

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035671**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.07.23

(51) Int. Cl. **G01V 1/04 (2006.01)**

(21) Номер заявки
201101634

(22) Дата подачи заявки
2011.12.13

(54) **СЕЙСМИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК, СИСТЕМА И СПОСОБ**

(31) **61/422,218; 13/316,583**

(56) CA-A1-1122315

(32) **2010.12.13; 2011.12.12**

JP-A-1301190

(33) **US**

JP-A-10142345

(43) **2012.08.30**

RU-C1-2006882

SU-A-543906

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ПРЭД РИСЕРЧ ЭНД
ДИВЕЛОПМЕНТ ЛИМИТЕД (VG);
ШЛЮМБЕРГЕР ТЕКНОЛОДЖИ Б.В.
(NL)**

(72) Изобретатель:
Камата Масахиро (JP)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Сейсмический источник из настоящего раскрытия изобретения включает в себя первый поворотный элемент и второй поворотный элемент, имеющие общую ось вращения и вращающиеся с одинаковой скоростью вращения во взаимно противоположных направлениях. К тому же сейсмический источник может включать в себя первое тело, которое эксцентрически соединяется с первым поворотным элементом и вращается вместе с первым поворотным элементом. Второе тело может быть эксцентрически соединено со вторым поворотным элементом и сконфигурировано для вращения вместе с тем элементом. Второе тело может конфигурироваться так, что центр тяжести второго тела располагается радиально внешне по отношению к центру тяжести первого тела относительно общей оси вращения. Центр тяжести первого и второго тел может располагаться в одном месте вдоль длины общей оси вращения.

B1

035671

035671

B1

Родственные заявки

Данная заявка притязает на преимущество предварительной заявки США № 61/422218, зарегистрированной 13 декабря 2010 г., содержание которой фактически включается в этот документ путем отсылки.

Уровень техники

Нижеследующее описание и примеры не признаются известным уровнем техники на основании их включения в этот раздел.

Настоящее раскрытие изобретения в целом относится к сейсмическому источнику, системе и способу для выполнения сейсмоакустического измерения и анализа подземных геологических пластов и слоев. Точнее говоря, некоторые варианты осуществления, раскрытые в этом документе, могут быть направлены на сейсмический источник, систему и способ, используемые для размещения сейсмических устройств, например сейсмического источника и сейсмического приемника, в скважине. Сейсмические устройства затем могут использоваться для идентификации характеристик подземных слоев, включающих, например, такие особенности, как расположенные в них запасы нефти и газа.

При типичной сейсмической разведке сейсмические сигналы формируются путем создания сейсмических волн. Сейсмические волны могут отражаться от различных подземных особенностей из-за резко отличающегося акустического импеданса, присутствующего на границах слоев. Эти отраженные сейсмические волны собираются в виде сейсмических данных и анализируются для предоставления реалистичного изображения подземной структуры или особенности. В качестве примера в некоторых системах на поверхности земли может располагаться вибратор для формирования сейсмических волн и один или несколько сейсмографов, используемых для приема отраженных сейсмических волн.

Однако известно, что существует поверхностная зона малых скоростей возле поверхности земли, которая ослабляет части сформированных сейсмических волн. При типичной разведке поверхности земли сформированные волны должны проходить через этот слой затухания, отражаться от подземной особенности, расположенной в некоторых случаях на тысячах метров ниже поверхности, а затем отраженные сейсмические волны должны проходить через слой затухания во второй раз перед их приемом наземными приемниками.

Поверхностная зона малых скоростей ослабляет высокочастотные сейсмические волны. Однако высокочастотные сейсмические волны также обладают возможностью распространяться сквозь землю на относительно большие расстояния. Поверхностная зона малых скоростей обладает большим влиянием на часть сформированной сейсмической волны, которая имеет наибольшую вероятность достижения подземной особенности, расположенной глубоко под землей.

Любые высокочастотные сейсмические волны, которые не достигают подземной особенности и отражаются обратно к поверхности земли, должны снова пройти через подземную зону малых скоростей. Это снижает возможность высокочастотной части отраженной сейсмической волны достичь в конечном счете сейсмографа (или другого сейсмического приемника), расположенного на поверхности земли.

Следовательно, отраженные сейсмические волны, обнаруженные наземным сейсмографом во время разведки подземной цели, имеют частоты, которые ослабляются с меньшей вероятностью. В некоторых случаях частотный диапазон отраженных сейсмических волн располагается, например, в диапазоне частот между 10 и 60 Гц. Более высокочастотные волны были бы способны пойти дальше и предоставить более точную картину характеристик недр.

Одной альтернативой является использование сейсмических волн, сформированных сейсмическим источником, например детонирующим динамитом, ниже поверхностной зоны малых скоростей. Сформированные сейсмические волны тогда прошли бы через поверхностную зону малых скоростей только один раз перед их обнаружением сейсмографом, размещенным на поверхности земли.

Высокочастотные сейсмические волны ослаблялись бы с меньшей вероятностью по сравнению со случаем, где сформированные сейсмические волны дважды проходят через поверхностную зону малых скоростей. Соответственно сейсмографы могут регистрировать отраженные сейсмические волны с немного более высокой частотой.

Развивая эту идею, когда приемник размещается ниже поверхности в скважине, сейсмические волны никогда не проходят через поверхностную зону малых скоростей перед их обнаружением скважинными сейсмографами. Тогда высокочастотные сейсмические волны ослабляются с меньшей вероятностью по сравнению со случаем, где сформированные и отраженные сейсмические волны должны дважды проходить через поверхностную зону малых скоростей. В таких случаях скважинные сейсмографы могут регистрировать отраженные сейсмические волны даже с более высокой частотой.

К тому же, поскольку сокращается трасса распространения сейсмических волн от точки формирования сейсмических волн до отраженной поверхности и обратно к скважинным сейсмографам, скважинные сейсмографы могут регистрировать большие количества высокочастотных сейсмических волн, увеличивая точность и анализ подземных особенностей.

Однако, чтобы взорвать динамит ниже поверхностной зоны малых скоростей, необходимо пробурить отверстие для каждого момента взрыва. Также, поскольку трасса распространения сейсмических волн, сформированных взрывом динамита, находится в ограниченном диапазоне от 50 до 100 м, высоко-

частотные сейсмические волны ослабляются с большей вероятностью. Таким образом, менее вероятно получить изображение с высоким разрешением.

Сущность изобретения

В соответствии с одним вариантом осуществления раскрытия изобретения описывается сейсмический источник, включающий в себя первый поворотный элемент и второй поворотный элемент, имеющие общую ось вращения и вращающиеся с одной и той же скоростью вращения во взаимно противоположных направлениях.

К тому же сейсмический источник может включать в себя первое тело, которое эксцентрически соединяется с первым поворотным элементом и вращается вместе с первым поворотным элементом. Второе тело может быть эксцентрически соединено со вторым поворотным элементом и сконфигурировано для вращения вместе с тем элементом. Второе тело может конфигурироваться так, что центр тяжести второго тела располагается радиально внешне по отношению к центру тяжести первого тела относительно общей оси вращения. Центр тяжести первого и второго тел может располагаться в одинаковом месте вдоль длины общей оси вращения.

В соответствии с другим вариантом осуществления раскрытия изобретения излагается такой сейсмический источник, что амплитуда сформированного сейсмического сигнала является регулируемой. В соответствии с другим вариантом осуществления раскрытия изобретения сформированный сейсмический сигнал способен вращаться вокруг общей оси вращения.

