

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041151**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.09.20

(21) Номер заявки
202092058

(22) Дата подачи заявки
2019.05.24

(51) Int. Cl. **G01H 1/14** (2006.01)
G01H 1/16 (2006.01)
G01H 3/04 (2006.01)

(54) **НЕИНТРУЗИВНЫЙ СИГНАЛИЗАТОР ВНУТРИТРУБНОГО СНАРЯДА,
ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ ДАТЧИКИ ВИБРАЦИИ**

(31) **62/676,090**

(32) **2018.05.24**

(33) **US**

(43) **2021.03.22**

(86) **PCT/US2019/033924**

(87) **WO 2019/226994 2019.11.28**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТДВ ДЕЛАВЭР, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
По Роджер Л. (US)

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(56) **US-A1-2004261547**
US-A1-2015300907
US-A-5549000

(57) Система и способ обнаружения прохождения внутритрубного снаряда, включающие пассивный детектор (10) ударных импульсов, имеющий корпус (13); неинтрузивное соединение (15) корпуса с внешней стенкой (17) трубопровода (P), причем в корпусе размещен по меньшей мере один датчик (11) вибраций; и средства (23) обработки сигналов, содержащие по меньшей мере один полосовой фильтр (27), выполненный с возможностью приема данных, собранных датчиком вибраций, при этом датчик вибраций и полосовой фильтр выполнены с возможностью контроля частот в заданном диапазоне, указывающем на ударный импульс. Выбранные частоты должны быть частотами, наиболее легко обнаруживаемыми выше основной частоты (характерной или собственного резонанса) участка контролируемого трубопровода. В некоторых вариантах осуществления выбранные частоты являются низкими частотами. Ни одна часть пассивного сигнализатора внутритрубного снаряда не проходит во внутреннюю часть трубопровода.

В1

041151

041151
В1

Уровень техники

Данное раскрытие относится к области устройств, обычно известных как сигнализаторы снаряда, которые используют для обнаружения присутствия или местоположения скребкового или контролирующего инструмента, когда такой инструмент перемещается между пусковой и приемной ловушками трубопровода.

В известных сигнализаторах внутритрубного снаряда используется механический спусковой механизм или магнитный спусковой механизм, что создает потребность в интрузивном механизме обнаружения. Другие устройства сигнализации внутритрубного снаряда объединяют характеристики потока и акустического сигнала для сравнения границ давления и пути снаряда. Ни в одном из известных сигнализаторов не используется различие резонансов для определения пути инспекционного снаряда во времени.

Например, патент US 8127621 Roxar Flow Measurement AS, относящиеся к фиксирующему механизму с акустическим экраном для установки датчика на трубе, и норвежский патент № 321704, выданный на датчик, подлежащий размещению в фиксирующем механизме, раскрывают устройство для контроля скорости потока текучей среды, количества частиц в потоке текучей среды и доли газа/завихрений в потоке текучей среды. Акустический датчик выполнен с возможностью одновременного или поочередного приема и передачи акустических сигналов. При использовании двух или более датчиков, связанных с одним направляющим каналом (трубой), можно выполнить кросс-корреляцию данных, собранных этими двумя датчиками путем пассивного прослушивания, для нахождения разницы во времени между событиями в направляющем канале (трубе) и, следовательно, скорости текучей среды в направляющем канале (трубе). В этом случае два датчика устанавливаются в одном блоке (акустическом передатчике) на определенном расстоянии друг от друга. Тогда один из датчиков может быть оборудован для чистого непрерывного пассивного прослушивания. В этом случае частотный диапазон обычно находится в пределах от 20 кГц до 1 МГц.

Шум от песка, ударяющегося о стенку направляющего канала (трубы), характеризуется относительно плоским спектром частот от низких частот (<100 кГц) до высоких частот (>1 МГц). Шум потока текучей среды/газа, передаваемый на стенку направляющего канала, является наиболее сильным на частотах ниже 100 кГц и уменьшается на более высоких частотах. Это позволяет определять скорость потока путем разделения принятого сигнала на множество частотных диапазонов и их анализа с использованием известных методов обработки сигналов. Скорость потока также можно определить при анализе полученных сигналов во временной области. Статистические параметры, такие как дисперсия и абсолютное значение, будут изменяться как в зависимости от состава (соотношение газ/текучая среда), так и от скорости потока среды, и, таким образом, могут быть введены в математическую модель для получения этих значений.

Система и способ согласно патентам '621 и '704 не предназначены для обнаружения внутритрубного снаряда, содержат по меньшей мере один активный датчик, который передает сигнал через продукт в трубопроводе под прямым или непрямым углом к трубопроводу, являются зависимыми от частоты при работе в диапазоне от 20 кГц до 1 МГц и, в частности, выполняют поиск событий, имеющих собственный или плоский частотный спектр в этом диапазоне, при этом они также не предназначены для обнаружения ударного импульса или серии ударных импульсов в осевом, радиальном или осевом и радиальном направлениях трубы на частотах ниже 20 Гц.

