

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **046790**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.04.23**

(51) Int. Cl. **A61B 17/22** (2006.01)  
**A61B 17/32** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202293171**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.06.29**

---

(54) **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ СНАРЯДА С СИЛОВЫМ УСКОРЕНИЕМ АППАРАТА ИНТРАКОРПОРАЛЬНОЙ ЛИТОТРИПСИИ**

---

(31) **102020117364.4**

(56) EP-A1-1163883  
DE-A1-102018101215  
EP-A1-1163882

(32) **2020.07.01**

(33) **DE**

(43) **2023.06.28**

(86) **PCT/EP2021/067828**

(87) **WO 2022/002926 2022.01.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**КАРЛ ШТОРЦ СЕ ЭНД КО. КГ (DE)**

(72) Изобретатель:  
**Хиндинг Томас, Гльогглеер Бернхард (DE)**

(74) Представитель:  
**Рыбина Н.А. (RU)**

---

(57) Изобретение относится к методу определения оптимальной частоты колебательного движения снаряда с силовым ускорением аппарата для интракорпоральной пневматической литотрипсии, включающему следующие этапы: многократное ускорение снаряда от первого проксимального упора на пути ускорения до второго дистального упора и от второго упора до первого упора, при этом пьезоэлемент расположен между проксимально расположенным контрподшипником и дистально расположенным рожком и механически соединен с контрподшипником и рожком, а рожок имеет дистально расположенный сонотрод, где ускорительный путь расположен во внутренней части контрподшипника и рожка, а первый упор расположен на дистальном конце контрподшипника и второй упор расположен на дистальном конце рожка; обнаружение электрического сигнала от пьезоэлемента, вызванного вибрацией первого упора и/или второго упора в результате падения снаряда; и использование обнаруженного электрического сигнала для управления средой, которая генерирует силу и которая используется для ускорения снаряда от первого упора пути ускорения до второго упора и от второго упора до первого упора.

---

**B1**

**046790**

**046790**

**B1**

Изобретение относится к методу определения оптимальной частоты колебательного движения снаряда с силовым ускорением аппарата для интракорпоральной литотрипсии и соответствующего аппарата для литотрипсии.

Литотрипсия - это известный на сегодняшний день метод дезинтеграции камней, которые также называют конкрементами, в мочевыводящих путях, почках и/или мочевом пузыре. Большинство устройств литотрипсии используют ультразвук, лазер или пневматические источники энергии для дезинтеграции таких камней.

Известный на сегодняшний день литотриптер содержит вал, который соединен с электрически управляемым драйвером или пневматическим приводом. Вал вводится в анатомию пациента в точке, близкой к камню, и через вал посылается волновая форма для разрушения камня валом и создания пневматического молотка или воздействия на камень, в результате чего камень фрагментируется на более мелкие, легко удаляемые элементы, которые затем могут быть удалены с помощью всасывающего-промывочного насоса. Это метод интракорпоральной литотрипсии.

Для того чтобы можно было максимально эффективно спроектировать дезинтеграцию камня, известно сочетание двух систем, например методы с использованием ультразвука и пневматически генерируемого механического удара.

Известно также, что ультразвуковая и пневматическая системы могут работать независимо или вместе. Если они работают вместе и снаряд с пневматическим приводом ударяется о сонотрод, это приводит к помехам в работе ультразвукового генератора. Если снаряд ударяется о сонотрод, удар также воздействует на пьезоэлемент, генерирующий ультразвуковые волны, так что в генераторе индуцируется напряжение.

В случае некоторых систем литотрипсии из-за этого вмешательства управление больше не может поддерживаться, в этот момент появляется сообщение об ошибке, и систему необходимо перезапустить.

Известно, что в случае пневматической системы удары, обладающие как можно более высокой энергией, должны достигаться с частотой, которая является как можно более высокой или оптимальной. Известно также, что давление, масса и путь ускорения существенно влияют на энергию, которая выделяется при ударе снаряда о сонотрод.

Задачей настоящего изобретения является улучшение уровня техники. В частности, объектом изобретения является комбинированная литотриптерно-ультразвуковая-пневматическая система, которая функционирует без помех. Например, еще одним объектом изобретения является такая комбинированная система, которая максимизирует силу дезинтеграции снаряда, используемого в пневматической системе. В частности, еще одним объектом изобретения является такая комбинированная система, которая максимизирует частоту повторного ускорения используемого снаряда.