В соответствии с другим вариантом осуществления раскрытия изобретения излагается сейсмическая система, которая включает в себя скважинный сейсмический источник. Сейсмическая система может дополнительно включать в себя датчик, который обнаруживает измеренный сейсмический сигнал, имеющий отношение к сформированному сейсмическому сигналу, и вырабатывает выходной сигнал, соответствующий измеренному сейсмическому сигналу. Сюда может включаться система обработки сигналов для обработки выходного сигнала, чтобы указывать характеристику недр. Также сюда может включаться контроллер для управления сейсмическим источником.

Другие или альтернативные признаки станут очевидны из нижеследующего описания, чертежей и формулы изобретения.

Краткое описание чертежей

Некоторые варианты осуществления раскрытия изобретения будут описаны ниже со ссылкой на прилагаемые чертежи, в которых одинаковые номера ссылок обозначают одинаковые элементы. Однако следует понимать, что прилагаемые чертежи иллюстрируют только различные реализации, описанные в этом документе, и не предназначены для ограничения области различных технологий, описанных в этом документе. Чертежи имеют следующее содержание:

фиг. 1 - блок-схема, иллюстрирующая структуру сейсмической системы в варианте осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 2 - вид в поперечном сечении, иллюстрирующий конфигурацию одного примера сейсмического источника, который может использоваться в варианте осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 3А - схематичный чертеж, иллюстрирующий конфигурацию передаточной секции в примере сейсмического источника в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 3В - вид сверху фиг. 3А;

фиг. 4 - вид сверху, иллюстрирующий компоновку фазосдвигающей системы в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 5 - схематичный чертеж, иллюстрирующий конфигурацию колебательной системы в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 6А - вид сверху, иллюстрирующий относительные положения первого тела и второго тела в сейсмическом источнике в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 6В - вид сверху, иллюстрирующий другие относительные положения первого тела и второго тела из фиг. 6А;

фиг. 7А - схематичный чертеж приводной секции сейсмического источника в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 7В - вид сверху фиг. 7А;

фиг. 8 - схематичный чертеж приводной секции сейсмического источника в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 9 - вид сверху, иллюстрирующий конфигурацию колебательной системы в сейсмическом источнике сейсмической системы в варианте осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 10 - схематичный чертеж, иллюстрирующий колебательную систему сейсмического источника в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 11А - схематичный чертеж, иллюстрирующий относительные положения тела, используемого для изменения амплитуды колебания в колебательной системе в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 11В - схематичный чертеж, иллюстрирующий относительные положения тела, показанного на фиг. 11А, установленного для меньших амплитуд колебания в колебательной системе, в соответствии с

вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 11С - схематичный чертеж, иллюстрирующий систему автоматического сдвига тела при относительно малом количестве оборотов в минуту в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 11D - схематичный чертеж, иллюстрирующий систему автоматического сдвига тела из фиг. 11С при относительно большом количестве оборотов в минуту в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 12 - схематичный чертеж, иллюстрирующий относительные положения вращающихся масс в колебательной системе первого режима в сейсмическом источнике в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 13 - схематичный чертеж, иллюстрирующий относительные положения вращающихся масс в колебательной системе второго режима в сейсмическом источнике в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 14 - схематичный чертеж, иллюстрирующий типы сейсмических волн, излученных из сейсмического источника, показанного на фиг. 13;

фиг. 15 - схематичный чертеж, иллюстрирующий структуру сейсмического межскважинного просвечивания в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения;

фиг. 16 - схематичный чертеж, иллюстрирующий структуру сейсморазведочного построения одиночной скважины в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения; и

фиг. 17 - схематичный чертеж, иллюстрирующий структуру Reverse 3D-VSP (обратное объемное вертикальное сейсмическое профилирование) в соответствии с вариантом осуществления раскрытия изобретения.

Подробное описание

Пояснительные варианты осуществления и особенности раскрытия изобретения описываются ниже. Конечно, будет принято во внимание, что при разработке любого такого реального варианта осуществления должны быть приняты многочисленные специфические для реализации решения, чтобы достичь конкретных целей разработчиков, например соответствие системным и деловым ограничениям, которые будут меняться от одной реализации к другой. Кроме того, будет принято во внимание, что такие опытно-конструкторские работы могли бы быть сложными и трудоемкими, но тем не менее были бы обычным делом для средних специалистов в данной области техники, получающих выгоду от этого раскрытия изобретения.

Ссылка по всему описанию изобретения на "один вариант осуществления", "вариант осуществления", "некоторые варианты осуществления", "одну особенность", "особенность" или "некоторые особенности" означает, что конкретный признак, структура, способ или характеристика, описанный применительно к варианту осуществления или особенности, включается по меньшей мере в один вариант осуществления раскрытия изобретения. Таким образом, появление фраз "в одном варианте осуществления", "в варианте осуществления" или "в некотором варианте осуществления" в разных местах по всему описанию изобретения не обязательно указывает на один и тот же вариант осуществления. Кроме того, конкретные признаки, структуры, способы или характеристики могут объединяться любым подходящим способом в одном или нескольких вариантах осуществления. Слова "включающий" и "имеющий" будут иметь такой же смысл, как и слово "содержащий".

При использовании по всему описанию изобретения и формуле изобретения термин "скважинный" относится к подземной среде, в частности, в стволе скважины. "Скважинный инструмент" используется в общих чертах, означая любой инструмент, используемый в подземной среде, включая, но не только, каротажный инструмент, инструмент получения изображений, акустический инструмент, инструмент постоянного контроля и комбинированный инструмент.

Различные методики, раскрытые в этом документе, могут использоваться для упрощения и улучшения сбора данных и анализа в скважинных инструментах и системах. При этом предоставляются скважинные инструменты и системы, которые используют массивы измерительных устройств, которые конфигурируются или проектируются для простого присоединения и отсоединения в скважинных сенсорных инструментах или модулях, которые разворачиваются с целью считывания данных, относящихся к окружающим и инструментальным параметрам, в буровой скважине.

Инструменты и сенсорные системы, раскрытые в этом документе, могут эффективно считывать и сохранять характеристики, относящиеся к компонентам скважинных инструментов, а также параметры пласта при повышенных температурах и давлениях. Сенсорные системы в этом документе могут встраиваться в инструментальные системы, например кабельные каротажные инструменты, инструменты измерения в процессе бурения и каротажа в процессе бурения, системы постоянного контроля, буровые долота, воротники буров, зонды. Для целей этого раскрытия изобретения, когда используется любой из терминов "кабель", "канат", "провока", или "гибкая труба", или "подача", то подразумевается, что любое из указанного средства развертывания или любое другое подходящее эквивалентное средство может использоваться с настоящим раскрытием изобретения без отклонения от сущности и объема раскрытия изобретения.

Кроме того, патентоспособные особенности находятся не во всех признаках одного раскрытого варианта осуществления. Таким образом, формула изобретения, идущая после подробного описания, настоящим в прямой форме включается в это подробное описание, причем каждый пункт формулы изобретения идет самостоятельно как отдельный вариант осуществления этого раскрытия изобретения.

Сейсмическая система и сейсмический источник будут описываться ниже в типовом варианте осуществления, в целом проиллюстрированном на фигурах с 1 по 6В. Чтобы упростить описание, сейсмическое межскважинное просвечивание, например, показанное в целом на фиг. 1, будет использоваться для описания сейсмической системы. Однако, что очевидно, специалист в данной области техники признал бы, что идеи этого раскрытия изобретения могут применяться к широкому диапазону сейсмических систем, включающих, но не только, двухмерное и трехмерное вертикальное сейсмическое профилирование (VSP), уровенные системы и обратное VSP, в котором местоположения сейсмического источника и приемников изменены на прямо противоположные.