Сущность изобретения

Система и способ обнаружения прохождения внутритрубного снаряда согласно данному раскрытию обнаруживают серию ударных импульсов, которые указывают на прохождение снаряда в области или на участке трубопровода. Ударный импульс может быть обнаружен с использованием неинтрузивного детектора согласно данному раскрытию, который содержит датчик вибраций, причем данный датчик вибраций обнаруживает ударный импульс. Ударный импульс может быть обнаружен датчиком до того, как внутритрубный снаряд пройдет под детектором, и может продолжать обнаруживать ударный импульс, когда снаряд удаляется от детектора. Ни одна часть детектора импульсов не проходит во внутреннюю часть трубопровода.

Детектор может содержать корпус; неинтрузивное соединение корпуса с внешней стенкой трубопровода, по меньшей мере один датчик вибраций, размещенный в корпусе и выполненный с возможностью обнаружения ударного импульса; и модуль обработки сигнала, содержащий по меньшей мере один полосовой фильтр, выполненный с возможностью приема данных, собранных по меньшей мере одним датчиком вибраций. Датчик и полосовой фильтр могут быть определены на основе конкретных частот, которые лучше всего работают на конкретном целевом участке трубопровода. Выбранный фильтр может пропускать частоты выше или ниже основной частоты (характерного или собственного резонанса) частоты участка трубопровода, которая может быть определена обычным тестированием. При некоторых применениях это может означать частоты, проходящие через фильтр нижних частот. При других применениях это может означать фильтрацию верхних частот.

Ударный импульс может действовать в осевом, радиальном или осевом и радиальном направлениях трубопровода, и он является различимым выше основной частоты участка трубопровода. Ударный импульс не зависит от основной частоты участка трубопровода и может быть обнаружен в широком диапазоне этих основных частот. В целом, независимо от основной частоты участка трубопровода амплитуда

ударного импульса обычно уменьшается с увеличением его частоты, упрощая обнаружение на более низких частотах и требуя меньшего усиления по сравнению с обнаружением ударного импульса на более высоких частотах. Система и способ могут быть выполнены с возможностью обнаружения заданного количества из двух или более ударных импульсов (пиков) в течение заданного периода времени, чтобы отличить прохождение снаряда от другого события, такого как, но не ограничиваясь этим, открытие или закрытие клапана.

В вариантах осуществления трубопровод может иметь первый участок с первой основной частотой, второй участок с отличающейся второй основной частотой и третий участок с отличающейся третьей основной частотой, при этом ударный импульс может быть обнаружен выше первой, второй и третьей отличающихся основных частот. В качестве неограничивающего примера первый участок может находиться на значительном расстоянии от источников вибрации, таких как, помимо прочего, трубопроводное оборудование или возмущения, связанные с окружающей средой или погодой, что делает скорость продукта в трубопроводе основным источником основной характеристики сигнала. Второй участок может находиться в производственной зоне, которая содержит насосы или компрессоры, или может быть расположена вблизи зоны интенсивного воздушного или наземного движения или строительства (или как насосов, так и компрессоров, и вблизи интенсивного движения и строительства). Третий участок может находиться в зоне запуска или приема снаряда трубопровода. При этом, независимо от основной частоты участка трубопровода, ударный импульс может быть обнаружен.

Варианты осуществления согласно данному раскрытию обеспечивают неинтрузивное сигнализирующее устройство для снаряда, которое не требует резки или приваривания, рентгеновских лучей, гидротестов или достоверной идентификации материала трубопровода. В вариантах осуществления сигнализирующее устройство для снаряда содержит корпус с механическим (например, с возможностью приваривания) основанием или магнитным основанием, причем корпус содержит датчик вибраций, вместе с аккумулятором или аккумуляторным блоком для питания датчика. Датчик согласно данному раскрытию является пассивным и не передает частоту или звук в трубу или продукт в трубопроводе или снаряду, а вместо этого принимает или обнаруживает ударный импульс в трубе, превышающий собственный резонанс или фоновый шум от потока продукта и оборудования, такого как насосы, компрессоры, двигатели и клапаны. Кроме того, система и способ согласно данному раскрытию не зависят от частоты, а также не выполняют контроля трубы для обнаружения определенной собственной частоты или вибрации трубы или потока продукта (что типично для акустических подходов). Вместо этого система и способ выполняют контроль трубы на предмет возмущения в осевом направлении независимо от частоты фонового шума, характерного для трубы, или возникающего в ней от других источников. Датчик вибраций может быть одним или более акселерометрами, при этом он также может обслуживать множество переключающих релейных контактов, передатчик, а также обладать возможностью объединения счетных механизмов и сериализованных данных, относящихся к внутритрубному устройству. В случае обеспечения возможности передачи данных, сигнализатор снаряда может входить в контакт с системой управления на объекте или за его пределами для идентификации ключевых атрибутов, касающихся снаряда при его прохождении мимо сигнализирующего устройства.

Поскольку вибрация протекающей текучей среды связана с трубопроводом и скоростью текучей среды, любое плюсовое отклонение вибрации может быть обнаружено и подтверждено датчиком. Датчик можно настроить на определение порога, выше которого любое увеличение перемещения во времени будет указывать на прохождение снаряда. Все, что ниже этого порога, можно считать собственным резонансом взаимодействия трубопровода с текучей средой. Детектор может находиться в спящем режиме или в режиме пониженной мощности до тех пор, пока ударный импульс не будет обнаружен, и возвращаться в этот режим после того, как снаряд минует детектор, и ударный импульс больше не будет обнаруживаться датчиком.

