



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **109456** (13) **C2**
(51) МПК (2015.01)
G01N 9/00
G01N 9/20 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	a 2013 05852	(72) Винахідник(и):	Ковалюх Сергій Всеволодович (UA)
(22) Дата подання заявки:	08.05.2013	(73) Власник(и):	Ковалюх Сергій Всеволодович, пр. Перемоги, 79, кв. 77, м. Харків, 61174 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.08.2015	(74) Представник:	Вулих Марина Михайлівна, реєстр. №2
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.11.2014, Бюл.№ 21	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 92629 C2, 25.11.2010 RU 2125240 C1, 20.01.1999 SU 122335 A1, 30.11.1959 SU 714232 A1, 08.02.1980 JP S63132134 A, 04.06.198 US 4285239 A1, 25.08.1981
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.08.2015, Бюл.№ 16		

(54) ТЕНЗОДАТЧИК ДЛЯ ОБ'ЄМНО-ВАГОВОГО ВИМІРЮВАЧА ГУСТИНИ РІДИНИ І ОБ'ЄМНО-ВАГОВИЙ ВИМІРЮВАЧ ГУСТИНИ РІДИНИ НА ЙОГО ОСНОВІ

(57) Реферат:

Винахід належить до об'ємно-вагових вимірювачів густини рідини (ОВВГР) і тензодатчиків для їх втілення. Суть винаходу: об'ємно-ваговий вимірювач густини рідини, який включає потокочутливу трубу, блок вимірювання та тензодатчик, який включає принаймні одну сукупність, що містить один каркас і принаймні один циліндричний сильфон, причому кожний каркас містить вхідний і вихідний фланці з наскрізними круглими отворами, чутливі до деформації подовжні балки і перші тензометричні перетворювачі, кожна з вказаних балок жорстко зв'язана з вказаними фланцями, принаймні один кінець кожного з вказаних принаймні одного циліндричного сильфона жорстко і герметично прикріплений у зазначений наскрізний отвір вхідного або вихідного фланців, балки містять перші і другі поверхні, на які наклеєні, відповідно, перші і другі тензометричні перетворювачі, найбільш чутливі до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика, відповідно, у одному з двох напрямків і нечутливі до деформації при зміщенні вихідного фланця у, відповідно, одному з двох напрямків, перпендикулярних напрямкам їх найбільшої чутливості, потокочутлива труба прикріплена до крайнього вихідного фланця тензодатчика, ОВВГР виконаний з можливістю зміни напрямку центрального вектора швидкості потоку рідини, що проходить крізь нього, тензодатчик виконаний з можливістю з'єднання своїм крайнім вхідним фланцем з вхідним трубопроводом, можливістю жорсткого приєднання до нерухомої відносно землі опори, можливістю деформуватися під впливом ваги потокочутливої труби з рідиною і швидкості її потоку і можливістю забезпечення нечутливості тензометричних перетворювачів до деформації при розтягуванні сильфонів. Технічний результат: підвищення точності вимірювання.

UA 109456 C2

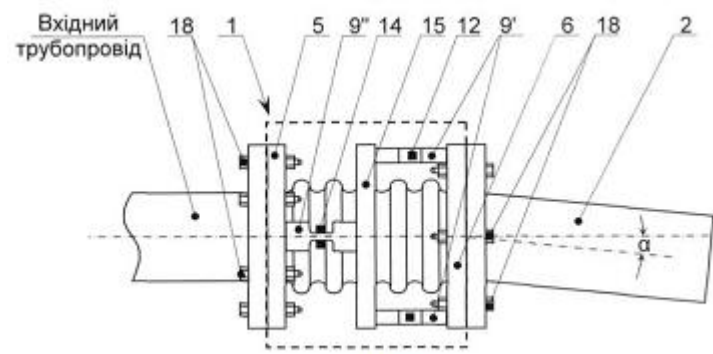


Fig. 10

Винахід стосується контрольно-вимірювальної техніки, а саме об'ємно-вагових вимірювачів густини рідини (далі за текстом - ОВВГР) і тензодатчиків для здійснення їхньої функції, й може знайти застосування в різних галузях промисловості, таких як нафтодобувна промисловість, будівництво, хімічна промисловість тощо, де густина рідини, що використовується у процесі і

проходить по трубопроводах, є параметром, що підлягає вимірюванню.

Загальний принцип вимірювання у таких пристроях заснований на залежності ваги заповненого рідиною відрізка трубопроводу фіксованого об'єму від густини цієї рідини. Вказаний відрізок трубопроводу звичайно зв'язаний з вхідним трубопроводом гнучким пружним елементом, і його називають потокочутливою трубою. Другий кінець потокочутливої труби може бути відкритим або зв'язаним з продовженням трубопроводу ще одним гнучким пружним елементом.

Технічне рішення, використане як найближчий аналог винаходу, що тут заявляється, описано у патенті України № 92629, опубл. 25.11.2010 р., і стосується як тензодатчика, так і ОВВГР на його основі.

Тензодатчик для об'ємно-вагового вимірювача густини рідини за вказаним патентом включає вхідний фланець з наскрізним отвором, виконаний з можливістю приєднання до виходу вхідного трубопроводу та жорсткого приєднання до нерухомої відносно землі опори, вихідний фланець з наскрізним отвором, виконаний з можливістю жорсткого приєднання до потокочутливої труби, принаймні один чутливий пружний елемент у вигляді жорсткої балки, жорстко зв'язаної з вказаними фланцями і оснащений принаймні двома наклеєними на його чутливі до деформації поверхні тензометричними перетворювачами, гнучку пружну трубу у вигляді сільфона, жорстко прикріпленого своїми кінцями до вказаних фланців зі співвісним розташуванням його отворів на кінцях, причому вказані жорсткі балки зв'язані з вказаними фланцями ззовні сільфона, розташовані вздовж сільфона і виконані з можливістю запобігання деформації тензодатчика у вертикальному напрямку при розтягуванні чи стисканні сільфона, а тензодатчик виконаний з можливістю деформуватися під впливом ваги потокочутливої труби.

Недоліком описаного вище тензодатчика є створення помітної похибки вимірювання густини рідини, пов'язаної зі швидкістю потоку рідини в потокочутливій трубі. Незважаючи на те, що жорсткість конструкції, яка містить вхідний і вихідний фланці і жорстко зв'язані з ними жорсткі балки, і чутливість тензометричних перетворювачів вибираються так, щоб одержувати достатній для вимірювання сигнал при незначних відхиленнях потокочутливої труби у вертикальному напрямку під дією ваги труби з рідиною, ці навіть незначні її відхилення приводять до того, що сигнал тензометричних перетворювачів залежить не тільки від густини рідини, а ще й від швидкості її потоку за рахунок реакції потокочутливої труби на потік, а саме: якщо потокочутлива труба, наприклад, первісно відхилена вниз від горизонтального положення, то потік буде намагатися відхилити її вгору, і чим більше швидкість потоку, тим менше відхилення потокочутливої труби вниз і тим більша буде похибка вимірювання.

В основу цього винаходу поставлено задачу створення тензодатчика для ОВВГР, що дозволяє зменшити похибку вимірювання густини, пов'язану зі швидкістю потоку рідини.

Поставлена задача щодо тензодатчика вирішується тим, що у відомому тензодатчику для об'ємно-вагового вимірювача густини рідини, який включає принаймні одну сукупність, що містить каркас і принаймні один циліндричний сільфон, причому кожний каркас містить вхідний і вихідний фланці з наскрізними отворами, чутливі до деформації подовжні балки і перші тензометричні перетворювачі, кожна з вказаних балок жорстко зв'язана з вказаними фланцями, принаймні один кінець кожного з вказаних принаймні одного циліндричного сільфона жорстко і герметично прикріплений у зазначений наскрізний отвір вхідного або вихідного фланців, балки містять перші поверхні, на які наклеєні перші тензометричні перетворювачі, так, що вони найбільш чутливі, при зафіксованому вхідному фланці тензодатчика, до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика у заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж першої прямої у площині, перпендикулярній осі, що проходить через центри вхідного і вихідного отворів сільфона, прикріпленого до вказаного вихідного фланця, нечутливі до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика у заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж другої прямої у вказаній площині, перпендикулярної першій прямій, а тензодатчик виконаний з можливістю з'єднання крайніми вхідним і вихідним фланцями, відповідно з вхідним трубопроводом і потокочутливою трубою з максимальним суміщенням відповідних отворів, згідно з винаходом, що заявляється, проведені такі вдосконалення:

тензодатчик додатково містить другі тензометричні перетворювачі;

балки містять другі поверхні, на які наклеєні другі тензометричні перетворювачі;

другі тензометричні перетворювачі є найбільш чутливими при зафіксованому вхідному фланці тензодатчика, до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж третьої прямої у площині, перпендикулярній осі, що проходить через центри вхідного і вихідного отворів сильфона, прикріпленого до вказаного вихідного фланця;

другі тензометричні перетворювачі нечутливі до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж четвертої прямої у вказаній площині, перпендикулярній третій прямій;

тензодатчик виконаний з можливістю деформуватися під впливом швидкості потоку рідини і забезпечення нечутливості до деформації при розтягуванні сильфонів уздовж осей, що проходять через центри їх вхідних і вихідних отворів.