Эта цель достигается с помощью метода определения оптимальной частоты колебательного движения снаряда с силовым ускорением, имеющего признаки независимого п.1. Предпочтительные дальнейшие усовершенствования изобретения указаны в зависимых пунктах формулы изобретения. Прежде всего, будет объяснена следующая терминология:

Настоящий метод определения оптимальной частоты колебательного движения снаряда с силовым ускорением аппарата интракорпоральной литотрипсии, в частности аппарата литотрипсии, можно также понимать, помимо прочего, как метод тестирования, калибровки, настройки или оптимизации функциональности аппарата литотрипсии. В частности, метод не осуществляется во время хирургического вмешательства. Метод осуществляется, например, на производственном предприятии либо до, либо, соответственно, после хирургического вмешательства.

Терминология "оптимальная частота колебательного движения снаряда с силовым ускорением при интракорпоральной, в частности пневматической, литотрипсии" может быть понята в данном случае как максимальная частота. Даже если частота "только" оптимизирована, в данном случае упоминается оптимальная частота.

В случае настоящей литотрипсии снаряд, проходящий в закрытом пространстве, ускоряется от первого конца пространства до второго конца пространства таким образом, что снаряд тормозится на втором конце. При быстром торможении снаряда высвобождается энергия удара, которая передается через снаряд наружу к рожку и закрепленному на нем сонотроду. После торможения снаряда он предпочтительно перемещается обратно от второго конца к первому концу, после чего снаряд снова может быть ускорен в другом направлении. Повторное перемещение снаряда от первого конца ко второму концу и обратно обозначается в данном случае как колебательное движение.

Прямой контакт наконечника сонотрода с разрушаемым конкрементом имеет решающее значение для передачи энергии удара.

Пьезоэлемент предпочтительно работает в резонансе с рожком и сонотродом для генерирования ультразвуковых волн.

Аппарат для проведения литотрипсии представляет собой устройство для проведения литотрипсии, в частности, портативное устройство с эндоскопом.

Ультразвуковая частота пьезоэлемента предпочтительно составляет 27 кГц. Ультразвуковой сигнал предпочтительно генерируется с помощью генератора сигналов.

Траектория ускорения в данном случае представляет собой отдельную пространственную область, в которой снаряд может ускоряться от одного конца к другому концу. Снаряд может скользить вперед и назад в пределах этой пространственной области свободно и предпочтительно с небольшим трением.

Предпочтительно путь ускорения частично проходит в рожке. Конец пути ускорения предпочтительно соединен с сонотродом на втором упоре.

Контрподшипник предпочтительно является отражателем ультразвуковых волн. Рожок используется для передачи ультразвуковых волн, генерируемых пьезоэлементом, на сонотрод, используемый в качестве волновода. В то же время контрподшипники рожка служат механическим держателем для ускорительного тракта, который расположен внутри отражателя и рожка.

Контрподшипники/или рожки имеют, в частности, полуцилиндрическую форму.

Когда ускоренный снаряд тормозится на первой или второй остановке, возникает толчок, который также заставляет вибрировать пьезоэлемент в результате механической связи. Благодаря пьезоэлектрическому эффекту это вибрация вызывает напряжение, которое индуцируется на концах пьезоэлемента и может быть обнаружено с помощью электронной схемы. При ударе снаряда в пьезоэлементе возникает высокое напряжение, которое нарушает резонансную частоту ультразвукового генератора. Присутствующая в нем электроника должна перенастроиться, чтобы снова войти в резонанс. Эта перенастройка может быть использована в качестве сигнала для определения положения снаряда.

Основная идея изобретения заключается в использовании информации, которая может быть получена из этого электрического сигнала, например, времени или периодов появления индуцированного напряжения, для регулирования временного приведения в действие средства, ускоряющего снаряд, таким образом, чтобы сила, передаваемая от снаряда к конкременту, подлежащему разрушению, была максимальной и/или частота колебаний снаряда во внутренней части на пути ускорения была максимальной и/или оптимизированной.

