигнали, що пропорційні двом складовим вектора швидкості потоку, але сигнали перехресних високочастотних завад, спектри яких можуть накладатися на спектри корисних сигналів. В такому випадку складно виділити корисні сигнали, що пропорційні складовим вектора швидкості потоку.

По-друге прийом розсіяного випромінювання у такому ЛДВШ здійснюється у відносно маленькій кутовій апертурі, що приводить до низького відношення сигнал/завада доплерівського сигналу.

Недоліки, які притаманні аналогу усунути у відомому ЛДВШ [2] (прототип), що побудований на основі диференціальної схеми та схеми на зустрічних променях.

Але за допомогою такого ЛДВШ можна вимірювати тільки модулі двох складових вектора швидкості потоку. Якщо потік рідини або газу змінить напрямку руху на протилежний, а модуль вектора швидкості не зміниться, то доплерівські зсуви частот, пропорційні складовим вектора швидкості, залишаться такими ж. Тому у даної схеми ЛДВШ є невизначеність відносно знаку складової вектора швидкості.

Недоліки, які притаманні прототипу усуваються за рахунок того, що у ЛДВШ, який містить оптично узгоджений лазер, розщеплювач лазерного променя на три променя, трьох оптичних затворів, генератора, лінії затримки, фокусуєчого та збираючого об'єктивів, апертурної і фонові діафрагми, непрозорого дзеркала, фотоприймача та вимірювача доплерівської частоти додатково на шляху лазерних променів встановлено два пристрої зсуву частоти, один пристрій встановлений перед непрозорим дзеркалом, а другий пристрій може бути розташований після одного з двох оптичних затворів, до яких не підключена лінія затримки.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення ЛДВШ, за рахунок застосування зсуву за частотою лазерних променів, що направляються у зону вимірювання.

Якщо в ЛДВШ диференціального типу один з променів, що направляються в зону вимірювання буде зсунутий за частотою на величину  $\Omega_m$ , то інтерференційна картина, яка утворюється в результаті перетину зондуєчих променів буде рухатись зі швидкістю, пропорційною  $\Omega_m$ . Якщо вектор швидкості потоку рідини або газу буде перпендикулярний бісектрисі кута між зондуєчими лазерними променями та співпадати з напрямком руху інтерференційної картини, то змінна складова сигналу на виході фотоприймача буде мати частоту:

$$\Omega = \Omega_m - \Omega_d,$$

$$\Omega_d = \frac{2\pi n_c \sqrt{V}}{\lambda_0}$$

доплерівська частота, що пропорційна швидкості потоку,

$n_c$  - коефіцієнт заломлення середовища,

$\lambda_0$  - довжина хвилі лазерного променя у вакуумі.

У тому випадку, коли потік рідини або газу рухається в протилежному напрямку, то змінна складова сигналу на виході фотоприймача буде мати частоту:

$$\Omega = \Omega_m + \Omega_d.$$

Таким чином створення зсуву за частотою одного з лазерних променів дозволяє враховувати знак складової вектора швидкості потоку, що вимірюється диференціальною схемою ЛДВШ.

$$\Omega = \Omega_m \pm \Omega_d.$$

Аналогічно зсув за частотою одного з двох лазерних променів у схемі ЛДВШ на зустрічних променях дозволяє враховувати знак складової вектора швидкості потоку.

Лазерний доплерівський вимірювач двох компонент вектора швидкості (далі двокомпонентний ЛДВШ) (фіг. 1), який вимірює не тільки модулі  $V_x$  та  $V_z$  ортогональних складових вектора швидкості потоку, а і визначає знак цих складових, працює наступним чином.

Випромінювання лазера 1 за допомогою оптичного елемента 2, напівпрозорого дзеркала 3 та призми 4 поділяється на три промені 6, 7 та 8.

Лазерні промені 6, 7 та 8 відповідно проходять оптичні затвори 9, 11 та 12.

Оптичні затвори 9 та 12 безпосередньо підключені до генератора 5. Оптичний затвор 11 підключений до генератора 5 через лінію затримки 10.

В перший момент часу на виході генератора 5 утворюється імпульс, який поступає на оптичні затвори 9 та 12.

Промені 6 та 8 гасяться оптичними затворами і не поступають у зону вимірювання 17.

Лінія затримки 10 не пропускає на оптичний затвор 11 імпульс з генератора 5 впродовж тривалості імпульсу  $\tau$ .