Наявність і вказане розташування наклеєних на балки других тензометричних перетворювачів приводить до того, що вони здатні реагувати на деформацію тензодатчика у інших, ніж перші тензометричні перетворювачі, напрямках, причому за умови штучного відхилення напрямку потоку, вказана реакція також буде залежати від швидкості потоку і густини рідини, але іншим, ніж реакція перших тензометричних перетворювачів, чином.

Фізичні явища, що приводять до залежності сигналів перших і других тензометричних перетворювачів від швидкості потоку рідини, однакові, а саме, це реакція потокочутливої труби на зміну вектора швидкості потоку у напрямку, в цілому протилежному вектору цієї зміни. Ця реакція залежить від швидкості потоку рідини і густини рідини. Проте кут відхилення потокочутливої труби вниз від горизонталі і, відповідно, сигнал перших тензометричних перетворювачів залежать ще й від маси рідини у потокочутливій трубі, яка, у свою чергу, також залежить від густини рідини. Таким чином, задача визначення густини рідини і швидкості її потоку зводиться до вирішення системи двох рівнянь з двома невідомими. Рішення цієї системи рівнянь може бути одержане як чисельними методами за заздалегідь вимірними функціями залежності сигналів тензометричних перетворювачів від густини рідини і від швидкості потоку рідини, так і аналітичними методами шляхом створення моделей процесів у придатному наближенні. У будь-якому разі у рішенні вказаної системи рівнянь щодо густини рідини буде врахована швидкість потоку рідини, що еквівалентно зниженню похибки її вимірювання.

Вираз "найбільш чутливі до деформації у заданому напрямку" означає, що для усього діапазону величини, що викликає деформацію у заданому напрямку, тобто для усього діапазону величин густини рідини та/або для усього діапазону швидкостей, сигнал тензометричних перетворювачів саме у заданому напрямку буде максимальним і може бути вимірний схемою вимірювання із заданою похибкою.

Вираз "нечутливі до деформації у заданому напрямку" означає, що для усього діапазону величини, що викликає деформацію у заданому напрямку, тобто для усього діапазону величин густини рідини та/або для усього діапазону швидкостей, сигнал тензометричних перетворювачів буде мінімальним і менше порогу чутливості схеми вимірювання.

Вираз "нечутливість до деформації тензодатчика при розтягуванні чи стисканні сильфонів" означає, що для усіх діапазонів усіх сил, що діють на тензодатчик і приводять до розтягування будь-якого або усіх сильфонів, що входять до його складу, за рахунок діючих факторів, інших ніж густина і швидкість потоку рідини, сигнал тензометричних перетворювачів буде менше порогу чутливості схеми вимірювання або сигнали різних тензометричних перетворювачів можуть бути компенсовані у схемі вимірювання.

Треба зазначити, що штучне відхилення напрямку потоку рідини може здійснюватися як у самому тензодатчику, так і ззовні нього, наприклад, на вході у потокочутливу трубу, і отже головна функція тензодатчика полягає саме у створенні сигналів тензометричних перетворювачів, які відомим чином залежать від густини рідини і швидкості потоку рідини, а також забезпечення того, щоб сигнали тензометричних перетворювачів були менше порогу чутливості схеми вимірювання при деформації тензодатчика від розтягування чи стискання сильфонів уздовж їх осей в недеформованому стані за рахунок діючих факторів, відмінних від густини і швидкості потоку рідини, наприклад, тиску та/або температури рідини.

Тут і далі ознака "вісь сильфона" еквівалентна ознакам "вісь, яка проходить через центри вхідного і вихідного отворів сильфона" або "вісь сильфона у його недеформованому стані".

Треба зазначити, що тензодатчик, поки він розглядається таким, як він "лежить на складі", як це вимагається в описі винаходу, не має прив'язки до вертикалі, а має виділені напрямки, які визначаються найбільшою чутливістю перших і других тензометричних перетворювачів до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в цих напрямках, яка за характером еквівалентна деформації, що виникає внаслідок дії на тензодатчик потокочутливої труби з рідиною чи без неї і реакції потокочутливої труби або тензодатчика на швидкість потоку рідини.

Якщо штучне відхилення напрямку потоку передбачене у самому тензодатчику, то зрозуміло, що при його приєднанні до вхідного трубопроводу напрямком вказаного штучного відхилення не повинен бути у вертикальній площині.

Таким чином, вказані вдосконалення дозволяють врахувати швидкість потоку рідини при вимірюванні густини рідини.

Треба також зазначити, що для "ідеального" тензодатчика, який, по-перше, точно, тобто з нульовими допусками, виготовлений, який піддається тільки деформації чистого згину або зсуву, причому такої, яка викликана тільки потоком рідини, можна було б розглядати варіант його здійснення з суміщеними другою і третьою прямими, коли вказані чутливість і нечутливість перших і других тензометричних перетворювачів реалізуються у двох відповідних взаємно перпендикулярних напрямках. Але насправді існують похибки виготовлення тензодатчика, він піддається початковій деформації, яка разом з вимірюваною деформацією включає не тільки чистий згин чи зсув, а ще й кручення, і отже з метою забезпечення промислової придатності винаходу виникає необхідність узагальненого підходу, тобто розглядання тензодатчика з усіма чотирма вказаними прямими, які не співпадають.

На практиці кут між другою і третьою прямими є невеликим, і штучне відхилення напрямку потоку здійснюють практично у напрямку, якій лежить на другій чи третій прямій.

У одному конкретному варіанті здійснення винаходу, що заявляється, тензодатчик містить одну сукупність каркаса з двома парами балок і принаймні одного сильфона і додатково містить жорсткий проміжний елемент з наскрізним отвором, розташований між двома фланцями, причому балки першої пари жорстко з'єднані або виконані як єдине ціле з вихідним фланцем і з проміжним елементом, балки другої пари жорстко з'єднані або виконані як єдине ціле з вхідним фланцем і проміжним елементом, перші поверхні з першими тензометричними перетворювачами розташовані на балках першої пари, а другі поверхні з другими тензометричними перетворювачами – на балках другої пари. Цей варіант є досить простим для розуміння принципу дії тензодатчика згідно з винаходом, причому у будь-якому варіанті краще, щоб першими по ходу потоку рідини були розташовані саме другі тензометричні перетворювачі. Це необхідно як для збільшення чутливості тензодатчика до швидкості потоку, так і для зменшення маси частини тензодатчика, яка чутлива до ваги потокочутливої труби.

Двома альтернативними прикладами такого виконання є тензодатчики, діаметр отвору проміжного елемента яких виконують або більшим найбільшого зовнішнього діаметра сильфона, або таким самим, причому у останньому разі проміжний елемент жорстко прикріплений до сильфона в його середній частині. Обидва варіанти суттєво зменшують невизначений вплив сильфона на результат вимірювання, оскільки в першому випадку сильфон не торкається проміжного елемента, а в другому – середня частина сильфона фактично стає частиною жорсткого каркаса.

Ще один конкретний варіант виконання тензодатчика з проміжним елементом, який у ще більшому ступені підвищує його жорсткість у зоні проміжного елемента, відрізняється тим, що містить один каркас з двома парами балок і два сильфона, причому сусідні кінці вказаних сильфонів жорстко і герметично прикріплені у наскрізний отвір проміжного елемента.

У одному з найпростіших варіантів здійснення тензодатчик згідно з винаходом містить один каркас з двома балками і один сильфон, причому балки жорстко прикріплені своїми кінцями до вхідного і вихідного фланців або виготовлені як єдине ціле з ними і розташовані по обидві сторони від сильфона, кожна з балок має і перші поверхні з першими тензометричними перетворювачами, і другі поверхні з другими тензометричними перетворювачами. Наприклад, перші або другі поверхні виконані в середніх частинах балок, а, відповідно, другі або перші поверхні виконані в крайніх частинах балок, краще – у зоні з'єднання балок з фланцями. У цьому разі тензометричні перетворювачі, які розташовані на поверхнях у середніх частинах балок є чутливими до деформації чистого згину тензодатчика, а тензометричні перетворювачі, які розташовані на поверхнях у крайніх частинах балок, утворюють датчик паралелограмного типу і є чутливими до деформації зсуву тензодатчика. При цьому тензодатчик у складі ОБВГР можна встановити так, щоб деформація зсуву була викликана вагою потокочутливої труби з рідиною, а деформація чистого згину - штучним відхиленням напрямку потоку рідини або навпаки.