Другой основной идеей изобретения является, в частности, использование пьезоэлемента, который используется для генерации ультразвуковых волн, в качестве датчика для оптимизации движения снаряда внутри на пути ускорения.

Снаряд может быть ускорен с помощью сжатого воздуха, электромагнитной силы или механического устройства. Среда, создающая силу, может быть сжатым воздухом, электромагнитным полем или механическим устройством. Термин "среда" используется в данном случае в значении "среда, которое передает силу от первого предмета ко второму". Термин "среда, которая генерирует силу" может пониматься в данном случае как любое устройство, любой материал или любое физическое поле или сила в вышеуказанном смысле. Устройством для ускорения снаряда может быть, например, рельсовая пушка. Альтернативно или дополнительно для ускорения снаряда могут использоваться, например, механические устройства.

Пьезоэлемент может быть возбужден ультразвуковой частотой. Для этого пьезоэлемент предпочтительно подключается к генератору сигналов, который генерирует ультразвуковую частоту.

Траектория ускорения может быть реализована с помощью участка трубы, где первый конец участка трубы имеет первый упор, а второй конец участка трубы имеет второй упор. Секция трубы предпочтительно имеет полную цилиндрическую форму.

Первый клапан может использоваться для подачи сжатого воздуха в участок трубы таким образом, что снаряд ускоряется от первого упора до второго упора. В частности, источник сжатого воздуха соединен с первым упором, т.е. с первым концом участка трубы, посредством обратного клапана. Кроме того, воздух, вытесняемый снарядом, может буферизироваться в камере хранения, которая находится отдельно от пути ускорения и/или участка трубы. Такая буферизация предпочтительно является временной. После закрытия первого клапана буферизованный сжатый воздух может быть использован для ускорения снаряда от второго упора до первого.

Для сжатого воздуха можно использовать давление от 0,5 до 5 бар.

В частности, второй клапан, расположенный между участком трубы и/или траекторией ускорения и камерой хранения, автоматически открывается после закрытия первого клапана, чтобы разогнать снаряд от второго упора до первого.

Первый клапан закрывается, в частности, после того, как снаряд достигнет второго упора.

Электрический сигнал пьезоэлемента может представлять собой сигнал питания, который может быть измерен с помощью катушки. Таким образом, электрический сигнал может быть эффективно обнаружен с малыми потерями от цепи, включенной в пьезоэлемент. Здесь может быть использован принцип токового зажима.

В соответствии с методом согласно изобретению, сигнал питания, измеренный на пьезоэлементе, может также подвергаться частотной фильтрации, чтобы сохранить диапазон частот, в котором находится частота при работе пьезоэлемента, вдали от цепи, в которой измеренный сигнал питания подвергается дальнейшей обработке. Такой фильтр может быть, например, RC-, RL- или RLC-цепью.

В частности, частотно-фильтрованный сигнал питания выпрямляется для получения аналогового сигнала.

Для этого может быть использован выпрямитель или один из типов выпрямителей. Например, ис-

пользуется буферная схема.

Кроме того, можно определить по меньшей мере одно пороговое значение выпрямленного частотно-фильтрованного сигнала питания, которое соответствует достижению снарядом первого или второго упора. Таким образом, в зависимости от силы тока, который генерирует снаряд при ударе о пьезоэлемент, можно определить, попал ли он в первый проксимальный или второй дистальный упор. Время, в которое происходит соответствующая остановка, предпочтительно также может быть определено по сигналу. Информация о местоположении "дистальная" в данном случае понимается как точка на медицинском устройстве, которая удалена от пользователя или оператора. Информация о местоположении "проксимальная" в данном случае понимается как точка на медицинском устройстве, которая находится близко к пользователю или оператору.

Микроконтроллер может быть использован для оценки выпрямленного, частотно-фильтрованного сигнала питания и для оценки определенных пороговых значений. Микроконтроллер может проводить здесь тесты на правдоподобность, чтобы минимизировать неправильные измерения или ошибки измерения или соответственно исключить их.