Обращаясь в целом к фиг. 1, сейсмическая система 1 конфигурируется для проведения сейсмического межскважинного просвечивания. Сейсмическая система 1 может включать в себя сейсмический источник 10, расположенный в скважине W_s , и один или несколько сейсмических приемников 60, предоставленных в скважине W_t . Скважины W_s и W_t могут располагаться так, чтобы охватить подземную структуру, намеченную в качестве цели разведки. Сформированные сейсмические волны SW могут создаваться сейсмическим источником 10, перемещаться через промежуточные геологические пласты, отражаясь при этом от подземной особенности, и затем могут быть приняты одним или несколькими сейсмическими приемниками 60.

Как правило, типовая сейсмическая система 1 может включать в себя сейсмический источник 10, один или несколько сейсмических приемников 60 (датчиков), контроллер 70, регистратор 80 и компьютер 90 (секция обработки сигналов). Сейсмический источник 10 создает сформированные сейсмические волны SW для взаимодействия с целью разведки.

Каждый сейсмический приемник 60 конфигурируется для обнаружения сформированных сейсмических волн, которые распространились непосредственно через цель разведки, а также сформированных сейсмических волн, которые отражены от цели разведки. Сейсмические приемники 60 также конфигурируются для вывода сигнала, соответствующего обнаруженным или измеренным сейсмическим волнам.

Контроллер 70 может управлять созданием сформированных сейсмических волн, исходящих из сейсмического источника 10. В некоторых случаях контроллер 70 также может управлять направлением вращения (вокруг общей оси вращения, описанной позже) сформированного сейсмического сигнала и/или амплитудой сформированного сейсмического сигнала. Регистратор 80 может записывать выходные сигналы, предоставленные сейсмическими приемниками 60. Компьютер 90 может использоваться для анализа обнаруженных или измеренных сигналов, соответствующих сейсмическим волнам, имеющим отношение к сформированным сейсмическим волнам, которые сохраняются регистратором 80.

В некоторых вариантах осуществления сейсмическая система 1 может конфигурироваться так, что компьютер 90 предоставляется отдельно, тогда как сейсмический источник 10, один или несколько сейсмических приемников 60, контроллер 70 и регистратор 80 предоставляются как целая часть. Хотя в других вариантах осуществления может быть возможно сохранить в регистраторе 80 результаты выходных сигналов, соответствующих сформированным сейсмическим сигналам сейсмического источника 10 и множества сейсмических приемников 60. Впоследствии, дистанционно по месту и/или времени, сохраненные выходные сигналы, расположенные в регистраторе 80, можно передать компьютеру 90 для анализа.

В некоторых случаях варианты осуществления сейсмической системы 1 могут конфигурироваться так, что в них не включается регистратор 80, и сейсмический источник 10, один или несколько сейсмических приемников 60, контроллер 70 и компьютер 90 соединяются коммуникационно. В этом случае обнаруженные сигналы, выведенные из сейсмических приемников 60, могут вводиться непосредственно в компьютер 90 для анализа. Результаты вычисления с помощью компьютера 90 могут передаваться, например, через секцию вывода (не показана), такую как принтер, видеомонитор, другие сенсорные механизмы отображения, беспроводной или проводной передатчик, или сохраняться для дальнейшей передачи в удаленное местоположение.

Сейсмический источник 10 показан как имеющий колоннообразную/цилиндрическую форму в целом и перемещается с помощью каротажного кабеля (в этом варианте осуществления) внутри скважины W_s . Внешний диаметр сейсмического источника 10 конфигурируется меньше внутреннего диаметра скважины W_s . В некоторых вариантах осуществления каротажный кабель может предоставлять возможность передачи энергии, данных и управляющих сигналов между сейсмическим источником 10 и контроллером 70.

Как в целом показано на фиг. 2, вариант осуществления сейсмического источника 10 может включать в себя систему 20 привода, первый поворотный элемент 11, второй поворотный элемент 12 и колебательную систему 50. Различные компоненты могут содержаться в корпусе 13 сейсмического источника, который вмещает в себя систему 20 привода и колебательную систему 50.

Система 20 привода может включать в себя вращающееся устройство, например приводной двига-

тель 21 (привод), передаточную секцию 30 и секцию 40 сдвига фазы. В этом варианте осуществления приводной двигатель 21 вращает первый поворотный вал 11. Передаточная секция 30 может включаться для вращения второго поворотного элемента 12 в противоположном к первому поворотному элементу 11 направлении.

Секция 40 сдвига фазы может конфигурироваться для изменения относительного углового положения перекрывающегося первого поворотного элемента 11 и второго поворотного элемента 12 в сотрудничестве с передаточной секцией 30. Другими словами, секция 40 сдвига фазы может быть способна повернуть сформированный сейсмический сигнал вокруг общей оси вращения первого и второго поворотных элементов 11, 12.

Приводной двигатель 21 может питаться током возбуждения, управляемым контроллером 70. Однако источник тока возбуждения может не ограничиваться этой пояснительной системой передачи. В некоторых ситуациях батарея, оптический источник или беспроводная передача может использоваться для питания приводного двигателя 21 и формирования вращающей движущей силы. В иных системах кабельная/транспортная система может обеспечивать момент вращения.

Сформированная вращающая движущая сила может прикладываться к первому поворотному элементу 11, как показано в этом варианте осуществления для удобства описания. Сформированная вращающая движущая сила аналогичным образом может прикладываться ко второму поворотному элементу 12 или к обоим поворотным элементам одновременно. В этом случае ось вращения приводного двигателя 21 функционирует в качестве первого поворотного элемента 11. Однако в других вариантах осуществления могут быть дополнительные элементы или компоненты между приводным двигателем 21 и первым поворотным элементом 11.

Корпус приводного двигателя 21 может иметь цилиндрическую форму с закрытыми концами. Концы корпуса приводного двигателя 21 могут вращательно поддерживать первый поворотный элемент 11 посредством, например, подшипников. В некоторых вариантах осуществления первый поворотный элемент 11 может конфигурироваться в виде вала. Как и в случае корпуса приводного двигателя 21, первый поворотный элемент 11 может соединяться с корпусом 13 сейсмического источника посредством подшипников.

Второй поворотный элемент 12 может конфигурироваться в цилиндрической форме, способной вместить первый поворотный элемент 11, по меньшей мере, частично внутри второго поворотного элемента 12. Например, подшипник скольжения или другой тип подшипника, например осевой подшипник, может помещаться между внутренней периферической поверхностью второго поворотного элемента 12 и внешней периферической поверхностью первого поворотного элемента 11.

Как в целом показано на фигурах с 2 по 3В, передаточная секция 30 может вращать второй поворотный элемент 12 в противоположном направлении к первому поворотному элементу 11, но с одинаковой угловой скоростью или угловой скоростью вращения. Варианты осуществления передаточной секции 30 могут включать в себя первый поворотный механизм 31, первую зубчатую передачу 32, вторую зубчатую передачу 33, второй поворотный механизм 34 и картер 35 трансмиссии.

Первая зубчатая передача 32 может приводиться в движение первым поворотным механизмом 31, который соединяется с первым поворотным элементом 11. Вторая зубчатая передача 33 может вращаться в противоположном направлении с помощью первой зубчатой передачи 32. Вторая зубчатая передача 33, в свою очередь, может приводить в движение второй поворотный механизм 34, который соединяется со вторым поворотным элементом 12. Картер 35 трансмиссии соединяет и поддерживает первую зубчатую передачу 32 и вторую зубчатую передачу 33 поворотным способом.

Обращаясь в целом к фиг. 3А и 3В, первая зубчатая передача 32 может включать в себя первую ведущую шестерню 32А, первую промежуточную шестерню 32В и первый вал 32С, соединяющий первую ведущую шестерню 32А с первой промежуточной шестерней 32В. Аналогичным образом, вторая зубчатая передача 33 может включать в себя вторую ведущую шестерню 33А, вторую промежуточную шестерню 33В и второй вал 33С, соединяющий вторую ведущую шестерню 33А со второй промежуточной шестерней 33В.