Найбільш технологічним варіантом здійснення винаходу, що заявляється, є тензодатчик, що містить першу і другу сукупності одного каркаса і одного сильфона, перший і другий каркаси містять, відповідно, першу і другу пари балок, які жорстко з'єднані або виконані як єдине ціле з вхідними і вихідними фланцями відповідного каркаса, вихідний фланець другого або першого каркасів жорстко і герметично з'єднаний, відповідно, з вхідним фланцем першого або другого каркасів, перші поверхні розташовані на балках першої пари, а другі – на балках другої пари.

Цей варіант фактично відповідає з'єднанню двох тензодатчиків за патентом-аналогом так, що один з тензодатчиків є повернутим відносно іншого. Крім того, цей варіант також включає можливість жорсткого з'єднання двох тензодатчиків через проміжний патрубок з відповідними фланцями, який, до того ж, може виконувати функцію штучного відхилення напрямку потоку при наявності згину відрізка трубопроводу патрубка або виконання його фланців та/або відповідних фланців каркасів клиноподібними.

Насправді будь-який з описаних вище варіантів виконання тензодатчика може бути виконаним з можливістю зміни напрямку центрального вектора швидкості потоку рідини, що проходить крізь нього, на кут $\alpha > 0$ у площині, яка лежить під кутом $\beta > 0$ до площини, що проходить через центральний вектор швидкості вхідного потоку рідини паралельно вказаній першій прямій, в напрямку якої відбувається зміщення вихідного фланця тензодатчика під дією ваги потокочутливої труби.

У найбільш придатному з експлуатаційної точки зору варіанті тензодатчика напрямки зміщення його вихідного фланця, у яких проявляється найбільша чутливість перших і других тензометричних перетворювачів (перший і другий напрямки), перпендикулярні один одному. Але, як було вказано раніше, неточності виготовлення каркасів, балок, перших і других поверхонь і наклеювання тензодатчиків і наявність деформації, іншої ніж чистий згин і зсув приводять до неперпендикулярності цих напрямків. Бажано, щоб кут між вказаними напрямками знаходився в межах 90 ± 1 кутових градусів, що практично не приводить до чутливості других тензометричних перетворювачів до змін ваги потокочутливої труби з рідиною, а юстируванням тензодатчика відносно вертикалі дозволяє досягти його оптимального положення з точки зору найбільшої чутливості перших і других тензометричних перетворювачів у відповідних напрямках зміщення вихідного фланця тензодатчика.

У цьому випадку, оскільки чутливість тензометричних перетворювачів до деформації розтягування і стискання поверхонь, на які вони наклеєні, надзвичайно висока, є можливість забезпечити необхідну чутливість других тензометричних перетворювачів до швидкості потоку при кутах α зміни напрямку потоку рідини, які не перевищують одного кутового градуса, якщо кут β знаходиться у межах 90 ± 5 кутових градусів. Це практично не приводить до чутливості перших тензометричних перетворювачів до відхилень вихідного фланця у напрямку, що лежить під кутом β до площини, яка проходить через вісь останнього сильфона і першу пряму. Вказаним вище юстируванням тензодатчика також можна досягти оптимальних, з точки зору чутливості тензометричних перетворювачів, результатів.

У всіх конкретних варіантах і прикладах тензодатчика, описаних вище, найкраще, з точки зору виконання покладених на нього функцій, щоб балки з першими тензометричними перетворювачами були виконані однаковими, мали площини симетрії і були розташовані симетрично відносно осі відповідного сильфона так, щоб в ненапруженому стані каркаса і сильфона їх площини симетрії співпадали і проходили через вісь вказаного сильфона і зазначену вище другу пряму, і балки з другими тензометричними перетворювачами були виконані однаковими, мали площини симетрії і були розташовані симетрично відносно осі відповідного сильфона так, щоб в ненапруженому стані каркаса їх площини симетрії співпадали і проходили через вісь відповідного сильфона і зазначену вище четверту пряму. Це, разом з однаковими за чутливістю тензометричними перетворювачами, наклеєними на кожну балку пари, особливо, коли вони наклеєні парами на протилежних поверхнях балок, цілком забезпечує сформульовані вище вимоги до чутливості тензометричних перетворювачів щодо усіх вказаних вище видів деформації тензодатчика.

Для підвищення чутливості у тензодатчику за будь-яким з попередніх варіантів балки можуть містити концентратори напруги у вигляді ділянок зі зменшеним поперечним перерізом, у яких наклеєні тензометричні перетворювачі.

Поверхні, на які наклеєні перші і другі тензометричні перетворювачі, можуть бути виконані циліндричними, причому так, щоб твірні цих поверхонь були перпендикулярні, відповідно, площинам, які проходять через осі відповідних сильфонів і першу і третю прямі.

Суттєвий внесок у точність вимірювання густини за рахунок забезпечення більш ламінарного потоку рідини можуть дати циліндричні гнучкі пружні вставки з полімерного матеріалу, які розміщені всередині кожного сильфона і приклеєні до його гофрів в зонах окружностей мінімального діаметра.

Як найбільш близький до цього винаходу аналог щодо ОБВГР також використане технічне рішення за патентом України № 92629, опубл. 25.11.2010 р., бюл. № 22.

ОБВГР за вказаним патентом включає потокочутливу трубу, тензодатчик та блок вимірювання, причому тензодатчик містить вхідний фланець з наскрізним отвором, виконаний з можливістю приєднання до виходу вхідного трубопроводу та жорсткого приєднання до

нерухомої відносно землі опори, вихідний фланець з наскрізним отвором, приєднаний до поточувальної труби, принаймні один чутливий пружний елемент у вигляді жорсткої балки, жорстко зв'язаної з вказаними фланцями і оснащений принаймні двома наклеєними на його чутливі до деформації поверхні тензометричними перетворювачами, гнучку пружну трубу у вигляді сильфона, жорстко прикріпленого своїми кінцями до вказаних фланців зі співвісним розташуванням його отворів на кінцях, причому вказані жорсткі балки зв'язані з вказаними фланцями ззовні сильфона, розташовані вздовж сильфона і виконані з можливістю запобігання деформації тензодатчика у вертикальному напрямку при розтягуванні чи стисканні сильфона, а тензодатчик виконаний з можливістю деформуватися під впливом ваги поточувальної труби.

Недоліком цього ОВВГР є помітна похибка вимірювання густини рідини, пов'язана зі швидкістю потоку рідини в поточувальній трубі, що доведено вище для тензодатчика за цим винаходом.

В основу цього винаходу щодо ОВВГР поставлена задача створення ОВВГР зі зменшеною похибкою вимірювання густини, пов'язаною зі швидкістю потоку рідини.

Задача, поставлена щодо ОВВГР, вирішується тим, що в ОВВГР, який містить поточувальну трубу, блок вимірювання та тензодатчик, який включає принаймні одну сукупність, що містить один каркас і принаймні один циліндричний сильфон, причому кожний каркас містить вхідний і вихідний фланці з наскрізними круглими отворами, чутливі до деформації подовжні балки і перші тензометричні перетворювачі, кожна з вказаних балок жорстко зв'язана з вказаними фланцями, принаймні один кінець кожного з вказаних принаймні одного циліндричного сильфона жорстко і герметично прикріплений у зазначений наскрізний отвір вхідного або вихідного фланців, балки містять перші поверхні, на які наклеєні перші тензометричні перетворювачі, так, що вони найбільш чутливі, при зафіксованому вхідному фланці тензодатчика, до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж першої прямої у площині, перпендикулярній осі, що проходить через центри вхідного і вихідного отворів сильфона, прикріпленого до вказаного вихідного фланця, нечутливі до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж другої прямої у вказаній площині, перпендикулярній першій прямій, поточувальна труба прикріплена до крайнього вихідного фланця тензодатчика з максимальним суміщенням їх отворів однакового діаметра, тензодатчик виконаний з можливістю з'єднання своїм крайнім вхідним фланцем з вхідним трубопроводом з максимальним суміщенням їх отворів однакового діаметра та жорсткого приєднання до нерухомої відносно землі опори і з можливістю деформуватися під впливом ваги поточувальної труби з рідиною, а виходи тензометричних перетворювачів електрично підключені до входів блоку вимірювання, проведені вдосконалення, які характеризуються такими суттєвими ознаками:

ОВВГР виконаний з можливістю зміни напрямку центрального вектора швидкості потоку рідини, що проходить крізь нього, на кут α у площині, яка лежить під кутом β до площини, яка проходить через центральний вектор швидкості вхідного потоку рідини паралельно вказаній першій прямій;

тензодатчик додатково містить другі тензометричні перетворювачі;

балки містять другі поверхні, на які наклеєні другі тензометричні перетворювачі;

другі тензометричні перетворювачі є найбільш чутливими при зафіксованому вхідному фланці тензодатчика, до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж третьої прямої у площині, перпендикулярній осі, що проходить через центри вхідного і вихідного отворів сильфона, прикріпленого до вказаного вихідного фланця;

другі тензометричні перетворювачі нечутливі до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж четвертої прямої у вказаній площині, перпендикулярній третій прямій;

тензодатчик виконаний з можливістю деформуватися під впливом швидкості потоку рідини і забезпечення нечутливості до деформації при розтягуванні сильфонів уздовж осей, що проходять через центри їх вхідних і вихідних отворів.