По сравнению с сигнализаторами снаряда предшествующего уровня техники варианты осуществления согласно данному раскрытию предоставляют относительно недорогие средства для подтверждения запуска, приема или прохождения снаряда. Поскольку установка сигнализатора на трубопровод является неинтрузивной, установка более экономична, чем в случае сигнализаторов предшествующего уровня техники, которые требуют испытания материала, врезки в трубопровод и приваривания. А поскольку внутренняя часть корпуса не находится в гидравлической связи с содержимым трубопровода и не подвергается воздействию текучей среды, устраняются проблемы, связанные с наличием мусора и грязи в трубопроводе. Также повышается безопасность, поскольку отсутствует потенциальный путь утечки, создаваемый разницей давления внутри трубопровода и внешним давлением окружающей среды (в отличие от типичного механического пути утечки, создаваемого интрузивной фланцевой или резьбовой точкой приложения).

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 представлен вариант осуществления детектора импульсов согласно данному раскрытию, содержащий датчик вибраций и аккумуляторную батарею для питания датчика. Детектор может быть выполнен в виде сигнализатора внутритрубного снаряда. Корпус прикрепляется к трубопроводу с помощью либо постоянного механического, либо магнитного основания.

На фиг. 2 представлен пример выходных данных характеристик сигнала, указывающего на прохождение снаряда мимо варианта осуществления датчика обнаружения вибрации согласно данному раскрытию. См. также данные, представленные на фиг. 3 и 4. Ударный импульс, генерируемый проходящим снарядом, обнаруживают в широком диапазоне частот трубопровода (фоновый шум). Порог обнаружения может быть установлен на любой частоте, которая надежно указывает на прохождение для данного участка трубопровода.

На фиг. 3 представлен примерный график вычислений быстрого преобразования Фурье ("БПФ"), используемых для анализа потока данных перемещения снаряда, взятых во время пробного запуска с использованием датчика вибраций, выполненного с размерами, позволяющими наилучшим образом выделить и измерить ударный импульс от снаряда. Расчеты помогли определить лучшую или оптимальную частоту для контроля при конкретном применении. Расчеты БПФ показывают, что снаряд рассматривают как импульсный сигнал, чем как акустограмму. Следует обратить внимание на то, что данные по фиг. 3 и 4 берутся из данных, полученных с момента прохождения снаряда, а не из всех необработанных выходных данных сигнализатора снаряда согласно данному раскрытию.

На фиг. 4 представлен примерный график типичного потока данных о перемещении снаряда по фиг. 3. Каждый раз, когда снаряд перемещается вперед, он создает импульсное повышение механического момента, передаваемого трубе. Этот обмен механическим моментом создает в трубе скачок осевого напряжения, что является событием, поддающимся оценке. Обмен может также создавать в трубе радиальное усилие.

На фиг. 5 представлена схема варианта осуществления системы и способа, в которых используется неинтрузивный сигнализатор снаряда согласно данному раскрытию в сочетании с полосовой фильтрацией в диапазоне от 1 до 10 Гц для обнаружения прохождения снаряда. Это является неограничивающим примером. Полосовой фильтр может быть настроен на пропускание выбранных частот, отличных от частот по данному примеру, в зависимости от контролируемого участка трубопровода.

На фиг. 6 представлен другой вариант осуществления детектора согласно данному раскрытию, выполненного в виде сигнализатора внутритрубного снаряда.

Осуществление изобретения

При прохождении текучей среды по трубопроводу, в трубопроводе возникают собственные колебания или резонанс. Оборудование, такое как насосы, двигатели и клапаны, создает дополнительную вибрацию, также как и погодные явления, например ветер, и события, связанные со строительством, например выемка грунта в непосредственной близости от трубопровода или осуществление контакта трубы с частью оборудования, снаряд, перемещающийся по трубопроводу, может внести плюсовое отклонение от этого собственного резонанса. Например, когда снаряд запускают в трубопровод, он может удариться в один или более эксцентриковых редукторов во время процедуры запуска. Когда снаряд принимают в конце его движения, он может удариться в другие снаряды или дверцу принимающей ловушки. Вибрация, вызываемая соударениями с другими снарядами или дверцей, обычно имеет меньшую величину (амплитуду), чем вибрация, вызываемая при ударах снаряда о редукторы, но выше, чем собственный резонанс от протекающей текучей среды. Кроме того, когда снаряд перемещается по трубопроводу, он движется неравномерно, постоянно замедляясь и ускоряясь, поскольку перемещаясь вдоль трубопровода, он испытывает трение и воздействие сварных швов. Это изменение количества движения передается трубопроводу в виде мгновенного изменения резонанса, по мере прохождения снаряда по участку трубы. Варианты осуществления данного раскрытия используют эти изменения резонанса для обнаружения присутствия внутритрубного снаряда, такого как, но не ограничиваясь им, инспекционный снаряд или чистящий внутритрубный снаряд. Прибавление данных, включающих сварные швы, позволяет обнаруживать снаряд на значительном расстоянии от запускающей или принимающей установки.