Первая ведущая шестерня 32А может приводиться в движение первым поворотным механизмом 31. Это вращает первый вал 32С, который, в свою очередь, вращает первую промежуточную шестерню 32В. Первая промежуточная шестерня 32В приводит в движение вторую промежуточную шестерню 33В, заставляя ее вращаться в противоположном к первой промежуточной шестерне 32В направлении. Вторая промежуточная шестерня 33В вращает второй вал 33С, который, в свою очередь, вращает вторую ведущую шестерню 33А. Вторая ведущая шестерня 33А приводит в движение второй поворотный механизм 34, соответственно вращая второй поворотный элемент 12 в противоположном направлении к первому поворотному элементу 11, но с одинаковой скоростью вращения.

Хотя показана относительно упрощенная зубчатая передача с целью упрощения подробного описания изобретения, специалист в данной области техники легко признает бы, что любое количество сочетаний ведущих, ведомых и промежуточных шестерней может использоваться для создания одинаковых скоростей вращения в противоположных направлениях. Варианты осуществления этого раскрытия изобретения не должны ограничиваться этой пояснительной системой 30 передач.

В некоторых вариантах осуществления корпус приводного двигателя 21 и картер 35 трансмиссии могут конфигурироваться для вращения (фазового сдвига) относительно корпуса 13 сейсмического источника. Вращение картера 35 трансмиссии вызвало бы соответствующее вращение в сформированном сейсмическом сигнале вокруг общей оси вращения сейсмического источника 10.

Возвращаясь в целом к фиг. 2, в некоторых вариантах осуществления сейсмического источника 10 из этого раскрытия изобретения может предоставляться система 40 сдвига фазы, чтобы поворачивать (сдвигать фазу) направление сформированных сейсмических сигналов вокруг общей оси вращения. Секция 40 сдвига фазы может включать в себя двигатель 41 сдвига фазы, первую шестерню 42 сдвига фазы и вторую шестерню 43 сдвига фазы.

Двигатель 41 сдвига фазы может формировать вращающую движущую силу. Вращение, созданное двигателем 41 сдвига фазы, может вызвать соответствующее вращение в первой шестерне 42 сдвига фазы, соединенной с двигателем 41 сдвига фазы. Первая шестерня 42 сдвига фазы может привести в движение вторую шестерню 43 сдвига фазы посредством управления углом с помощью управляющего сигнала, принятого от контроллера 70. В этом варианте осуществления вторая шестерня 43 сдвига фазы закреплена в части корпуса приводного двигателя 21.

Когда вращается вторая шестерня 43 сдвига фазы, корпус приводного двигателя 21 вращается. Корпус приводного двигателя 21 может быть соединен с картером 35 трансмиссии посредством соединительных элементов 22. Когда вращается корпус приводного двигателя 21, картер 35 трансмиссии может поворачиваться на такой же соответствующий угол. Соответственно приложение максимального и минимального сформированного сейсмического сигнала было бы повернуто вокруг общей оси вращения на такой же соответствующий угол, как и картер 35 трансмиссии. В некоторых вариантах осуществления в качестве двигателя 41 сдвига фазы может использоваться, например, шаговый двигатель.

Один вариант осуществления колебательной системы 50 преобразует вращение, сформированное приводной секцией 20, в практически линейное колебание. Как показано на фиг. 5, колебательная система 50 может включать в себя внутреннее тело 51 (первое тело), прикрепленное к первому поворотному элементу 11, и внешнее тело 52 (второе тело), прикрепленное ко второму поворотному элементу 12. В некоторых вариантах осуществления для тел может использоваться материал с относительно высокой плотностью, например, но не только, металлические материалы, такие как свинец. В некоторых случаях могут использоваться сочетания материалов, и они могут конфигурироваться для регулирования в части равновесия и местоположения центра тяжести.

Как показано на фиг. 5 и 6А, внутреннее тело 51 эксцентрически расположено относительно общей оси вращения первого поворотного элемента 11. В некоторых вариантах осуществления внутреннее (то есть в отношении местоположения центра тяжести относительно внешнего тела 52) тело 51 может иметь практически секторную форму поперечного сечения, что можно легко увидеть на фиг. 6А и 6В. Однако форма внутреннего тела 51 может не ограничиваться этим примером. Другие формы и конфигурации должны быть очевидны специалисту в данной области техники и могут выбираться с учетом ограничений на размер и материал. Внутреннее тело 51 зафиксировано относительно первого поворотного элемента 11 и соответственно вращается с такой же угловой скоростью или частотой, как и первый поворотный элемент 11.

Внешнее тело 52 может включать в себя часть 52А тела и одну или несколько крепежных опор 52В (в этом примере показаны две). Часть 52А тела может быть искривленным элементом, сконфигурированным для обеспечения вращения внутреннего тела 51. Часть 52А тела может простираться вдоль первого поворотного элемента 11 и неподвижно соединяться со вторым поворотным элементом 12. В показанном варианте осуществления часть 52А тела имеет дугообразное поперечное сечение, которое лучше видно на фиг. 6А и 6В.

Пара крепежных опор 52В соединяет часть 52А тела со вторым поворотным элементом 12. Как и в случае с частью 52А тела, пара крепежных опор 52В может конфигурироваться для обеспечения вращения внутреннего тела 51. Хотя показана пара крепежных опор 52В, в некоторых вариантах осуществления может использоваться одна крепежная опора 52В. Внешнее тело 52 размещается так, что центр тяжести внешнего тела 52 располагается в положении, радиально внешнем по отношению к местоположению центра тяжести внутреннего тела 51.

Конечно, в некоторых случаях масса внешнего тела 52 может практически включаться в пару крепежных опор 52В (не показанный вариант осуществления). В таком случае так называемая часть 52А тела была бы практически соединительной частью, передающей вращение одной крепежной опоры 52В к другой крепежной опоре 52В. Однако в этом случае центр тяжести объединенного тела, расположенного в паре крепежных опор 52В, по-прежнему совпадал бы с центром тяжести внутреннего тела 52А по длине общей оси вращения.

В некоторых вариантах осуществления центробежная сила, сформированная вращением внутреннего тела 51, должна быть практически равна центробежной силе, сформированной таким же вращением внешнего тела 52. В этом случае, когда центры тяжести внутреннего и внешнего тел 51 и 52 прямо противоположны друг другу (например, на любой стороне общей оси вращения, на расстоянии 180°), их центробежные силы фактически будут аннулировать друг друга, приводя к отсутствию равнодействующей.

шей силы, сформированной сейсмическим источником 10 в одном направлении. Однако, когда центры тяжести внутреннего и внешнего тел 51 и 52 находятся в одном и том же угловом положении (например, на одинаковой стороне оси вращения и оба заключены в одной плоскости, простирающейся от общей оси вращения и содержащей ее), их центробежные силы складываются вместе, приводя к равнодействующей силе, сформированной сейсмическим источником 10 в первом и втором направлениях практически по линии.

Центробежные силы должны описываться общеизвестной формулой: сила=масса×расстояние по радиусу×угловая скорость в квадрате. Расстояния по радиусу и массы внутреннего и внешнего тел 51 и 52 следует выбирать так, чтобы внутреннее тело 51×расстояние по радиусу центра тяжести внутреннего тела 51 было равно внешнее тело 52×расстояние по радиусу центра тяжести внешнего тела 52. Расстояния по радиусу измеряются от общей оси вращения.