Як видно, більшість відмінних суттєвих ознак стосується тензодатчика і описана вище. Проте необхідною суттєвою ознакою ОВВГР в цілому є його виконання з можливістю зміни напрямку центрального вектора швидкості потоку рідини, що проходить крізь нього, що необхідно для забезпечення можливості врахування швидкості потоку рідини при визначенні її густини. При цьому, як зазначено вище, вказана зміна напрямку може відбуватися як в тензодатчику, так і за його межами. Вказана можливість зміни напрямку потоку може бути реалізована різними засобами відхилення напрямку потоку, серед яких клиноподібні або

повернуті на певний кут фланці каркасів або потокочутливої труби, зігнуті чи зрізані під кутом проміжні патрубки, штучний згин потокочутливої труби тощо.

Важливо, щоб вказаний кут відхилення був не надто великим, щоб не створювати суттєві деформації кручення і суттєву турбулентність потоку за рахунок неповного суміщення отворів у сусідніх фланцях, що з'єднані один з одним і в зоні яких знаходиться засіб відхилення.

Описаний вище причинно-наслідковий зв'язок між проведеними вдосконаленнями і технічним результатом цілком стосується також і вдосконаленого ОВВГР, проте на відміну від тензодатчика, вдосконалення якого, головним чином, створюють умови для вимірювання швидкості потоку і густину рідини при наявності штучного відхилення напрямку потоку рідини, ОВВГР не тільки створює умови для вказаного вимірювання, а саме відхиляє напрямок потоку, що викликає додаткову реакцію тензометричних перетворювачів, яка може бути визначена, а й вимірює густину рідини зі зниженою похибкою, що залежить від швидкості потоку.

Подальші вдосконалення, конкретні варіанти і приклади виконання ОВВГР, відповідають описаним вище вдосконаленням, конкретним варіантам і прикладам виконання тензодатчика.

У одному з кращих варіантів виконання ОВВГР виконаний з можливістю встановлення першої прямої вертикально, що забезпечує максимальну чутливість перших тензометричних перетворювачів при прикладанні сили до вихідного фланця саме у вертикальному напрямку, тобто у напрямку дії потокочутливої труби з рідиною чи без неї на тензодатчик.

Найкращим є варіант виконання ОВВГР згідно з винаходом, у якому перша пряма встановлена вертикально, кут між другою і третьою прямими становить не більше 1 кутового градуса, а кут β знаходиться в межах 90 ± 5 кутових градусів. Це забезпечує максимальну чутливість других тензометричних перетворювачів при прикладанні сили до вихідного фланця у напрямку, який практично співпадає з площиною, у якій змінюється напрямок потоку рідини.

Треба зазначити, що балки, з одного боку, повинні бути виконані настільки жорсткими, щоб в діапазоні вимірюваних значень густини рідини кутові і лінійні деформації тензодатчика були досить малими, щоб неспіввісністю частин тензодатчика можна було зневажити. З іншого боку, балки повинні бути не надто жорсткими, щоб деформації їх частин, на які наклеєні тензометричні перетворювачі, були достатніми для вимірювання їх сигналів з достатньою точністю у вказаному діапазоні.

Оскільки деформація тензодатчика викликається зміщенням вихідного фланця тензодатчика відносно вхідного, вхідний фланець повинен бути закріпленим нерухомо відносно землі, що досягається, як сказано вище його виконанням з можливістю жорсткого приєднання до нерухомої відносно землі опори. У конкретному й найбільш поширеному варіанті виконання такою нерухомою відносно землі опорою може бути вхідний трубопровід, якщо, безумовно, для цього здійснені відповідні заходи.

Для врахування впливу тиску на результати вимірювання, зокрема, шляхом схемної компенсації, у будь-якому з описаних вище варіантів виконання тензодатчика на поверхню принаймні одного сильфона може бути наклеєний принаймні один додатковий тензометричний перетворювач, підключений до блока вимірювання і виконаний з можливістю реагування на тиск рідини всередині сильфона.

Вплив температури на результати вимірювання може бути врахований шляхом оснащення одного або більше сильфонів датчиками температури, виходи яких також можуть бути підключені до блока вимірювання...

Приклади виконання тензодатчика для ОВВГР і самого ОВВГР представлені на доданих кресленнях, а саме:

на фіг. 1 схематично представлений вигляд спереду на тензодатчик для ОВВГР за патентом-аналогом;

на фіг. 2 схематично представлене тривимірне габаритне зображення тензодатчика згідно з винаходом;

на фіг. 3 схематично представлений вигляд тензодатчика з боку місця приєднання потокочутливої труби, аналогічного представленому на фіг. 2, але з іншим розташуванням ліній I – IV;

на фіг. 4 представлений збільшений вигляд ділянки С на фіг. 3;

на фіг. 5 представлений збільшений вигляд ділянки D на фіг. 3;

на фіг. 6 показано тривимірне зображення одного з варіантів каркаса тензодатчика за винаходом;

на фіг. 7 схематично представлений вигляд спереду на тензодатчик з каркасом за фіг. 6

на фіг. 8 схематично представлений вигляд спереду на варіант тензодатчика згідно з винаходом з двома балками;

на фіг. 9 представлений вигляд зверху на варіант тензодатчика згідно з винаходом з вигнутим убік проміжним патрубком;

на фіг. 10 представлений варіант ОБВГР (блок вимірювання не показаний) з тензодатчиком за фіг. 7 і штучною зміною напрямку потоку рідини на вході в потокочутливу трубу;

5 на фіг. 11 показаний вигляд спереду на ОБВГР з тензодатчиком за фіг. 10 і повернутою у бік глядача потокочутливою трубою.

На фіг. 1, з метою пояснення принципу дії ОБВГР і тензодатчика, схематично показаний вигляд спереду на найближчий аналог винаходу, а саме ОБВГР за патентом України на винахід № 92629, який вдосконалюється винаходом, що тут заявляється. ОБВГР-аналог містить 10 тензодатчик 1, потокочутливу трубу 2 і блок вимірювання (не показаний). Тензодатчик цього ОБВГР, як і в усіх описаних нижче варіантах ОБВГР і тензодатчика згідно з винаходом, позначається позицією 1 і включає жорсткий каркас 3 і циліндричний сильфон 4. Каркас 3 містить вхідний 5 і вихідний 6 фланці з наскрізними круглими отворами 7, 8, відповідно, однакового діаметра і чутливі до деформації подовжні балки 9, розташовані по обидві сторони 15 від сильфона 4 і жорстко зв'язані з вказаними фланцями 5, 6. Кінці циліндричного сильфона 4 жорстко і герметично прикріплені у наскрізні отвори 7 і 8. Вказані наскрізні отвори 7, 8 мають спільну вісь Х в недеформованому стані каркаса 3. Вхідний 5 і вихідний 6 фланці у даному разі з'єднані, відповідно, з вхідним трубопроводом і потокочутливою трубою 2 з суміщенням отворів сусідніх елементів, що з'єднуються.

20 Балки 9 мають перші поверхні 10, які розташовані на концентраторах 11 напруги - ділянках зі зменшеною товщиною і на які наклеєні перші тензометричні перетворювачі 12 так, що в даному разі при жорсткому закріпленні вхідного фланця 5 вони найбільш чутливі до деформації, яка виникає при зміщенні вихідного фланця 6 у напрямку А, паралельному площині, яка проходить через вісь Х паралельно площині креслення, і нечутливі до деформації, яка виникає 25 при зміщенні вихідного фланця 6 у напрямку, перпендикулярному площині креслення. Крім того, тензодатчик 1 виконаний з можливістю забезпечення нечутливості тензометричних перетворювачів 12 до деформації розтягування чи стискання каркаса 3 уздовж вказаної осі Х в недеформованому стані. У даному разі це забезпечується наявністю двох однакових балок 9, розташованих по обидві сторони від сильфона 4 і двома парами перших тензометричних перетворювачів 12 з однаковою чутливістю, які в блоку вимірювання (не показаний) ОБВГР з 30 тензодатчиком 1 електрично з'єднуються у мостові схеми. При роботі тензодатчика 1 його встановлюють так, щоб площина, яка проходить через вісь сильфона 4 і напрямок А, була вертикальною, і за допомогою тензометричних перетворювачів 12 вимірюють параметри сигналу, який залежить від положення потокочутливої труби 2 у вертикальній площині, яке, у 35 свою чергу залежить від густини рідини.

