

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201991560 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.01.30

(51) Int. Cl. G01F 1/66 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.01.17

(54) ИЗМЕРЕНИЕ ПОТОКА

(31) 2017900133

(72) Изобретатель:

(32) 2017.01.17

Отон Дэвид Джон, Биш Гордон Джон,
Бэйлисс Крэйг Джозеф, Катрина
Мариус Каталин (AU)

(33) AU

(86) PCT/AU2018/050028

(87) WO 2018/132870 2018.07.26

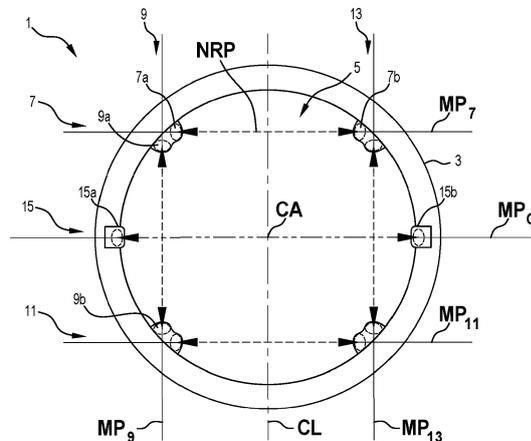
(71) Заявитель:

(74) Представитель:

РУБИКОН РЕСЁРЧ ПТИ ЛТД (AU)

Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В. (RU)

(57) Предложена система (5) акустических преобразователей (7а, 7b, 7с, 7d, 9а, 9b, 9с, 9d, 11а, 11b, 11с, 11d, 13а, 13b, 13с, 13d) для расходомера. Расходомер предназначен для измерения расхода потока текучей среды. Система содержит соответствующий набор (7, 9, 11, 13) преобразователей для каждой грани воображаемого правильного многоугольника NRP. Наборы преобразователей взаимосвязаны с трубчатой полостью для переноса текучей среды. Каждый из наборов преобразователей, соответственно, содержит два акустических преобразователя, ориентированных с образованием акустического пути, лежащего в плоскости MP₇ измерения соответствующего набора, и два других акустических преобразователя, ориентированных с образованием другого акустического пути, лежащего в плоскости измерения соответствующего набора. Наборы преобразователей расположены таким образом, что в поперечном сечении, перпендикулярном трубчатой полости, измерительная плоскость каждого соответствующего набора преобразователей совпадает с соответствующей гранью воображаемого правильного многоугольника.



A1

201991560

201991560

A1

ИЗМЕРЕНИЕ ПОТОКА

[0001] Приоритет настоящей заявки испрашивается по предварительной патентной заявке Австралии №2017/900133, поданной 17 января 2017 года, полное содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0002] Изобретение относится к измерению расхода потока.

[0003] Изобретение описано ниже применительно к измерению расхода при протекании оросительной воды, хотя варианты изобретения применимы в других контекстах, например, к измерению расхода при протекании газа.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0004] Обычный способ измерения расхода воды, протекающей по трубе, предполагает установку пары акустических преобразователей, обращенных друг к другу для ограничения акустического пути. Путь пересекает полое внутреннее пространство трубы под углом 45° относительно центральной оси трубы и разделяет эту ось. Каждый из преобразователей отправляет сигналы вдоль акустического пути и принимает сигналы по нему. Может быть определено время прохождения данных сигналов в каждом направлении вдоль акустического пути, начиная от выхода указанных преобразователей. Разность между значениями указанного времени прохождения может быть связана со средней осевой скоростью текучей среды внутри трубы.

[0005] Вычисление скорости основано на том предположении, что поток проходит параллельно центральной оси трубы, и профиль потока является ламинарным. Используя физический анализ, получают соответствующий логический алгоритм.

[0006] На практике указанные допущения не соответствуют действительности. В результате турбулентности возникают режимы течения с составляющими скорости, которые не являются параллельными центральной оси, и профиль потока не является полностью ламинарным. Таким образом, турбулентность внутри трубы снижает точность измерения.

[0007] Для повышения точности обычно используют вторую пару акустических преобразователей для ограничения второго акустического пути, который на центральной линии трубы пересекается под углом 90° с ранее упомянутым первым акустическим путем. Общая плоскость, занимаемая двумя акустическими путями, совпадает с центральной линией трубы и называется плоскостью измерения. Разумеется, нужна не абсолютная геометрическая точность, а лишь практическая степень точности, и поэтому в данной области техники и в настоящем описании применяют выражение «плоскость измерения» и подобную терминологию. В качестве примера, согласно формулировке, применяемой в настоящем документе и применительно к трубе диаметром 500 мм, два акустических пути, которые пересекаются друг с другом в пределах 1 мм, лежат в общей плоскости.

[0008] Несмотря на то, что добавление второго акустического пути является усовершенствованием, турбулентность все еще является источником погрешности. Следовательно, по-прежнему желательно минимизировать турбулентность, влияющую на расходомер. Для этого обычно обеспечивают:

- на верхней по потоку стороне расходомера, прямой участок трубы, длина которого равна по меньшей мере десяти диаметрам трубы; и
- на нижней по потоку стороне расходомера, прямой участок трубы, длина которого равна по меньшей мере четырем диаметрам трубы.

[0009] Во многих областях применения установка таких прямых участков трубы связана с затратами, и/или желательно обеспечить еще большую точность.

[0010] Вдобавок к указанным обычным решениям автор заявки ранее разработал усовершенствования, например, описанные в международных патентных заявках, опубликованных как WO2011/020143 A1 и WO2016/004471 A1.

[0011] В публикации WO2011/020143 A1 (содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки) описана система акустических преобразователей, образующих отстоящие друг от друга взаимно параллельные плоскости измерения для оценки потока. Кроме того, описана система преобразователей, образующая три измерительных плоскости для оценки потока, которые пересекают центральную линию трубы под разными углами, так что круглое поперечное сечение трубы разделено на шесть секторов.

[0012] В публикации WO2016/004471 A1 (содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки) описана трубчатая полость, которая подобным образом разделена плоскостями измерения на сектора. Рядом с устройством из преобразователей и ниже по потоку установлена шиберная задвижка вентиль. Для установления связи расхода потока, положения шиберной задвижки и выходных сигналов от преобразователей применяют идентификацию системы.

[0013] Выражение «идентификация системы» относится к известной методике получения модели системы, исходя из экспериментальных данных. Данная методика заключается в предложении соответствующего математического представления для модели соответствующей системы и последующего процесса настройки, в ходе которого конкретное представление оптимизируют с обеспечением наиболее точного воспроизведения экспериментальных, зафиксированных во времени и полученных от системы результатов наблюдений. Методика обеспечивает средство сравнения разных моделей и их классификацию согласно их способности воспроизводить поведение системы. Идентификация системы является особым подразделом в теории математических систем, а также в статистике.

[0014] Несмотря на усовершенствования, выполненные ранее заявителем, авторы настоящего изобретения признают, что возможны еще и дополнительные усовершенствования. Предпочтительные варианты настоящего изобретения нацелены на обеспечение повышенной точности и/или создание более простой и более удобной конструкции.

[0015] В настоящем описании ссылку на патентный документ или другой материал, который приводится как уровень техники, не следует считать признанием или предположением того, что документ или материал был известен, или что информация, содержащаяся в нем, была частью общеизвестных знаний на дату приоритета любого из пунктов формулы изобретения.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0016] Согласно одному аспекту изобретения предложена система акустических преобразователей для расходомера, при этом расходомер предназначен для измерения расхода при прохождении текучей среды, причем система содержит соответствующий набор преобразователей для каждой грани вообразяемого правильного многоугольника,

наборы преобразователей взаимосвязаны с трубчатой полостью для переноса текучей среды,

при этом каждый набор преобразователей, соответственно, включает:

два акустических преобразователя, ориентированных с образованием акустического пути, лежащего в плоскости измерения соответствующего набора, и

два других акустических преобразователя, ориентированных с образованием другого акустического пути, лежащего в плоскости измерения соответствующего набора,

при этом наборы преобразователей расположены таким образом, что в поперечном сечении, перпендикулярном трубчатой полости, измерительная плоскость каждого соответствующего набора преобразователей совпадает с соответствующей гранью вообразяемого правильного многоугольника.

[0017] Правильный многоугольник имеет плоскую форму, образованную последовательностью прямолинейных отрезков (называемых «гранями» или «сторонами»), является равноугольным (все углы равны при измерении) и равносторонним (все стороны имеют одинаковую длину). Правильные

многоугольники могут иметь выпуклый профиль или форму звезды. Примерами правильных многоугольников с выпуклым профилем являются треугольники, квадраты, пятиугольники, шестиугольники и т.д. Пентаграммы или гексаграммы являются примерами правильных многоугольников, имеющих форму звезды.

[0018] Предпочтительно, акустический путь каждого соответствующего набора по существу пересекает другой акустический путь соответствующего набора. Наиболее предпочтительно, акустический путь каждого соответствующего набора по существу перпендикулярен другому акустическому пути соответствующего набора. Воображаемый правильный многоугольник по существу может быть концентрическим относительно трубчатой полости и предпочтительно выпуклым. Наиболее предпочтительно, воображаемый многоугольник является квадратом.

[0019] Предпочтительно, плоскости измерения по существу параллельны трубчатой полости.

[0020] Система может содержать блоки преобразователей, при этом каждый соответствующий блок имеет два указанных акустических преобразователя и включает монтажное устройство, посредством которого соответствующий блок устанавливается в качестве блока.

[0021] Система может содержать четыре дополнительных акустических преобразователя, ориентированных для ограничения двух акустических путей, лежащих в плоскости, совпадающей с центральной линией трубчатой полости.

[0022] Предпочтительно, каждый расположенный выше по потоку акустический преобразователь из наборов и из четырех дополнительных акустических преобразователей лежит в верхней по потоку плоскости, поперечной трубчатой полости, и каждый расположенный ниже по потоку акустический преобразователь из наборов и из четырех дополнительных акустических преобразователей лежит в нижней по потоку плоскости, поперечной трубчатой полости.

[0023] Согласно одному аспекту изобретения также предложена система аппаратного обеспечения, включающая указанную систему акустических преобразователей и датчик, предназначенный для определения уровня текучей среды в трубчатой полости.

[0024] Кроме того, согласно одному аспекту изобретения предложен расходомерный узел, включающий указанную систему и корпус, ограничивающий трубчатую полость и поддерживающий акустические преобразователи.

[0025] Корпус, предпочтительно, ограничивает соответствующую часть с установочной поверхностью для каждого из акустических преобразователей из наборов, при этом соответственно, каждая из частей с установочной поверхностью по существу перпендикулярна соответствующей крайней части воображаемого правильного многоугольника.

[0026] Согласно одному аспекту изобретения также предложен расходомер, включающий указанную систему и логическое устройство для применения последовательности логических операций к выходным сигналам, полученным от преобразователей, для обеспечения индикации расхода потока текучей среды.

[0027] Предпочтительно, последовательность логических операций по меньшей мере частично определяется в результате идентификации системы.

[0028] Кроме того, согласно одному аспекту изобретения предложен блок преобразователей для расходомера, причем расходомер предназначен для измерения расхода потока текучей среды,

при этом блок преобразователей включает:

акустический преобразователь для подачи сигналов вдоль акустического пути и приема сигналов по нему,

другой акустический преобразователь для подачи сигналов вдоль другого акустического пути и приема сигналов по другому указанному пути, и

монтажное устройство, посредством которого блок преобразователей может быть установлен в виде блока и во взаимосвязи с трубчатой полостью для переноса текучей среды,

при этом акустические пути взаимно расходятся от блока преобразователей относительно

монтажного устройства в таких направлениях, что по меньшей мере три верхних по потоку блока преобразователей могут взаимодействовать с:

по меньшей мере тремя нижними по потоку блоками преобразователей, и корпусом, ограничивающим трубчатую полость для формирования указанной системы.

[0029] Предпочтительно, акустические пути взаимным образом расходятся от блока преобразователей под внутренним углом, составляющим 60° , так что четыре верхних по потоку блока преобразователей могут взаимодействовать с четырьмя нижними по потоку блоками преобразователей, и воображаемый правильный многоугольник является квадратом.