Во время одиночного вращения внутреннее и внешнее тела 51 и 52 будут иметь два случая уравновешивания центробежными силами друг друга. Более того, в том одиночном вращении будет один случай сложения центробежных сил для формирования равнодействующей силы в одном направлении и другой случай, в котором центробежные силы сложатся для формирования равнодействующей силы, действующей на 180° к предыдущей равнодействующей силе. Внутреннее тело 51 совершит одно законченное вращение в одном направлении, пока внешнее тело 52 совершает одно законченное вращение в противоположном направлении.

В описанном выше варианте осуществления первый поворотный элемент 11 и второй поворотный элемент 12 размещаются концентрически, чтобы иметь общую ось вращения. Соответственно можно уменьшить общую площадь поперечного сечения сейсмического источника 10, посредством этого облегчая использование сейсмического источника 10 в относительно небольших стволах скважин. К тому же, поскольку внешнее тело 52 размещается радиально снаружи внутреннего тела 51, но практически в таком же месте по длине общей оси вращения, можно уменьшить общую длину сейсмического источника 10.

Делая центробежную силу, сформированную вращением внутреннего тела 51, практически равной центробежной силе, сформированной вращением внешнего тела 52, сейсмический источник 10 колеблется в основном в заданном линейном направлении, перпендикулярном общей оси вращения. К тому же амплитуду сформированного сейсмического сигнала можно регулировать путем изменения расстояния центров тяжести внутреннего и внешнего тел 51 и 52 от оси вращения и/или изменения величины внутреннего и внешнего тел 51 и 52. К тому же изменение одинаковой угловой скорости вращения также изменяет амплитуду сформированного сейсмического сигнала. Хотя центробежные силы описываются как практически равные, в некоторых случаях величины центробежных сил могут отличаться, приводя к формированию дополнительных результирующих эффектов от сейсмического источника 10.

Хотя в вышеописанном варианте осуществления внутреннее тело 51 и внешнее тело 52 вращательно приводятся в движение одним двигателем 21, в других вариантах осуществления может быть больше одного приводного устройства. Например, обращаясь в целом к фиг. 8, внутренний приводной двигатель 121А (первая приводная секция) может вращательно приводить в движение внутреннее тело 51, а внешний приводной двигатель 121В (вторая приводная секция) может вращательно приводить в движение внешнее тело 52. В этом случае не потребовалась бы отдельная передаточная секция 30, как в предыдущем варианте осуществления. В некоторых ситуациях внутренний приводной двигатель 121А и внешний приводной двигатель 121В могут быть (например) шаговыми двигателями, и контроллер 70 может быть способен отдельно управлять вращением внутреннего приводного двигателя 121А и внешнего приводного двигателя 121В.

Изменяя скорости вращения внутреннего приводного двигателя 121А по сравнению с внешним приводным двигателем 121В, направление сформированного сейсмического сигнала можно повернуть вокруг общей оси вращения, посредством этого устраняя потребность в отдельной секции 40 сдвига фазы. В зависимости от схемы управления контроллера 70 передаточная секция и секция 40 сдвига фазы могут исключаться, посредством этого упрощая весь сейсмический инструмент 10, обеспечивая при этом такие же функциональные возможности.

Внутренний приводной двигатель 121А и внешний приводной двигатель 121В могут оснащаться колебательной системой 50, расположенной между ними. С помощью этой конфигурации можно минимизировать общую длину сейсмического источника 10.

Другой вариант осуществления сейсмического инструмента 210 показан на фиг. с 9 по 11. Как показано на фиг. 9, вариант осуществления колебательной системы 250 может включать в себя внутреннее тело 51, внешнее тело 52. Внутреннее тело 51 может включать в себя два или более внутренних разъемных тела 251А, 251В (на чертеже показано два), соединенных с первым поворотным элементом 11. Внешнее тело 52 может включать в себя два или более внешних разъемных тела 252А, 252В (на чертеже показано два), соединенных со вторым поворотным элементом 12.

Секция 253 сдвига тела (показана на фиг. 10) заставляет внутренние разъемные тела 251А, 251В вращательно приближаться или удаляться друг от друга вокруг оси вращения, а также заставляет внеш-

ние разъемные тела 252А, 252В вращательно приближаться или удаляться друг от друга вокруг оси вращения. Вращательное перемещение разъемных тел к их соответствующим разъемным телам или от них изменяет местоположение соответствующих эксцентрических центров масс относительно оси вращения (то есть увеличивая или уменьшая расстояние по радиусу у результирующего центра масс объединенных внутренних разъемных тел 251А, 251В и объединенных внешних разъемных тел 252А, 252В).

Однако в некоторых случаях внутренние разъемные тела 251А, 251В и внешние разъемные тела 252А, 252В перемещаются так, что эксцентриситеты (то есть расстояние по радиусу от оси вращения) результирующих центров масс изменяются на эквивалентную величину. В результате результирующая центробежная сила, сформированная вращением первого поворотного элемента 11 и внутренних разъемных тел 251А, 251В, практически равна результирующей центробежной силе, сформированной вращением второго поворотного элемента 12 и внешних разъемных тел 252А, 252В, когда результирующие центры масс внутренних и внешних разъемных тел 251А, 251В, 252А, 252В диаметрально противоположны друг другу на противоположных сторонах оси вращения.

Когда результирующие центры масс внутренних и внешних разъемных тел 251А, 251В, 252А, 252В находятся на одной радиальной линии, идущей от оси вращения, результирующая центробежная сила, сформированная разъемными телами, создает колебание в одном направлении или в другом практически вдоль линии. Когда центры масс внутреннего и внешнего разъемных тел 251А, 251В, 252А, 252В прямо противоположны друг другу на противоположных сторонах оси вращения.

В некоторых вариантах осуществления каждое из внутренних разъемных тел 251А, 251В может быть колоннообразным элементом, тянущимся вдоль первого поворотного вала 11. Вид в поперечном сечении внутренних разъемных тел в целом может иметь вид секторообразного сечения, тянущегося от оси первого поворотного элемента 11. Соответственно вращение первого поворотного элемента 11 соответственно вращает оба внутренних разъемных тела 251А, 251В.

В некоторых вариантах осуществления каждое из внешних разъемных тел 252А, 252В может конфигурироваться в виде искривленного плоского элемента и одной или нескольких крепежных опор (на фиг. 10 показаны две). Искривленный плоский элемент тянется вдоль первого поворотного вала 11 и второго поворотного вала 12 и обеспечивает вращение внутреннего тела 51. В вариантах осуществления, сконфигурированных для практически линейного колебания, плоскость, перпендикулярная оси вращения, может содержать результирующие центры масс внутреннего тела 51 и внешнего тела 52. Это учитывало бы диаметрально приложенную двунаправленную силу вибрации перпендикулярно оси вращения. Если бы результирующие центры масс внутреннего тела 51 и внешнего тела 52 не заключались в одной и той же плоскости, то колебательной системой 250 прилагался бы некий момент, когда результирующие центры масс были диаметрально противоположны друг другу.

Как задано ранее, в некоторых вариантах осуществления секция 253 сдвига тела (показанная на фиг. 10) заставляет пару внутренних разъемных тел 251А, 251В вращательно приближаться или удаляться друг от друга и также заставляет пару внешних разъемных тел 252А, 252В вращательно приближаться или удаляться друг от друга. Фиг. 11А и 11В показывают пояснительный пример, в котором результирующий центр масс внешнего тела 52 перемещается из расстояния по радиусу LO1 на фиг. 11А в расстояние по радиусу LO2 на фиг. 11В.