Недоліком ОБВГР за фіг. 1, як зазначалося вище, є помітна похибка вимірювання густини рідини, пов'язана зі швидкістю потоку рідини в потокочутливій трубі 2, і задачею цього винаходу є зменшення цієї похибки.

40 Ця задача принципово вирішується тим, що напрямок вихідного потоку тензодатчика або потокочутливої труби штучно змінюють у бік від вхідного напрямку потоку рідини у площині, яка розташована під кутом до площини, що проходить через вісь сильфона 4 і напрямок А, за допомогою сигналів других тензометричних перетворювачів, які чутливі до деформації при зміщенні вихідного фланця 6 у напрямку В, який лежить на прямій, що розташована під кутом до напрямку А, і нечутливі до такої ж деформації при зміщенні вихідного фланця 6 уздовж 45 прямої, перпендикулярної напрямку В, визначають параметри сигналів з других тензометричних перетворювачів і на підставі заздалегідь створеної математичної моделі та/або калібрування визначають густину рідини та, можливо, швидкість потоку, що власно і є врахуванням швидкості потоку у результаті вимірювання густини рідини.

На фіг. 2 схематично представлене тривимірне зображення тензодатчика 1 згідно з 50 винаходом і схема потоку рідини через нього у загальному випадку. Креслення фіг. 2 призначене для того, щоб дати уяву про принципи дії тензодатчика і ОБВГР в цілому. Тензодатчик представляє в цілому жорстку конструкцію (у вигляді принаймні одного каркаса), яка включає жорстко скріплені балками (не показані) вхідний 5 і вихідний 6 фланці з наскрізними отворами (не показані). В середині каркаса знаходиться принаймні один циліндричний сильфон 55 (не показаний), кожний з яких кінцями закріплений у вказані отвори.

На фіг. 2 лінії I - IV – це прямі, які проходять через центр отвору 8 вихідного фланця 6 перпендикулярно осі останнього за потоком рідини сильфона 4. На прямій I лежить напрямок А зміщення вихідного фланця 6, причому перші тензометричні перетворювачі найбільш чутливі до деформації яка виникає при цьому зміщенні при зафіксованому відносно землі фланці 5. Пряма 60 II перпендикулярна прямій I, причому перші тензометричні перетворювачі нечутливі до

деформації, яка виникає при зміщенні вихідного фланця уздовж неї. На прямій III лежить напрямок В зміщення вихідного фланця 6, у якому другі тензометричні перетворювачі найбільш чутливі до такої деформації. Пряма IV перпендикулярна прямій III, причому при зміщенні вихідного фланця 6 уздовж неї другі тензометричні перетворювачі нечутливі до деформації, що при цьому виникає. \vec{V} – вектор швидкості вхідного потоку у центрі (центральный вектор) вхідного отвору 7, який може не співпадати з віссю першого сильфона, \vec{V}_1 – центральний вектор швидкості вихідного потоку тензодатчика, \vec{V}' – вектор, який паралельний вектору \vec{V} , має таку ж довжину і виходить з тієї ж точки, що й вектор \vec{V}_1 , L – траєкторія (яка в загальному випадку не є прямою) центральної частини потоку рідини у тензодатчику, α – кут між векторами \vec{V}_1 і \vec{V}' у площині, що ними створена, β – кут між цією площиною і площиною, що проходить через вектор \vec{V}' паралельно напрямку А.

На фіг. 3 схематично представлений вигляд збоку на тензодатчик 1 згідно з винаходом зі сторони вхідного фланця 5 з круглим отвором 7. Невидимі на цьому вигляді балки 9' і 9" показані штриховими лініями. Чотири прямі лінії I, II, III, IV проходять через центр отвору 7. Прямі I і III є перпендикулярними, відповідно, прямим II і IV, на яких лежать, відповідно, напрямки А і В, в яких розглядається деформація при зміщенні вихідного фланця 6 тензодатчика 1 відносно зафіксованого вхідного фланця 5.

Таким чином, при проходженні рідини через тензодатчик 1 напрямок її потоку змінюється на кут α і, крім сигналів перших тензометричних перетворювачів, які, головним чином, залежать від ваги потокочутливої труби з рідиною і швидкості її потоку, виникають ще сигнали других тензометричних перетворювачів, які, у загальному випадку, також залежать від цих величин, але іншим чином. Якщо при заданому початковому куті α ці залежності відомі, то конкретним сигналам перших і других тензометричних перетворювачів відповідає, відповідно, перша і друга функції залежності швидкості потоку від густини рідини чи навпаки. Точці, у якій значення цих функцій однакові, будуть відповідати шукані значення густини рідини і швидкості її потоку.

На фіг. 4 і 5 у збільшеному вигляді показані ділянки С і D фіг. 2. Показані штриховими лініями на ділянках С і D, відповідно, балки 9' і 9" містять, відповідно, перші поверхні 10 і другі поверхні 13, причому ці поверхні можуть знаходитися як на різних, так і на тих самих балках 9, що також буде показано нижче. На перші поверхні 10 наклеєні перші тензометричні перетворювачі 12, а на другі поверхні 13 – другі тензометричні перетворювачі 14 так, що вони найбільш чутливі, при зафіксованому вхідному фланці 5, до деформації при зміщенні вихідного фланця 6, відповідно, у напрямках А і В, які лежать, відповідно, на прямих I і III, і нечутливі до деформації при зміщенні фланця 6 у напрямках, що лежать на прямих II і IV, які перпендикулярні прямим I і III. Крім того, тензодатчики вибрані і розташовані так, що забезпечують можливість компенсації їх чутливості до деформації відповідного каркаса 3 при його розтягуванні чи стисканні уздовж його осі в недеформованому стані.

Можливість вказаної компенсації визначається, наприклад, наявністю двох протилежних перших 10 та/або других 13 поверхонь на кожній балці 9, які по-різному реагують на вказані вище деформації, завдяки чому реакція наклеєних на них тензометричних перетворювачів може бути легко врахована, наприклад, мостовими електричними схемами блока вимірювання шляхом компенсації сигналів наклеєних на протилежні поверхні тензометричних перетворювачів, викликаних небажаною деформацією. Це також дозволяє підвищити чутливість тензодатчика до вимірюваної деформації.

Як буде показано далі, в деяких випадках достатньо усього двох балок 9, на кожній з яких передбачені як перші 10, так і другі 13 поверхні.

У кращому варіанті виконання ОБВГР кут $\alpha \leq 1^\circ$, кут $\beta = 90 \pm 5^\circ$, пряма II співпадає з прямою III, тензодатчик встановлюється так, щоб пряма I знаходилася у вертикальній площині, а потокочутлива труба була розташована з невеликим нахилом униз під кутом не більше 5° до горизонтальної площини. У цьому разі деформація при зміщенні вказаного вихідного фланця уздовж прямої I за рахунок ваги рідини і швидкості її потоку не буде "помічатися" другими тензометричними перетворювачами, а деформація при зміщенні цього фланця уздовж прямої III під впливом швидкості за рахунок штучного повороту потоку на кут α не буде "помічатися" першими тензометричними перетворювачами. Для оптимізації цього стану доцільно мати можливість юстирування тензодатчика в невеликих межах навколо осі вхідного трубопроводу і кута β .

Усі подальші варіанти виконання описуються саме для такого взаємного розташування прямих I – IV, малого (у вказаному вище смислі) кута α і кута $\beta = 90$ кутових градусів.

На фіг. 6 показаний один з варіантів втілення каркаса 3, яка містить вхідний 5 і вихідний 6 фланці, проміжний елемент 15, першу пару балок 9', другу пару балок 9'', причому балки 9' першої пари розташовані між проміжним елементом 15 і вихідним фланцем 6, балки 9'' другої пари розташовані між вхідним фланцем 5 і проміжним елементом 15, і весь каркас 3 виконаний як єдине ціле. У проміжному елементі 15 виконаний наскрізний круглий отвір 16, діаметр якого більше зовнішнього діаметра циліндричного сильфона 4 (фіг. 1), який при збиранні тензодатчика буде прикріплений у вхідний 7 і вихідний 8 отвори, осі яких у недеформованому стані каркаса співпадають з віссю Х. Балки 9' і 9'' містять концентратори напруги 11 у вигляді ділянок зі зменшеним поперечним перерізом, які у каркасі на фіг. 5 мають циліндричні перші 10 і другі 13 поверхні. Твірні вказаних перших 10 і других 13 поверхонь перпендикулярні площинам, які проходять через вісь каркаса 3 в недеформованому стані і які паралельні напрямкам А і В зміщення вихідного фланця 6, до якого будуть найбільш чутливі, відповідно, перші і другі тензометричні перетворювачі, які при збиранні тензодатчика будуть наклеєні, відповідно, на перші 10 і другі 13 поверхні.

