



УКРАЇНА

(19) UA (11) 59113 (13) U
(51) МПК
G01P 3/36 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЛАЗЕРНИЙ ДВОКОМПОНЕНТНИЙ ДОППЛЕРІВСЬКИЙ АНЕМОМЕТР

1

2

(21) u201009796

(22) 06.08.2010

(24) 10.05.2011

(46) 10.05.2011, Бюл.№ 9, 2011 р.

(72) ДИВНИЧ МИКОЛА ПОЛІКАРПОВИЧ, ДИВНИЧ
ВАСИЛЬ МИКОЛАЙОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(НАУ)

(57) Лазерний двокомпонентний доплерівський
анемометр, який складається з оптично узгодже-

ного лазера, розщеплювача лазерного променя на три промені, фокусуємого та збираючого об'єкти-
вів, апертурної і фонові діафрагми, фотоприйма-
ча та вимірювача доплерівської частоти, який
відрізняється тим, що в ньому додатково на шля-
ху лазерних променів встановлено три оптичні
затвори, два з яких безпосередньо, а один через
лінію затримки підключені до генератора імпуль-
сів, за збираючим об'єктивом встановлено непро-
зоре дзеркало.

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

Відомий лазерний доплерівський анемометр
(ЛДА) [1] (аналог), який складається з лазера, ро-
зщеплювача променя, фокусуємого об'єктива,
двох приймальних блоків. Приймальні блоки скла-
даються з об'єктива, поляризаційного розщеплю-
вача та двох фотоприймачів.

Недоліком такого ЛДА є те, що в ньому засто-
совується двошвидковий лазер, що ускладнює оп-
тичну схему вимірювача та її юстирування.

Крім того, в такому ЛДА розсіяне лазерне ви-
промінювання мікрочастинками, що рухаються
разом з потоком рідини або газу, збирається в не-
великій кутовій апертурі, що призводить до низько-
го відношення сигнал до завади.

Відомий також двокомпонентний ЛДА [2, рис
122 а, с. 148] (прототип), який складається з ла-
зера, розщеплювача лазерного променя, фокусує-
мого та двох збираючих об'єктивів, апертурної ді-
афрагми з двома круглими отворами двох
фотоприймачів та двох вимірювачів доплерівсь-
кої частоти.

Але цьому ЛДА властиві наступні недоліки.

По-перше в зону вимірювання одночасно на-
правляються три промені. За рахунок інтерферен-
ції опорних лазерних променів та розсіяних про-
менів на виходах фотоприймачів утворюються на
тільки сигнали, що пропорційні двом складовим
вектора швидкості потоку, але сигнали перехрес-
них високочастотних завад, спектри яких можуть

накладатися на спектри корисних сигналів. В та-
кому випадку складно виділити корисні сигнали,
що пропорційні складовим вектора швидкості по-
току.

По-друге прийом розсіяного випромінювання у
такому ЛДА здійснюється у відносно маленький
кутовій апертурі, що приводить до низького відно-
шення сигнал/завада доплерівського сигналу.

Недоліки, які притаманні аналогу та прототипу
усуваються за рахунок того, що в ЛДА, який міс-
тить оптично узгоджений лазер, розщеплювач ла-
зерного променя на три промені, фокусуємого та
збираючий об'єктиви, апертурну і фонову діафраг-
му, фотоприймач та вимірювач доплерівської
частоти, згідно з винаходом, уведено три оптичні
затвори, що встановлені на шляху лазерних про-
менів, два оптичні затвори безпосередньо, а один
через лінію затримки підключені до генератора
імпульсів, за збираючим об'єктивом встановлено
непрозоре дзеркало.

В основу корисної моделі поставлена задача
вдосконалення ЛДА, в якому поєднані схема ди-
ференціального типу та схема на зустрічних про-
менях.

Застосування таких схем побудови ЛДА до-
зволяє здійснювати прийом розсіяного мікрочас-
тинками випромінювання в великій кутовій аперту-
рі. За рахунок великої приймальної апертури
відношення сигнал до завади більше ніж у прото-
типу.

Другий недолік, що притаманний прототипу,
наявність перехресних завад, що ускладнюють
виділення корисного доплерівського сигналу у

(19) UA (11) 59113 (13) U

ЛДА, що заявляється усувається наступним чином.