[0030] Согласно другому аспекту предложена система акустических преобразователей в расходомере для водного орошения, который предназначен для измерения расхода потока воды, при этом система включает соответствующий набор преобразователей для каждой грани воображаемого правильного многоугольника, причем наборы преобразователей взаимосвязаны с трубчатой полостью для переноса воды, и каждый набор преобразователей, соответственно, включает:

два акустических преобразователя, ориентированных относительно друг друга для ограничения акустического пути и лежащих в плоскости измерения соответствующего набора, и

два других акустических преобразователя, ориентированных относительно друг друга для ограничения другого акустического пути и лежащих в плоскости измерения соответствующего набора, при этом

наборы преобразователей расположены таким образом, что в поперечном сечении, перпендикулярном трубчатой полости, измерительная плоскость каждого соответствующего набора преобразователей совпадает с соответствующей гранью воображаемого правильного многоугольника.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0031] Далее вариант выполнения устройства описан исключительно в качестве примера со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

[0032] на Фиг.1 представлен расходомерный узел в осевом разрезе;

[0033] на Фиг.2 представлен этот же узел в виде с торца;

[0034] на Фиг.3 представлен вид этого узла в аксонометрии;

[0035] на Фиг.4 представлен вид в аксонометрии, изображенный на Фиг.3, под более острым углом;

[0036] на Фиг.5 представлен вид в аксонометрии другого расходомерного узла;

[0037] на Фиг.6 представлен установленный блок преобразователей для узла, изображенного на Фиг.5, в осевом разрезе;

[0038] на Фиг.7 представлен вид в аксонометрии другого расходомерного узла;

[0039] на Фиг.8 представлен другой расходомерный узел, в осевом разрезе;

[0040] на Фиг.9 представлен узел на виде с торца;

[0041] на Фиг.10 представлен вид в аксонометрии узла, изображенного на Фиг.9;

[0042] на Фиг.11 представлен вид в аксонометрии узла, изображенного на Фиг.1, с прикрепленным к нему двустворчатым клапаном;

[0043] на Фиг.12 представлен другой расходомерный узел в вертикальном осевом разрезе;

[0044] на Фиг.13 представлен указанный узел в горизонтальном осевом разрезе; и

[0045] на Фиг.14 представлен вид в аксонометрии узла, изображенного на Фиг.1, с прикрепленной к узлу шиберно-ножевой задвижкой.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

[0046] На Фиг.1 - Фиг.4 проиллюстрирован расходомерный узел 1, содержащий трубчатый корпус 3 и систему 5 акустических преобразователей.

[0047] Корпус 3 ограничивает трубчатую полость, через которую протекает вода. В данном случае

полость имеет диаметр D . Корпус 3 может иметь конструктивные крепежные элементы (такие как установочные фланцы) в пределах одного диаметра D выше и ниже по потоку относительно преобразователей, обеспечивая удобство установки узла вдоль длины трубы. В альтернативном варианте, преобразователи могут быть установлены иным образом, обеспечивая измерение потока через трубчатую полость самой трубы. Варианты предложенной системы могут быть использованы в контексте труб некруглого сечения.

[0048] Система 5 содержит три набора 7, 9, 11, 13 акустических преобразователей.

[0049] Предпочтительные виды системы 5 применимы для измерения потока в любом направлении, хотя в данном случае будет рассмотрен поток в направлении стрелки Q на Фиг. 1.

[0050] Набор 7 включает преобразователи 7a, 7b, 7c, 7d, установленные в непосредственной близости к внутреннему пространству корпуса 3. Один верхний по потоку преобразователь 7a взаимодействует с расположенным ниже по потоку одним преобразователем 7b (Фиг.4) для ограничения акустического пути, проходящего диагонально через плоскую верхнюю хорду трубчатой полости корпуса 3. Другой верхний по потоку преобразователь 7b расположен симметрично относительно преобразователя 7a с другой стороны вертикальной (как изображено на чертежах) центральной линии CL системы, в той же поперечной плоскости, что и преобразователь 7a и в той же осевой плоскости, что и преобразователь 7d. Преобразователь 7b взаимодействует с расположенным ниже по потоку преобразователем 7c, образуя другой акустический путь. Оба акустических пути, образованные набором 7, лежат в общей плоскости MP_7 измерения. Таким образом, преобразователи 7a, 7b, 7c, 7d расположены в углах воображаемого квадрата, через который из угла в угол, по диагонали, проходят акустические пути.

[0051] Набор 9 включает преобразователи 9a, 9b, 9c, 9d. Преобразователь 9a установлен смежно с преобразователем 7a, и подобным образом преобразователь 9c установлен смежно с преобразователем 7c. Преобразователи 9b, 9d установлены вертикально под преобразователями 9a, 9c, соответственно. Преобразователь 9a взаимодействует с преобразователем 9d для ограничения акустического пути $AC_{9,1}$, который по диагонали пересекает вертикальную хорду внутреннего пространства корпуса 3. Аналогичным образом, преобразователи 9b, 9c взаимодействуют с образованием второго акустического пути $AC_{9,2}$, который по диагонали пересекает ту же самую хорду. Указанные пути предпочтительно являются взаимно перпендикулярными, как изображено на Фиг. 1.

[0052] Пути $AC_{9,1}$, $AC_{9,2}$ лежат в общей плоскости MP_9 измерения. Подобным образом, наборы 11 и 13 образуют плоскости MP_{11} , MP_{13} измерения.

[0053] В сечении, проходящем поперек внутреннего пространства корпуса 3 (что соответствует Фиг.2), каждая плоскость измерения проходит вдоль соответствующей грани воображаемого правильного многоугольника NRP , имеющего вид квадрата. Вершины многоугольника NRP образованы точками, в которых две плоскости измерения пересекаются друг с другом.

[0054] Типичная система 5 дополнительно включает набор 15 акустических преобразователей 15a, 15b, 15c, 15d, образующих перекрестную пару акустических путей, совпадающих с центральной осью CA трубчатого внутреннего пространства корпуса 3, для задания центральной плоскости MPC измерения. В данном примере центральная плоскость MPC является горизонтальной.

[0055] Авторами настоящего изобретения установлено, что описанная конструкция является преимущественной как с точки зрения вычислений, так и с конструктивной точки зрения.

[0056] Акустические преобразователи выполнены с возможностью создания выходных сигналов, к которым могут быть применены логические операции для определения средней осевой скорости текучей среды вдоль каждой из плоскостей измерения. Хотя возможность применения логических операций может изменяться от системы к системе и зависит от вида текучей среды, лабораторные испытания, проведенные авторами изобретения, неожиданным образом показали, что точные измерения потока могут быть получены путем применения к выходному сигналу, получаемому от преобразователей, логических операций, которые были разработаны в результате идентификации системы.

[0057] Установлено, что описанная система акустических преобразователей в большей степени учитывает условия спирального потока, известные как завихрение, чем существующие устройства обнаружения. Завихрение является одним из проявлений турбулентности.

[0058] Обычное измерение потока на основании времени прохождения предполагает использование акустических путей, которые пересекают ось трубы, и основано на предположениях относительно профиля потока внутри трубы. Описанная предпочтительная система акустических преобразователей включает акустические пути, которые не пересекают центральную ось, обеспечивая данные, необходимые для компенсации завихрения.

[0059] Предпочтительные варианты выполнения изобретения являются особенно преимущественными в контексте круглых труб (то есть, труб, имеющих круговое поперечное сечение), в которых завихрение доставляет больше проблем.

[0060] Некоторые конструктивные преимущества предложенной системы из преобразователей лучше всего проиллюстрированы в отношении примера системы, изображенного на Фиг.5 и Фиг.6. Для удобства, номера позиций для компонентов, аналогичных представленным на Фиг.1 - Фиг.4, остаются прежними.

[0061] Каждая смежная пара преобразователей может быть установлена в пределах единого блока преобразователей, например, блок 17' преобразователей может включать преобразователи 7с, 9с. Таким образом, для размещения шестнадцати преобразователей из наборов 7, 9, 11 и 13 могут быть установлены восемь взаимно идентичных блоков преобразователей, например, представленный блок 17 аналогичен блоку 17'.

[0062] Блок 17 преобразователей также включает монтажное устройство в виде установочной пластины 19, посредством которой указанный блок 17 может быть установлен в виде узла и во взаимосвязи с трубчатым внутренним пространством корпуса 3. Установочная пластина 19 выполнена изогнутой для соответствия наружной поверхности корпуса 3 и имеет сквозные отверстия 21, через которые могут быть проведены соответствующие средства крепления для обеспечения взаимодействия с комплементарными отверстиями 23, образованными в стенке корпуса 3, при этом часть 25 блока, на которой установлены преобразователи, выходит через комплементарное отверстие 27 сквозь стенку корпуса 3. Часть 25, на которой установлены преобразователи, поддерживает пару преобразователей, например, преобразователей 7с, 9с, направленных для работы под заданными углами. Прокладка 29 окружает отверстие 27 и обжимает его, обеспечивая герметичную защиту против утечки через указанное отверстие.

[0063] При соответствующих регулировках монтажного устройства тот же самый блок 17 преобразователей может быть использован в трубах разного диаметра.

[0064] На Фиг.7 представлен другой пример узла 1, в котором взаимно смежные акустические преобразователи отделены друг от друга посредством ребер, обеспечивающих разделение потока. В данном примере ребра, обеспечивающие разделение потока, проходят параллельно трубчатому внутреннему пространству корпуса 3, например, ребро 30 отделяет друг от друга преобразователи 7а, 9а, тогда как ребро 31 отделяет друг от друга преобразователи 9b, 11b. Ребра обеспечивают спрямление потока, а также ограничивают завихрение и эффекты в поперечном сечении потока. Напротив ребер 30 и 31 расположены подобные ребра 30а и 31а. Ребра 30, 31, 30а и 31а могут иметь любую соответствующую форму и, как правило, выходят за пределы высоты преобразователей для улучшения спрямления потока воды.

[0065] Возможны другие виды конструкции, обеспечивающей разделение потока. В примере, представленном на Фиг.8 и Фиг.9, преобразователи 7а, 9а отделены посредством конструкции для разделения потока, имеющей вид продольного выступа 33, ограничивающего установочную поверхность 35, по существу перпендикулярную верхней грани воображаемого прямоугольного многоугольника NRP, и на которой может быть установлен преобразователь 7а. Подобным образом, выступ 33 ограничивает поверхность 37 для установки преобразователя 9а, по существу перпендикулярную боковой грани многоугольника NRP. Такая конструкция позволяет во всех шестнадцати точках установки наборов использовать общий преобразователь и устройство для монтажа преобразователя. Подобного эффекта

можно добиться, если каждая поверхность для установки преобразователя имеет другую (а именно, не перпендикулярную) общую ориентацию, как изображено на Фиг.10 применительно к соответствующей части воображаемого прямоугольного многоугольника. Как изображено на Фиг.10, продольные выступы 41 имеют наклонные установочные поверхности 43, 54, в противоположность перпендикулярным установочным поверхностям 35, 37, показанным на Фиг.9.

[0066] В примерах, изображенных на Фиг.1 - Фиг.7, каждый из акустических путей охватывает соответствующий диапазон потока, и таким образом, каждая пара обращенных друг к другу акустических преобразователей включает верхний по потоку преобразователь и нижний по потоку преобразователь, например, пара 9b, 9c включает верхний по потоку преобразователь 9b, расположенный перед нижним по потоку преобразователем 9c.

[0067] В проиллюстрированных примерах, верхние по потоку преобразователи лежат в общей плоскости, поперечной внутреннему пространству корпуса 3, тогда как нижние по потоку преобразователи лежат в другой общей поперечной плоскости. Данная общность не является существенной. Как изображено на Фиг.8 - Фиг.9, смежные друг с другом преобразователи, такие как преобразователи 7a, 9a, могут быть смещены в осевом направлении относительно друг друга. Предпочтительно, акустические пути пересекаются по меньшей мере с одной общей плоскостью, проходящей поперек трубчатой полости корпуса 3, то есть, предпочтительно, размер L, показанный на Фиг.8, по меньшей мере равен нулю.

[0068] На Фиг.12 и Фиг.13 показан узел расходомера, подобный узлу, представленному на Фиг.1. По сравнению с вариантом, изображенным на Фиг.1, дополнительные акустические датчики 15a, 15b, 15c, 15d смещены в осевом направлении внутрь по направлению к центру системы, так что они расположены в верхней по потоку и нижней по потоку плоскостях UP, DP, в которых также находятся акустические преобразователи из наборов. Такое смещение обеспечивает уменьшение общей длины системы обнаружения потока. Такое смещение приводит к тому, что акустические пути AC_{15,1}, AC_{15,2} пересекаются под углом, отличающимся от обычно предпочтительного угла в 90°. Тем не менее, с учетом выходного сигнала от акустических преобразователей, входящих в состав наборов, могут быть получены точные результаты измерения потока.

