

ОПТИЧНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ РЕЧОВИН В ТЕКУЧИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація: В роботі поданий аналіз сучасних технологій які використовуються у витратомірах рідини на основі оптичних ефектів.

Ключові слова: Витратомір, промінь, сигнал, рідина, сцинтиляція.

Abstract: The article presents an analysis of modern technologies used in liquid flow meters based on optical effects.

Keywords: Flow meter, beam, signal, liquid, scintillation.

Вступ

На даний момент часу важко уявити сучасний процес виробництва без використання витратомірів. Вони знаходять своє місце і застосовуються для контролю процесів в різних галузях, таких як енергетичні, хімічні, нафтові, газові, водні та інші. Крім того витратоміри використовуються у управлінні повітряними засобами і є невід'ємною частиною дослідницьких робіт.

В даній роботі представлений принцип роботи L2F та сцинтиляційних витратомірів для виміру рідини

Результати досліджень

Оптичні пристрої для визначення витрат речовин в текучих середовищах, які використовують світло для вимірювання швидкості руху рідини через трубу. Мають декілька технологій, які використовуються на даний момент.

Одна з таких технологій це лазерно двофокусна (L2F), вона використовує два промені лазера для виявлення проходження будь-яких частинок, що розсіюють світло, що переносяться вздовж рухомої рідини: та показана на рисунку 1.[1]

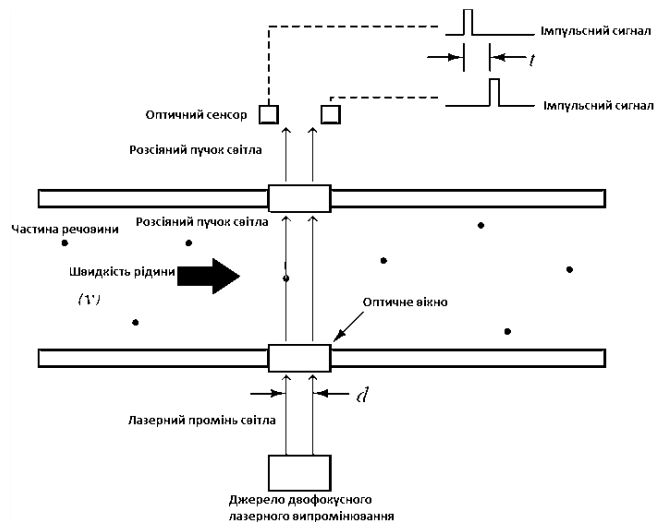


Рис 1. Функціональна схема L2F витратоміру де, v = швидкість частинки рідини, d = лазерні промені, що розділяють відстань, t = різниця в часі між імпульсами датчика

Тому формула для розрахунку швидкості буде виглядати як

$$v = \frac{d}{t}$$

Коли частинка рідини проходить через кожен лазерний промінь, вона перенаправляє світло від нормального прямолінійного шляху таким чином, що оптичний датчик (по одному на промінь) виявляє розсіяне світло і генерує імпульсний сигнал. Коли ця сама частинка рідини проходить через другий промінь, розсіяне світло збуджує другий оптичний датчик, генеруючи відповідний імпульсний сигнал. Часова затримка між двома послідовними імпульсами обернено пропорційна швидкості руху цієї частинки. Витратоміри L2F покладаються на постійну присутність частинок, що розсіюють світло в рідині. Ці частинки можуть бути або краплями рідини, або твердими речовинами в потоці газу. Альтернативою пропусканню лазерних променів по всій ширині труби є зменшення вузла до розміру щупа, який можна вставити в трубу.[2]