Метод может быть осуществлен с помощью регулирования таким образом, что колебание напряжения, вызванное толчком или ударом снаряда при первой остановке, регулируется до заранее определенного значения. Заданное значение может быть наименьшим значением, которое отличается от нуля и которое может быть определено с помощью настоящей электроники. Регулирование может быть, например, двухточечным, при котором предопределенное значение является целевым значением, а фактическое значение перемещается вокруг целевого значения. Регулирование вызывает, в частности, в зависимости от фактического значения, более раннее или более позднее срабатывание второго клапана, который может выпускать сжатый воздух, буферизованный в камере хранения, таким образом, что снаряд ускоряется от второго упора до первого упора.

В другом аспекте изобретение достигается с помощью аппарата для литотрипсии. Аппарат для литотрипсии подходит, в частности, для осуществления описанного выше метода.

Аппарат для литотрипсии имеет пьезоэлемент, расположенный между проксимально расположенным контрподшипником и дистально расположенным рожком, где пьезоэлемент механически соединен с контрподшипником и рожком. В этом случае полый цилиндрический ускорительный путь расположен внутри контрподшипника и рожка и имеет на проксимальном конце контрподшипника первый упор, а на дистальном конце рожка - второй упор.

Проксимальный конец пути ускорения имеет, в частности, источник сжатого воздуха, соединенный с ним посредством первого клапана.

В частности, снаряд расположен во внутренней части ускорительного пути, причем этот снаряд спроектирован и сконфигурирован для ускорения с помощью сжатого воздуха источника сжатого воздуха от первого упора до второго упора и для ускорения с помощью сжатого воздуха, вытесненного снарядом и буферизованного в камере хранения от второго упора до первого упора. Второй клапан может быть расположен между накопительной камерой и траекторией ускорения.

Сонотрод, выполненный в виде волновода, расположен, в частности, на дистальном конце рожка.

В этом случае проксимальный конец сонотрода механически соединен со вторым упором ускорительного пути.

Аппарат для литотрипсии в данном случае сконструирован и настроен, в частности, таким образом, что электрический сигнал пьезоэлемента, вызванный вибрацией первого и/или второго упора в результате попадания снаряда, может быть обнаружен и использован для регулирования сжатого воздуха источника сжатого воздуха.

Изобретение будет более подробно описано ниже на основе примерного варианта осуществления, в котором:

на фиг. 1 показана схематическая иллюстрация аппарата для литотрипсии в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения;

на фиг. 2 показано измерение электрической мощности сигнала, подаваемого на пьезоэлемент, в зависимости от времени, в течение которого выполняется метод в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения;

на фиг. 3 показана блок-схема метода согласно п. 1.

Аппарат литотрипсии 100 служит для осуществления метода определения оптимальной частоты колебательного движения снаряда, вызванного сжатым воздухом. Аппарат литотрипсии 100 может, например, представлять собой портативное устройство с сонотродом, прикрепленным к дистальному концу портативного устройства, при этом сонотрод имеет гибкий волноводный вал.

Аппарат литотрипсии 100 имеет пьезоэлемент 130, расположенный между проксимально расположенным контрподшипником 110 и дистально расположенным рожком 120. В этом случае пьезоэлемент 130 механически соединен с контрподшипником 110 и рожком 120. Пьезоэлемент 130 подвергается воздействию ультразвука частотой около 27 кГц с помощью генератора сигнала, не показанного на фигуре.

Контрподшипник 110 и пьезоэлемент 130 имеют полуцилиндрическую форму. Рожок 120 имеет

вращательно-симметричную форму с цилиндрическим углублением вдоль центральной продольной оси. Проксимальный конец рожка 120 имеет такой же внешний диаметр, как и пьезоэлемент 130. Начиная с проксимального конца рожка 120, внешний диаметр рожка сначала остается постоянным на протяжении заранее определенного пути, а затем асимптотически уменьшается до значения диаметра, которое несколько больше диаметра цилиндрического углубления во внутренней части рожка 120.

В данном случае контрподшипник 110 выполняет функцию отражателя ультразвуковых волн, генерируемых пьезоэлементом 130. Форма рожка 120 и/или контрподшипника 110 обеспечивает оптимальное направление поперечных и вращательных колебаний, как и продольных колебаний, к дистальному концу сонотрода 170. Преимуществом здесь является то, что сонотрод 170 и рожок 120 состоят из материалов практически с одинаковым акустическим сопротивлением.