[0069] Система, представленная на Фиг.12, дополнительно включает датчик 39 уровня воды, предназначенный для определения уровня WL воды в трубе. В данном примере датчик 39 представляет собой установленный наверху акустический датчик, который посылает сигналы и принимает отраженные сигналы по вертикальному акустическому пути AC₃₉. Возможны другие системы регистрации уровня воды, например, может быть предусмотрен датчик, устанавливаемый на дне. Уровень воды может выражаться в показателе высоты, отмеряемой вверх от дна трубы, либо в показателе высоты, отмеряемой вниз от открытой части трубы, или в других показателях.

[0070] Предпочтительные виды расходомера обеспечивают обработку данных, полученных от акустических преобразователей, а также от датчика 39 для обеспечения возможности измерения потока в полностью заполненных трубах, а также в трубах, заполненных лишь частично.

[0071] Примеры, представленные на Фиг.1 - Фиг.10 и Фиг.12 - Фиг.13, относятся к измерению потока, проходящего прямооток через корпус или трубу 3. Варианты выполнения также могут включать прикрепление устройства управления потоком или затвор для обеспечения возможности пропускания воды через данное устройство. Такие устройства могут быть установлены в любом месте вдоль трубы 3 или на ее конце, в зависимости от требований. На Фиг.11 и Фиг.14 показано использование типичных устройств управления потоком, применяемых в данной области техники, но без ограничения указанными устройствами, что понятно специалистам.

[0072] На Фиг.11 показана двустворчатая задвижка 51, прикрепленная к концу трубы 3. Данная задвижка в полной мере описана в вариантах выполнения, обсуждаемых в австралийском патенте № 2012234917, содержание которого полностью включено в настоящий документ во избежание повторения и дублирования описания для читателя. Пара шарнирных уплотняемых полукруглых пластин 53 (на Фиг.11

видна только одна из пластин) может подниматься и опускаться посредством поворотных стоек 55, установленных на оси в поворотном резьбовом элементе 57, входящем в состав устройства 59 активации. Двигатель 61 поворачивает резьбовой элемент 57 под действием программного управления. Кроме того, при необходимости двигатель 61 может быть заменен ручным рычагом.

[0073] На Фиг.14 показана шиберно-ножевая задвижка 63, закрепленная на конце трубы 3. Данная задвижка в полной мере описана в вариантах выполнения, описанных в заявках РСТ №№ WO2011/020143 и WO2016/004471, содержание которых полностью включено в настоящий документ во избежание повторения и дублирования описания для читателя. Затвор 65 задвижки, выполненный с возможностью скольжения при уплотняющем контакте внутри рамы 67, может быть поднят и опущен подъемным механизмом 69, соединенным с указанной рамой. Двигатель 71 работает под действием программного управления, поднимая и опуская затвор 65 задвижки. Более того, при необходимости двигатель 71 может быть заменен ручным рычагом.

[0074] Специалисты в данной области техники понимают, что идеи настоящего изобретения могут выходить за пределы описанных примеров. Изобретение не ограничено описанными примерами; точнее, изобретение определено формулой изобретения. В качестве примера, некоторые варианты могут быть реализованы без использования набора 15, и хотя в данном примере плоскости измерения, соответствующие наборам, параллельны внутреннему пространству трубчатого корпуса, в других вариантах может быть иначе.

[0075] В данном примере существует десять взаимно обращенных друг к другу пар акустических преобразователей, соответствующих десяти акустическим путям. Установлено, что по сравнению с другими системами для измерения потока данная система обеспечивает измерения потока, не столь подверженные эффектам, возникающим в поперечном сечении потока, а также другим проявлениям турбулентности. Разумеется, описанные принципы могут не ограничиваться воображаемым квадратом, распространяясь на другие правильные многоугольники, например, воображаемые правильные многоугольники, имеющие вид пятиугольников или пентаграмм, причем в данных случаях могут быть реализованы подобные преимущества в плане вычислений и с точки зрения конструкции.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОТОКА

[0001] Приоритет настоящей заявки испрашивается по предварительной патентной заявке Австралии №2017/900133, поданной 17 января 2017 года, полное содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0002] Изобретение относится к измерению расхода потока.

[0003] Изобретение описано ниже применительно к измерению расхода при протекании оросительной воды, хотя варианты изобретения применимы в других контекстах, например, к измерению расхода при протекании газа.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0004] Обычный способ измерения расхода воды, протекающей по трубе, предполагает установку пары акустических преобразователей, обращенных друг к другу для ограничения акустического пути. Путь пересекает полое внутреннее пространство трубы под углом 45° относительно центральной оси трубы и разделяет эту ось. Каждый из преобразователей отправляет сигналы вдоль акустического пути и принимает сигналы по нему. Может быть определено время прохождения данных сигналов в каждом направлении вдоль акустического пути, начиная от выхода указанных преобразователей. Разность между значениями указанного времени прохождения может быть связана со средней осевой скоростью текучей среды внутри трубы.

[0005] Вычисление скорости основано на том предположении, что поток проходит параллельно центральной оси трубы, и профиль потока является ламинарным. Используя физический анализ, получают соответствующий логический алгоритм.

[0006] На практике указанные допущения не соответствуют действительности. В результате турбулентности возникают режимы течения с составляющими скорости, которые не являются параллельными центральной оси, и профиль потока не является полностью ламинарным. Таким образом, турбулентность внутри трубы снижает точность измерения.

[0007] Для повышения точности обычно используют вторую пару акустических преобразователей для ограничения второго акустического пути, который на центральной линии трубы пересекается под углом 90° с ранее упомянутым первым акустическим путем. Общая плоскость, занимаемая двумя акустическими путями, совпадает с центральной линией трубы и называется плоскостью измерения. Разумеется, нужна не абсолютная геометрическая точность, а лишь практическая степень точности, и поэтому в данной области техники и в настоящем описании применяют выражение «плоскость измерения» и подобную терминологию. В качестве примера, согласно формулировке, применяемой в настоящем документе и применительно к трубе диаметром 500 мм, два акустических пути, которые пересекаются друг с другом в пределах 1 мм, лежат в общей плоскости.

[0008] Несмотря на то, что добавление второго акустического пути является усовершенствованием, турбулентность все еще является источником погрешности. Следовательно, по-прежнему желательно минимизировать турбулентность, влияющую на расходомер. Для этого обычно обеспечивают:

- на верхней по потоку стороне расходомера, прямой участок трубы, длина которого равна по меньшей мере десяти диаметрам трубы; и
- на нижней по потоку стороне расходомера, прямой участок трубы, длина которого равна по меньшей мере четырем диаметрам трубы.

[0009] Во многих областях применения установка таких прямых участков трубы связана с затратами, и/или желательно обеспечить еще большую точность.

[0010] Вдобавок к указанным обычным решениям автор заявки ранее разработал усовершенствования, например, описанные в международных патентных заявках, опубликованных как WO2011/020143 A1 и WO2016/004471 A1.

[0011] В публикации WO2011/020143 A1 (содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки) описана система акустических преобразователей, образующих отстоящие друг от друга взаимно параллельные плоскости измерения для оценки потока. Кроме того, описана система преобразователей, образующая три измерительных плоскости для оценки потока, которые пересекают центральную линию трубы под разными углами, так что круглое поперечное сечение трубы разделено на шесть секторов.

[0012] В публикации WO2016/004471 A1 (содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки) описана трубчатая полость, которая подобным образом разделена плоскостями измерения на сектора. Рядом с устройством из преобразователей и ниже по потоку установлена шиберная задвижка вентиль. Для установления связи расхода потока, положения шиберной задвижки и выходных сигналов от преобразователей применяют идентификацию системы.

[0013] Выражение «идентификация системы» относится к известной методике получения модели системы, исходя из экспериментальных данных. Данная методика заключается в предложении соответствующего математического представления для модели соответствующей системы и последующего процесса настройки, в ходе которого конкретное представление оптимизируют с обеспечением наиболее точного воспроизведения экспериментальных, зафиксированных во времени и полученных от системы результатов наблюдений. Методика обеспечивает средство сравнения разных моделей и их классификацию согласно их способности воспроизводить поведение системы. Идентификация системы является особым подразделом в теории математических систем, а также в статистике.

[0014] Несмотря на усовершенствования, выполненные ранее заявителем, авторы настоящего изобретения признают, что возможны еще и дополнительные усовершенствования. Предпочтительные варианты настоящего изобретения нацелены на обеспечение повышенной точности и/или создание более простой и более удобной конструкции.

[0015] В настоящем описании ссылку на патентный документ или другой материал, который приводится как уровень техники, не следует считать признанием или предположением того, что документ или материал был известен, или что информация, содержащаяся в нем, была частью общеизвестных знаний на дату приоритета любого из пунктов формулы изобретения.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0016] Согласно одному аспекту изобретения предложена система акустических преобразователей для расходомера, при этом расходомер предназначен для измерения расхода при прохождении текучей среды, причем система содержит соответствующий набор преобразователей для каждой грани вообразяемого правильного многоугольника,

наборы преобразователей взаимосвязаны с трубчатой полостью для переноса текучей среды,

при этом каждый набор преобразователей, соответственно, включает:

два акустических преобразователя, ориентированных с образованием акустического пути, лежащего в плоскости измерения соответствующего набора, и

два других акустических преобразователя, ориентированных с образованием другого акустического пути, лежащего в плоскости измерения соответствующего набора,

при этом наборы преобразователей расположены таким образом, что в поперечном сечении, перпендикулярном трубчатой полости, измерительная плоскость каждого соответствующего набора преобразователей совпадает с соответствующей гранью вообразяемого правильного многоугольника.

[0017] Правильный многоугольник имеет плоскую форму, образованную последовательностью прямолинейных отрезков (называемых «гранями» или «сторонами»), является равноугольным (все углы равны при измерении) и равносторонним (все стороны имеют одинаковую длину). Правильные

многоугольники могут иметь выпуклый профиль или форму звезды. Примерами правильных многоугольников с выпуклым профилем являются треугольники, квадраты, пятиугольники, шестиугольники и т.д. Пентаграммы или гексаграммы являются примерами правильных многоугольников, имеющих форму звезды.

[0018] Предпочтительно, акустический путь каждого соответствующего набора по существу пересекает другой акустический путь соответствующего набора. Наиболее предпочтительно, акустический путь каждого соответствующего набора по существу перпендикулярен другому акустическому пути соответствующего набора. Воображаемый правильный многоугольник по существу может быть концентрическим относительно трубчатой полости и предпочтительно выпуклым. Наиболее предпочтительно, воображаемый многоугольник является квадратом.

[0019] Предпочтительно, плоскости измерения по существу параллельны трубчатой полости.

[0020] Система может содержать блоки преобразователей, при этом каждый соответствующий блок имеет два указанных акустических преобразователя и включает монтажное устройство, посредством которого соответствующий блок устанавливается в качестве блока.

[0021] Система может содержать четыре дополнительных акустических преобразователя, ориентированных для ограничения двух акустических путей, лежащих в плоскости, совпадающей с центральной линией трубчатой полости.

[0022] Предпочтительно, каждый расположенный выше по потоку акустический преобразователь из наборов и из четырех дополнительных акустических преобразователей лежит в верхней по потоку плоскости, поперечной трубчатой полости, и каждый расположенный ниже по потоку акустический преобразователь из наборов и из четырех дополнительных акустических преобразователей лежит в нижней по потоку плоскости, поперечной трубчатой полости.

[0023] Согласно одному аспекту изобретения также предложена система аппаратного обеспечения, включающая указанную систему акустических преобразователей и датчик, предназначенный для определения уровня текучей среды в трубчатой полости.

[0024] Кроме того, согласно одному аспекту изобретения предложен расходомерный узел, включающий указанную систему и корпус, ограничивающий трубчатую полость и поддерживающий акустические преобразователи.

[0025] Корпус, предпочтительно, ограничивает соответствующую часть с установочной поверхностью для каждого из акустических преобразователей из наборов, при этом соответственно, каждая из частей с установочной поверхностью по существу перпендикулярна соответствующей крайней части воображаемого правильного многоугольника.

[0026] Согласно одному аспекту изобретения также предложен расходомер, включающий указанную систему и логическое устройство для применения последовательности логических операций к выходным сигналам, полученным от преобразователей, для обеспечения индикации расхода потока текучей среды.

[0027] Предпочтительно, последовательность логических операций по меньшей мере частично определяется в результате идентификации системы.

[0028] Кроме того, согласно одному аспекту изобретения предложен блок преобразователей для расходомера, причем расходомер предназначен для измерения расхода потока текучей среды,

при этом блок преобразователей включает:

акустический преобразователь для подачи сигналов вдоль акустического пути и приема сигналов по нему,

другой акустический преобразователь для подачи сигналов вдоль другого акустического пути и приема сигналов по другому указанному пути, и

монтажное устройство, посредством которого блок преобразователей может быть установлен в виде блока и во взаимосвязи с трубчатой полостью для переноса текучей среды,

при этом акустические пути взаимно расходятся от блока преобразователей относительно

монтажного устройства в таких направлениях, что по меньшей мере три верхних по потоку блока преобразователей могут взаимодействовать с:

по меньшей мере тремя нижними по потоку блоками преобразователей, и корпусом, ограничивающим трубчатую полость для формирования указанной системы.