В экспериментальных прогонах с использованием вариантов осуществления системы и способа согласно данному раскрытию измерения вибраций проводили на испытательном контуре, содержащем снаряд, и анализировали с использованием вычислений быстрого преобразования Фурье ("БПФ"). Расчеты БПФ показывают, что снаряд, который перемещается вперед по трубопроводу рывками, рассматривают как импульсный сигнал, чем как акустограмма. Перемещение снаряда в начале и остановке движения позволяет передавать механический момент трубе в виде импульса в осевом, радиальном или осевом и радиальном направлениях. Система и способ согласно данному раскрытию обнаруживают этот ударный импульс и серию ударных импульсов, указывающих на прохождение снаряда, когда снаряд приближается к датчику, минует его и удаляется. Затем ударные импульсы используют в качестве электронной характеристики сигнала, указывающего на то, что снаряд прошел мимо датчика. Ударный импульс не зависит от основной частоты (характерной или собственного резонанса) участка трубопровода и может быть обнаружен в широком диапазоне этих основных частот.

Что касается перемещения типа остановка - движение снаряда, снаряд периодически останавливается, поскольку при обтекании текучей средой разность давлений падает, а трение увеличивается с температурой. При замедлении перемещения или остановке давление позади снаряда увеличивается, чтобы он снова преодолел трение. Когда снаряд начинает перемещаться, его скорость быстро увеличивается из-за кратковременного высокого градиента давления, снаряд продолжает перемещаться вперед

несколько долей секунды и снова нагревается из-за трения. Когда снаряд нагревается, он становится несколько липким, что увеличивает силу трения снаряда. Когда это происходит, сила трения увеличивается и перемещение снаряда снова останавливается. Каждый раз, когда снаряд перемещается вперед, он создает импульсное повышение механического момента, передаваемого трубе. Этот обмен механическим моментом создает в трубе скачок осевого напряжения, которое является событием, поддающимся оценке. Скачок в основном происходит в осевом направлении, но может также происходить и в радиальном направлении. Как рассматривалось выше, это событие наблюдается как ударный импульс в трубе, как показано в расчетах БПФ. Кроме того, этот ударный импульс может наблюдаться в широком диапазоне частот трубопровода.

Средства обработки сигнала, включающие меньшей мере один полосовой фильтр, выполнены с возможностью приема данных, собранных датчиком вибраций, и пропускания частот в заданном диапазоне. Полосовой фильтр может быть определен на основе конкретных частот, которые лучше всего работают на конкретном целевом участке трубопровода. Выбранный фильтр может пропускать частоты выше или ниже основной частоты (характерной или собственного резонанса) участка трубопровода, которая может быть определена с помощью обычных экспериментов или испытаний. При некоторых применениях это может означать фильтр нижних частот, пропускающий выбранные частоты. При других применениях это может означать фильтр верхних частот. Еще при других применениях фильтр может пропускать средние частоты. В целом, независимо от основной частоты участка трубопровода, амплитуда ударного импульса обычно уменьшается с увеличением его частоты, что упрощает обнаружение на более низких частотах и требует меньшего усиления по сравнению с обнаружением ударного импульса на более высоких частотах. Если необходимо, можно использовать несколько фильтров, и при определенных условиях могут быть включены микропереключатели, чтобы датчик можно было легче настраивать для конкретного применения.

В некоторых вариантах осуществления выбранная частота находится в диапазоне от 0,1 Гц до 35 кГц, от 0,5 до 10, 20, 30, 40 или 50 Гц, от 50 до 100 Гц; от 100 до 200, 300, 400 или 500 Гц; от 500 Гц до 1 кГц; от 1 до 5, 10, 15 или 20 кГц; от 20 до 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 или 100 кГц, от 100 до 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 или 1000 кГц или в каких-либо других диапазонах вплоть до акустически обнаруживаемого предела, при этом в их пределах есть поддиапазоны или перекрытие диапазонов между более широкими диапазонами, перечисленными в здесь. Например, при тестировании ударный импульс наблюдался в диапазоне от 0,1 Гц до 35 кГц. Ожидается, что ударный импульс будет наблюдаться выше 35 кГц; однако это был верхний предел, протестированный автором изобретения. Полосовой фильтр или фильтры могут быть настроены для выбранного диапазона частот, который, исходя из целевого участка трубопровода, лучше всего подходит для обнаружения ударных импульсов.