Во внутренней части 122 контрподшипника 110 и рожка 120 расположен полый цилиндрический участок трубы 140, первый конец которого имеет на проксимальном конце 112 контрподшипника 110 первый упор 142, а второй конец которого имеет на дистальном конце 124 рожка 120 второй упор 144.

Проксимальный конец 146 участка трубы 140 имеет источник сжатого воздуха 160, соединенный с ним посредством первого клапана 150. Первый клапан 150 имеет обратный клапан.

Во внутренней части 122 участка трубы 140 расположен удлинённый снаряд 148, который может быть ускорен с помощью сжатого воздуха из источника сжатого воздуха 160 от первого упора 142 до второго упора 144. Снаряд 148 может свободно перемещаться взад и вперед по участку трубы 140. Снаряд 148 может ускоряться от второго упора 144 до первого упора 142 за счет сжатого воздуха, вытесняемого снарядом 148 и буферизованного в накопительной камере, которая не показана.

Снаряд 148 имеет цилиндрический корпус из очень прочной стали, который слегка магнитится. На проксимальном конце 146 участка трубы 140 расположен не показанный на рисунке удерживающий магнит, который может притягивать снаряд 148 и удерживать его там в состоянии покоя.

Сонотрод 170, выполненный в виде волновода, расположен на дистальном конце 124 рожка 120. В этом случае проксимальный конец 172 сонотрода 170 механически соединен со вторым упором 144 таким образом, что удар снаряда 148 о второй упор 144 оптимально передает импульс снаряда 148 на сонотрод 170. Диаметр сонотрода 170 меньше диаметра участка трубы 140.

В случае пневматической литотрипсии могут использоваться обе системы, т.е. ультразвуковая система с ультразвуковым элементом 130 и пневматическая система, в которой снаряд 148 ускоряется с помощью сжатого воздуха из источника сжатого воздуха 160. Это называется комбинированной работой. В качестве альтернативы пневматическая система может работать и без ультразвуковой системы. В последнем случае вся система может быть откалибрована при выключенном генераторе сигналов, т.е. предельные значения силы тока могут быть сохранены и использованы в качестве эталона при комбинированной работе, при которой измерение затруднено, поскольку ультразвуковая частота представляет собой источник помех.

В каждом случае, т.е. при комбинированной работе или при работе только пневматической системы, сигнал питания измеряется с помощью не показанного токового клеща на линии соединения между пьезоэлементом 130 и генератором сигналов.

Поскольку ультразвуковые колебания пьезоэлемента 130 представляют собой источник помех, сигнал питания, измеренный токовым клещом, фильтруется по частоте с помощью RLC-цепи таким образом, что из сигнала питания отфильтровывается небольшая область вокруг ультразвуковой частоты примерно 27 кГц. Ширина отфильтрованной частоты предпочтительно адаптирована к сигналу помехи.

Частотно-фильтрованный сигнал питания преобразуется в аналоговый выпрямленный сигнал с помощью буферной схемы.

В случае выпрямленного сигнала можно выделить два пороговых значения, первое пороговое значение соответствует удару снаряда 148 о первый упор 142, а второе пороговое значение соответствует удару снаряда о второй упор 144.

Выпрямленный сигнал регистрируется микроконтроллером, который контролирует и проверяет всю оценку. Микроконтроллер может проводить проверку достоверности обнаруженного сигнала питания, чтобы свести к минимуму неправильные измерения или ошибки измерения.

Метод определения максимальной или соответственно оптимальной частоты колебательного движения снаряда 148, вызываемого сжатым воздухом, включает, согласно первому шагу, многократное ускорение снаряда 148 посредством сжатого воздуха от первого проксимального упора 142 участка трубы 140 до второго дистального упора 144 и от второго упора 144 до первого упора 140.

В этом случае первый клапан 150 используется для подачи сжатого воздуха в участок трубы 140 таким образом, что снаряд 148 ускоряется от первого упора 142 до второго упора 144, при этом воздух, вытесненный снарядом 148, буферизируется в камере хранения, и после закрытия первого клапана 150 буферизированный сжатый воздух используется для ускорения снаряда 148 от второго упора 144 до первого упора 142.