[0029] Предпочтительно, акустические пути взаимным образом расходятся от блока преобразователей под внутренним углом, составляющим 60° , так что четыре верхних по потоку блока преобразователей могут взаимодействовать с четырьмя нижними по потоку блоками преобразователей, и воображаемый правильный многоугольник является квадратом.

[0030] Согласно другому аспекту предложена система акустических преобразователей в расходомере для водного орошения, который предназначен для измерения расхода потока воды, при этом система включает соответствующий набор преобразователей для каждой грани воображаемого правильного многоугольника, причем наборы преобразователей взаимосвязаны с трубчатой полостью для переноса воды, и каждый набор преобразователей, соответственно, включает:

два акустических преобразователя, ориентированных относительно друг друга для ограничения акустического пути и лежащих в плоскости измерения соответствующего набора, и

два других акустических преобразователя, ориентированных относительно друг друга для ограничения другого акустического пути и лежащих в плоскости измерения соответствующего набора, при этом

наборы преобразователей расположены таким образом, что в поперечном сечении, перпендикулярном трубчатой полости, измерительная плоскость каждого соответствующего набора преобразователей совпадает с соответствующей гранью воображаемого правильного многоугольника.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0031] Далее вариант выполнения устройства описан исключительно в качестве примера со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

[0032] на Фиг.1 представлен расходомерный узел в осевом разрезе;

[0033] на Фиг.2 представлен этот же узел в виде с торца;

[0034] на Фиг.3 представлен вид этого узла в аксонометрии;

[0035] на Фиг.4 представлен вид в аксонометрии, изображенный на Фиг.3, под более острым углом;

[0036] на Фиг.5 представлен вид в аксонометрии другого расходомерного узла;

[0037] на Фиг.6 представлен установленный блок преобразователей для узла, изображенного на Фиг.5, в осевом разрезе;

[0038] на Фиг.7 представлен вид в аксонометрии другого расходомерного узла;

[0039] на Фиг.8 представлен другой расходомерный узел, в осевом разрезе;

[0040] на Фиг.9 представлен узел на виде с торца;

[0041] на Фиг.10 представлен вид в аксонометрии узла, изображенного на Фиг.9;

[0042] на Фиг.11 представлен вид в аксонометрии узла, изображенного на Фиг.1, с прикрепленным к нему двустворчатым клапаном;

[0043] на Фиг.12 представлен другой расходомерный узел в вертикальном осевом разрезе;

[0044] на Фиг.13 представлен указанный узел в горизонтальном осевом разрезе; и

[0045] на Фиг.14 представлен вид в аксонометрии узла, изображенного на Фиг.1, с прикрепленной к узлу шиберно-ножевой задвижкой.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

[0046] На Фиг.1 - Фиг.4 проиллюстрирован расходомерный узел 1, содержащий трубчатый корпус 3 и систему 5 акустических преобразователей.

[0047] Корпус 3 ограничивает трубчатую полость, через которую протекает вода. В данном случае

полость имеет диаметр D . Корпус 3 может иметь конструктивные крепежные элементы (такие как установочные фланцы) в пределах одного диаметра D выше и ниже по потоку относительно преобразователей, обеспечивая удобство установки узла вдоль длины трубы. В альтернативном варианте, преобразователи могут быть установлены иным образом, обеспечивая измерение потока через трубчатую полость самой трубы. Варианты предложенной системы могут быть использованы в контексте труб некруглого сечения.

[0048] Система 5 содержит четыре набора 7, 9, 11, 13 акустических преобразователей.

[0049] Предпочтительные виды системы 5 применимы для измерения потока в любом направлении, хотя в данном случае будет рассмотрен поток в направлении стрелки Q на Фиг. 1.

[0050] Набор 7 включает преобразователи 7a, 7b, 7c, 7d, установленные в непосредственной близости к внутреннему пространству корпуса 3. Один верхний по потоку преобразователь 7a взаимодействует с расположенным ниже по потоку одним преобразователем 7b (Фиг.4) для ограничения акустического пути, проходящего диагонально через плоскую верхнюю хорду трубчатой полости корпуса 3. Другой верхний по потоку преобразователь 7b расположен симметрично относительно преобразователя 7a с другой стороны вертикальной (как изображено на чертежах) центральной линии CL системы, в той же поперечной плоскости, что и преобразователь 7a и в той же осевой плоскости, что и преобразователь 7d. Преобразователь 7b взаимодействует с расположенным ниже по потоку преобразователем 7c, образуя другой акустический путь. Оба акустических пути, образованные набором 7, лежат в общей плоскости MP_7 измерения. Таким образом, преобразователи 7a, 7b, 7c, 7d расположены в углах воображаемого квадрата, через который из угла в угол, по диагонали, проходят акустические пути.

[0051] Набор 9 включает преобразователи 9a, 9b, 9c, 9d. Преобразователь 9a установлен смежно с преобразователем 7a, и подобным образом преобразователь 9c установлен смежно с преобразователем 7c. Преобразователи 9b, 9d установлены вертикально под преобразователями 9a, 9c, соответственно. Преобразователь 9a взаимодействует с преобразователем 9d для ограничения акустического пути $AC_{9,1}$, который по диагонали пересекает вертикальную хорду внутреннего пространства корпуса 3. Аналогичным образом, преобразователи 9b, 9c взаимодействуют с образованием второго акустического пути $AC_{9,2}$, который по диагонали пересекает ту же самую хорду. Указанные пути предпочтительно являются взаимно перпендикулярными, как изображено на Фиг. 1.

[0052] Пути $AC_{9,1}$, $AC_{9,2}$ лежат в общей плоскости MP_9 измерения. Подобным образом, наборы 11 и 13 образуют плоскости MP_{11} , MP_{13} измерения.

[0053] В сечении, проходящем поперек внутреннего пространства корпуса 3 (что соответствует Фиг.2), каждая плоскость измерения проходит вдоль соответствующей грани воображаемого правильного многоугольника NRP , имеющего вид квадрата. Вершины многоугольника NRP образованы точками, в которых две плоскости измерения пересекаются друг с другом.

[0054] Типичная система 5 дополнительно включает набор 15 акустических преобразователей 15a, 15b, 15c, 15d, образующих перекрестную пару акустических путей, совпадающих с центральной осью CA трубчатого внутреннего пространства корпуса 3, для задания центральной плоскости MPC измерения. В данном примере центральная плоскость MPC является горизонтальной.

[0055] Авторами настоящего изобретения установлено, что описанная конструкция является преимущественной как с точки зрения вычислений, так и с конструктивной точки зрения.

[0056] Акустические преобразователи выполнены с возможностью создания выходных сигналов, к которым могут быть применены логические операции для определения средней осевой скорости текучей среды вдоль каждой из плоскостей измерения. Хотя возможность применения логических операций может изменяться от системы к системе и зависит от вида текучей среды, лабораторные испытания, проведенные авторами изобретения, неожиданным образом показали, что точные измерения потока могут быть получены путем применения к выходному сигналу, получаемому от преобразователей, логических операций, которые были разработаны в результате идентификации системы.

[0057] Установлено, что описанная система акустических преобразователей в большей степени учитывает условия спирального потока, известные как завихрение, чем существующие устройства обнаружения. Завихрение является одним из проявлений турбулентности.

[0058] Обычное измерение потока на основании времени прохождения предполагает использование акустических путей, которые пересекают ось трубы, и основано на предположениях относительно профиля потока внутри трубы. Описанная предпочтительная система акустических преобразователей включает акустические пути, которые не пересекают центральную ось, обеспечивая данные, необходимые для компенсации завихрения.

[0059] Предпочтительные варианты выполнения изобретения являются особенно преимущественными в контексте круглых труб (то есть, труб, имеющих круговое поперечное сечение), в которых завихрение доставляет больше проблем.

[0060] Некоторые конструктивные преимущества предложенной системы из преобразователей лучше всего проиллюстрированы в отношении примера системы, изображенного на Фиг.5 и Фиг.6. Для удобства, номера позиций для компонентов, аналогичных представленным на Фиг.1 - Фиг.4, остаются прежними.

[0061] Каждая смежная пара преобразователей может быть установлена в пределах единого блока преобразователей, например, блок 17' преобразователей может включать преобразователи 7с, 9с. Таким образом, для размещения шестнадцати преобразователей из наборов 7, 9, 11 и 13 могут быть установлены восемь взаимно идентичных блоков преобразователей, например, представленный блок 17 аналогичен блоку 17'.

[0062] Блок 17 преобразователей также включает монтажное устройство в виде установочной пластины 19, посредством которой указанный блок 17 может быть установлен в виде узла и во взаимосвязи с трубчатым внутренним пространством корпуса 3. Установочная пластина 19 выполнена изогнутой для соответствия наружной поверхности корпуса 3 и имеет сквозные отверстия 21, через которые могут быть проведены соответствующие средства крепления для обеспечения взаимодействия с комплементарными отверстиями 23, образованными в стенке корпуса 3, при этом часть 25 блока, на которой установлены преобразователи, выходит через комплементарное отверстие 27 сквозь стенку корпуса 3. Часть 25, на которой установлены преобразователи, поддерживает пару преобразователей, например, преобразователей 7с, 9с, направленных для работы под заданными углами. Прокладка 29 окружает отверстие 27 и обжимает его, обеспечивая герметичную защиту против утечки через указанное отверстие.

[0063] При соответствующих регулировках монтажного устройства тот же самый блок 17 преобразователей может быть использован в трубах разного диаметра.

[0064] На Фиг.7 представлен другой пример узла 1, в котором взаимно смежные акустические преобразователи отделены друг от друга посредством ребер, обеспечивающих разделение потока. В данном примере ребра, обеспечивающие разделение потока, проходят параллельно трубчатому внутреннему пространству корпуса 3, например, ребро 30 отделяет друг от друга преобразователи 7а, 9а, тогда как ребро 31 отделяет друг от друга преобразователи 9b, 11b. Ребра обеспечивают спрямление потока, а также ограничивают завихрение и эффекты в поперечном сечении потока. Напротив ребер 30 и 31 расположены подобные ребра 30а и 31а. Ребра 30, 31, 30а и 31а могут иметь любую соответствующую форму и, как правило, выходят за пределы высоты преобразователей для улучшения спрямления потока воды.

[0065] Возможны другие виды конструкции, обеспечивающей разделение потока. В примере, представленном на Фиг.8 и Фиг.9, преобразователи 7а, 9а отделены посредством конструкции для разделения потока, имеющей вид продольного выступа 33, ограничивающего установочную поверхность 35, по существу перпендикулярную верхней грани воображаемого прямоугольного многоугольника NRP, и на которой может быть установлен преобразователь 7а. Подобным образом, выступ 33 ограничивает поверхность 37 для установки преобразователя 9а, по существу перпендикулярную боковой грани многоугольника NRP. Такая конструкция позволяет во всех шестнадцати точках установки наборов использовать общий преобразователь и устройство для монтажа преобразователя. Подобного эффекта

можно добиться, если каждая поверхность для установки преобразователя имеет другую (а именно, не перпендикулярную) общую ориентацию, как изображено на Фиг.10 применительно к соответствующей части воображаемого прямоугольного многоугольника. Как изображено на Фиг.10, продольные выступы 41 имеют наклонные установочные поверхности 43, 54, в противоположность перпендикулярным установочным поверхностям 35, 37, показанным на Фиг.9.

[0066] В примерах, изображенных на Фиг.1 - Фиг.7, каждый из акустических путей охватывает соответствующий диапазон потока, и таким образом, каждая пара обращенных друг к другу акустических преобразователей включает верхний по потоку преобразователь и нижний по потоку преобразователь, например, пара 9b, 9c включает верхний по потоку преобразователь 9b, расположенный перед нижним по потоку преобразователем 9c.

[0067] В проиллюстрированных примерах, верхние по потоку преобразователи лежат в общей плоскости, поперечной внутреннему пространству корпуса 3, тогда как нижние по потоку преобразователи лежат в другой общей поперечной плоскости. Данная общность не является существенной. Как изображено на Фиг.8 - Фиг.9, смежные друг с другом преобразователи, такие как преобразователи 7a, 9a, могут быть смещены в осевом направлении относительно друг друга. Предпочтительно, акустические пути пересекаются по меньшей мере с одной общей плоскостью, проходящей поперек трубчатой полости корпуса 3, то есть, предпочтительно, размер L, показанный на Фиг.8, по меньшей мере равен нулю.