Лінія затримки 10 повинна мати час затримки, який дорівнює тривалості імпульсу, що генерується генератором 5.

Впродовж періоду імпульсу, що формується генератором 5, оптичний затвор 11 відкритий.

Тому промінь 7 проходить оптичний затвор 11 і об'єктивом 14 фокусується в зону вимірювання швидкості потоку 17.

Далі промінь 7 проходить об'єктив 19, пристрій зсуву за частотою 20 та відбивається від непрозорого дзеркала 21.

Після відбиття від дзеркала 21 лазерний промінь знову проходить пристрій 20 та об'єктивом 19 фокусується в зону вимірювання швидкості потоку 17. Лазерний промінь два рази проходить

пристрій зсуву за частотою 20, тому його частота збільшується на  $2\Omega_m$ .

Таким чином в двокомпонентному ЛДВШ реалізована схема на зустрічних променях, в якій один з променів зсунутий за частотою на  $2\Omega_m$ .

За допомогою схеми на зустрічних променях вимірюється модуль та знак  $V_z$  компоненти вектора швидкості.

Мікрочастинки, які рухаються разом з потоком рідини або газу розсіюють лазерне випромінювання. Це розсіяне випромінювання збирається об'єктивом 19 в межах апертурної діафрагми 18 та направляється на фотоприймач 23.

Для зменшення завад, що виникають під дією стороннього фонових випромінювання перед фотоприймачем 23 встановлена діафрагма 22.

В результаті оптичного гетеродинамування на виході фотоприймача 23 утворюється сигнал, що має постійну та змінну складові.

Змінна складова вихідного сигналу фотоприймача 23 дорівнює:

$$\Omega = \Omega_m \pm \frac{2\pi n_c |\vec{V}|}{\lambda_0} \cos \alpha,$$

де:  $n_c$  - показник заломлення середовища, потоку що досліджується;

$\lambda_0$  - довжина хвилі лазерного променя у вакуумі;

$\alpha$  - кут між вектором швидкості та лазерним променем 7.

Вихідний сигнал фотоприймача 23 поступає на вимірювач частоти доплерівського сигналу 24.

За допомогою диференціальної схеми ЛДВШ вимірюється модуль та визначається знак  $V_x$  компоненти вектора швидкості.

Впродовж часу  $t_1 = \tau$  коли імпульс на виході генератора 5 відсутній, оптичні затвори 9 та 12 відкриті.

Промені 6 та 8 проходять оптичні затвори 9, 12 та об'єктивом 14 направляються в зону вимірювання швидкості потоку 17.

В той же період часу  $\tau$  на оптичний затвор 11 подається імпульс, який був до того часу затриманий лінією затримки 10.

Промінь 7 гаситься оптичним затвором 11 і в зоні вимірювання швидкості потоку інтерферують тільки промені 15 та 16.

Промені 15 та 16 після фокусування в зоні вимірювання 17 потрапляють на апертурну діафрагму 18.

Апертурна діафрагма 18 не пропускає промені 15, 16 далі в оптичний тракт ЛДВШ.

Лазерний промінь 6 проходить також пристрій зсуву за частотою 13 тому його частота збільшується на  $\Omega_m$ .

Пристрій зсуву за частотою 13 може бути встановлений або після оптичного затвору 9, або після оптичного затвору 12.

Розсіяне мікрочастинками випромінювання (від лазерних променів 15 та 16), що рухаються разом з потоком рідини або газу, збирається об'єктивом 19 та направляється на фотоприймач 21.

Змінна складова сигналу, що утворюється на виході фотоприймача, пропорційна  $V_x$  компоненті вектора швидкості потоку.

Вихідний сигнал фотоприймача 23 поступає на вимірювач частоти доплерівського сигналу 24.

Змінна складова вихідного сигналу фотоприймача 23 дорівнює:

$$\Omega = \Omega_m \pm \frac{2\pi n_c |\vec{V}|}{\lambda_0} \cos\beta \sin\gamma / 2$$

де:  $\beta$  - кут між вектором швидкості та різницею векторів  $|\vec{K}_1| - |\vec{K}_2|$  лазерних променів (див. фіг. 2);

$\gamma$  - кут між променями 15 та 16.

Двокомпонентний ЛДВШ, що пропонується, може знайти застосування під час дослідження характеру течії у різного типу гідравлічних систем а також під час дослідження моделей літальних апаратів та їх елементів у аеродинамічних трубах.