Согласно второму этапу метода, пьезоэлемент 130 возбуждается ультразвуковой частотой. Для этого к пьезоэлементу 130 подключается не показанный генератор сигнала, работающий на частоте 27 кГц.

Согласно третьему этапу метода, определяется сигнал питания пьезоэлемента 130, вызванный виб-

рацией первого упора 142 или второго упора 144 в результате попадания снаряда 148. Согласно четвертому этапу метода, обнаруженный сигнал питания используется для регулирования сжатого воздуха.

Сигнал питания 180 имеет множество экспоненциально убывающих участков, смоделированных с помощью функции синуса или косинуса, которые отделены друг от друга во времени. В этом случае первая секция 182 сигнала питания 180 возникает от вибрации снаряда 148 на втором упоре 144, а вторая секция 184 сигнала питания 180 возникает от вибрации на первом упоре 142.

Список условных обозначений:

- 100 - аппарат для литотрипсии;
- 110 - контрподшипник;
- 112 - проксимальный конец контрподшипника;
- 120 - рожок;
- 122 - внутренняя часть контрподшипника и рожка;
- 124 - дистальный конец рожка;
- 130 - пьезоэлемент;
- 140 - сечение трубы;
- 142 - первая остановка на пути ускорения;
- 144 - вторая остановка пути ускорения;
- 146 - проксимальный конец пути ускорения;
- 148 - снаряд;
- 150 - первый клапан;
- 160 - источник сжатого воздуха;
- 170 - соноотрод;
- 172 - проксимальный конец соноотрода;
- 180 - сигнал питания;
- 182 - первая секция сигнала питания;
- 184 - вторая секция сигнала питания;
- 300 - метод;
- 310 - шаг метода;
- 320 - шаг метода;
- 330 - шаг метода.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Аппарат для литотрипсии (100), в частности, для осуществления метода (300) включает:

пьезоэлемент (130), расположенный между проксимально расположенным контрподшипником (110) и дистально расположенным рожком (120), где пьезоэлемент (130) механически соединен с контрподшипником (110) и рожком (120) и полый цилиндрический путь ускорения расположен во внутренней части (122) контрподшипника (110) и рожка (120), причем полый цилиндрический путь ускорения имеет на проксимальном конце (112) контрподшипника (110) первый упор (142) и на дистальном конце (124) рожка (120) второй упор (144), где проксимальный конец (146) пути ускорения имеет источник сжатого воздуха (160), соединенный посредством первого клапана (150), или аппарат литотрипсии (100) имеет устройство для генерирования электромагнитного поля для приложения силы, приложенной электромагнитно к снаряду (148); и снаряд (148) расположен во внутренней части (122) пути ускорения, причем указанный снаряд спроектирован и сконфигурирован для ускорения посредством сжатого воздуха из источника сжатого воздуха (160), или электромагнитной силы от первого упора (142) до второго упора (144) и для ускорения посредством сжатого воздуха, вытесненного снарядом (148) и буферизованного в камере хранения, или электромагнитной силы от второго упора (144) до первого упора (142);

соноотрод (170), который выполнен в виде волновода и который расположен на дистальном конце (124) рожка (120), при этом проксимальный конец (172) соноотрода (170) механически соединен со вторым упором (144), а аппарат литотрипсии (100) выполнен и сконфигурирован таким образом, что электрический сигнал от пьезоэлемента (130), вызывающий дрожание первого упора (142) и/или второго упора (144) в результате попадания снаряда (148), может быть обнаружен и использован для управления сжатым воздухом из источника сжатого воздуха (160) или для управления электромагнитно приложенной силой.

2. Метод (300) работы аппарата для литотрипсии (100) по п.1, в котором определения оптимальной частоты колебательного движения снаряда (148) интракорпоральной литотрипсии (100), включает следующие этапы:

повторное ускорение (310) снаряда (148) от первого проксимального упора (142) на пути ускорения до второго дистального упора (144) и от второго упора (144) до первого упора (140), где пьезоэлемент (130) расположен между проксимально расположенным контрподшипником (110) и дистально расположенным рожком (120) и механически соединен с контрподшипником (110) и рожком (120), и рожок (120) имеет дистально расположенный соноотрод (170), где путь ускорения расположен во внут-

ренной части (122) контрподшипника (110) и рожка (120), и первый упор (142) расположен на дистальном конце (112) контрподшипника (110), а второй упор (144) расположен на дистальном конце (124) рожка (120);

определение (320) электрического сигнала от пьезоэлемента (130), вызванного вибрацией первого упора (142) и/или второго упора (144) в результате падения снаряда (148); и

использование (330) определенного электрического сигнала для управления средой, которая генерирует силу и которая используется для ускорения снаряда (148) от первого упора (142) на пути ускорения до второго упора (144) и от второго упора (144) до первого упора (142).