[0068] На Фиг.12 и Фиг.13 показан узел расходомера, подобный узлу, представленному на Фиг.1. По сравнению с вариантом, изображенным на Фиг.1, дополнительные акустические датчики 15a, 15b, 15c, 15d смещены в осевом направлении внутрь по направлению к центру системы, так что они расположены в верхней по потоку и нижней по потоку плоскостях UP, DP, в которых также находятся акустические преобразователи из наборов. Такое смещение обеспечивает уменьшение общей длины системы обнаружения потока. Такое смещение приводит к тому, что акустические пути AC_{15,1}, AC_{15,2} пересекаются под углом, отличающимся от обычно предпочтительного угла в 90°. Тем не менее, с учетом выходного сигнала от акустических преобразователей, входящих в состав наборов, могут быть получены точные результаты измерения потока.

[0069] Система, представленная на Фиг.12, дополнительно включает датчик 39 уровня воды, предназначенный для определения уровня WL воды в трубе. В данном примере датчик 39 представляет собой установленный наверху акустический датчик, который посылает сигналы и принимает отраженные сигналы по вертикальному акустическому пути AC₃₉. Возможны другие системы регистрации уровня воды, например, может быть предусмотрен датчик, устанавливаемый на дне. Уровень воды может выражаться в показателе высоты, отмеряемой вверх от дна трубы, либо в показателе высоты, отмеряемой вниз от открытой части трубы, или в других показателях.

[0070] Предпочтительные виды расходомера обеспечивают обработку данных, полученных от акустических преобразователей, а также от датчика 39 для обеспечения возможности измерения потока в полностью заполненных трубах, а также в трубах, заполненных лишь частично.

[0071] Примеры, представленные на Фиг.1 - Фиг.10 и Фиг.12 - Фиг.13, относятся к измерению потока, проходящего прямооток через корпус или трубу 3. Варианты выполнения также могут включать прикрепление устройства управления потоком или затвор для обеспечения возможности пропускания воды через данное устройство. Такие устройства могут быть установлены в любом месте вдоль трубы 3 или на ее конце, в зависимости от требований. На Фиг.11 и Фиг.14 показано использование типичных устройств управления потоком, применяемых в данной области техники, но без ограничения указанными устройствами, что понятно специалистам.

[0072] На Фиг.11 показана двустворчатая задвижка 51, прикрепленная к концу трубы 3. Данная задвижка в полной мере описана в вариантах выполнения, обсуждаемых в австралийском патенте № 2012234917, содержание которого полностью включено в настоящий документ во избежание повторения и дублирования описания для читателя. Пара шарнирных уплотняемых полукруглых пластин 53 (на Фиг.11

видна только одна из пластин) может подниматься и опускаться посредством поворотных стоек 55, установленных на оси в поворотном резьбовом элементе 57, входящем в состав устройства 59 активации. Двигатель 61 поворачивает резьбовой элемент 57 под действием программного управления. Кроме того, при необходимости двигатель 61 может быть заменен ручным рычагом.

[0073] На Фиг.14 показана шиберно-ножевая задвижка 63, закрепленная на конце трубы 3. Данная задвижка в полной мере описана в вариантах выполнения, описанных в заявках РСТ №№ WO2011/020143 и WO2016/004471, содержание которых полностью включено в настоящий документ во избежание повторения и дублирования описания для читателя. Затвор 65 задвижки, выполненный с возможностью скольжения при уплотняющем контакте внутри рамы 67, может быть поднят и опущен подъемным механизмом 69, соединенным с указанной рамой. Двигатель 71 работает под действием программного управления, поднимая и опуская затвор 65 задвижки. Более того, при необходимости двигатель 71 может быть заменен ручным рычагом.

[0074] Специалисты в данной области техники понимают, что идеи настоящего изобретения могут выходить за пределы описанных примеров. Изобретение не ограничено описанными примерами; точнее, изобретение определено формулой изобретения. В качестве примера, некоторые варианты могут быть реализованы без использования набора 15, и хотя в данном примере плоскости измерения, соответствующие наборам, параллельны внутреннему пространству трубчатого корпуса, в других вариантах может быть иначе.

[0075] В данном примере существует десять взаимно обращенных друг к другу пар акустических преобразователей, соответствующих десяти акустическим путям. Установлено, что по сравнению с другими системами для измерения потока данная система обеспечивает измерения потока, не столь подверженные эффектам, возникающим в поперечном сечении потока, а также другим проявлениям турбулентности. Разумеется, описанные принципы могут не ограничиваться воображаемым квадратом, распространяясь на другие правильные многоугольники, например, воображаемые правильные многоугольники, имеющие вид пятиугольников или пентаграмм, причем в данных случаях могут быть реализованы подобные преимущества в плане вычислений и с точки зрения конструкции.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система акустических преобразователей для расходомера, который предназначен для измерения расхода потока текучей среды,

при этом система содержит соответствующий набор преобразователей для каждой грани воображаемого правильного многоугольника,

причем наборы преобразователей взаимосвязаны с трубчатой полостью для переноса текучей среды и каждый набор преобразователей, соответственно, содержит:

два акустических преобразователя, ориентированных с образованием акустического пути, лежащего в плоскости измерения соответствующего набора, и

два других акустических преобразователя, ориентированных с образованием другого акустического пути, лежащего в плоскости измерения соответствующего набора,

при этом наборы преобразователей расположены таким образом, что в поперечном сечении, перпендикулярном трубчатой полости, измерительная плоскость каждого соответствующего набора преобразователей совпадает с соответствующей гранью воображаемого правильного многоугольника.

2. Система по п.1, в которой акустический путь каждого соответствующего набора по существу пересекает другой акустический путь соответствующего набора.

3. Система по п.1 или 2, в которой акустический путь каждого соответствующего набора по существу перпендикулярен другому акустическому пути соответствующего набора.

4. Система по п.1, 2 или 3, в которой воображаемый правильный многоугольник является по существу концентрическим относительно трубчатой полости.

5. Система по любому из п.п.1 - 4, в которой воображаемый правильный многоугольник имеет выпуклый профиль.

6. Система по любому из п.п.1 - 4, в которой правильный многоугольник является квадратом.

7. Система по любому из п.п.1 - 6, в которой плоскости измерения по существу параллельны трубчатой полости.

8. Система по любому из п.п.1 - 7, содержащая блоки преобразователей, при этом каждый соответствующий блок имеет два акустических преобразователя и содержит монтажное устройство, посредством которого соответствующий блок установлен в виде блока.

9. Система по любому из п.п.1 - 8, содержащая четыре дополнительных акустических преобразователя, ориентированных с образованием двух акустических путей, лежащих в плоскости, совпадающей с центральной линией трубчатой полости.

10. Система по п.9, в которой каждый расположенный выше по потоку акустический преобразователь из наборов и из четырех дополнительных акустических преобразователей лежит в верхней по потоку плоскости, поперечной трубчатой полости, и каждый расположенный ниже по потоку акустический преобразователь из наборов и из четырех дополнительных акустических преобразователей лежит в нижней по потоку плоскости, поперечной трубчатой полости.

11. Система аппаратного обеспечения, содержащая систему по любому из п.п.1 - 10 и датчик, предназначенный для определения уровня текучей среды в трубчатой полости.

12. Расходомерный узел, содержащий систему по любому из п.п.1 - 11 и корпус, ограничивающий трубчатую полость и поддерживающий акустические преобразователи.

13. Расходомерный узел по п.12, в котором корпус ограничивает соответствующую часть с установочной поверхностью для каждого из акустических преобразователей из указанных наборов, при этом каждая часть с установочной поверхностью по существу перпендикулярна соответствующей грани воображаемого правильного многоугольника.

14. Расходомер, содержащий систему по любому из п.п.1 - 11 или п.18 и логическое устройство для применения последовательности логических операций к выходным сигналам, получаемым от преобразователей, для обеспечения индикации расхода потока текучей среды.

15. Расходомер по п.14, в котором последовательность логических операций по меньшей мере частично определена в результате идентификации системы.

16. Блок преобразователей для расходомера, предназначенного для измерения расхода потока текучей среды,

причем блок преобразователей содержит:

акустический преобразователь для подачи сигналов по акустическому пути и приема сигналов от него,

другой акустический преобразователь для подачи сигналов по другому акустическому пути и приема сигналов от него, и

монтажное устройство, посредством которого блок преобразователей может быть установлен в виде блока и во взаимосвязи с трубчатой полостью для переноса текучей среды,

при этом акустические пути взаимным образом расходятся от блока преобразователей в таких направлениях относительно монтажного устройства, что по меньшей мере три верхних по потоку блока преобразователей могут взаимодействовать по меньшей мере с тремя нижними по потоку блоками преобразователей, и

корпус, ограничивающий трубчатую полость, для образования системы по любому из п.п.1 - 7 или п.18.

17. Блок преобразователей по п.16, в котором акустические пути взаимным образом расходятся от блока преобразователей под внутренним углом, составляющим 60° , так что четыре верхних по потоку блока преобразователей могут взаимодействовать с четырьмя нижними по потоку блоками преобразователей, а воображаемый правильный многоугольник является квадратом.

18. Система акустических преобразователей для расходомера для водного орошения, который предназначен для измерения расхода протекающей воды,

причем система содержит соответствующий набор преобразователей для каждой грани воображаемого правильного многоугольника,

при этом наборы преобразователей взаимосвязаны с трубчатой полостью для переноса вода и каждый набор преобразователей, соответственно, содержит:

два акустических преобразователя, ориентированных с образованием друг с другом акустического пути, лежащего в плоскости измерения соответствующего набора, и

два других акустических преобразователя, ориентированных с образованием друг с другом другого акустического пути, лежащего в плоскости измерения соответствующего набора,

причем наборы преобразователей расположены таким образом, что в поперечном сечении, перпендикулярном трубчатой полости, измерительная плоскость каждого соответствующего набора

преобразователей совпадает с соответствующей гранью воображаемого правильного многоугольника.

19. Блок управления потоком, содержащий расходомер по п.14 и барьерное устройство для управления потоком, предназначенное для управления движением текучей среды в расходомере.

20. Блок управления по п.19, в котором барьерное устройство для управления потоком представляет собой шиберно-ножевую задвижку.

21. Блок управления по п.19, в котором барьерное устройство для управления потоком представляет собой двустворчатый клапан.

22. Система по п.18, дополнительно содержащая любой из признаков, изложенных в любом из п.п.2 - 10.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ
(измененная на международной стадии)

1. Система акустических преобразователей для расходомера, используемого при водном орошении и выполненного с возможностью измерения расхода протекающей воды,
при этом система содержит соответствующий набор преобразователей для каждой грани воображаемого правильного многоугольника,
причем наборы преобразователей установлены в трубчатой полости для переноса воды и каждый набор преобразователей, соответственно, содержит:
два акустических преобразователя, ориентированных с образованием друг с другом одного акустического пути, лежащего в плоскости измерения соответствующего набора, и два других акустических преобразователя, ориентированных с образованием друг с другом одного другого акустического пути, лежащего в плоскости измерения соответствующего набора,
при этом наборы преобразователей расположены таким образом, что в поперечном сечении, перпендикулярном трубчатой полости, измерительная плоскость каждого соответствующего набора преобразователей совпадает с соответствующей гранью воображаемого правильного многоугольника.
2. Система по п.1, в которой акустический путь каждого соответствующего набора по существу пересекает другой акустический путь соответствующего набора.
3. Система по п.1 или 2, в которой акустический путь каждого соответствующего набора по существу перпендикулярен другому акустическому пути соответствующего набора.
4. Система по п.1, 2 или 3, в которой воображаемый правильный многоугольник является по существу концентрическим относительно трубчатой полости.
5. Система по любому из п.п.1 - 4, в которой воображаемый правильный многоугольник имеет выпуклый профиль.
6. Система по любому из п.п.1 - 4, в которой правильный многоугольник является квадратом.
7. Система по любому из п.п.1 - 6, в которой плоскости измерения по существу параллельны трубчатой полости.
8. Система по любому из п.п.1 - 7, содержащая блоки преобразователей, при этом каждый соответствующий блок имеет два акустических преобразователя и содержит монтажное устройство, посредством которого соответствующий блок установлен в виде блока.
9. Система по любому из п.п.1 - 8, содержащая четыре дополнительных акустических преобразователя, ориентированных с образованием двух акустических путей, лежащих в плоскости, совпадающей с центральной линией трубчатой полости.
10. Система по п.9, в которой каждый расположенный выше по потоку акустический преобразователь из наборов и из четырех дополнительных акустических преобразователей лежит в верхней по потоку плоскости, поперечной трубчатой полости, и каждый расположенный ниже по потоку акустический преобразователь из наборов и из четырех дополнительных акустических преобразователей лежит в нижней по потоку плоскости, поперечной трубчатой полости.
11. Система аппаратного обеспечения, содержащая систему по любому из п.п.1 - 10 и датчик, предназначенный для определения уровня воды в трубчатой полости.