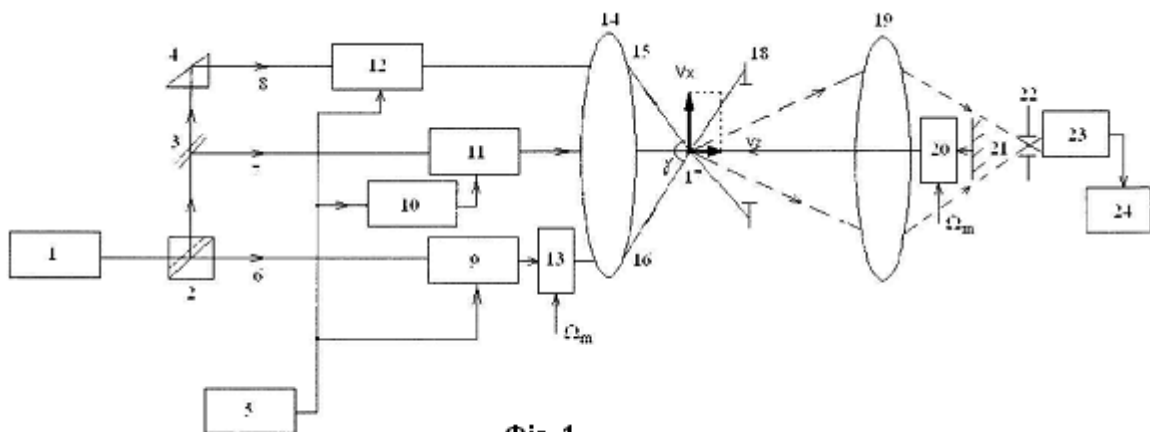
Джерела інформації:

1. Клочков В.П., Козлов Л.Ф., Потыкевич И.В., Лазерная анемометрия, дистанционная спектроскопия и интерферометрия. - К., Наукова думка, 1985, 759 с. (аналог).

2. Патент на корисну модель № 59113 Лазерний двокомпонентний доплерівський анемометр. Від 10.05.2011. Дивнич М.П., Дивнич В.М. МПК G01P 3/36 (2006/1) (прототип).

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Лазерний доплерівський вимірювач двох компонент вектора швидкості складається з оптично узгодженого лазера, розщеплювача лазерного променя, трьох оптичних затворів, генератора, лінії затримки, фокусуєного та збираючого об'єктивів, апертурної і фонові діфрагми, непрозорого дзеркала, фотоприймача та вимірювача доплерівської частоти, який відрізняється тим, що в ньому додатково на шляху лазерних променів встановлено два пристрої зсуву частоти, один пристрій встановлений перед непрозорим дзеркалом, а другий пристрій може бути розташований після одного з двох оптичних затворів, до яких не підключена лінія затримки.



Фиг. 1

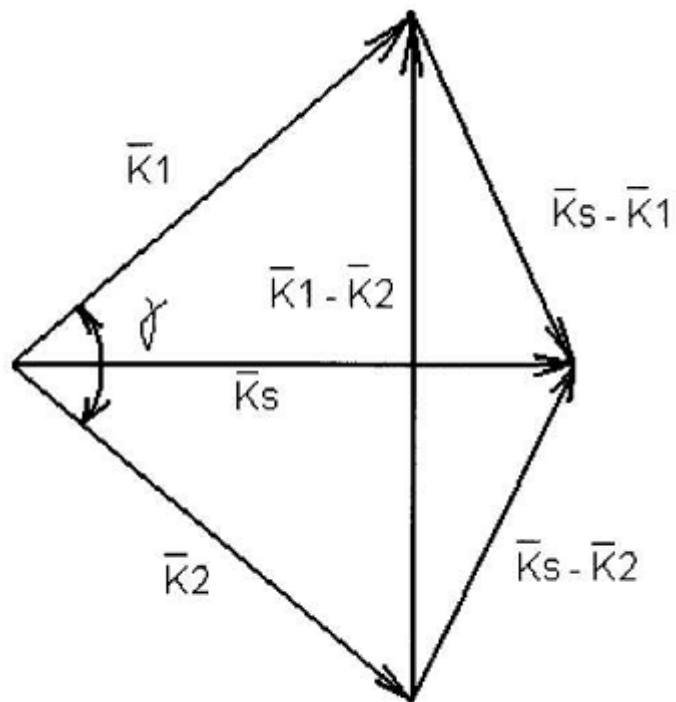


Fig. 2

---

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

---

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