3. Метод (300) по п.2, отличающийся тем, что снаряд (148) ускоряется с помощью сжатого воздуха, с помощью электромеханической силы или с помощью механического устройства, и/или тем, что средой является сжатый воздух, электромагнитное поле или механическое устройство.

4. Метод (300) по п.2 или 3 дополнительно включает возбуждение пьезоэлемента (130) ультразвуковой частотой.

5. Метод (300) по пп.2, 3 или 4, отличающийся тем, что путь ускорения реализован с помощью участка трубы (140), где первый конец участка трубы (140) имеет первый упор (142), а второй конец участка трубы (140) имеет второй упор (144).

6. Метод (300) по п.5, отличающийся тем, что первый клапан (150) используется для подачи сжатого воздуха в участок трубы (140) таким образом, что снаряд (148) ускоряется от первого упора (142) до второго упора (144), при этом воздух, вытесненный снарядом (148), буферизируется в камере хранения, и после закрытия первого клапана (150) буферизированный сжатый воздух используется для ускорения снаряда (148) от второго упора (144) до первого упора (142).

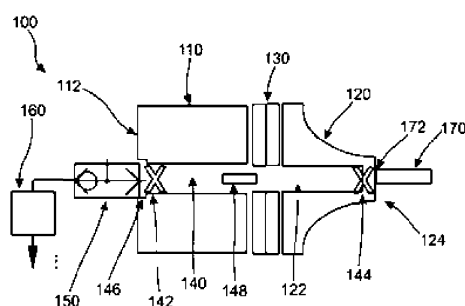
7. Метод (300) согласно одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что электрический сигнал пьезоэлемента (130) представляет собой сигнал питания, который измеряется с помощью катушки.

8. Метод (300) по п.7 дополнительно включает:

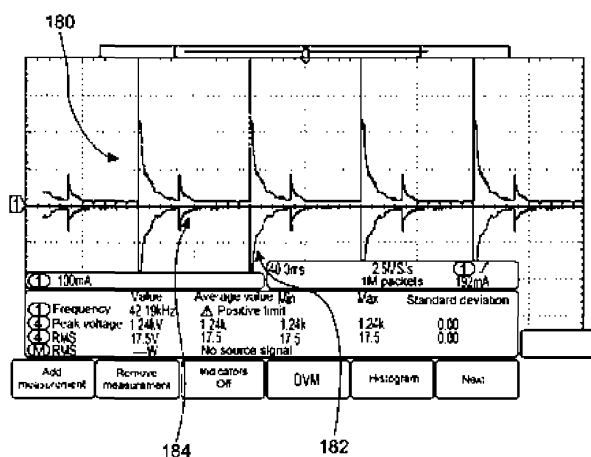
частотно-фильтрованный сигнал питания, измеренный на пьезоэлементе (130); и

коррекцию частотно-фильтрованного сигнала питания.

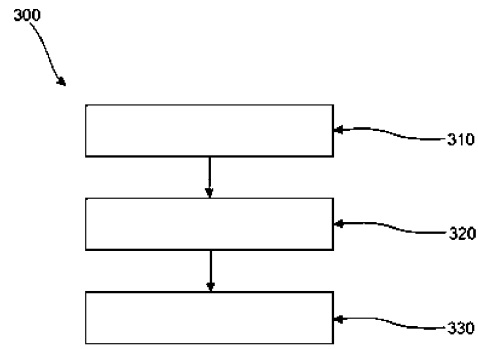
9. Метод (300) по п.8 дополнительно включает: определение по меньшей мере одного порогового значения выпрямленного частотно-фильтрованного сигнала питания, которое соответствует удару снаряда (148) о первый упор (142) или второй упор (144).



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