12. Расходомерный узел, содержащий систему по любому из п.п.1 - 11 и корпус, ограничивающий трубчатую полость и поддерживающий акустические преобразователи.

13. Расходомерный узел по п.12, в котором корпус ограничивает соответствующую часть с установочной поверхностью для каждого из акустических преобразователей из указанных наборов, при этом каждая часть с установочной поверхностью по существу перпендикулярна соответствующей грани воображаемого правильного многоугольника.

14. Расходомер, содержащий систему по любому из п.п.1 - 11 и логическое устройство для применения последовательности логических операций к выходным сигналам, получаемым от преобразователей, для обеспечения индикации расхода потока воды.

15. Расходомер по п.14, в котором последовательность логических операций по меньшей мере частично определена в результате идентификации системы.

16. Блок преобразователей для расходомера, предназначенного для измерения расхода потока воды, причем блок преобразователей содержит:

акустический преобразователь для подачи сигналов по акустическому пути и приема сигналов от него,

другой акустический преобразователь для подачи сигналов по другому акустическому пути и приема сигналов от него, и

монтажное устройство, посредством которого блок преобразователей может быть установлен в виде блока и во взаимосвязи с трубчатой полостью для переноса воды,

при этом акустические пути взаимным образом расходятся от блока преобразователей в таких направлениях относительно монтажного устройства, что по меньшей мере три верхних по потоку блока преобразователей могут взаимодействовать по меньшей мере с тремя нижними по потоку блоками преобразователей, и

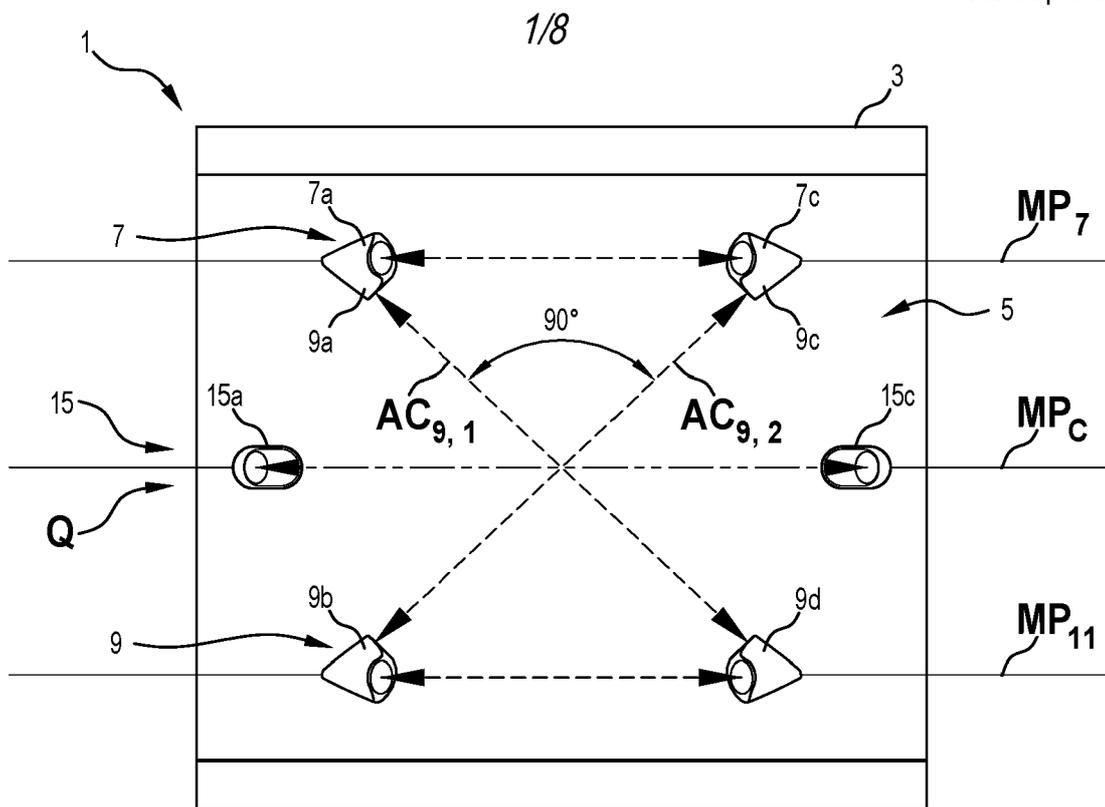
корпус, ограничивающий трубчатую полость, для образования системы по любому из п.п.1 – 7.

17. Блок преобразователей по п.16, в котором акустические пути взаимным образом расходятся от блока преобразователей под внутренним углом, составляющем 60° , так что четыре верхних по потоку блока преобразователей могут взаимодействовать с четырьмя нижними по потоку блоками преобразователей, а воображаемый правильный многоугольник является квадратом.

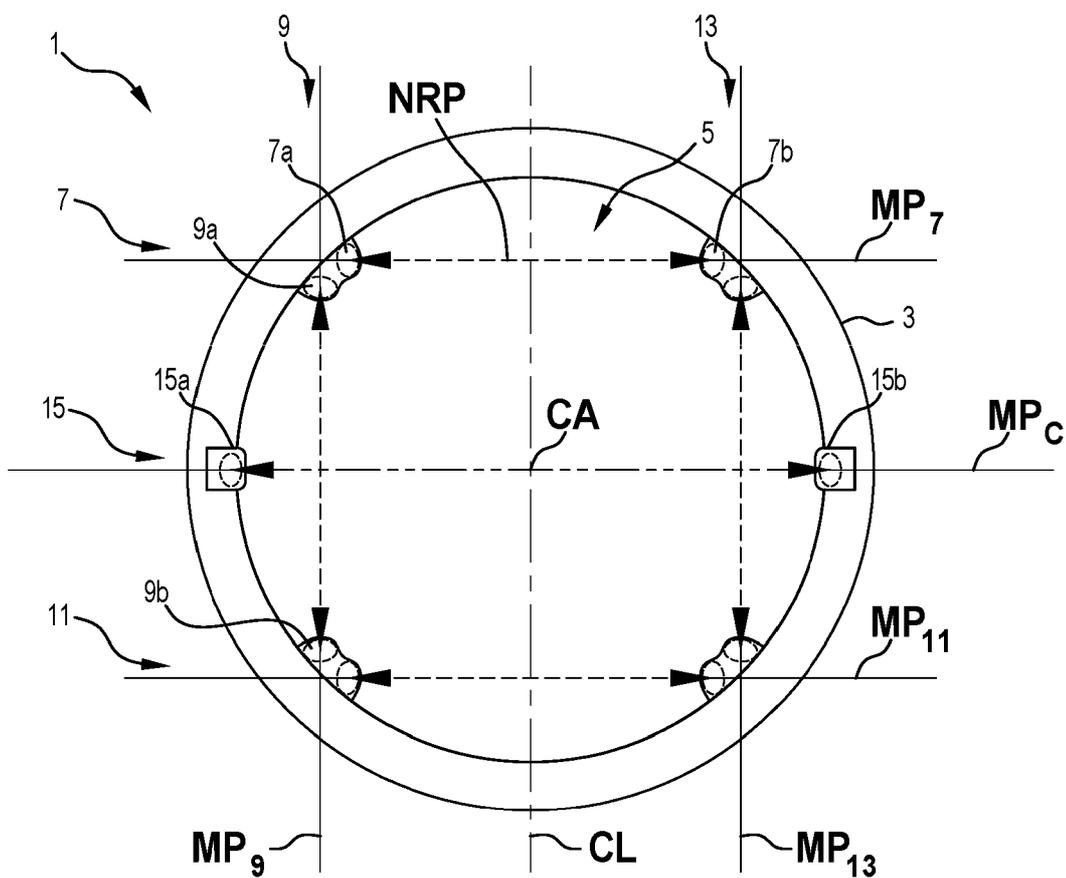
18. Блок управления потоком, содержащий расходомер по п.14 и барьерное устройство для управления потоком, предназначенное для управления движением воды в расходомере.

19. Блок управления по п.18, в котором барьерное устройство для управления потоком представляет собой шиберно-ножевую задвижку.

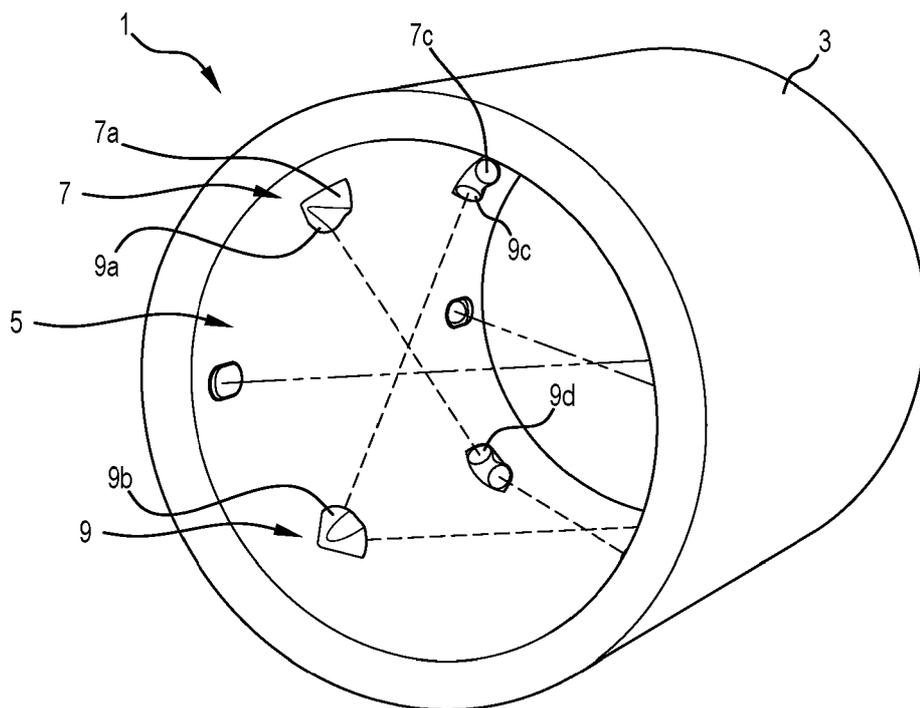
20. Блок управления по п.18, в котором барьерное устройство для управления потоком представляет собой двустворчатый клапан.