Со ссылкой на чертежи, в вариантах осуществления детектора 10 импульсов согласно данному раскрытию один или более датчиков вибрации 11 могут быть размещены в корпусе 13, имеющем неинтрузивные средства 15 механического крепления, выполненные с возможностью соединения с внешней стенкой 17 трубопровода Р. Например, детектор 10 может быть закреплен путем приваривания непосредственно к трубе, и может содержать резьбовой элемент (который может быть расположен под углом для обеспечения обычного сварного соединения). Детектор 10 может быть выполнен в виде сигнализатора внутритрубного снаряда. Множество детекторов 10 может быть разнесено друг от друга вдоль трубопровода или участка трубопровода. Детектор 10 содержит источник 21 питания и средства 23 обработки сигналов с возможностью фильтрации, и усилитель, обеспечивающий возможность использования слабых сигналов. Детектор 10 не проходит во внутреннюю стенку 19 трубопровода и не выходит за ее пределы. Корпус 13 может быть двухэлементным корпусом, содержащим поверхность 14 канавки под уплотнительное кольцо, секцию 13А верхней крышки и секцию 13В нижнего корпуса, причем секция 13А верхней крышки уплотнена кольцом. Корпус 13 может также содержать коммуникационный порт 16 ввода/вывода. Для питания датчика 11 может иметься аккумулятор или аккумуляторный блок 21. Детектор 10 может также содержать корпус 31 для сигнализационной панели и сигнализационную панель 33. Корпус 31 для сигнализационной панели также может содержать прозрачную оконную часть 35. Сигнализационная панель 33 может быть поворотной сигнализационной панелью со светодиодной подсветкой. Кроме того, детектор 10 может быть выполнен с возможностью осуществления контакта с удаленной комнатой управления для подтверждения прохождения снаряда и его учета. Комната управления может находиться на расстоянии до нескольких миль от детектора. Для обеспечения этой связи детектор 10 может использовать модем или технологии сотовой связи. Детектор 10 также может быть разработан с ручным инфракрасным или ультрафиолетовым управлением, что позволит подрядчикам по строительству трубопроводов или операторам и техническим специалистам перезагружать устройство из автомобиля-пикапа, вместо того, чтобы приближаться к датчику и перезагружать прибор вручную. Использование удаленного устройства для перезагрузки и включения детектора 10 может значительно сэкономить время операторов в полевых условиях.

В качестве неограничивающего примера средства 15 механического крепления могут содержать постоянное сварное соединение или магнитное основание, или их эквивалент. Средства могут содержать крепежное основание 18. Крепление к трубопроводу может быть сварным соединением на плоской части

20 крепежного основания, магнитным соединением (которое может быть частью сварного соединения) или соединением с использованием эпоксидной смолы или химического вещества, для обеспечения надежного, трудно удаляемого соединения. Поскольку сигнализатор снаряда 10 предназначен для измерения воздействий импульсного типа, важно обеспечить жесткое размещение соединительных поверхностей, чтобы в зависимости от используемой методологии отсутствовало или происходило незначительное поглощение удара.

Датчик 11 согласно данному раскрытию не передает частоту или звук трубе или продукту в трубопроводе, а вместо этого принимает или обнаруживает ударный импульс в трубе благодаря перемещению типа останова - движение снаряда, когда он приближается к детектору 10, движется мимо и удаляется от него. Датчик 11 выбирают таким образом, чтобы обнаруживать уровень вибраций и частотный диапазон, превышающие уровень собственного резонанса текучей среды трубопровода. Предметом обнаружения является возмущение, вызываемые снарядами, о чем свидетельствует увеличенная по сравнению с фоновым шумом амплитуда. Выбранная частота должна быть наименее чувствительной к фоновому шуму или частоте участка трубопровода. Например, в зонах, где участок трубопровода содержит насосы или двигатели, выбранная частота может быть выше или ниже той, на которой работают насосы или компрессоры (например, выше или ниже 30-55 Гц, что соответствует рабочему диапазону от 1800 об/мин до 3300 об/мин).

В вариантах осуществления датчик 11 может быть одним или более акселерометрами. Для измерения вибраций можно использовать другие инструменты такого типа, которые известны в области измерения вибраций, при условии, что инструмент достаточно чувствителен, чтобы обнаруживать плюсовое отклонение вибрации, которое выше отклонения вибраций протекающей текучей среды. Поскольку датчик по данному раскрытию не генерирует никаких акустических для обнаружения снаряда, датчик может непрерывно находиться в спящем режиме в течение нескольких часов или дней в ожидании шума от ударного импульса более низкого уровня для указания на то, что снаряд стал заметен. Эту вибрацию более низкого уровня или ударный импульс более низкого уровня можно использовать для пробуждения сигнализатора внутритрубного снаряда, при этом на датчик будет подано питание, и, как отмечено при испытании, он будет ожидать соответствующей формы волны, чтобы определить прохождение снаряда. Таким образом, экономия энергопотребления становится значительной, что позволяет аккумуляторному блоку служить годы, а не недели.

Поскольку внутритрубный снаряд быстро ускоряется и замедляется при движении вместе с потоком продукта в трубопроводе, он создает возмущение или ударный импульс в осевом направлении трубы, который может быть обнаружен в широком диапазоне частот. (Следует отметить, что имеется относительно меньший ударный импульс в радиальном направлении, а также в осевом направлении. Осевое направление, однако, является заметно большим, чем радиальное, но в вариантах осуществления может использоваться радиальное). Этот ударный импульс может появляться, имея амплитуду в 3-4 раза превышающую амплитуду фонового шума, и в вариантах осуществления может быть усилен в несколько раз (например, еще в 3-5 раз, делая сигнал примерно в 10-20 раз более сильным, чем сигнал фонового шума, или в какое-либо другое предпочтительное число раз). Можно использовать полосовую фильтрацию высоких или низких частот, чтобы ударный импульс мог пройти выше фоновой частоты участка трубопровода для обнаружения ударного импульса, вызванного прохождением снаряда. В некоторых вариантах осуществления этот диапазон составляет от 0,1 до 10 Гц, причем в этом более широком диапазоне имеются поддиапазоны. Можно использовать диапазон выше примерно около 20 Гц, но обнаружение не является таким же надежным на более высоких частотах в широком диапазоне частот от 0 Гц до 35 кГц. В качестве неограничивающего примера внутритрубный снаряд может работать в диапазоне частот от 3 до 7 Гц с оборудованием, приводимым в движение двигателем, таким как насосы и компрессоры, работающие в диапазоне частот от 30 до 55 Гц (что соответствует рабочему диапазону от 1800 до 3300 об/мин). Другие компоненты трубопровода, такие как клапаны, могут быть выделены в виде одиночного ударного импульса или вибрационных колебаний ударного типа и легко идентифицированы. Датчик 11 может быть выполнен с возможностью обнаружения вибрации или ударного импульса в трубе в диапазоне от 0,1 до 10 Гц. Кроме того, можно использовать другие пределы обнаружения.