Незважаючи на мінімізацію витрат на встановлення та технічне обслуговування, цей підхід зазнає недоліків, що сприймають швидкість руху лише в одній точці потоку потоку, подібно до класичної трубки Піто. Для того, щоб отримати вимірювання об'ємної (середньої) швидкості рідини, вимірювання вихідної швидкості, передбачене датчиком, має бути скориговане на основі очікуваного числа Рейнольдса для технологічної рідини, тому також застосовують так звані вставні витратоміри L2F оснащені датчиками тиску та температури в доповнення до оптичного зонда. Коли три вимірювання (тиск, температура та швидкість на зонді) поєднані, можна розрахувати число Рейнольдса, яке потім передбачає, наскільки "рівним" (постійним) є профіль швидкості для потоку рідини, функціональна схема вставного L2F витратоміра показана на рисунку 2.[3]

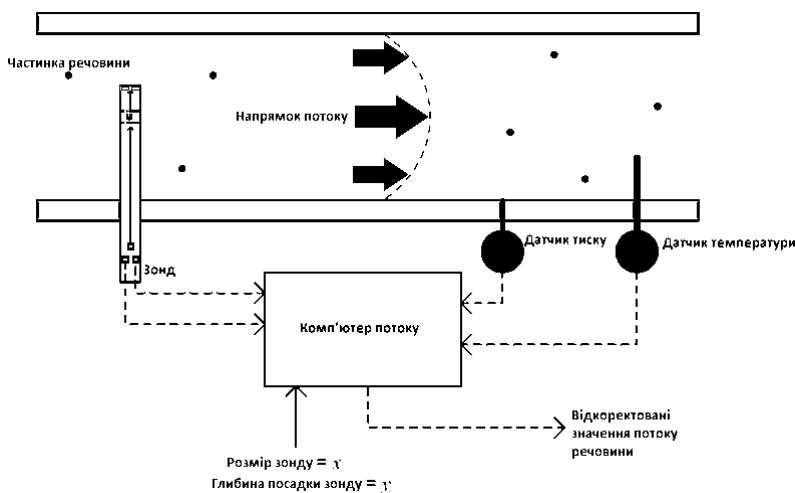


Рис 2 Функціональна схема L2F вставного витратоміру

Наприклад, якщо параметри швидкості, тиску, температури та розмірних параметрів зонда вказують на велике число Рейнольдса, це означає, що профіль швидкості буде відносно рівним, і, отже, однократне вимірювання швидкості на зонді буде справедливим відображенням швидкості на всю ширину труби. Однак, якщо параметри вказують на низьке число Рейнольдса, це означає, що профіль швидкості матиме більш виражену форму "кулі", і, отже, швидкості біля стінок труби будуть істотно менше швидкості в центрі.[4]

Більш досконала методика вимірювання оптичного потоку спирається на принцип сцинтиляції, завдяки чому рідина сама викривляє шлях проходження світла, а не захоплені тверді частинки, що розсіюють світло. Сцинтиляція - це те саме явище, коли повітря проходить між світлом і спостерігачем, кишені повітря мають різну щільність (через різницю в температурі) та / або достатню турбулентність

спричиняють заломлення частини світла від прямолінійної траси, інакше здається, що джерело світла хаотично вібрує або коливається.[5]

Насправді явище сцинтиляції використовувалося для вимірювання швидкості руху повітря (анемометрія) протягом багатьох років до його застосування для промислового вимірювання потоку. Вимірювання швидкості визначається сцинтиляційним витратоміром, майже таким самим, як і оптичним витратоміром L2F: вимірювання різниці в часі між виявленням двох датчиків однієї і тієї ж картини сцинтиляції. Отже, сцинтиляційний витратомір застосовує ту саму основну формулу $v = dt$ для обчислення швидкості рідини. Функціональна схема сцинтиляційного витратоміра показана на рисунку 3.