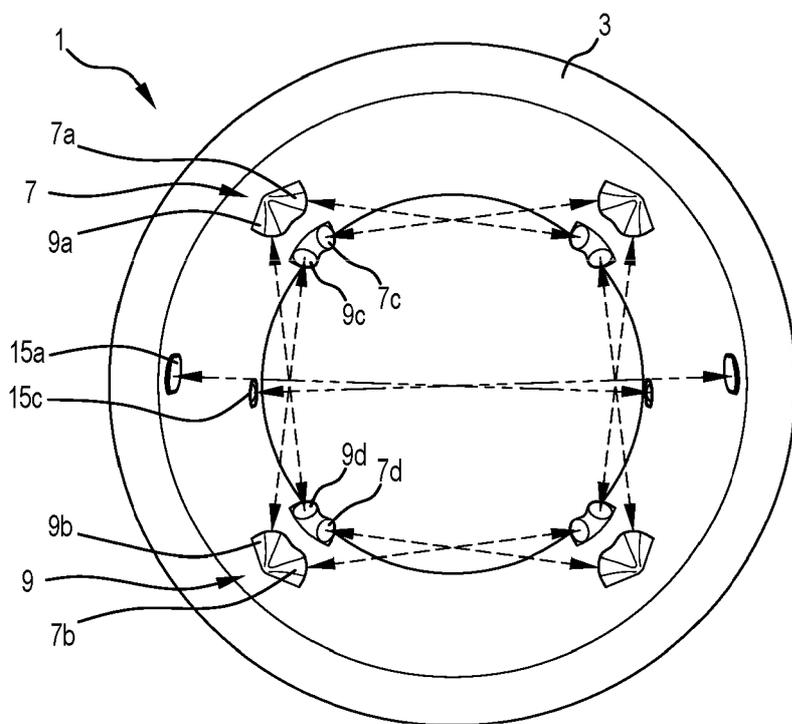
Фиг.1



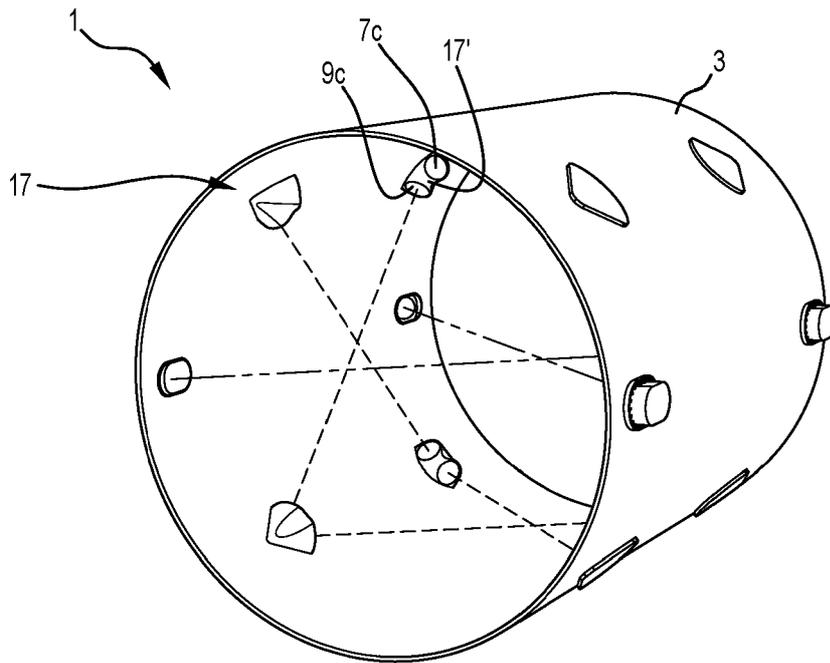
Фиг.2



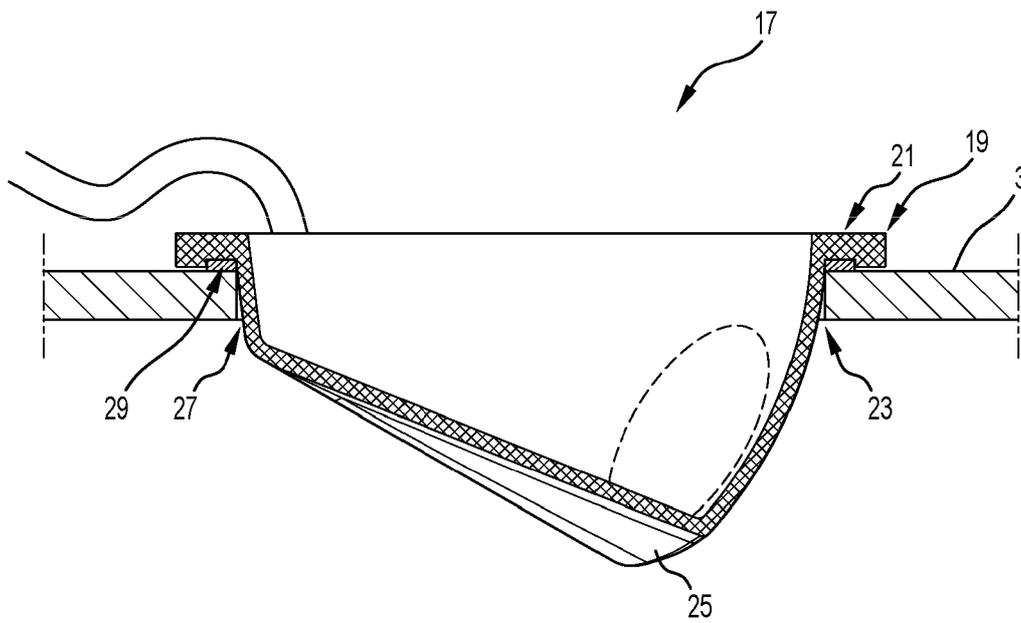
Фиг.3



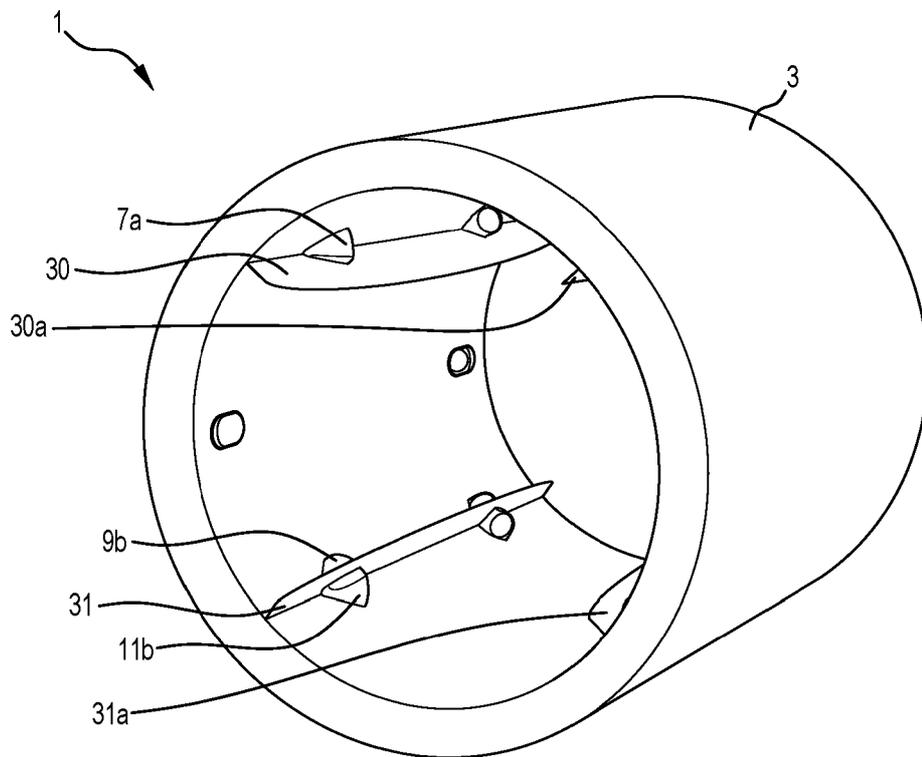
Фиг.4



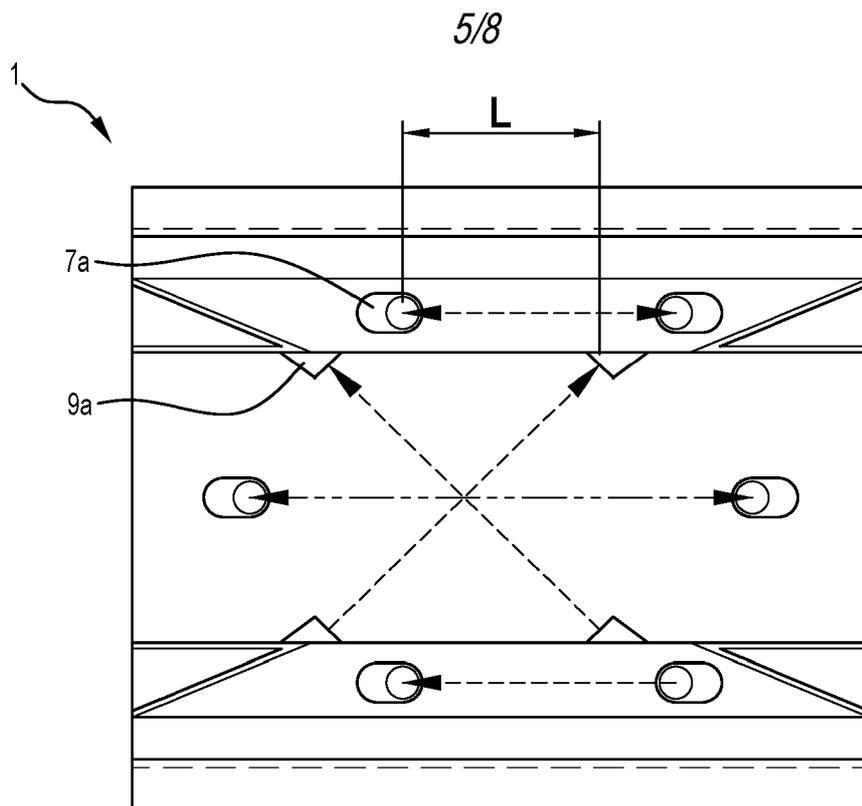
Фиг.5



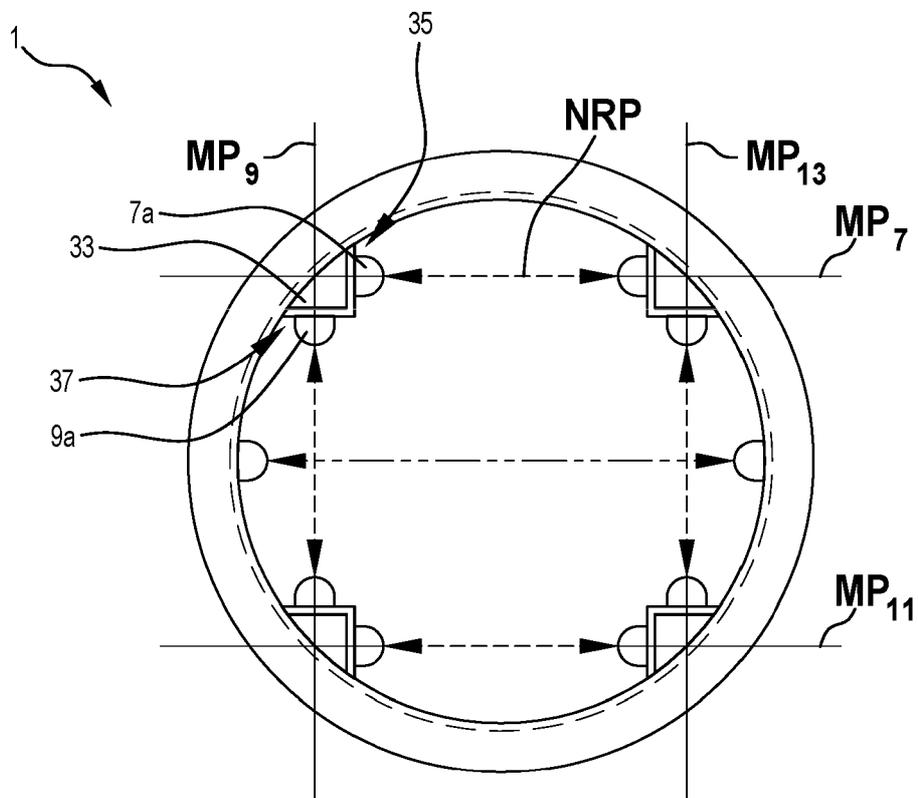