Датчик 11 может находиться в электронной или сетевой связи с компьютеризированными средствами 23 обработки сигналов, содержащим микропроцессор и соответствующее программное обеспечение. Все или часть средств 23 обработки сигналов может быть включена в датчик 11 или детектор 10. В вариантах осуществления средств 23 обработки сигналов содержат усилитель 25 и полосовые фильтры 27. Фильтрация и усиление обеспечивают возможность датчику 11 идентифицировать прохождение снаряда. Перепускному фильтру 27 может быть придан размер для использования и размещения как единого целого с датчиком 11 или детектором 10. В некоторых вариантах осуществления усилитель 25 и фильтр 27 могут быть размещены снаружи, например в шкафу управления, расположенном на участке трубопровода. Тестирование может проводиться на конкретных снарядах при работе на рабочих скоростях для лучшего выделения частот снаряда. Во многих случаях работа снаряда предполагается в диапазоне от 1 до 10 Гц, от 2 до 9 Гц, от 3 до 8 Гц, от 4 до 7 Гц, при этом в этих более широких диапазонах имеются поддиапазоны. Поскольку датчик 11 прикреплен к трубопроводу P, любое увеличение вибрации, выхо-

дящее за пределы собственного резонанса при взаимодействии протекающей текучей среды со стенкой 17, 19 трубопровода и другим оборудованием, будет обнаруживаться и подтверждаться. Таким образом, датчик 11 настроен так, чтобы отдельная вибрация текучей среды была собственной частотой при эксплуатации. Например, когда вибрация в трубопроводе увеличивается из-за движения снаряда, амплитуда сигнала увеличивается выше предварительно установленной точки или уровня фильтрации. Это увеличение указывает на прохождение снаряда.

Средства 21 обработки сигнала могут использоваться для передачи сериализованных данных от снаряда, ведения подсчета снарядов, проходящих по трассе, использования реле в сигнализаторе снаряда для освещения индикаторов или перемещения сигнализационных панелей для указания того, что снаряд прошел, для кого-либо, находящегося на расстоянии и не имеющего возможности использования визуального распознавания. Реле времени также можно использовать для автоматического сброса переключателя, изменения подсветки или закрытия сигнализационной панели для повторного включения сигнализатора снаряда для следующего прохождения инструмента по трубопроводу. Сигнализирующее устройство 10 может обеспечить возможность людям, находящимся вблизи трубопровода увидеть, что снаряд прошел, а также обеспечить возможность операторам в комнате управления на расстоянии нескольких сотен миль сделать то же самое. В вариантах осуществления могут быть также реализованы переносные средства управления инфракрасного или ультрафиолетового типа, чтобы обеспечить возможность техническим специалистам удаленно перезагружать и подтверждать прохождение снаряда в качестве составной части обычной рабочей процедуры. Возможность подтверждения и/или перезагрузки датчика с автомобиля-пикапа позволяет значительно экономить время. Это также обеспечивает безопасность, поскольку перезагрузку прибора можно производить на расстоянии, что позволяет техническому специалисту никогда не находиться в рабочей зоне трубопровода, где высокое давление, H_2S и протечки текучей среды могут представлять потенциальную опасность для технического специалиста.

В вариантах осуществления способа использования сигнализатора 10 снаряда способ включает обнаружение ударного импульса, превышающего ударный импульс основной (характерной или собственного резонанса) частоты вибрации, вызываемой потоком текучей среды, взаимодействующим с трубопроводом, а также другими источниками вибрации трубопровода, такими как насосы и компрессоры, причем ударный импульс обнаруживается детектором 10, содержащим, по меньшей мере, один датчик 11 вибраций, находящийся в связи с внешней стенкой 17 трубопровода. Ударный импульс можно обнаруживать в широком диапазоне вибраций трубопровода. Способ также может включать определение этой частоты характеристики сигнала для участка трубопровода, который необходимо контролировать. Для определения наилучшего или оптимального диапазона, в котором будет обнаруживаться ударный импульс, можно использовать вычисления быстрого преобразования Фурье или их аналоги. Затем датчик 11 может быть подобран по размеру, чтобы лучше выделять и измерять ударный импульс от снаряда. Сначала ударный импульс может быть обнаружен на значительном расстоянии выше по потоку от детектора 10. В качестве неограничивающего примера и в зависимости от желаемой чувствительности детектора 10 ударный импульс может быть сначала обнаружен на расстоянии от 1500 до 10 футов от детектора 10 [от 457 до 3 м], при этом существуют другие верхние пределы и поддиапазоны в этом более широком диапазоне (например, 500 футов или 152 м).