На фіг. 7 схематично представлений тензодатчик 1 з каркасом 3, аналогічним каркасу 3 на фіг. 6.

Проміжний елемент 15 цього тензодатчика може бути виконаний у трьох варіантах:

з одним сильфоном 4 і з отвором, який не торкається сильфона 4;

з одним сильфоном 4 і жорстким з'єднанням з сильфоном 4 з поверхнею круглого отвору у проміжному елементі 15;

- з двома сильфонами 4, сусідні кінці яких жорстко з'єднані з поверхнею круглого отвору у проміжному елементі 15.

Дві балки 9' з першими тензометричними перетворювачами 12 виконані однаковими, розташовані симетрично відносно осі сильфона(ів) і жорстко прикріплені між проміжним елементом 15 і вихідним фланцем 6. Балки 9'' також виконані однаковими, розташовані симетрично відносно осі сильфона(ів) і жорстко прикріплені між проміжним елементом 15 і вхідним фланцем 5. Напрямки найбільшої чутливості перших і других тензометричних перетворювачів перпендикулярні один одному.

На фіг. 8 представлений варіант виконання тензодатчика 1 з одним сильфоном 4 і двома однаковими балками 9, на які у середніх і крайніх частинах наклеєні і перші 12, і другі 14 тензометричні перетворювачі, причому якщо тензодатчик 1 встановлений так, що балки 9 розташовані зверху і знизу відносно сильфона 4, як показано на кресленні, то першими тензометричними перетворювачі 12 є ті, що розташовані на крайніх частинах балок 9 і чутливі до деформації зсуву тензодатчика, а другими тензометричними перетворювачами 14 є ті, що розташовані в середніх частинах балок 9 і чутливі до деформації згину тензодатчика.

Якщо тензодатчик 1 розташувати так, щоб балки знаходилися по обидва боки від сильфона 4, першими тензометричними перетворювачами 12 будуть ті, що вище були другими і навпаки.

На фіг. 9 схематично представлений вигляд зверху на тензодатчик 1 з проміжним патрубком 17, до якого приєднані дві сукупності каркаса 3 з тензометричними перетворювачами і сильфонами, кожна з яких по суті являє собою тензодатчик за патентом-аналогом. Одна сукупність містить першу пару балок 9', яка жорстко з'єднана з вхідним фланцем 5' і вихідним фланцем 6', а друга сукупність у свою чергу містить другу пару балок 9'', яка жорстко з'єднана з вхідним фланцем 5'' і вихідним фланцем 6''. При цьому одна сукупність повернута відносно іншої на певний кут, який в даному разі дорівнює 90 кутових градусів. Проміжний патрубок 17 вигнутий таким чином, що вісь вихідного сильфона (правого на кресленні) знаходиться під кутом α до осі вхідного сильфона, тобто штучне відхилення напрямку потоку буде здійснюватися в тензодатчику 1 в площині, перпендикулярній до вертикальної.

Треба зазначити, що найбільш технологічним є варіант виконання тензодатчика 1, подібний до представленого на фіг. 9, але з прямим проміжним патрубком або зовсім без нього.

На фіг. 10 представлений схематичний вигляд зверху на тензодатчик, наприклад, за фіг. 7, з'єднаний болтами 18 з потокочутливою трубою 2, відкритою на дальньому кінці, і вхідним трубопроводом, причому штучне відхилення напрямку потоку рідини здійснюється на стику тензодатчика 1 з потокочутливою трубою 2.

І, нарешті, на фіг. 11 схематично зображений вигляд спереду на ОБВГР з тензодатчиком 1, відкритою на дальньому кінці потокочутливою трубою 2, приєднаною до тензодатчика 1, блоком 19 вимірювання і кабелями, які з'єднують тензометричні перетворювачі 12 і 14 тензодатчика 1 з входами блоку 19 вимірювання. На те, що зображений саме вигляд спереду, вказує видимий як еліпс зріз 20 потокочутливої труби, яка відхилена від площини креслення на кут α , невидимий на кресленні фіг. 11.

В усіх представлених варіантах здійснення тензодатчиків і ОВВГР кожна з балок 9 містить парну кількість тензометричних перетворювачів 12 та/або 14, характеристики відгуку на лінійну деформацію яких або однакові або вирівняні у блоку 19 вимірювання.

В усіх представлених узагальненому і конкретних варіантах балки 5 з тензометричними перетворювачами 7 мають таку форму і розташування, що при розтягуванні чи стисканні сильфонів під дією тиску у трубопроводі чи температури вимірюваної рідини балки деформуються тільки у подовжньому напрямку, а сигнали з тензометричних перетворювачів 12 та 14, які відповідають деформації балок при розтягуванні-стисканні сильфона, компенсуються (віднімаються один від одного).

Для більш точного врахування впливу тиску на результат вимірювання на сильфон 4 можуть бути наклеєні, наприклад, три додаткові тензометричні перетворювачі рівномірно за його окружністю. Наявність зміни сигналів одночасно на трьох тензометричних перетворювачах свідчить про зміну тиску в рідині і її величину, що може бути враховано в результатах вимірювання.

Вплив температури на результат вимірювання може бути додатково врахований шляхом її вимірювання відомими методами за допомогою датчика температури будь-якого придатного типу, який може бути закріплений відомими методами як на сильфоні, так і на потокочутливій трубі або на каркасі.

Нижче описана робота пристроїв згідно з винаходом на прикладі ОВВГР за фіг. 11.

Вхідний фланець 5 тензодатчика 1 приєднують до фланця вхідного трубопроводу та, якщо необхідно, до нерухомої відносно землі опори. При створенні потоку вимірюваної рідини, такого, щоб уся потокочутлива труба 2 була заповнена нею, тензодатчик 1 починає деформуватися під дією ваги потокочутливої труби 2 з рідиною, тобто в результаті зміщення вихідного фланця 6 тензодатчика 1 вниз, і під дією потоку рідини, який штучно відхиляється убік, тобто в результаті зміщення вихідного фланця 6 тензодатчика 1 убік відносно початкового положення, яке визначається при відсутності потоку рідини. При цьому найбільш чутливі їх ділянки 10 та 13 балок 9, на які наклеєні тензометричні перетворювачі 12 або 14, деформуються, тобто розтягуються чи стискаються, у більшому ступені, ніж інші частини балок 9, на що власне і реагують наклеєні на них тензометричні перетворювачі 12 та 14 шляхом зміни сигналів, що в них утворюються. Сигнали тензометричних перетворювачів 12 і 14 надходять у блок 19 вимірювання, який їх обробляє відомим у цій галузі чином з одержанням величини, наприклад електричної напруги, яку блок 19 вимірювання вимірює і за заздалегідь виміряними чи розрахованими залежностями значень цієї напруги від густини рідини і швидкості її потоку знаходить значення густини рідини і швидкості, які відповідають виміряним сигналам обох сукупностей тензометричних перетворювачів 12 і 14.

Найважливішою ознакою тензодатчика і ОВВГР, згідно з винаходом, є те, що дія шкідливих факторів, які впливають на похибку вимірювання, а саме тиску і температури значною мірою усувається тим, що сильфон під дією цих факторів рівномірно деформується у радіальному напрямку, не впливаючи на деформацію найбільш чутливих ділянок 10 і 13 балок 9.