Фиг.6



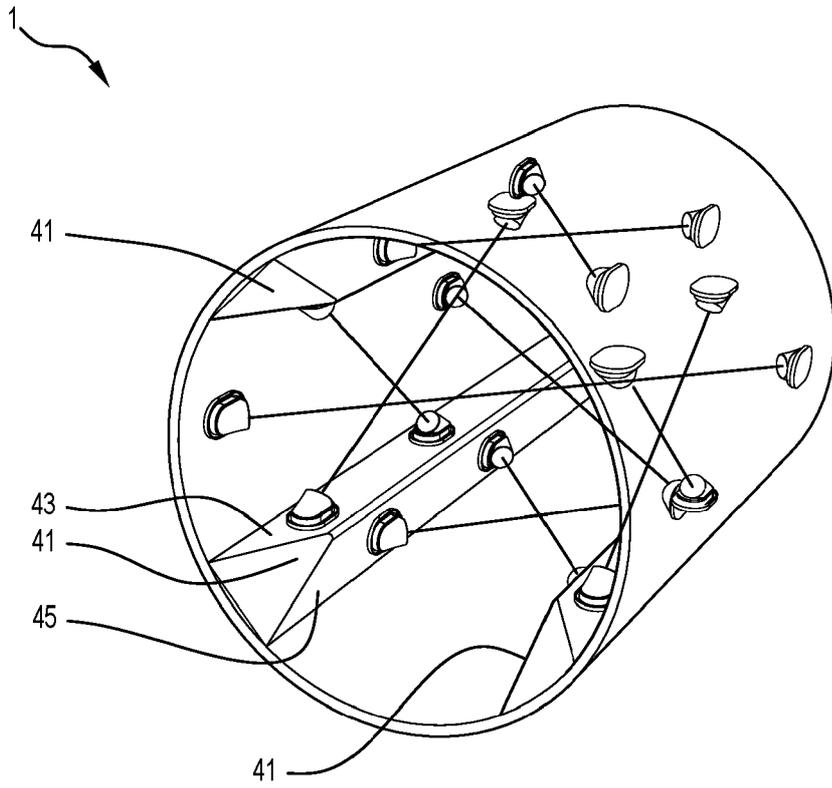
Фиг.7



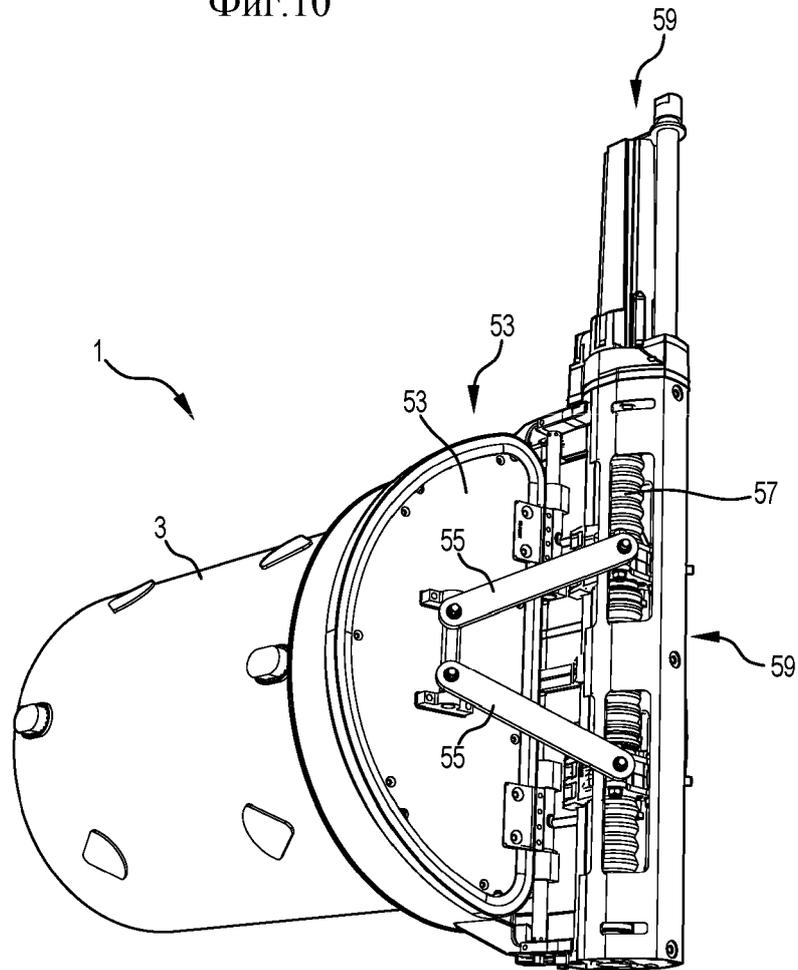
Фиг.8



Фиг.9

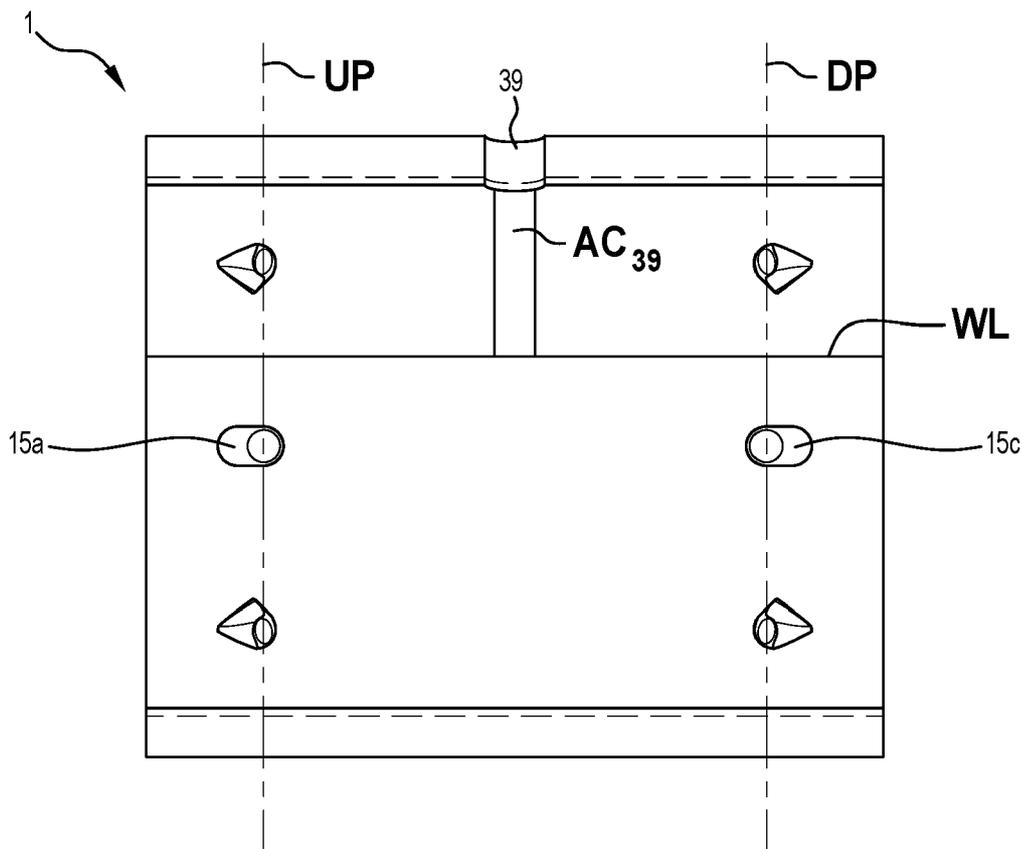


Фиг.10

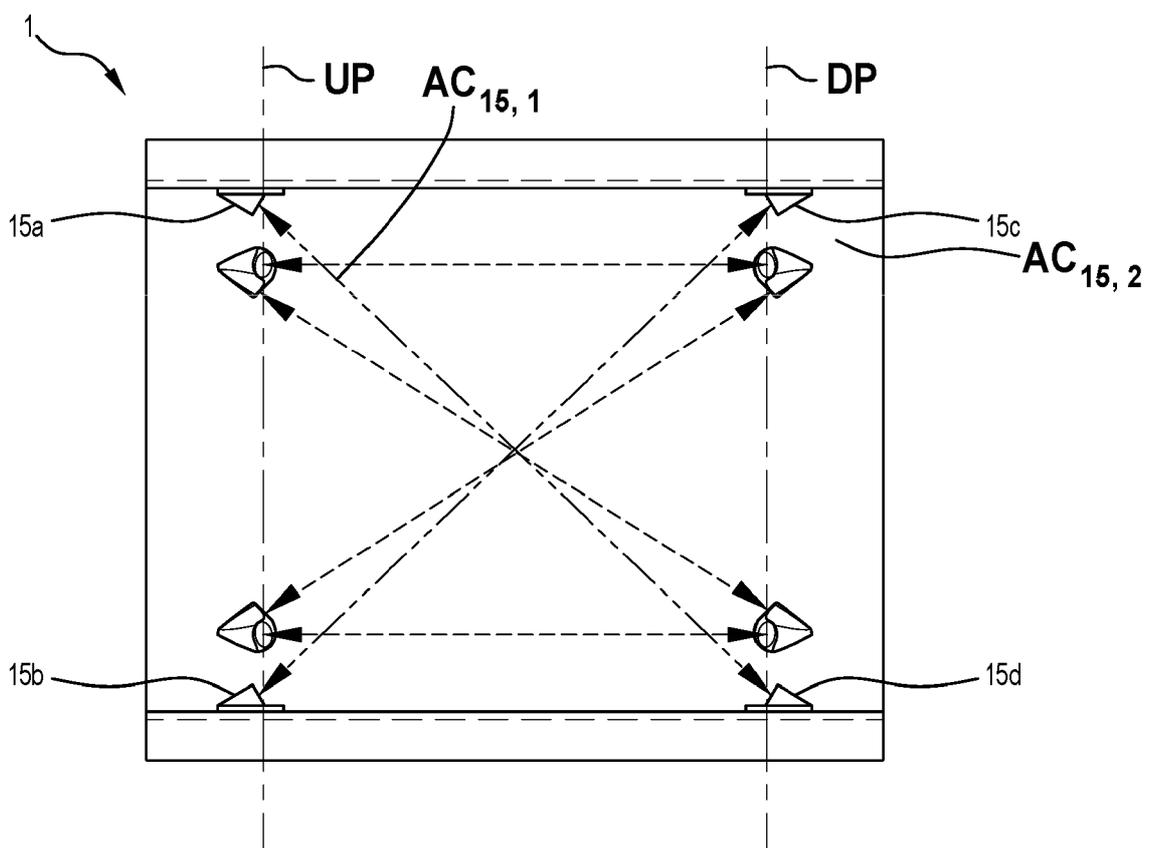


Фиг.11

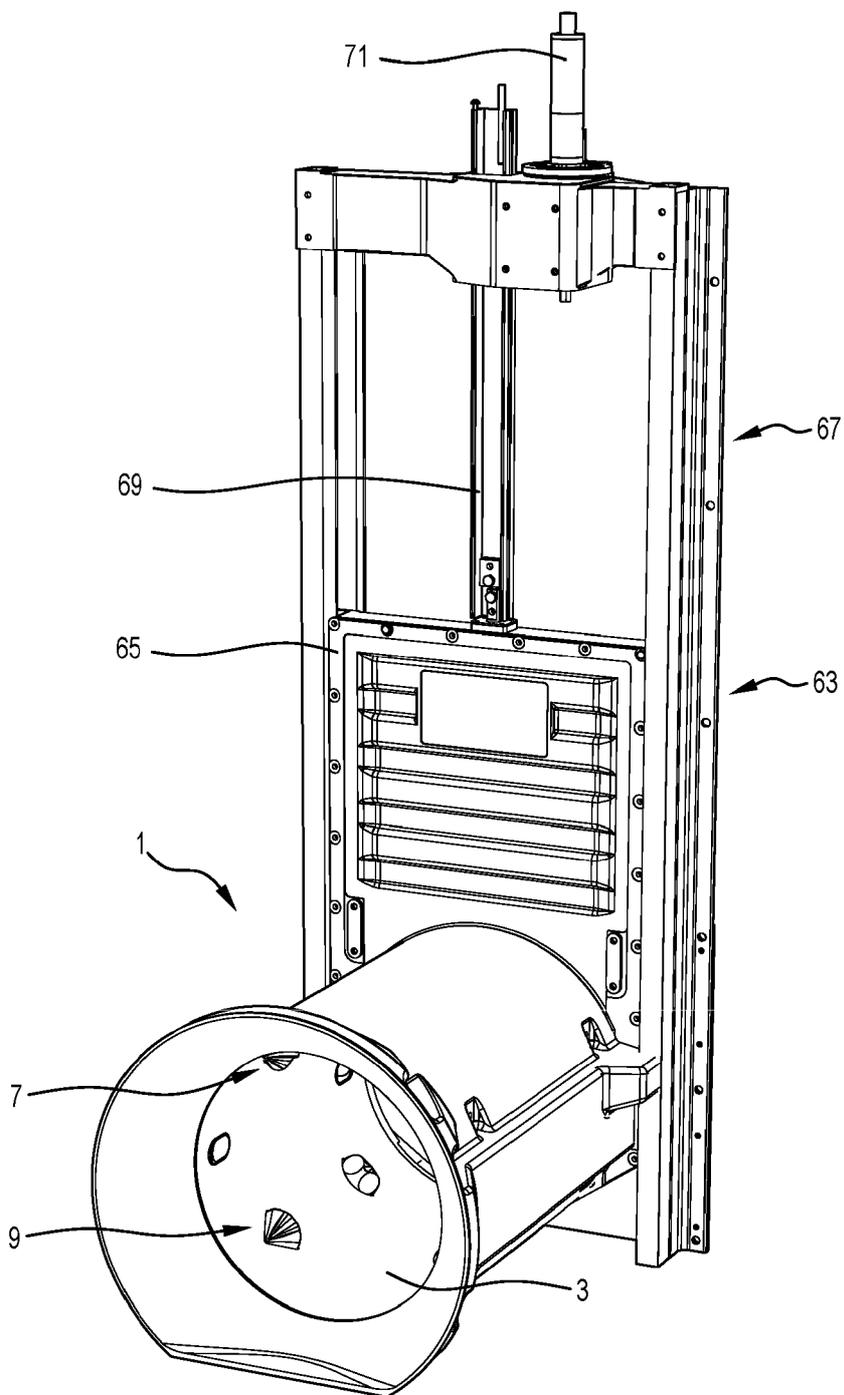
7/8



Фиг.12



Фиг.13



Фиг.14