Например, секция 253 сдвига тела может конфигурироваться в виде исполнительного механизма прямого действия, который перемещает стержень, тянущийся внутри первого поворотного вала 11, в осевом направлении. Сюда может включаться некий механизированный блок, который преобразует линейное перемещение стержня во вращательное движение внутренних и внешних разъемных тел 251А, 251В, 252А и 252В к их соответствующим элементам и от них. Конечно, это всего лишь неограничивающий пример, и широкий спектр систем может использоваться для выполнения этой функции.

Ссылаясь снова на фиг. 11А и 11В, перемещение результирующего центра масс внутреннего и внешнего тел 51, 52 (хотя с целью разъяснения чертежа показано только внешнее тело 52) может привести к соответствующему изменению амплитуды колебания без какого-либо изменения частоты для такой же скорости вращения. Чтобы увеличить амплитуду для заданного вращения, результирующие центры масс сместились бы из LO2 в LO1. Чтобы уменьшить амплитуду для заданного вращения, результирующие центры масс сместились бы из LO1 в LO2. Когда результирующие центры масс совпадают с осью вращения, амплитуда становится практически равной нулю.

В других вариантах осуществления перемещение результирующих центров масс может быть автоматическим, например, на основе скорости вращения внутреннего и внешнего тел. Обращаясь в целом к фиг. 11С и 11D, показывается пример такой системы. В этом варианте осуществления изогнутый упругий элемент 711 соединяется с управляющим телом 712. Во время низких оборотов в минуту (как показано на фиг. 11С) упругая сила упругого элемента 711 превосходит центробежную силу управляющего тела 712, и внутренние разъемные тела 251А, 251В и внешние разъемные тела 252А, 252В остаются вращательно близко друг к другу (то есть с их результирующими центрами масс на самом дальнем расстоянии по радиусу от оси вращения).

Когда скорость вращения увеличивается, центробежная сила управляющего тела 712 превосходит упругую силу упругого элемента 711, и управляющее тело удаляется от оси вращения. Перемещение

управляющего тела вращательно перемещает внутренние и внешние разъемные тела от их соответствующих элементов, приводя к тому, что результирующие центры масс сдвигаются ближе к оси вращения. Система, например описанная система, может конфигурироваться для автоматического регулирования местоположения результирующих центров масс, чтобы создавать относительно последовательный источник колебаний для небольшого диапазона скоростей вращения. Другие конфигурации могут использоваться для ограничения амплитуды силы, созданной в случае, когда вращение увеличивается выше некоторого уровня.

Обращаясь в целом к фиг. 12, другой вариант осуществления сейсмического источника 310 включает в себя две колебательные системы 50, выровненные продольно (в направлении вверх и вниз на фиг. 12). Две колебательные системы 50 могут конфигурироваться для вращения отдельно с помощью соответствующих приводных секций 20 (не показаны). Когда две колебательные системы 50 вращаются в продольном выстраивании, колебательные системы 50 создают сейсмическую силу, представленную стрелками в центре этого чертежа. В этом случае сейсмический источник 310 в основном создает Р-волны или волны сжатия в двустороннем направлении.

В некоторых случаях одна колебательная система 50 может не совпадать по фазе на 180° с другой колебательной системой 50 (см. фиг. 13). В таком случае сейсмический источник создает SH-волны, или сдвиговые волны, центрированные около центра сейсмического источника 310. Как показано более подробно на фиг. 14, SH-волны и Р-волны могут создаваться с помощью варианта осуществления, показанного на фиг. 12 и 13.

Применения вариантов осуществления настоящего раскрытия изобретения могут использоваться в ряде окружений и ситуаций. В качестве неограничивающих примеров варианты осуществления настоящего раскрытия изобретения могут использоваться, среди прочих, в межскважинных сейсморазведочных работах (см. фиг. 15), сейсморазведочном построении одиночной скважины (см. фиг. 16) и обратном объемном VSP (вертикальное сейсмическое профилирование, см. фиг. 17).

Межскважинная сейсмическая съемка является способом построения изображения месторождения с высоким разрешением. В общепринятой межскважинной сейсмической разведке, показанной, например, на фиг. 15, группа из множества сейсмических приемников Rs, образованных сейсмографом и/или гидрофоном, помещается в скважину Wt. Скважинный сейсмический источник Sd может помещаться в соседнюю скважину Ws. Соответственно сейсмические волны SW, излученные из скважинного сейсмического источника Sd, могут распространяться к сейсмическим приемникам Rs без необходимости проходить через вышеупомянутую поверхностную зону малых скоростей, которая вызывает затухание. Также можно сократить расстояния между скважинным сейсмическим источником Sd и сейсмическими приемниками Rs. В результате можно использовать высокочастотные сейсмические волны для разведки, и соответственно можно добиться относительно точного разрешения изображения, которое нужно получить.

Сейсморазведочное построение одиночной скважины является методикой для построения изображения подземной структуры с высоким разрешением, используя одиночную скважину. В общепринятом сейсморазведочном построении одиночной скважины, показанном, например, на фиг. 16, один скважинный сейсмический источник Sd и группа сейсмических приемников Rs, которые соединены последовательно, помещаются в наклонно тянущуюся скважину Wg. Скважинный сейсмический источник Sd может размещаться над группой сейсмических приемников Rs. С помощью этой конфигурации сейсмические волны SW, излученные из скважинного сейсмического источника Sd, могут распространяться к сейсмическим приемникам Rs снова без прохождения через вышеупомянутую поверхностную зону малых скоростей, которая вызывает затухание.

К тому же можно минимизировать расстояние между скважинным сейсмическим источником Sd и подземной структурой FS и расстояния между подземной структурой FS и сейсмическими приемниками Rs. Соответственно можно изобразить с высоким разрешением подземную структуру FS вокруг скважины Wg и ниже скважинного сейсмического источника Sd и группы сейсмических приемников Rs, которые соединяются последовательно.

Объемное VSP (вертикальное сейсмическое профилирование) является методикой для визуализации подземной структуры вокруг и ниже скважины с помощью трехмерного изображения с высоким разрешением. Например, чтобы визуализировать подземную структуру морского дна, группа из множества сейсмических приемников размещается в скважине, пробуренной в морском дне.

Сейсмический источник, например пневматический источник, может активизироваться каждые несколько секунд из лодки, которая плавает над скважиной. Результирующие сейсмические сигналы принимаются множеством приемников, расположенных в скважине. Сложно проводить такую сейсмическую разведку на суше. Это частично обусловлено различными объектами, например топографией поверхности, лесами, зданиями и т.д., ограничивающими формирование энергии. Также сложно формировать сейсмическую энергию из нескольких точек на суше, используя вибраторы.

Наоборот, можно достичь таких же результатов, если сейсмический источник и сейсмические приемники меняют положение на противоположное. Соответственно можно выполнить так называемое обратное объемное VSP, в котором подземная структура вокруг скважины и ниже скважины визуализиру-

ется с помощью трехмерного изображения с высоким разрешением, используя скважинный сейсмический источник и группу приемников, расположенную на поверхности.

В общепринятом обратном объемном VSP, которое показано на фиг. 17, один скважинный сейсмический источник S_d размещается в скважине W_s , идущей в землю, а ряды из множества сейсмических приемников R_s предоставляются на поверхности, идущей от скважины W_s . Скважинный источник формирует сейсмический сигнал, принятый группой сейсмических приемников, предоставленной на поверхности. По сравнению с объемным VSP, в котором приводится в действие огромный вибратор для формирования сейсмической энергии на поверхности, обратное объемное VSP требует лишь множества небольших сейсмографов (сейсмический приемник R_s), расположенного вокруг буровой площадки. Во многих случаях обратное объемное VSP является более практичным способом разведки, нежели объемное VSP или другие способы, в зависимости от условий применения.