Как рассматривалось выше, средства обработки сигнала, содержащие по меньшей мере один полосовой фильтр, могут быть реализованы с возможностью приема данных, собранных датчиком 11 вибраций, и пропускания частот в заданном диапазоне. Полосовой фильтр 27 может быть определен на основе конкретных частот, которые лучше всего работают на конкретном целевом участке трубопровода. Выбранный фильтр может пропускать частоты выше или ниже основной частоты участка трубопровода, которая может быть определена с помощью обычных экспериментов или испытаний. При некоторых применениях фильтр 27 может пропускать выбранные низкие частоты. При некоторых применениях он может пропускать выбранные частоты среднего диапазона или высокие частоты.

Описанные здесь примерные варианты осуществления могут быть изменены без отклонения от объема нижеследующей формулы изобретения. Формула изобретения включает полный диапазон эквивалентов, которыми наделен каждый перечисленный элемент.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обнаружения внутритрубного снаряда, перемещающегося в трубопроводе (P), включающий:

обнаружение с помощью пассивного детектора (10) сигнала внутритрубного снаряда серии ударных импульсов, распространяющихся в осевом направлении в пределах выбранного участка трубопровода, имеющих частоту, отличную от основной частоты выбранного участка трубопровода и которая вызвана изменениями механического момента внутритрубного снаряда, по мере его непрерывного ускорения и замедления во время перемещения между соседними источниками вибрации в пределах выбранного участка трубопровода ввиду изменения сил трения между внутритрубным снарядом и выбранным участком трубопровода, при этом соседние источники вибрации являются источниками, выбранными из группы, состоящей из трубопроводных наносов, двигателей и компрессоров; продукта в трубопроводе или потока продукта в трубопроводе; трубопроводных клапанов; сварных швов трубопровода; запускающих или принимающих установок трубопровода; редукторов трубопровода,

причем пассивный детектор сигнала внутритрубного снаряда содержит:

корпус (13);

неинтрузивные средства (15) для соединения корпуса с внешней стенкой трубопровода, причем ни одна часть пассивного детектора сигнала внутритрубного снаряда не проходит во внутреннюю часть трубопровода;

по меньшей мере один датчик (11) вибраций, размещенный в корпусе; и

средства (23) обработки сигналов, содержащие по меньшей мере один полосовой фильтр (27), выполненный с возможностью приема по меньшей мере части данных, собранных по меньшей мере одним датчиком вибраций,

при этом по меньшей мере один датчик вибраций и полосовой фильтр выполнены с возможностью контроля выбранного участка трубопровода и обнаружения серии ударных импульсов.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что по меньшей мере один датчик вибраций и полосовой фильтр выполнены с возможностью контроля частот в диапазоне от 0,1 до 20 кГц.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что по меньшей мере один датчик вибраций и полосовой фильтр выполнены с возможностью контроля частот в заданном диапазоне, который включает по меньшей мере одну частоту выше и/или ниже 20 кГц.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что средства обработки сигналов содержат по меньшей мере один усилитель (25), выполненный с возможностью приема части данных, собранных по меньшей мере одним датчиком вибраций.

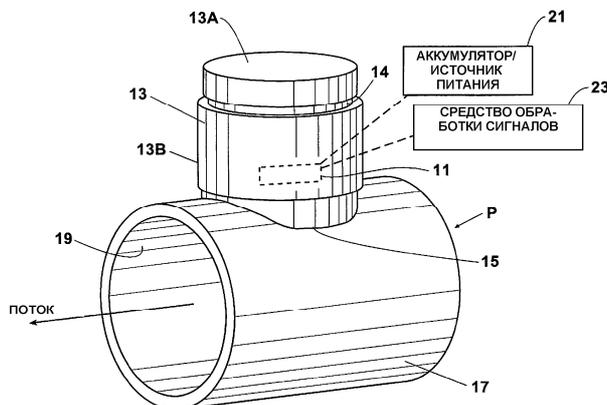
5. Способ по п.1, отличающийся тем, что неинтрузивные средства содержат основание (18), выполненное с возможностью соединения с внешней стенкой трубопровода.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что по меньшей мере один датчик вибраций содержит акселерометр.

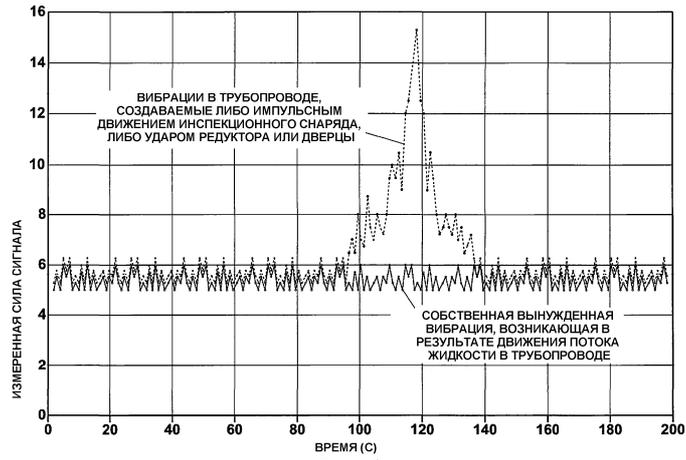
7. Способ по п.1, отличающийся тем, что серия ударных импульсов распространяется в заданном промежутке времени.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что включает передачу пассивным сигнализатором снаряда данных, указывающих на прохождение снаряда, подсчет всех обнаруженных снарядов или как прохождение, так и подсчет.