У двокомпонентного ЛДА, що заявляється, застосовується розділення каналів вимірювання у часі.

З цією метою в схему ЛДА додатково вводяться три оптичні затвори, лінія затримки та генератор імпульсів.

У двокомпонентному ЛДА, що заявляється також, як і у прототипу, в зону вимірювання направляються три промені.

Двокомпонентний ЛДА, який вимірює V_x та V_z ортогональні складові вектора швидкості потоку, схема якого зображена на фіг.1 складається з схеми ЛДА на зустрічних променях та диференціального ЛДА.

За допомогою диференційного ЛДА вимірюється V_x складова вектора швидкості потоку.

Схема ЛДА на зустрічних променях призначена для вимірювання V_z компоненти швидкості.

Лазерний анемометр, що пропонується, працює наступним чином. Випромінювання лазера 1 за допомогою оптичного елемента 2, напівпрозорого дзеркала 3 та призми 4 поділяється на три промені 5, 6 та 7.

Лазерні промені 5, 6 та 7 відповідно проходять оптичні затвори 8, 9 та 10.

Оптичні затвори 8 та 10 безпосередньо підключені до генератора 22. Оптичний затвор 9 підключений до генератора 22 через лінію затримки 11.

В перший момент часу на виході генератора 22 утворюється імпульс, який поступає на оптичні затвори 8 та 10.

Промені 5 та 7 гасяться оптичними затворами і не поступають у зону вимірювання 15.

Лінія затримки 11 не пропускає на оптичний затвор 9 імпульс з генератора 22 впродовж тривалості імпульсу τ . Лінія затримки 11 повинна мати час затримки, який дорівнює тривалості імпульсу, що генерується генератором 22.

Впродовж періоду імпульсу, що формується генератором 22, оптичний затвор 9 відкритий.

Тому промінь 6 проходить оптичний затвор 9 і об'єктивом 12 фокусується в зону вимірювання швидкості потоку 15.

Далі промінь 6 проходить об'єктив 17 та відбивається від непрозорого дзеркала 16.

Після відбиття від дзеркала 16 лазерний промінь об'єктивом 17 фокусується в зоні вимірювання швидкості потоку 15.

Таким чином в двокомпонентному ЛДА, що заявляється реалізована схема на зустрічних променях.

За допомогою цієї схеми вимірюється V_z компонента вектора швидкості.

В період часу тривалості імпульсу генератора 22 в зону вимірювання 15 направляються два зустрічних промені.

Мікрочастинки, які рухаються разом з потоком рідини або газу розсіюють лазерне випромінювання. Це розсіяне випромінювання збирається об'єктивом 17 в межах апертурної діафрагми 18 та направляється на фотоприймач 20.

Для зменшення завад, що виникають під дією стороннього фонового випромінювання перед фотоприймачем 20 встановлена діафрагма 19.

В результаті оптичного гетеродинамування на виході фотоприймача 20 утворюється сигнал, що має постійну та змінну складові.

Змінна, доплерівська складова вихідного сигналу фотоприймача 20, пропорційна V_z компоненті вектора швидкості та дорівнює:

$$f_{DZ} = \frac{2n_c |\vec{V}|}{\lambda_0} * \cos \alpha$$

де: n_c - показник заломлення середовища, потоку що досліджується; λ_0 - довжина хвилі лазерного промені у вакуумі; α - кут між вектором швидкості та лазерним променем 6.

Вихідний сигнал фотоприймача 20 поступає на вимірювач частоти доплерівського сигналу 21.

За допомогою диференціальної схеми ЛДА вимірюється V_x компонента вектора швидкості.

Впродовж часу $\tau_1 = \tau$ коли імпульс на виході генератора 22 відсутній, оптичні затвори 8 та 10 відкриті.

Промені 5 та 6 проходять оптичні затвори 8, 10 та об'єктивом 12 направляються в зону вимірювання швидкості потоку 15.

В той же період часу τ на оптичний затвор 9 подається імпульс, який був до того часу затриманий лінією затримки 11.

Промінь 6 гаситься оптичним затвором 9 і в зоні вимірювання швидкості потоку інтерферують тільки промені 13 та 14.

Промені 13 та 14 після фокусування в зоні вимірювання 15 потрапляють на апертурну діафрагму 18.

Апертурна діафрагма 18 не пропускає промені 13, 14 далі в оптичний тракт ЛДА.