Хотя сейсмический источник описан по отношению к ограниченному количеству вариантов осуществления, специалисты в данной области техники, обладая преимуществом этого раскрытия изобретения, примут во внимание многочисленные модификации и вариации. Подразумевается, что прилагаемая формула изобретения охватывает такие модификации и вариации, которые входят в сущность и объем сейсмического источника и его применений.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Сейсмический источник, содержащий
 - первый поворотный элемент и второй поворотный элемент, имеющие общую ось вращения и выполненные с возможностью вращения с одинаковой угловой скоростью вращения во взаимно противоположных направлениях;
 - первое тело, эксцентрически соединенное с первым поворотным элементом и сконфигурированное с возможностью вращения вместе с первым поворотным элементом; и
 - второе тело, эксцентрически соединенное со вторым поворотным элементом и сконфигурированное с возможностью вращения вместе со вторым поворотным элементом так, что центр тяжести второго тела является радиально внешним по отношению к центру тяжести первого тела, и оба центра тяжести расположены в одном месте вдоль длины общей оси вращения.
2. Сейсмический источник по п.1, где величина центробежной силы, сформированной одним и тем же поворотом первого тела, практически равна величине центробежной силы, сформированной одним и тем же поворотом второго тела.
3. Сейсмический источник по п.1, в котором первое тело конфигурируется в форме сектора, а второе тело конфигурируется в форме дуги, если смотреть в поперечном сечении, проведенном перпендикулярно общей оси вращения.
4. Сейсмический источник по п.1, в котором первый поворотный элемент является колоннообразным элементом, а второй поворотный элемент является цилиндрическим элементом, по меньшей мере, частично вмещающим первый поворотный элемент.
5. Сейсмический источник по п.1, в котором центр тяжести первого тела является радиально регулируемым относительно общей оси вращения.
6. Сейсмический источник по п.1, в котором центр тяжести второго тела является радиально регулируемым относительно общей оси вращения.
7. Сейсмический источник по п.1, в котором центр тяжести первого тела и центр тяжести второго тела являются радиально регулируемыми относительно общей оси вращения.
8. Сейсмический источник по п.1, в котором первый и второй поворотные элементы вращаются посредством одного двигателя.
9. Сейсмический источник по п.1, в котором первый поворотный элемент вращается посредством первого двигателя, а второй поворотный элемент вращается посредством второго двигателя.
10. Сейсмический источник, содержащий
 - первый поворотный элемент и второй поворотный элемент, имеющие общую ось вращения и выполненные с возможностью вращения с одинаковой угловой скоростью во взаимно противоположных направлениях;
 - первое тело, эксцентрически соединенное с первым поворотным элементом и сконфигурированное с возможностью вращения вместе с первым поворотным элементом;
 - второе тело, эксцентрически соединенное со вторым поворотным элементом и сконфигурированное с возможностью вращения вместе со вторым поворотным элементом, так что центр тяжести второго тела является радиально внешним по отношению к центру тяжести первого тела, и оба центра тяжести расположены в одном месте вдоль длины общей оси вращения; и
 - средство перемещения центра тяжести первого тела и центра тяжести второго тела в радиальном направлении общей оси вращения для изменения амплитуды сформированного сейсмического сигнала.
11. Сейсмический источник по п.10, в котором первое тело содержит два или более первых тел.
12. Сейсмический источник по п.10, в котором второе тело содержит два или более вторых тел.

13. Сейсмическая система, содержащая сейсмический источник, выполненный с возможностью формирования сейсмического сигнала, содержащий

первый поворотный элемент и второй поворотный элемент, имеющие общую ось вращения и выполненные с возможностью вращения с одинаковой угловой скоростью вращения во взаимно противоположных направлениях;

первое тело, эксцентрически соединенное с первым поворотным элементом и сконфигурированное с возможностью вращения вместе с первым поворотным элементом; и

второе тело, эксцентрически соединенное со вторым поворотным элементом и сконфигурированное с возможностью вращения вместе со вторым поворотным элементом, так что центр тяжести второго тела является радиально внешним по отношению к центру тяжести первого тела, и оба центра тяжести расположены в одном месте вдоль длины общей оси вращения;

датчик, который выполнен с возможностью обнаружения измеренного сейсмического сигнала, имеющего отношение к сформированному сейсмическому сигналу, и предназначен для получения выходного сигнала, соответствующего измеренному сейсмическому сигналу;

систему обработки сигналов, которая предназначена для обработки выходного сигнала для указания характеристики недр; и

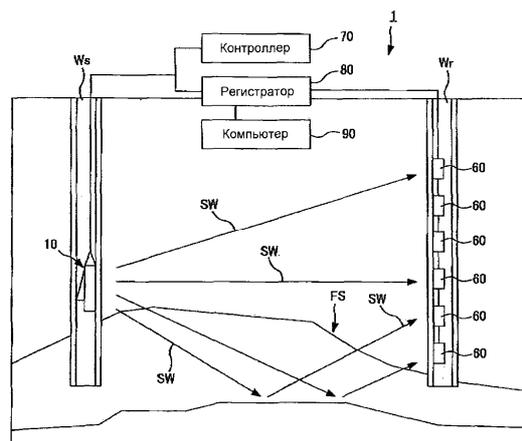
контроллер, который выполнен с возможностью управления сейсмическим источником.

14. Сейсмическая система по п.13, в которой амплитуда сформированного сейсмического сигнала является регулируемой.

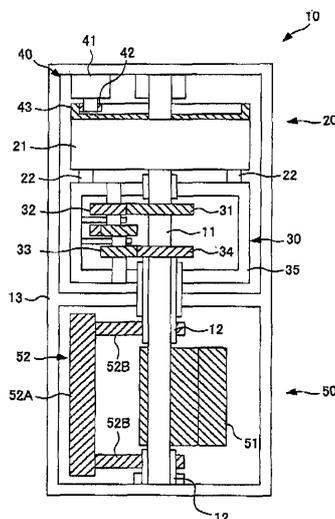
15. Сейсмическая система по п.13, в которой контроллер выполнен с возможностью поворачивать сформированный сейсмический сигнал вокруг общей оси вращения.

16. Сейсмическая система по п.13, в которой датчик является множеством датчиков.

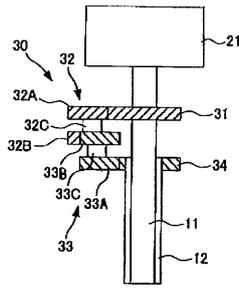
17. Способ сейсмической съемки, содержащий этапы, на которых формируют сейсмический сигнал с использованием скважинного сейсмического источника по п.1.