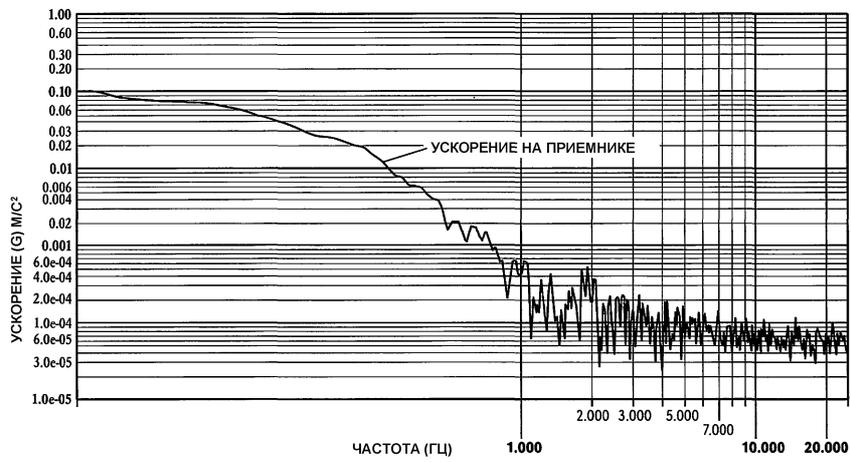
9. Способ по п.1, отличающийся тем, что включает определение основной частоты выбранного участка трубопровода (P), а также анализ серии вибраций от ударных импульсов для определения указанного диапазона основных частот выбранного участка трубопровода.



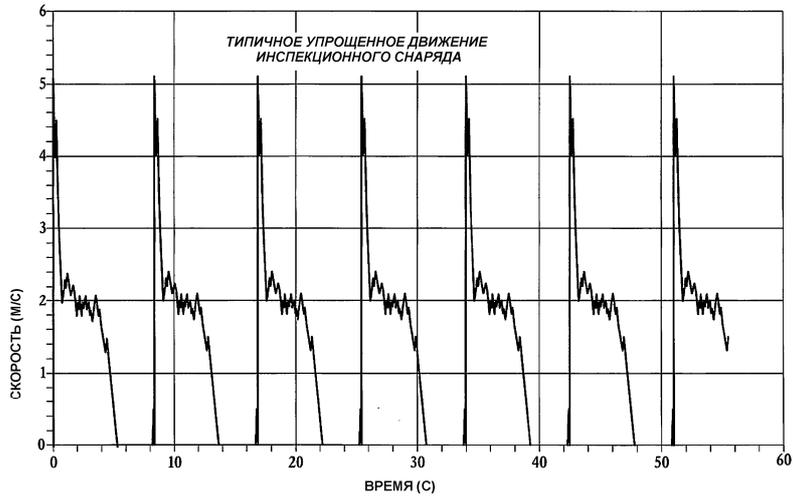
Фиг. 1



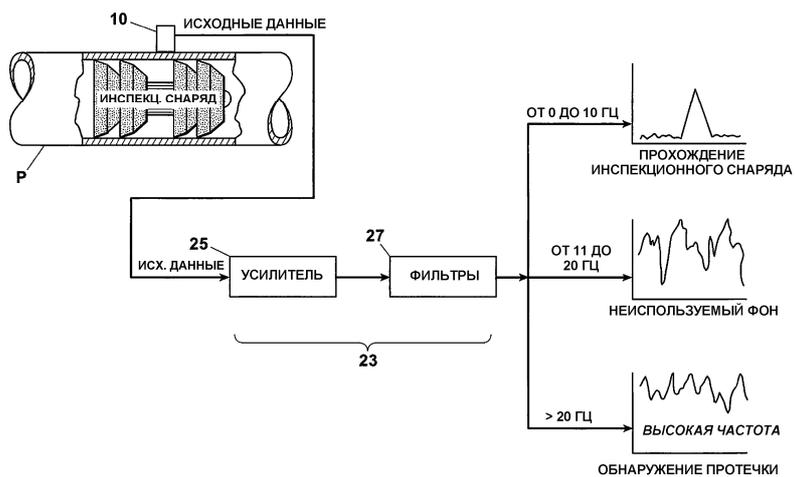
Фиг. 2



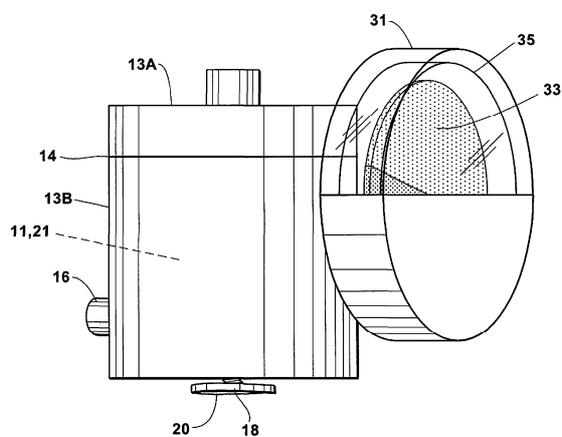
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