Таким чином, у двокомпонентному ЛДА, що заявляється, реалізована диференціальна схема вимірювання швидкості потоку.

Розсіяне мікрочастинками випромінювання (від лазерних променів 13 та 14), що рухаються разом з потоком рідини або газу, збирається об'єктивом 17 та направляється на фотоприймач 20.

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

Вихідний сигнал фотоприймача 20 поступає на вимірювач частоти доплерівського сигналу 21.

На фіг.1, представлена геометрія лазерних та розсіяних променів у диференціальній схемі ЛДА.

На фіг.2 зображені: \vec{K}_1, \vec{K}_2 - хвильові вектори першого та другого розсіяних променів відповідно;

\vec{K}_S - хвильовий вектор розсіяного променя;

$$|\vec{K}_S| \approx |\vec{K}_1| \approx |\vec{K}_2| = \frac{2\pi}{\lambda_0}.$$

Доплерівський зсув частоти, що пропорційний V_x компоненті вектора швидкості буде дорівнювати:

$$f_{DX} = \frac{2n_c |\vec{V}|}{\lambda_0} * \cos \beta * \sin \frac{\gamma}{2}$$

де: n_c - показник заломлення середовища, потоку що досліджується; λ_0 - довжина хвилі лазерного промені у вакуумі; β - кут між вектором швидкості та різницею векторів $|\vec{K}_1| - |\vec{K}_2|$; γ - кут між променями 13 та 14.

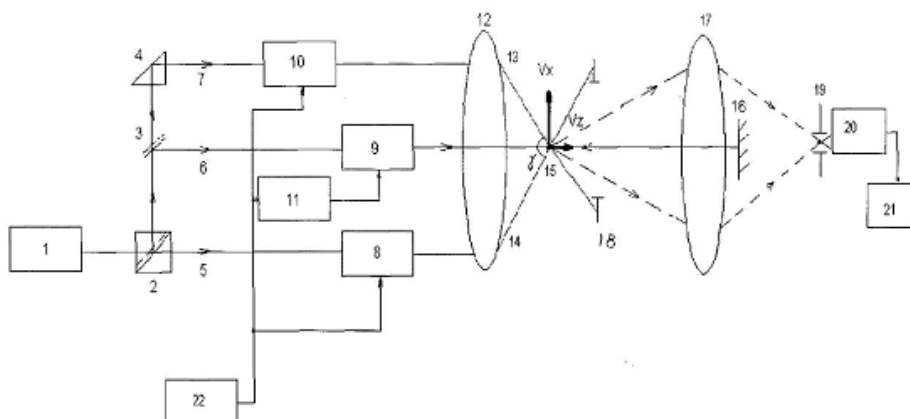
Двокомпонентний ЛДА, що пропонується, може знайти застосування під час дослідження характеру течії у різного типу гідравлічних систем а

також під час дослідження моделей літальних апаратів та їх елементів у аеродинамічних трубах.

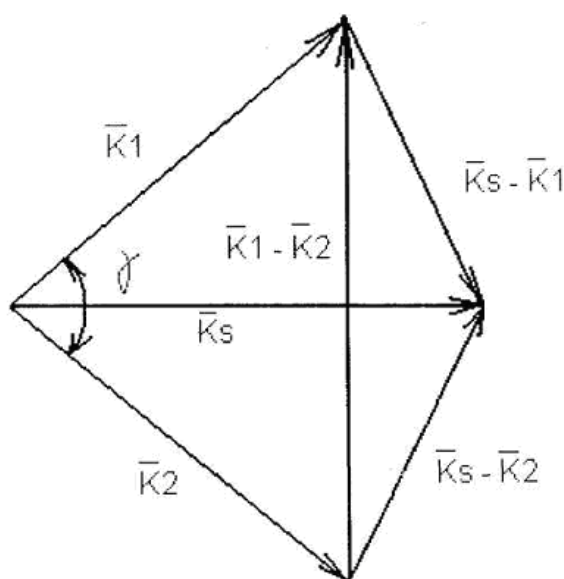
Джерела інформації

1. Durst F., Melling A., Whitelaw J.H. Principles and practice of laser-Doppler anemometer. - London etc. Acad. Pres, 1976. - 401p. (аналог).

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



Фиг. 1



Фиг. 2