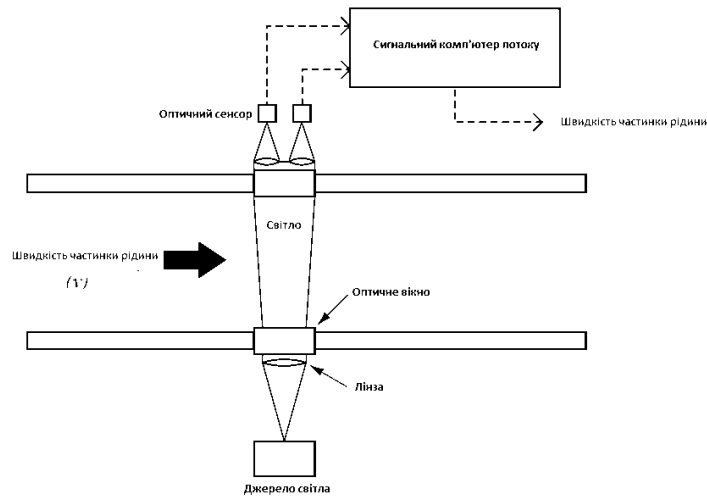


Рис 3 Функціональна схема сцинтиляційного витратоміру

Оптичні витратоміри в стилі сцинтиляції вимагають великого оптичного шляху, щоб максимізувати кут, під яким буде заломлюватися світло. Таким чином, вони найкраще функціонують при вимірюванні по всьому діаметру труби. Цікава особливість цієї технології витратоміра полягає в тому, що вона найкраще функціонує, коли режим потоку сильно турбулентний, оскільки підвищена турбулентність рідини призводить до більшої сцинтиляції. І витратоміри L2F, і сцинтиляційні мають свої обмеження. На нижньому кінці діапазону вимірювання швидкості вимірювач L2F обмежений кількістю частинок, що потрапляють у потік потоку, а також випадковими рухами частинок, які можуть бути неправильно витлумачені витратоміром як об'ємний рух рідини.

Сцинтиляційні витратоміри обмежуються в нижньому кінці свого діапазону вимірювання втратою турбулентності, що, звичайно, є одним із рушійних механізмів ефекту сцинтиляції. Однак слід зазначити, що в обох випадках межа вимірювання низької швидкості є досить низькою у порівнянні з іншими типами витратомірів. Без рухомих частин і використання світла як чутливого середовища верхня межа оптичного витратоміра може поширюватися на надзвукові швидкості. Ця комбінація зондування низької та високої швидкості дає практичне співвідношення 1000: 1 або більше.

Висновки

Як ми бачимо технології виготовлення та застосування витратомірів є досить розвинуті на даний час. Кожен з розглянутих типів витратомірів має свої переваги та недоліки які можливо покращити в подальшому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Laser-2-Focus Anemometry [Електронний ресурс] // leibniz universität hannover. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tfd.uni-hannover.de/bssm01.html?&L=1>.
2. The Laser-2-Focus Velocimeter [Електронний ресурс] // Institute of propulsion technology. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://www.dlr.de/at/en/desktopdefault.aspx/tabid-1658/2285_read-3731/.

3. Xiaorui W. Observation of two-times self-focusing of femtosecond laser beam in ZnO crystal by two-photon luminescence / W. Xiaorui, Y. Honggang, S. Zhicheng. // Science Bulletin. – 2018. – №63. – С. 1392–1396.
4. John R. Laser two-focus velocimetry (L2F) for turbomachinery flow measurements [Електронний ресурс] / R. John, F. Sanford // Laser Institute of America. – 1988. – Режим доступу до ресурсу: <https://lia.scitation.org/doi/abs/10.2351/1.5057973>.
5. David M. Scintillation structure of a turbulent tidal flow / M. David, F. Steven, A. Jane. // JGR Ocean. – 1987. – №92. – С. 5369–5382.

Ільчук Дмитро Русланович – аспірант групи 172-20а, факультет інфокомунікацій, радіотехніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: demabels@gmail.com

Науковий керівник **Осадчук Олександр Володимирович** — докт. техн. наук, проф., зав. кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, osadchuk.av69@gmail.com

Ілчук Dmytro Ruslanovich – graduate student group 172-20a, faculty of infocommunications, radio electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail demabels@gmail.com

Supervisor **Alexander Osadchuk** — Doc. Tech. Sc., prof. Head of Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, osadchuk.av69@gmail.com