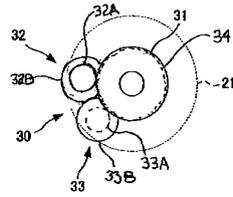
Фиг. 1



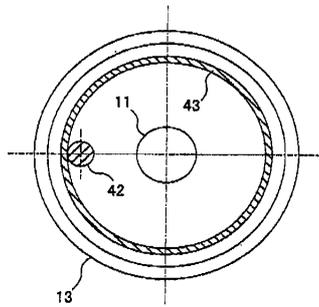
Фиг. 2



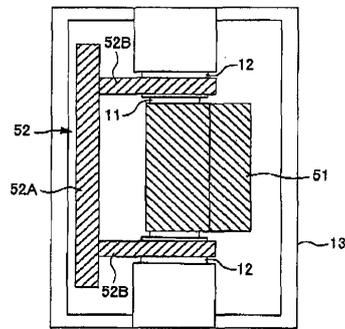
Фиг. 3А



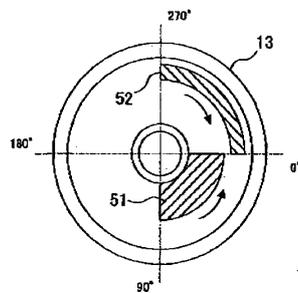
Фиг. 3В



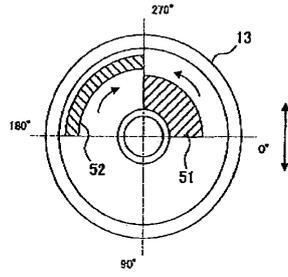
Фиг. 4



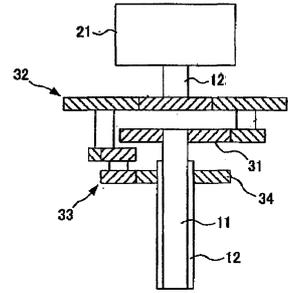
Фиг. 5



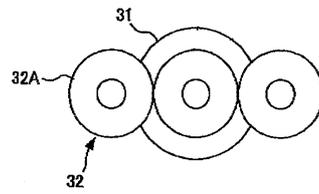
Фиг. 6А



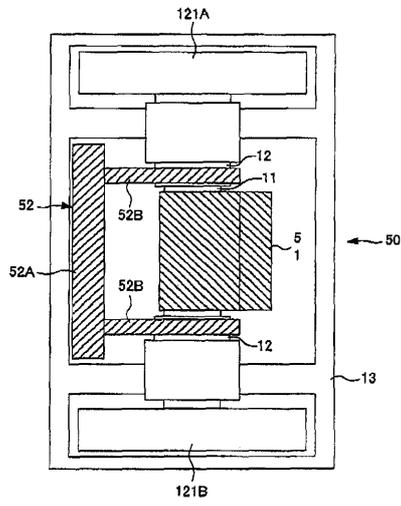
Фиг. 6В



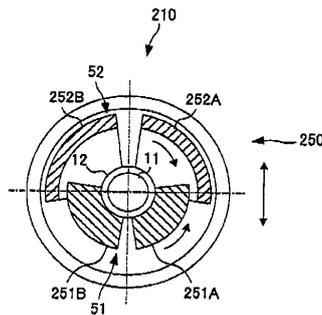
Фиг. 7А



Фиг. 7В

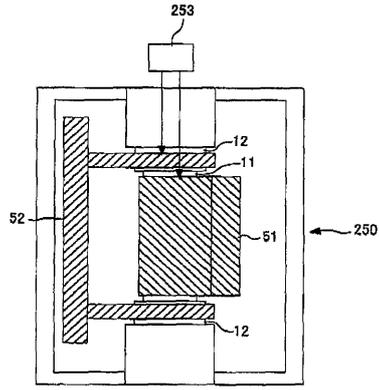


Фиг. 8

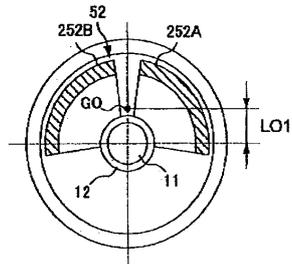


Фиг. 9

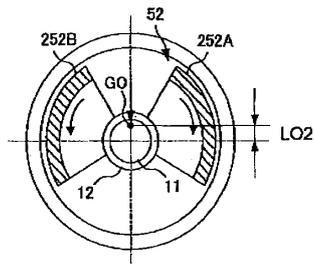
035671



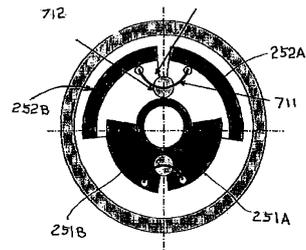
Фиг. 10



Фиг. 11А

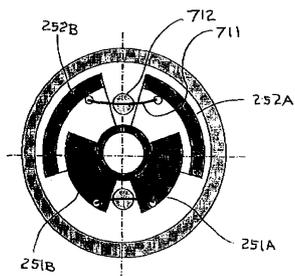


Фиг. 11В



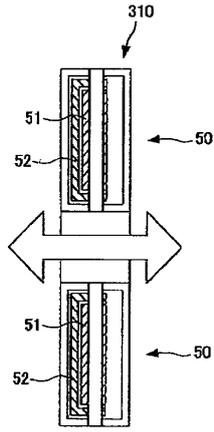
Вращение с
низкими оборотами

Фиг. 11С

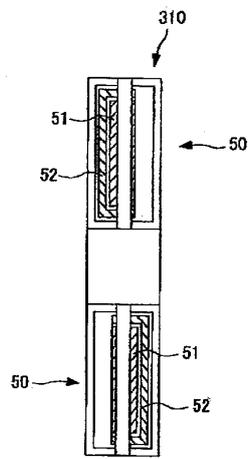


Вращение с
высокими оборотами

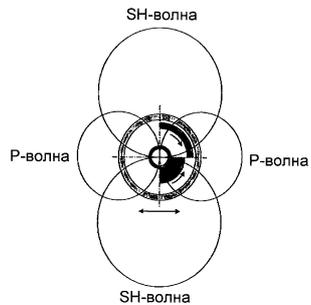
Фиг. 11D



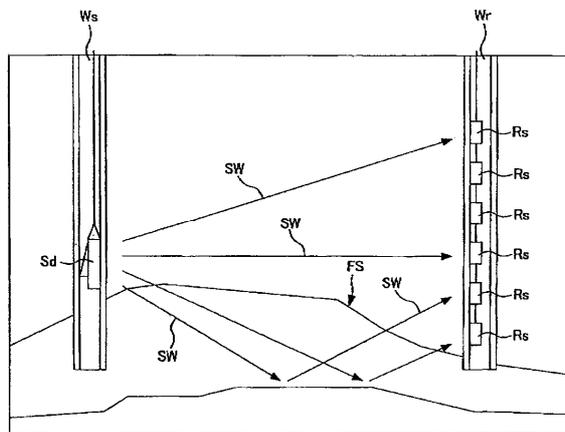
Фиг. 12



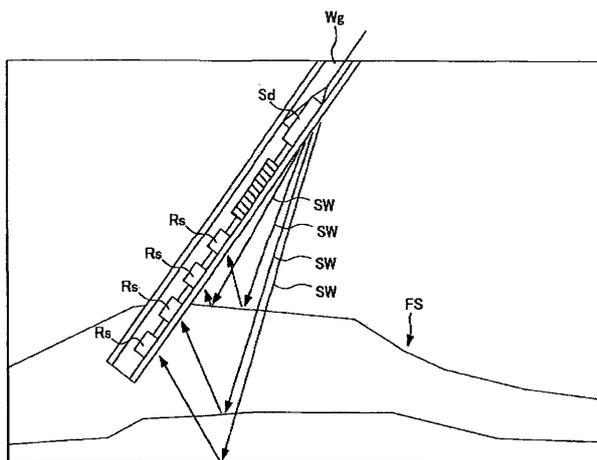
Фиг. 13



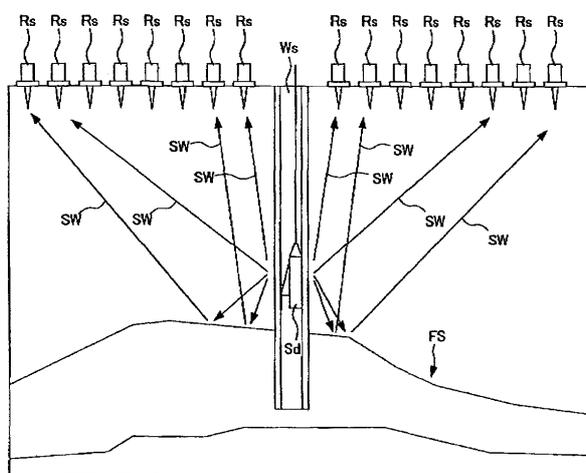
Фиг. 14



Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17