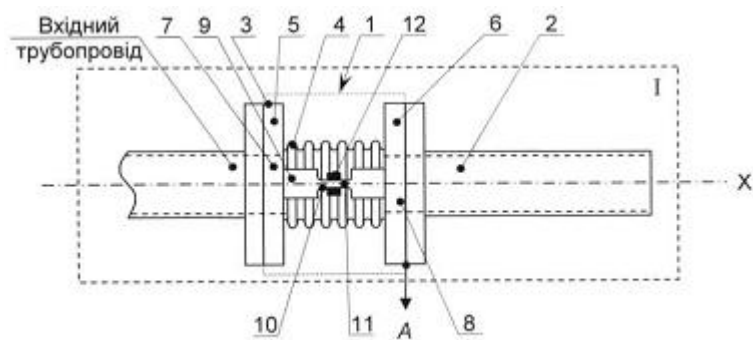
Наведеними вище прикладами не вичерпуються усі можливі варіанти виконання балок. Дійсно, поверхні, на які наклеєні тензометричні перетворювачі, можуть відрізнятися від циліндричних, тензометричні перетворювачі можуть бути неоднаковими як по принципу дії, так і по чутливості, що може бути враховане, наприклад, схемними рішеннями, а також врахуванням в результатах вимірювання температури і тиску, які є небажаними факторами впливу на результат вимірювання, тензометричні перетворювачі можуть бути розташовані до певної міри несиметрично відносно осі відповідного сильфона, балки можуть не мати осі симетрії тощо. Важливо тільки, щоб кількість балок, їх конфігурація і розташування, а також розташування тензометричних перетворювачів на них були такими, щоб забезпечити відповідну чутливість і нечутливість тензодатчика до відповідних вказаних вище деформацій.

ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

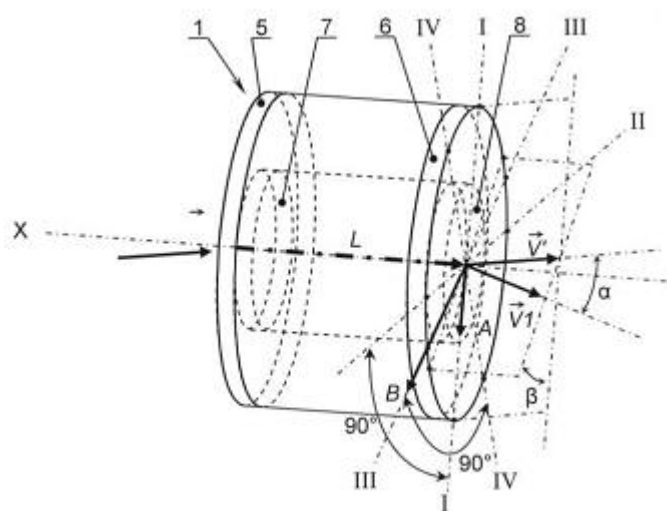
1. Тензодатчик для об'ємно-вагового вимірювача густини рідини, який включає принаймні одну сукупність, що містить один каркас і принаймні один циліндричний сильфон, причому кожний каркас містить вхідний і вихідний фланці з наскрізними отворами, чутливі до деформації подовжні балки і перші тензометричні перетворювачі, кожна з вказаних балок жорстко зв'язана з вказаними фланцями, принаймні один кінець кожного з вказаних принаймні одного циліндричного сильфона жорстко і герметично прикріплений у зазначений наскрізний отвір вхідного або вихідного фланців, балки містять перші поверхні, на які наклеєні перші тензометричні перетворювачі, так, що вони найбільш чутливі, при зафіксованому вхідному

- фланці тензодатчика, до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж першої прямої у площині, перпендикулярній осі, що проходить через центри вхідного і вихідного отворів сильфона, прикріпленого до вказаного вихідного фланця, нечутливі до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж другої прямої у вказаній площині, перпендикулярній першій прямій, а тензодатчик виконаний з можливістю з'єднання крайніми вхідним і вихідним фланцями, відповідно з вхідним трубопроводом і поточуватливою трубою з максимальним суміщенням відповідних отворів, який **відрізняється** тим, що додатково містить другі тензометричні перетворювачі, балки містять другі поверхні, на які наклеєні другі тензометричні перетворювачі так, що вони є найбільш чутливими при зафіксованому вхідному фланці тензодатчика, до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж третьої прямої у площині, перпендикулярній осі, що проходить через центри вхідного і вихідного отворів сильфона, прикріпленого до вказаного вихідного фланця, нечутливі до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж четвертої прямої у вказаній площині, перпендикулярній третій прямій, а тензодатчик виконаний з можливістю забезпечення нечутливості до деформації при розтягуванні сильфонів уздовж осей, що проходять через центри їх вхідних і вихідних отворів.
2. Тензодатчик за п. 1, який **відрізняється** тим, що містить одну сукупність каркаса з двома парами балок і принаймні одного сильфона і додатково містить жорсткий проміжний елемент з наскрізним отвором, розташований між двома фланцями, причому балки першої пари жорстко з'єднані або виконані як єдине ціле з вихідним фланцем і з проміжним елементом, балки другої пари жорстко з'єднані або виконані як єдине ціле з вхідним фланцем і проміжним елементом, перші поверхні з першими тензометричними перетворювачами розташовані на балках першої пари, а другі поверхні з другими тензометричними перетворювачами - на балках другої пари.
3. Тензодатчик за п. 2, який **відрізняється** тим, що містить один каркас з двома парами балок і два сильфони, причому сусідні кінці вказаних сильфонів жорстко і герметично прикріплені у наскрізний отвір проміжного елемента.
4. Тензодатчик за п. 1, який **відрізняється** тим, що містить один каркас з двома балками і один сильфон, причому балки жорстко прикріплені своїми кінцями до вхідного і вихідного фланців або виготовлені як єдине ціле з ними і розташовані по обидві сторони від сильфона, кожна з балок має і перші поверхні з першими тензометричними перетворювачами, і другі поверхні з другими тензометричними перетворювачами.
5. Тензодатчик за п. 1, який **відрізняється** тим, що містить першу і другу сукупності одного каркаса і одного сильфона, перший і другий каркаси містять, відповідно, першу і другу пари балок, які жорстко з'єднані або виконані як єдине ціле з вхідними і вихідними фланцями відповідного каркаса, вихідний фланець другого або першого каркасів жорстко і герметично з'єднаний, відповідно, з вхідним фланцем першого або другого каркасів, перші поверхні розташовані на балках першої пари, а другі - на балках другої пари.
6. Тензодатчик за п. 5, який **відрізняється** тим, що вказаний вихідний фланець жорстко і герметично з'єднаний з вказаним вхідним фланцем через проміжний патрубок з відповідними фланцями.
7. Тензодатчик за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що виконаний з можливістю зміни напрямку центрального вектора швидкості потоку рідини, що проходить крізь нього, на кут $\alpha > 0$ у площині, яка лежить під кутом $\beta > 0$ до площини, яка проходить через центральний вектор швидкості вхідного потоку рідини паралельно вказаній першій прямій.
8. Тензодатчик за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що кут між другою і третьою прямими становить не більше 1 кутового градуса, а кут β дорівнює 90 ± 5 кутових градусів.
9. Об'ємно-ваговий вимірювач густини рідини, який включає поточуватливу трубу, блок вимірювання та тензодатчик, який включає принаймні одну сукупність, що містить один каркас і принаймні один циліндричний сильфон, причому кожний каркас містить вхідний і вихідний фланці з наскрізними круглими отворами, чутливі до деформації подовжні балки і перші тензометричні перетворювачі, кожна з вказаних балок жорстко зв'язана з вказаними фланцями, принаймні один кінець кожного з вказаних принаймні одного циліндричного сильфона жорстко і герметично прикріплений у зазначений наскрізний отвір вхідного або вихідного фланців, балки містять перші поверхні, на які наклеєні перші тензометричні перетворювачі, так, що вони найбільш чутливі, при зафіксованому вхідному фланці тензодатчика, до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний

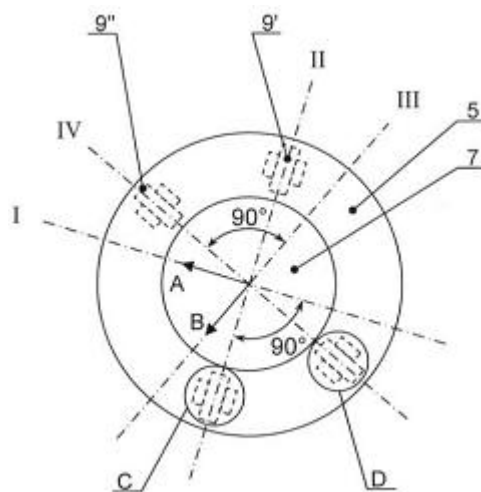
- фланець сили уздовж першої прямої у площині, перпендикулярній осі, що проходить через центри вхідного і вихідного отворів сильфона, прикріпленого до вказаного вихідного фланця, нечутливі до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж другої прямої у вказаній площині,
- 5 перпендикулярній першій прямій, потокочутлива труба прикріплена до крайнього вихідного фланця тензодатчика з максимальним суміщенням їх отворів однакового діаметра, тензодатчик виконаний з можливістю з'єднання своїм крайнім вхідним фланцем з вхідним трубопроводом з максимальним суміщенням їх отворів однакового діаметра та жорсткого приєднання до нерухомої відносно землі опори і з можливістю деформуватися під впливом ваги потокочутливої
- 10 труби з рідиною, а виходи тензометричних перетворювачів електрично підключені до входів блока вимірювання, який **відрізняється** тим, що виконаний з можливістю зміни напрямку центрального вектора швидкості потоку рідини, що проходить крізь нього, на кут α у площині, яка лежить під кутом β до площини, яка проходить через центральний вектор швидкості вхідного потоку рідини паралельно вказаній першій прямій, тензодатчик додатково містить другі
- 15 тензометричні перетворювачі, балки містять другі поверхні, на які наклеєні другі тензометричні перетворювачі так, що вони є найбільш чутливими при зафіксованому вхідному фланці тензодатчика, до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж третьої прямої у площині, перпендикулярній осі, що проходить через центри вхідного і вихідного отворів сильфона,
- 20 прикріпленого до вказаного вихідного фланця, нечутливі до деформації при зміщенні вихідного фланця тензодатчика в заздалегідь визначених межах під дією на вихідний фланець сили уздовж четвертої прямої у вказаній площині, перпендикулярній третій прямій, а тензодатчик виконаний з можливістю деформуватися під впливом швидкості потоку рідини і забезпечення нечутливості до деформації при розтягуванні сильфонів уздовж осей, що проходять через
- 25 центри їх вхідних і вихідних отворів.
10. Вимірювач за п. 9, який **відрізняється** тим, що тензодатчик містить одну сукупність каркаса з двома парами балок і принаймні одного сильфона і додатково містить жорсткий проміжний елемент з наскрізним отвором, розташований між двома фланцями, причому балки першої пари жорстко з'єднані або виконані як єдине ціле з вихідним фланцем і з проміжним елементом,
- 30 балки другої пари жорстко з'єднані або виконані як єдине ціле з вхідним фланцем і проміжним елементом, перші поверхні з першими тензометричними перетворювачами розташовані на балках першої пари, а другі поверхні з другими тензометричними перетворювачами - на балках другої пари.
11. Вимірювач за п. 10, який **відрізняється** тим, що тензодатчик містить один каркас з двома парами балок і два сильфони, причому сусідні кінці вказаних сильфонів жорстко і герметично прикріплені у наскрізний отвір проміжного елемента.
12. Вимірювач за п. 9, який **відрізняється** тим, що тензодатчик містить один каркас з двома балками і один сильфон, причому балки жорстко прикріплені своїми кінцями до вхідного і
- 40 вихідного фланців або виготовлені як єдине ціле з ними і розташовані по обидві сторони від сильфона, кожна з балок має і перші поверхні з першими тензометричними перетворювачами, і другі поверхні з другими тензометричними перетворювачами.
13. Вимірювач за п. 10, який **відрізняється** тим, що тензодатчик містить першу і другу сукупності одного каркаса і одного сильфона, перший і другий каркаси містять, відповідно, першу і другу пари балок, які жорстко з'єднані або виконані як єдине ціле з вхідними і вихідними
- 45 фланцями відповідного каркаса, вихідний фланець другого або першого каркасів жорстко і герметично з'єднаний з вхідним фланцем першого або другого каркасів так, що їх отвори суміщені і спільні осі наскрізних отворів кожного каркаса співпадають, перші чутливі до деформації поверхні розташовані на балках першої пари, а другі - на балках другої пари.
14. Вимірювач за п. 13, який **відрізняється** тим, що вказаний вихідний фланець тензодатчика жорстко і герметично з'єднаний з вказаним вхідним фланцем через проміжний патрубок з
- 50 відповідними фланцями.
15. Вимірювач за будь-яким з пп. 9-14, який **відрізняється** тим, що виконаний з можливістю встановлення першої прямої вертикально.
16. Вимірювач за п. 15, який **відрізняється** тим, що кут між другою і третьою прямими
- 55 становить не більше 1 кутового градуса, а кут β знаходиться в межах 90 ± 5 кутових градусів.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

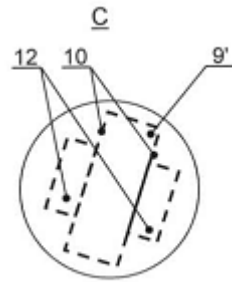


Fig. 4

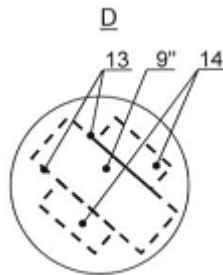


Fig. 5

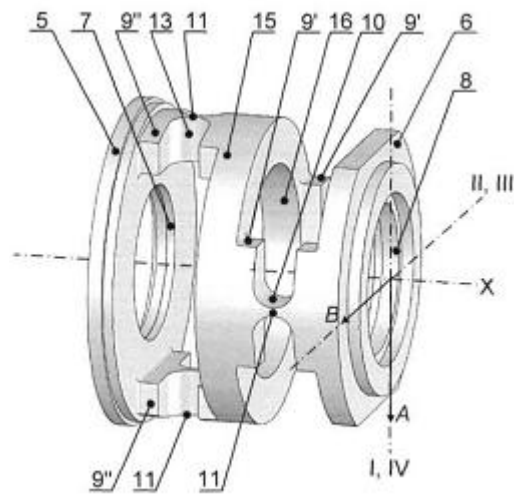


Fig. 6

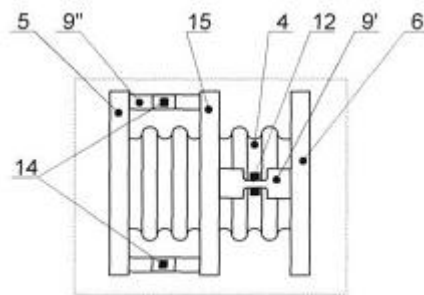


Fig. 7

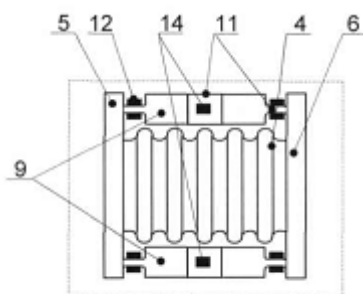


Fig. 8

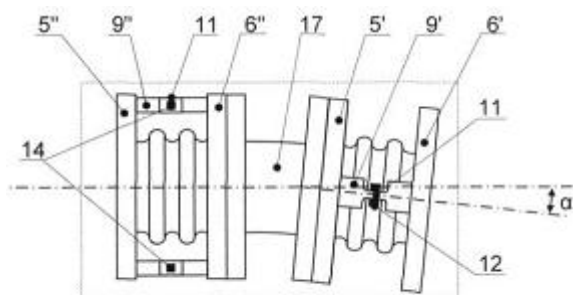


Fig. 9

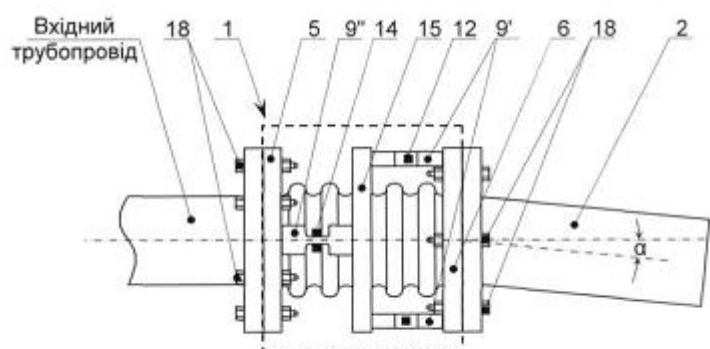


Fig. 10

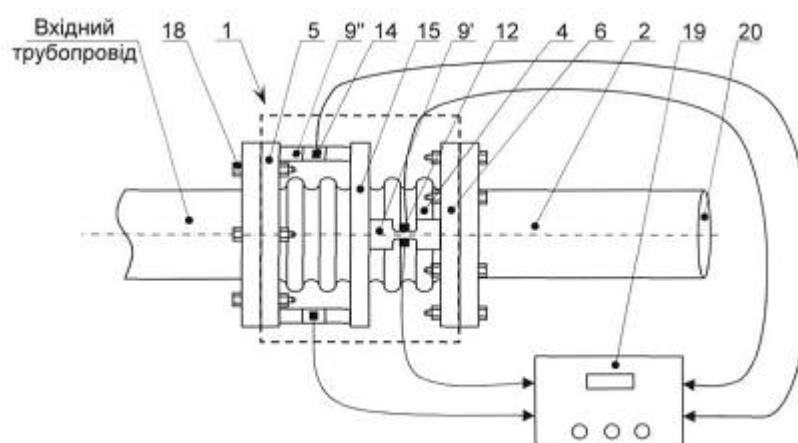


Fig. 11

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601